

# Análise Integrada em bacias hidrográficas

*Estudos comparativos com distintos usos e  
ocupação do solo*



Rubia Gomes Morato

Fernando Shinji Kawakubo

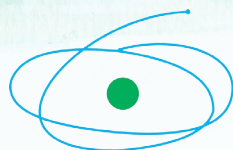
Emerson Galvani

Jurandyr Luciano Sanches Ross

**Organizadores**



MESTRADO E DOUTORADO EM  
GEOGRAFIA



CAPES



DOI 10.11606/9788575063781

Rubia Gomes Morato  
Fernando Shinji Kawakubo  
Emerson Galvani  
Jurandyr Luciano Sanches Ross

*Organizadores*

# Análise Integrada em bacias hidrográficas

*Estudos comparativos com distintos  
usos e ocupação do solo*

*FFLCH/ USP*

*São Paulo  
2019*

ISBN 978-85-7506-378-1

# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Vahan Agopyan

REITOR

Antônio Carlos Hernandes

VICE REITOR

*FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS*

Maria Arminda do Nascimento Arruda

DIRETORA

PAULO MARTINS

VICE DIRETOR

**Conselho editorial:** Rubia Gomes Morato, Emerson Galvani, Fernando Shinji Kawakubo, Jurandyr Luciano Sanches Ross

**Capa e ilustração, projeto gráfico e diagramação:** Michelle O. Santos

**Preparação de texto:** Rubia Gomes Morato

**Catálogo na Publicação (CIP)**

**Serviço de Biblioteca e Documentação**

**Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo**

**Maria Imaculada da Conceição – CRB-8/6409**

---

A532 Análise integrada em bacias hidrográficas [recurso eletrônico] : estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo / Organizadores: Rubia Gomes Morato... [et al.]. -- São Paulo : FFLCH/USP, 2019.  
18.960 Kb ; PDF.

ISBN 978-85-7506-378-1

DOI 10.11606/9788575063781

1. Bacia hidrográfica. 2. Uso do solo. 3. Água – qualidade. I. Morato, Rubia Gomes. II. Kawakubo, Fernando Shinji. III. Galvani, Emerson. IV. Ross, Jurandyr Luciano Sanches.

CDD 551.483

---



**“Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.”**

Departamento de Geografia FFLCH-USP

Lab. de Cartografia e Geoprocessamento Professor André Libault

Avenida Professor Lineu Prestes, 338 (Sala B-4) - Cidade Universitária,

São Paulo-SP CEP 05508-000

Tel: (11)3091-3750 | [www.labcart.fflch.usp.br](http://www.labcart.fflch.usp.br) | [labcart@usp.br](mailto:labcart@usp.br)



## *Prefácio*

Os organizadores deste livro agradecem aos autores dos capítulos pelas contribuições e revisões dos trabalhos apresentados no III Workshop dos pesquisadores Procad, associados ao projeto Análise integrada de bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo, realizado de 4 a 6 de dezembro de 2018, nas dependências do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP).

O convênio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PROCAD/CAPES), baseado no Edital 071/2013, estabeleceu uma parceria da USP com a Universidade Federal de Santa (UFSM) e com a Universidade Federal de Goiás (UFG - Jataí), visando a integração e trocas de experiências entre os programas de pós-graduação em Geografia das instituições parceiras, além de viabilizar o intercâmbio entre docentes e discentes, fluxo de informações, e um conjunto de atividades que representem o compartilhamento e complementaridade de ideias, metodologias, atividades e infraestrutura, viabilizando o desenvolvimento de novos conhecimentos científicos e tecnológico na análise de bacias hidrográficas e integridade ambiental de sistemas aquáticos, terrestres e climáticos.

Agradecemos ao apoio dos Programas de Pós-graduação em Geografia da UFG – Jataí, da UFSM, e da USP, ao Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento Professor André Libault (Labcart), ao Laboratório de Climatologia e Biogeografia (LCB), ao Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto Ailton Luchiari (Lasere), ao Laboratório de Geomorfologia, e ao Departamento de Geografia da USP.

Agradecimentos especiais são dirigidos à Michelle Odete dos Santos, que voluntariamente diagramou cuidadosamente este livro.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil” Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

São Paulo, julho de 2019.

*Este livro é dedicado ao professor Ailton Luchiani,  
um docente querido por seus alunos,  
um orientador que sempre estimulou o voo de seus discípulos,  
e um grande amigo de sorriso fácil que deixa muitas saudades.*

*Rúbia Gomes Morato*

*Dedicamos este livro a Professora Zilda de Fátima Mariano,  
Mulher imponente, de luta e de fé.  
Profissional ética e comprometida com a Climatologia Geográfica,  
um ser humano maravilhoso, alegre e companheira.  
Sua força e seu sorriso deixam saudades.*

*Alécio Perini Martins*



## *Apresentação*

Este livro conta com trinta e três capítulos escritos por cinquenta e dois autores sobre bacias hidrográficas das regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil, tanto em áreas preservadas, de unidades de conservação, como em áreas alteradas antropicamente, como resultado dos usos da terra, dos modos de exploração econômica, contemplando tanto áreas agrícolas como áreas urbanas, inclusive as densamente habitadas. As características naturais também são diversas, especialmente considerando-se a geomorfologia, os biomas, a climatologia e a qualidade das águas.

Em relação aos temas, os primeiros capítulos trataram da consideração da bacia hidrográfica como unidade de estudo, do planejamento e da conservação. Os capítulos seguintes abordam formas de exploração econômica nas bacias hidrográficas, como nos empreendimentos hidrelétricos, no cultivo do fumo e na produção vitivinícola. Em seguida os capítulos discutem sobre temas ligados à geomorfologia, como a compartimentação geomorfológica, a análise da estabilidade das vertentes, análise morfométrica, a erosividade das chuvas, e do histórico de inundações em bacias hidrográficas.

Os capítulos adiante estudaram a qualidade das águas, as características texturais dos sedimentos, as variáveis limnológicas e suas relações com o uso da terra, as condições climáticas, utilizando dados de sensoriamento remoto, técnicas de geoprocessamento e amostragem de campo, refletindo sobre a efetividade dos modelos estatísticos e a qualidade dos dados utilizados.

Depois, os capítulos se concentraram na Climatologia, desde a caracterização da variabilidade climática, o estudo da pluviometria e

suas relações com o relevo e o uso da terra, em áreas conservadas, rurais e urbanas, considerando eventos extremos e a influência do El Niño e La Niña, as relações do clima com pragas agrícolas e até a estimativa de temperatura por sensoriamento remoto.

A Geografia da Saúde é contemplada em capítulo sobre os casos de dengue. A relação entre a qualidade ambiental urbana e fatores socioeconômicos são considerados no capítulo sobre justiça ambiental e racismo ambiental. Por fim, o ensino de Geografia é considerado no capítulo sobre o uso de kit de rochas e minerais como recurso didático para o entendimento das bacias hidrográficas.

O livro abre com o capítulo **BACIA HIDROGRÁFICA: UNIDADE DE ANÁLISE INTEGRADA** de Jurandy Luciano Sanches Ross, que discute com muita propriedade sobre os pressupostos das análises integradas, da natureza humanizada, da ecogeografia das bacia hidrográficas.

O capítulo **AS POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS/BR**, de Eliane Maria Foletto, analisou a conservação pelo uso sustentável da propriedade privada, as políticas públicas de conservação, incluindo a conservação da Mata Atlântica na Reserva da Biosfera – RBMA, as unidades de conservação como base para o planejamento ambiental integrado na bacia hidrográfica do Alto Jacuí/RS.

No capítulo **ANÁLISE GEOESPACIAL E REFLEXÕES SOBRE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DE GOIÁS**, Patrícia Tinoco Santos e Alécio Perini Martins discutiram sobre o papel das geotecnologias nos estudos ambientais, as características e gestão de unidades de conservação, e as categorias de unidades de conservação, as diretrizes e apontamentos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e Sistemas Estaduais de Unidades de

Conservação (SEUC). Também são ressaltadas as funções dos corredores ecológicos, das Áreas de Proteção Ambiental (APAs), das reservas e áreas de proteção, que devem ser analisados em conjunto ao se propor novos projetos.

O capítulo EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ: ANÁLISE E ESPACIALIZAÇÃO, de Patrícia Ziani, Eliane Maria Foletto e Cassio Arthur Wollmann, analisou e discutiu os empreendimentos hidrelétricos na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, tanto os já existentes quanto os projetos futuros, através da caracterização e espacialização dos mesmos.

No capítulo FUMICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS, Vagner Apollo Duarte e Cássio Arthur Wollmann abordaram o funcionamento do cultivo do tabaco nos municípios localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, sendo caracterizados os dados de produção nos últimos anos, a representatividade e a importância deste produto para a economia local, além do manejo da cultura e a explicação do calendário agrícola.

Já no capítulo ALTO JACUÍ/RS - DEMARCAÇÃO DA ZONA DE PRODUÇÃO VITIVINÍCOLA, Cássio Arthur Wollmann e Emerson Galvani elencaram os critérios geográficos, hidrográficos, climáticos, fisiográficos, políticos e econômicos e culturais para a demarcação da zona de produção vitivinícola do Alto Jacuí/RS

No capítulo COMPARTIMENTAÇÃO GEMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORRENTE/GO, BRASIL, Sheyla Olívia Groff Birro, Jurandy Luciano Sanches Ross e João Batista Pereira Cabral fazem uma análise da compartimentação geomorfológica da Bacia do Rio Corrente, em Goiás, marcada pelo uso e expansão da pecuária e agricultura, possibilitando a intensificação dos processos erosivos, facilitado, em muitos casos, em razão das diferentes formas de relevo.



O capítulo ANÁLISE DE ESTABILIDADE EM VERTENTES ATRAVÉS DO CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA, da Michelle Odete dos Santos, buscou analisar, por meio do cálculo do fator de segurança, áreas de instabilidade em vertentes da sub-bacia do Rio Fischer, localizada em Teresópolis, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, no advento do desastre de janeiro de 2011, em situação de solo saturado, associadas aos escorregamentos do tipo planar.

O capítulo ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO CÓRREGO MATRIZ, CACHOEIRA-ALTA/GOIÁS, BRASIL de Fernanda Luisa Ramalho, João Batista Pereira Cabral e Assunção Andrade de Barcelos, utilizam técnicas de geoprocessamento para analisar as características morfológicas da bacia hidrográfica do Córrego Matriz, em Cachoeira-Alta, Goiás.

No capítulo AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EROSIVO DA CHUVA: ESTUDO DE CASO EM QUATRO POSTOS PLUVIOMÉTRICOS NO ESTADO DE GOIÁS, Pollyanna Faria Nogueira, João Batista Pereira Cabral, Susy Ferreira Oliveira e Celso Carvalho Braga buscaram compreender a distribuição espacial e temporal da erosividade na área de influência de postos pluviométricos localizados na bacia do rio Claro e rio Verde, no Sudoeste de Goiás, que sofrem pressões associadas à produção agrícola e industrial de grãos, sucroenergéticas, atividades agropastoris e de geração de energia hidroelétrica.

Em seguida, no capítulo ESTUDO SAZONAL DA EROSIVIDADE DA CHUVA NAS BACIAS DE BARRA DOS COQUEIROS E CAÇU-GO NO ANO DE 2017, de Ezequiel Pereira da Silva, Fernanda Luisa Ramalho, João Batista Pereira Cabral e Regina Maria Lopes, verificou-se que a intensidade da precipitação em janeiro acarreta a redução da capacidade produtiva no terreno, conseqüentemente todo material é carregado para o fundo de vale, tendo como destino final a deposição nos canais hídricos podendo resultar na diminuição do potencial

de produção energética da UHE Caçu e UHE Barra dos Coqueiros.

No capítulo O USO DE DADOS HISTÓRICOS NOS ESTUDOS DE INUNDAÇÃO, Rosangela do Amaral e Jurandyr Luciano Sanches Ross demonstram como o levantamento de dados históricos de ocorrências de inundação em bacias hidrográficas pode contribuir para a avaliação do comportamento hidrológico e das possíveis influências da urbanização na magnitude dos fenômenos, a partir do estudo de caso da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

O capítulo CARACTERIZAÇÃO HIDROSEDIMENTOLÓGICA DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE CAÇU – GO, de Celso de Carvalho Braga, João Batista Pereira Cabral, Susy Ferreira Oliveira e Assunção Andrade de Barcelos realizou uma análise espaço-temporal dos parâmetros hidrossedimentológicos: concentração de sólidos em suspensão (CSS), transparência da água (SEC) e turbidez (TURB), no reservatório da UHE de Caçu.

O capítulo ANÁLISE TEXTURAL E CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS DEPOSICIONAIS EM RESERVATÓRIO DE EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO, de Susy Ferreira Oliveira, João Batista Pereira Cabral, Celso de Carvalho Braga, Assunção Andrade de Barcelos e Pollyanna Faria Nogueira, estudou a granulometria e os modelos deposicionais associados aos materiais sedimentados no fundo do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, no Sudeste Goiano.

No capítulo IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DE DADOS PARA PESQUISA EM GEOPROCESSAMENTO, Waterloo Pereira Filho, Rafael Dezordi e Gisieli Kramer avaliam os impactos relacionados a qualidade dos dados nos resultados finais de pesquisas na área de Geotecnologias, ressaltando que a pesquisa está vulnerável a erros em cada fase de aquisição de dados, que podem impactar negativamente na busca das informações. Nos trabalhos de campo pode-se encontrar condições

adversas tanto nas questões climáticas quanto geográficas, como relevo e acessibilidade ao local desejado, além dos erros associados ao uso de equipamentos que proporcionam a obtenção de variáveis importantes, mas muitas vezes seu manuseio exige conhecimento muito detalhado para evitar produção de dados equivocados.

No capítulo ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE BACIAS DERIVADAS DE MDEHC, UTILIZANDO IMAGENS ASTER, SRTM e ALOS, PARA O MUNICÍPIO DE SANTA MARIA – RS, Marcos Augusto Gomes Dos Santos, Waterloo Pereira Filho, Tatiana Mora Kuplich, Yesica Ramirez Flores e Alessandra Aparecida da Luz Moraes verificaram a conformidade da delimitação automática de bacias hidrográficas usando três modelos oriundos de imagens SRTM, ASTER e ALOS.

O capítulo CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL E A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO RESERVATÓRIO PASSO REAL, de Felipe Correa dos Santos e Waterloo Pereira Filho, teve como objetivo caracterizar e verificar a relação entre variáveis limnológicas físicas, químicas e biológicas do reservatório da UHE Passo Real, no Rio Grande do Sul.

O capítulo RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E O USO E COBERTURA DA TERRA SOBRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS, de Janderlei Velasque Dal Osto, Waterloo Pereira Filho, Rafael Dezordi e Cristiano Niederaurer da Rosa, analisou as alterações das variáveis limnológicas em relação a precipitação pluviométrica e o uso e cobertura da terra da microbacia da Sanga do Padre, localizada no município de São Borja, na porção oeste do Rio Grande do Sul.

No artigo ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE VARIÁVEIS DE TSS, CLOROFILA A, NDVI E TRANSPARÊNCIA, Juliane Beatriz

Lissner e Waterloo Pereira Filho analisaram a correlação, o coeficiente de determinação e nível de significância entre variáveis de Totais de Sólidos em Suspensão (TSS), Clorofila a, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e transparência utilizando dados in situ e imagens de satélite da Lagoa Itapeva, para avaliar a relação entre tais variáveis e como o número de amostras responde ao tratamento estatístico.

O capítulo ANÁLISE ESPACIAL DA TURBIDEZ NO COMPARTIMENTO AQUÁTICO DO RIOSÃO FRANCISCO VERDADEIRO – ITAIPU, de Rafael Dezordi, Waterloo Pereira Filho, Gisieli Kramer, Cristiano Niederauer da Rosa e Janderlei Velasque Dal Osto gerou um modelo matemático para estimar os dados de turbidez observados em campo a partir de imagens do sensor orbital Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8. para compartimento aquático denominado São Francisco Verdadeiro (SFV), Lago da Itaipu, no Paraná.

No capítulo AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E CLOROFILA A NAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DE ESPORA, Assunção Andrade de Barcelos, Fernanda Luisa Ramalho, Patrícia da Silva Gomes, João Batista Pereira Cabral e Michaela Andréa Bette Camara avaliaram o Índice de Estado Trófico (IET), utilizado para determinar o grau de trofia de ecossistemas aquáticos, por representar a quantidade de nutrientes que chegam em um curso d'água do reservatório da UHE Espora, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Corrente, no sudoeste do estado de Goiás.

No capítulo ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁGUA A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO, Gisieli Kramer, Patricia Michele Pereira Trindade, Cristiano Niederauer da Rosa, Ademir de Cássio Machado Perasoni e Waterloo Pereira Filho objetivaram relacionar e verificar as diferenças entre a temperatura de superfície da água (TSA) estimada em imagens termais com métodos distintos de processamento

e a TSA medida em campo em diferentes intervalos temporais, no compartimento aquático São Francisco Verdadeiro, Lago Itaipu, PR.

No capítulo VARIABILIDADE CLIMÁTICA E OS ASPECTOS FÍSICO-GEOGRÁFICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CAIAPÓ, OESTE GOIANO – GOIÁS, Thiago Rocha, Zilda Mariano de Fátima (in memoriam), Alécio Perini Martins, João Batista Pereira Cabral, Daiane Ferreira Batista e Regina Maria Lopes estudaram a variabilidade dos elementos climáticos (temperatura do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) na escala regional e local, considerando a relação com fatores físico-geográficos (hipsometria, exposição da vertente, declividade e uso da terra) na bacia hidrográfica do Médio Caiapó, no oeste goiano.

No capítulo VARIABILIDADE TERMO-HIGROMÉTRICA NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO ERNESTINA/RS, EM SITUAÇÃO DE VERÃO, Denise Cristina Borges e Cássio Arthur Wollmann analisaram a variabilidade termo-higrométrica, no período de verão, em três categorias distintas de usos da terra (cultura agrícola, banhado e fragmento florestal) próximos ao Reservatório Ernestina, no município de Ernestina, Rio Grande do Sul. Foi possível perceber o quanto os usos da terra exercem influência no comportamento termo-higrométrico, mesmo em áreas próximas umas das outras, em especial o papel da vegetação no controle sobre a variabilidade termo-higrométrico, com a presença do fragmento florestal, apresentando as menores variações tanto de dia quanto a noite, comparada as demais áreas.

No capítulo O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO DE SALTO DO JACUÍ/RS, EM SITUAÇÃO DE VERÃO, Ismael Luiz Hoppe e Cássio Arthur Wollmann mensuraram e avaliaram o campo termo-higrométrico da área urbana de Salto do Jacuí no noroeste do Rio Grande do Sul, no dia 12 de janeiro de 2017, levantando e identificando os sistemas atmosféricos e o tipo de tempo dominante, bem como coletando

e comparando dados através dos abrigos meteorológicos, instalados em diferentes usos e cobertura da terra e a através de transectos móveis realizados na área urbana.

O capítulo **PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ, RS**, de Jakeline Baratto e Cássio Arthur Wollmann analisou a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica, que é dos atributos climáticos que tem a maior variabilidade no espaço e ao longo do tempo, na bacia hidrográfica do alto Jacuí, RS, entre os anos de 1980 a 2010, considerando os reflexos da atuação dos fenômenos El Niño e La Niña.

No capítulo **VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO SETOR PAMPEANO DA BACIA HIDROGRÁFICA ALTO JACUÍ/RS**, Santhiély Láksmi Silva Gomes, João Paulo Delapasse Simioni, Jakeline Baratto e Cássio Arthur Wollmann analisaram a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica em três municípios localizados a oeste da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí (BHAJ): Jari, Jóia e Tupanciretã/RS, buscando compreender a variabilidade pluviométrica de uma área com remanescente de vegetação do bioma Pampa, bem como sua distribuição em escalas mensais, sazonais e anuais, contribuindo para o desenvolvimento dos estudos em climatologia geográfica, planejamento dos recursos hídricos da região e conservação ambiental.

No capítulo **OROGRAFIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL PLUVIOMÉTRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO PARANÁ**, Márcio Greyck Guimarães Correa, Paulo Miguel de Bodas Terassi e Emerson Galvani apresentam um estudo comparativo da análise de correlação estatística entre a altitude e a precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas dos rios Piquiri e Pirapó, localizadas no estado do Paraná, com a finalidade de identificar a participação da altitude na distribuição da precipitação pluviométrica em bacias hidrográficas, já que a orografia corresponde a um importante

atributo no controle da circulação atmosférica por influenciar a distribuição espacial e temporal de elementos climáticos como a precipitação.

O capítulo **EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ**, de Aline Nunes da Silva e Cássio Arthur Wollmann buscou estabelecer a frequência de participações das classes de eventos extremos da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, localizada na Região Hidrográfica do Guaíba. Para isto, utilizou-se uma classificação que considera a intensidade de precipitação pluviométrica em sete classes de acordo com a quantidade de precipitação registrada em milímetros em pluviômetros ou pluviógrafos.

No capítulo **INFLUÊNCIA DE FATORES CLIMATOLÓGICOS NA INFECÇÃO DA SOJA POR FERRUGEM ASIÁTICA**, Ademir de Cássio Machado Peranson, Waterloo Pereira Filho, Cristiano Niederauer da Rosa, Gisieli Kramer e Patricia Michele Pereira Trindade realizaram a análise dos índices de temperatura e pluviosidade a fim de constatar a influência das condições meteorológicas no processo de infecção e reprodução do fungo *Phakopsora pachyrhizi* causador da ferrugem asiática nas bacias hidrográficas Vacacaí Mirim e Ibicuí Mirim, na região central do Rio Grande do Sul.

No capítulo **A DENGUE NA BACIA HIDROGRAFICA DO ALTO JACUÍ/RS**, Bianca Marques Maio, Iago Turba Costa e Cássio Arthur Wollmann apresentam a localização e a caracterização dos casos de dengue nos anos de 2007 a 2017 nos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, contextualizando em relação ao Rio Grande do Sul e comparando com outras regiões do Estado.

No capítulo **JUSTIÇA AMBIENTAL E RACISMO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO JAGUARÉ, SÃO PAULO/SP**, de Rúbia Gomes Morato, Felipe



André Dias, Marcos Roberto Martines, Fernando Shinji Kawakubo e Ailton Luchiari (in memoriam), utilizaram dados do Censo do IBGE e da Prefeitura para compor um índice de justiça ambiental, na zona Oeste do município de São Paulo. O princípio estrutural da justiça ambiental é que populações vulneráveis não sejam expostas a uma maior carga de problemas ambientais. Já o racismo ambiental diz respeito às injustiças ambientais e sociais que recaem desproporcionalmente sobre raças vulnerabilizadas. O índice de justiça ambiental apresentado mostrou uma desigualdade marcante, com associação tanto com a composição racial quanto a renda da população.

Finalmente, o capítulo KIT DE ROCHAS E MINERAIS DA BACIA DO RIO CLARO: PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO COM ABORDAGEM INVESTIGATIVA de Patrícia da Silva Gomes, Assunção Andrade de Barcelos, João Batista Pereira Cabral e Michaela Andréa Bette Camara, que encerra o livro, teve como objetivo utilizar kits compostos por rochas e minerais da bacia hidrográfica do Rio Claro, em Goiás, com o intuito de proporcionar um material didático para aulas de Geografia, possibilitando aos estudantes conhecer as rochas e minerais existentes em uma bacia hidrográfica, identificar, classificar e montar kits de rochas e minerais como recurso didático. Trata-se de um recurso importante para despertar nos alunos o interesse pelo conhecimento dentro da área de geociências.

Boa leitura!

Rúbia Gomes Morato  
Departamento de Geografia/USP

# Sumário

BACIA HIDROGRÁFICA:UNIDADE DE ANÁLISE INTEGRADA	27
Jurandyr Luciano Sanches Ross	
AS POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS/BR	45
Eliane Maria Foletto	
ANÁLISE GEOESPACIAL E REFLEXÕES SOBRE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DE GOIÁS	77
Patrícia Tinoco Santos	
Alécio Perini Martins	
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ: ANÁLISE E ESPACIALIZAÇÃO	121
Patrícia Ziani	
Eliane Maria Foletto	
Cassio Arthur Wollmann	
FUMICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS	143
Vagner Apollo Duarte	
Cássio Arthur Wollmann	
ALTO JACUÍ/RS - DEMARCAÇÃO DA ZONA DE PRODUÇÃO VITIVINÍCOLA	171
Cássio Arthur Wollmann	
Emerson Galvani	

COMPARTIMENTAÇÃO GEMORFOLÓGICA DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORRENTE/GO, BRASIL \*  
213

Sheyla Olívia Groff Birro  
Jurandyr Luciano Sanches Ross

João Batista Pereira Cabral

ANÁLISE DE ESTABILIDADE EM VERTENTES  
ATRAVÉS DO CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA 239

Michelle Odete dos Santos 246

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO CÓRREGO MATRIZ,  
CACHOEIRA-ALTA/GOIÁS, BRASIL 265

Fernanda Luisa Ramalho

João Batista Pereira Cabral

Assunção Andrade de Barcelos

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EROSIVO DA  
CHUVA: ESTUDO DE CASO EM QUATRO POSTOS  
PLUVIOMÉTRICOS NO ESTADO DE GOIÁS 291

Pollyanna Faria Nogueira

João Batista Pereira Cabral

Susy Ferreira Oliveira

Celso Carvalho Braga 298

ESTUDO SAZONAL DA EROSIVIDADE DA CHUVA  
NAS BACIAS DE BARRA DOS COQUEIROS E CAÇU-GO NO  
ANO DE 2017 311

Ezequiel Pereira da Silva

Fernanda Luisa Ramalho

João Batista Pereira Cabral

Regina Maria Lopes

O USO DE DADOS HISTÓRICOS NOS ESTUDOS DE  
INUNDAÇÃO 335

Rosangela do Amaral

Jurandyr Luciano Sanches Ross

CARACTERIZAÇÃO HIDROSEDIMENTOLÓGICA  
DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE CAÇU –  
GO 351

Celso de Carvalho Braga

João Batista Pereira Cabral

Susy Ferreira Oliveira

Assunção Andrade de Barcelos

ANÁLISE TEXTURAL E CLASSIFICAÇÃO DOS  
MODELOS DEPOSICIONAIS EM RESERVATÓRIO DE  
EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO 385

Susy Ferreira Oliveira

João Batista Pereira Cabral

Celso de Carvalho Braga

Assunção Andrade de Barcelos

Pollyanna Faria Nogueira

IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DE DADOS PARA  
PESQUISA EM GEOPROCESSAMENTO 409

Waterloo Pereira Filho

Rafael Dezordi

Giseli Kramer

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE BACIAS  
DERIVADAS DE MDEHC, UTILIZANDO IMAGENS ASTER,  
SRTM e ALOS, PARA O MUNICÍPIO DE SANTA MARIA – RS  
423

Marcos Augusto Gomes Dos Santos

Waterloo Pereira Filho

Tatiana Mora Kuplich

Yesica Ramirez Flores

Alessandra Aparecida da Luz Moraes

CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL E A DISTRIBUIÇÃO  
ESPACIAL DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO  
RESERVATÓRIO PASSO REAL 439

Felipe Correa dos Santos

Waterloo Pereira Filho

RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO  
PLUVIOMÉTRICA E O USO E COBERTURA DA TERRA  
SOBRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS 479

Janderlei Velasque Dal Osto

Waterloo Pereira Filho

Rafael Dezordi

Cristiano Niederauer da Rosa

ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE VARIÁVEIS DE TSS,  
CLOROFILA\_A, NDVI E TRANSPARÊNCIA 503

Juliane Beatriz Lissner

Waterloo Pereira Filho

ANÁLISE ESPACIAL DA TURBIDEZ NO  
COMPARTIMENTO AQUÁTICO DO RIO SÃO FRANCISCO  
VERDADEIRO - ITAIPU 537

Rafael Dezordi

Waterloo Pereira Filho

Gisieli Kramer

Cristiano Niederauer da Rosa

Janderlei Velasque Dal Osto

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO  
E CLOROFILA-a NAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DE  
ESFORA 549

Assunção Andrade de Barcelos

Fernanda Luisa Ramalho

Patrícia da Silva Gomes

João Batista Pereira Cabral

Michaela Andréa Bette Camara

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE  
DA ÁGUA A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO  
REMOTO 569

Giseli Kramer

Patricia Michele Pereira Trindade

Cristiano Niederaurer da Rosa

Ademir de Cássio Machado Peransoni

Waterloo Pereira Filho

VARIABILIDADE CLIMÁTICA E OS ASPECTOS  
FÍSICO-GEOGRÁFICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
MÉDIO CAIAPÓ, OESTE GOIANO – GOIÁS 591

Thiago Rocha

Zilda Mariano de Fátima (in memoriam)

Alécio Perini Martins

João Batista Pereira Cabral

Daiane Ferreira Batista

Regina Maria Lopes

VARIABILIDADE TERMO-HIGROMÉTRICA NO  
ENTORNO DO RESERVATÓRIO ERNESTINA/RS, EM  
SITUAÇÃO DE VERÃO 634

Denise Cristina Borges

Cássio Arthur Wollmann 627

O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO DE SALTO DO  
JACUÍ/RS, EM SITUAÇÃO DE VERÃO 655

Ismael Luiz Hoppe

Cássio Arthur Wollmann

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ, RS 685

Jakeline Baratto

Cássio Arthur Wollmann

VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO SETOR  
PAMPEANO DA BACIA HIDROGRÁFICA ALTO JACUÍ/RS  
713

Santhiély Láksmi Silva Gomes

João Paulo Delapasse Simioni

jakeline Baratto

Cássio Arthur Wollmann

OROGRAFIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL  
PLUVIOMÉTRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO  
ESTADO DO PARANÁ 749

Márcio Greyck Guimarães Correa

Paulo Miguel de Bodas Terassi

Emerson Galvani

EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ 777

Aline Nunes da Silva

Cássio Arthur Wollmann

INFLUÊNCIA DE FATORES CLIMATOLÓGICOS NA  
INFECÇÃO DA SOJA POR FERRUGEM ASIÁTICA 797

Ademir de Cássio Machado Peransoni

Waterloo Pereira Filho



Cristiano Niederaurer da Rosa

Gisieli Kramer

Patricia Michele Pereira Trindade

A DENGUE NA BACIA HIDROGRAFICA DO ALTO  
JACUÍ/RS 815

Bianca Marques Maio

Iago Turba Costa

Cássio Arthur Wollmann

JUSTIÇA AMBIENTAL E RACISMO AMBIENTAL NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO JAGUARÉ, SÃO  
PAULO/SP 845

Rúbia Gomes Morato

Felipe André Dias

Fernando Shinji Kawakubo

Marcos Roberto Martines

Ailton Luchiari (in memoriam)

KIT DE ROCHAS E MINERAIS DA BACIA DO RIO  
CLARO: PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO COM  
ABORDAGEM INVESTIGATIVA 861

Patrícia da Silva Gomes

Assunção Andrade de Barcelos

João Batista Pereira Cabral

Michaela Andréa Bette Camara

SOBRE OS AUTORES 889

# BACIA HIDROGRÁFICA: UNIDADE DE ANÁLISE INTEGRADA

Jurandyr Luciano Sanches Ross

## 1. *Pressupostos das Análises Integradas*

Os arranjos e desarranjos dos espaços geográficos dos mais diferentes territórios, está diretamente relacionado com o modo como os atores sociais de um determinado território ou de um lugar se relacionam com a economia aberta para o mundo global ou se fecham para uma economia interna com laços tênues com o mundo exterior. Na perspectiva da relação aberta com o mundo global as transformações, a dinâmica social e econômica são extremamente mais intensas, pois a competição produtiva, a concorrência entre empresas, entre pessoas e entre profissionais, exige cada vez mais forte capacitação profissional entre os trabalhadores, uso de tecnologias cada vez mais sofisticadas pelas empresas para torná-las mais eficientes, e grandes investimentos de capitais. A voracidade dos mercados da economia global é inexorável, inclusive com a natureza, que cada vez mais rapidamente vai sendo transformada e frequentemente lapidada, em função das pressões exercidas pelas ações exploratórias. As pressões se manifestam sobretudo através da economia de mercado, em função das necessidades criadas pelo consumo, que é a base da economia capitalista, que a cada dia se aprimora e se intensifica na economia globalizada, muito produtiva, cada vez mais eficiente, cada vez mais rica, mas fortemente excludente. Isto tudo se reflete nos espaços geográficos produtivos e não produtivos, que vão sendo gerados ao longo do território, e modificados rapidamente, como tudo que com grande velocidade se insere e se descarta no seio das sociedades mais

dinâmicas e tecnicizadas da atualidade. Essas marcas de transformação da natureza se traduz por um complexo de atividades econômicas e sociais, que determinam e estruturam os espaços geográficos, objeto de análises e pesquisas da geografia tanto na perspectiva da natureza, da sociedade ou como é mais desejável de ambas conjuntamente.

O objetivo geográfico geral desse entendimento integrativo sociedade-natureza consiste em obter um conjunto de informações elaboradas e organizadas de forma tal que se consubstancie em documentos, a partir do qual é possível desenvolver ações de planejamento e gestão ambiental para os diferentes espaços territoriais com a finalidade de conservar, preservar e recuperar a natureza e, ao mesmo tempo, não cercear, mas pelo contrário, estimular o desenvolvimento econômico e social com bases sustentáveis. Isto significa promover desenvolvimento econômico e social onde potencialidades e limitações da natureza sejam respeitados, não obrigatoriamente com preservação absoluta dos bens naturais, mas com promoção de usos tecnicamente adequados e tratamento técnico criterioso dos resíduos e rejeitos gerados.

As pesquisas geográficas sempre se desenvolverão na perspectiva de se elaborar produtos analítico-sintéticos integrativos e representados no tempo e no espaço de um determinado território, quer seja a bacia hidrográfica, o município, o estado, o país, uma unidade de conservação ou até mesmo uma grande propriedade rural, ou um conjunto de um grande número de pequenas unidades de produção agro-pecuária.

Os produtos finais da pesquisa podem não ser obrigatoriamente documentos de síntese, mas inevitavelmente os procedimentos de investigação só são possíveis de serem operacionalizados com a utilização de dados que possam ser confrontados, comparados e combinados entre si, para que seja viável obter-se resultados analíticos satisfatórios com as correlações e combinações com diversas informações das variáveis da

natureza e da sociedade. Os produtos da pesquisa geográfica devem ser espacializáveis no território e no tempo histórico, objeto da análise, como por exemplo uma bacia hidrográfica, que por si só define uma unidade ambiental natural integrada a partir de uma das variáveis da natureza, o rio principal e seus afluentes que se inter-relacionam com a dinâmica climática, com o relevo, os solos, a base geológica e a cobertura viva vegetal natural ou introduzida pelas atividades humanas. As pesquisas inevitavelmente necessitam trabalhar com dados que ao serem manuseados/organizados/sistematizados informam aspectos dos elementos fixos (estáticos) do território objeto da pesquisa, mas também possibilita a análise da dinâmica ou seja dos fluxos que dão “vida” ao ambiente em análise. Nesse contexto as análises devem contemplar, de forma analítica e também sintética, os dados multitemáticos gerados pelas pesquisas das disciplinas especializadas de viés geográfico. Os produtos temáticos gerados são acompanhados de textos, mapas, tabelas e gráficos com conteúdo técnico-científico de caráter inter e transdisciplinar. A combinação das informações integradas resultam em análises diversas sobre cada uma das variáveis pesquisadas, como água, solos, relevo, clima, usos da terra, problemas ambientais diversos, como também possibilitam identificar diferentes espaços territoriais compostos por um mosaico de espaços menores e mais homogêneos a que se pode denominar de Unidades de Paisagens, Unidades de Terras, Unidades Ambientais, Sistemas Ambientais entre outros. Estes, em síntese são espaços geográficos nos quais têm-se o entendimento das fragilidades e potencialidades ambientais, bem como potencialidades e vulnerabilidades sociais (ROSS, 2006).

## 2. *A Natureza Humanizada*

As relações sociedade-natureza, sobre as quais a Geografia deve desempenhar importante papel não só para a produção do conhecimento

humano mas sobretudo, para transformar esse conhecimento em um bem de interesse social e de utilidade pública, a contribuição teórica do professor Milton Santos é muito importante. Isto porque o autor teoriza sobre o conhecimento geográfico em uma perspectiva de entendimento mais amplo, integrando sociedade e natureza e procurando mostrar o papel da visão holística que a Geografia deve transmitir e mais do que isso praticar. É a única área do conhecimento que oferece a oportunidade de ter-se um conhecimento integrativo mais amplo e total sobre as sociedades humanas e suas relações intrínsecas com a natureza, tanto nos condicionamentos que os ambientes naturais influenciam nas atividades humanas, como essas atividades interferem e modificam a natureza. Em suas obras “Metamorfoses do Espaço Habitado” de 1988, e, “A Natureza do Espaço” de 1999, ao tratar do papel da Geografia e da pesquisa geográfica defende que “(...)impõe-se, na análise, apreender objetos e relações como um todo, e só assim estaremos perto de sermos holístas, (...)isto é, preocupados com a totalidade”.

Evidentemente, que a apreensão da totalidade acaba por exigir o entendimento de outros conceitos de certo modo a ela inerentes, mas que se constituem em coisas distintas. Nesse sentido, Santos (1988), explica que “(...)a noção de totalidade é uma das mais fecundas que a filosofia clássica nos legou, constituindo um elemento fundamental para o conhecimento e análise da realidade”(...)“nessa idéia, todas as coisas presentes no universo formam uma unidade, um todo, embora a totalidade não seja uma simples soma das partes. As partes que formam a totalidade não bastam para explica-la, ao contrário, é a totalidade que explica as partes”.

Continuando seu discurso sobre a interatividade entre as partes que compõem o todo, Santos (1999), escreve que “(...)a realidade é a totalidade dos estados de coisas existentes, as totalidades das situações. A totalidade é o conjunto de todas as coisas e de todos os homens, em

sua realidade, isto é, em suas relações, e em seu movimento”. Citando Goldmann (1967), Santos (op. cit.), transcreve, “(...) a totalidade é o conjunto absoluto das partes em relação mútua”. Assim, a evolução da totalidade ao se transformar em outra realidade, continua sendo totalidade. Citando Karpik (1972), Santos (1999), diz que “(...) essa totalidade do real, compreende conjuntamente o planeta, isto é, a natureza e a comunidade humana”.

É importante entender com maior clareza outros conceitos inerentes às abordagens geográficas e que são distintas entre si, inclusive no conceito de totalidade, “espaço” e “paisagens”, que ao mesmo tempo que se assemelham e, portanto, se confundem, mas na prática são distintos. Santos (1988), afirma que “(...) todos os espaços são geográficos, porque são determinados pelos movimentos da sociedade e da produção. Mas tanto a paisagem, quanto o espaço, resultam de movimentos superficiais e de fundo, da sociedade, uma realidade de funcionamento unitário, um mosaico de relações, de formas, funções e sentidos” (...) “tudo aquilo que nós vemos, que nossa visão alcança é a paisagem. Esta pode ser definida como o domínio do visível, aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas de volumes, mas também de cores, movimentos, odores, sons, (...)”. “A dimensão da paisagem é a dimensão da percepção, o que chega aos nossos sentidos (...), a percepção é sempre um processo seletivo de apreensão”.

Conforme Santos (1988), “Se a realidade é apenas uma, cada pessoa a vê de forma diferenciada, deste modo a visão pelo homem das coisas materiais, é sempre deformada”. Para Max Sorre, em citação de Santos (op cit), “a noção capital de complexo geográfico local, cuja expressão concreta é a paisagem”, considerando que objeto de estudo da Geografia é a paisagem e sua funcionalidade natural e humana.

Carl Sauer, também citado por Milton Santos, diz que existem dois tipos de paisagens, a natural e a artificial. “A paisagem artificial é a

paisagem transformada pelo homem, enquanto grosseiramente, pode-se dizer que a paisagem natural é aquela ainda não mudada pelo esforço humano”. Assim, “ a paisagem é um conjunto heterogêneo de formas naturais e artificiais, formada por frações de ambas, seja quanto ao tamanho, volume, cor, utilidade ou por qualquer outro critério. A paisagem é sempre heterogênea, dependendo da escala de análise que se está fazendo dela. Aquilo que em uma escala de análise regional é homogêneo não o é quando se passa para análise em escala local. Outro fato merecedor de lembrança é que a paisagem por não ser estática, sua dinâmica está diretamente dependente dos fluxos energéticos e de materiais produzidos ou inerentes à natureza de um lado e de outro pelas alterações desses fluxos produzidos pelas intervenções humanas. Assim a análise de uma bacia hidrográfica está sempre vinculada às variações e diferenças que as paisagens que compõem a unidade de análise, ou seja neste caso a própria bacia. As pesquisas integradas devem contemplar sempre os aspectos naturais que envolvem a água na perspectiva da qualidade e quantidade bem como de suas alterações com perda de qualidade e de quantidade como modificações de vazão e intensidades dos fluxos hídricos, quer sejam eles atmosféricos, de superfície ou subterrâneos. As águas, como os gases da atmosfera são elementos fluidos que circulam e permeiam todas as demais componentes da natureza quer seja ela biótica ou abiótica. São determinantes na definição das unidades de terras e suas geodiversidades, bem como nas variações bióticas que marcam a biodiversidade. Neste contexto, o objeto de análise integrada das bacias hidrográficas se compõem pelas componentes da geodiversidade, ou seja do relevo, dos solos, da base geológica, recursos hídricos, climas e suas interações com os componentes da biodiversidade ou seja da flora e fauna, quer sejam terrestre, aérea ou aquática e suas interdependências e como estas variáveis combinadas são o suporte que dão base para a sócio-diversidade



dos humanos que habitam os diferentes ambientes, tanto na perspectiva econômica, como cultural e social.

A vida em sociedade supõe uma multiplicidade de funções e quanto maior o número delas, maior a diversidade de formas e atores. Santos “A paisagem não se cria de uma só vez, mas por acréscimos, substituições; a lógica pela qual se fez um objeto no passado era a lógica da produção daquele momento. Uma paisagem, é um conjunto de objetos, que têm idades diferentes, é uma herança de muitos diferentes momentos” tanto na perspectiva humana como da natureza. Desse modo, Santos (op. cit.) afirma, “ (...)a paisagem não é dada para todo o sempre, é objeto de mudança. É um resultado de adições e subtrações sucessivas. É, uma espécie de marca da história do trabalho, das técnicas. Por isso, é formada por elementos naturais e artificiais ou seja os produzidos ou introduzidos pelos humanos.

A abordagem teórica apresentada por Milton Santos (1988 e 1996), deixa claro que as questões relacionadas com a Geografia trabalhadas nos diferentes pontos da superfície da terra, inclusive nas bacias hidrográficas, não podem ser tratadas somente pela ótica da natureza ou das sociedades humanas que habitam esses lugares. É preciso tratar e apreender esses diversos lugares, face suas diversidades naturais, sociais, culturais e econômicas no contexto de sua totalidade, ou seja, no âmbito do “espaço total”, envolvendo portanto sociedade e natureza na perspectiva dinâmica, deixando as marcas das transformações no espectro do visível bem como na dinâmica dos fluxos da natureza e dos fluxos e história da sociedade.

Seguindo estes pressupostos que estabelecem as vinculações entre a sociedade e a natureza, e sendo a água um dos elementos imprescindíveis à existência à vida, a análise integrada na perspectiva da totalidade e do espaço total, possibilita que as bacias hidrográficas sejam assim tratadas

ao serem objeto de usos diversos e de múltiplas pesquisas.

Como a água é um recurso natural de interesse social e de uso múltiplo, ter conhecimento de seus volumes, seus fluxos, suas qualidades são imprescindíveis para os humanos tanto na perspectiva alimentar como matéria prima e fonte de energia para gerar produtos e objetos de uso diário. As águas pertencentes a cada uma das bacias hidrográficas têm multiplicidade de usos e portanto é de absoluto interesse social, e seu uso é acima de tudo de utilidade pública. Água para abastecimento urbano e rural, água para irrigação agropecuária, água para atividades industriais, água para geração de energia elétrica, água para navegação, enfim água para tudo, ou seja a água está em tudo que envolve as necessidades e interesses da humanidade. Mas a água também tem sido usada ao longo da história para servir como diluidora de resíduos líquidos e sólidos decorrentes de efluentes de esgotos urbanos e industriais, e isso está progressivamente comprometendo sua qualidade e gerando escassez relativa. As águas superficiais e subterrâneas recebem os dejetos urbanos e industriais, os detritos sólidos e os químicos dissolvidos, produzidos pelos processos erosivos decorrentes das áreas de agricultura e pecuária, e também dos caminhos de serviços das áreas rurais, das estradas e rodovias municipais, estaduais e federais, enfim tudo chega aos rios. Esses processos todos contribuem para a perda de qualidade das águas, tornando-as poluídas, águas mortas por excesso de elementos químicos e físicos. Assim, é objeto de preocupação das pesquisas com as bacias hidrográficas os problemas ambientais decorrentes das atividades humanas, que atuam como se as águas pudessem infinitamente continuar limpando as sujeiras produzidas pela humanidade. Ainda que a água, como o ar sejam fluidos “auto-limpantes” porque têm grande capacidade de se regenerarem naturalmente, a carga de detritos sólidos, líquidos, gasosos, físicos e químicos quando concentrados, transformam águas vivas em águas

mortas e portanto doentes. A saúde de uma bacia hidrográfica pode ser medida pela qualidade de suas águas, ou seja água de má qualidade de um rio é sinônimo de um rio doente, é resultado de uma bacia hidrográfica doente.

O tema água, que é um recurso natural de bem público e portanto de interesse social, é desde 1934 objeto de preocupação do Estado brasileiro, sempre com o intuito de garantir sua qualidade e quantidade em face dos interesses da nação. O primeiro código das águas no Brasil emergiu com o decreto federal 24643 de 10/07/1934 no governo de Getúlio Vargas. O referido decreto, tinha um enfoque claramente voltado para os usos específicos das águas sob duas perspectivas a saber: alimentação com o abastecimento público das comunidades; e setor produtivo vinculado à irrigação agrícola, industrial, geração de energia elétrica e navegação. O artigo 29 § primeiro explicita que “.....fica limitado o domínio dos Estados e Municípios sobre quaisquer correntes (cursos d’água), pela servidão, que a União se confere para o aproveitamento industrial das águas e da energia hidráulica e para navegação”. A partir deste decreto, o governo federal passa a fazer a gestão pública dos recursos hídricos, que inicialmente ficou a cargo do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Em 1965, criou-se o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), que vigorou até 1996, quando passou para o controle e gestão da Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vinculada ao -Ministério de Minas e Energia (MME) e a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH) subordinada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

A constituição federal de 1988, no artigo 21, inciso XIX define a competência da União para instituir um “sistema nacional de recursos hídricos, bem como definir critérios de outorga de direitos de seu uso”. No artigo 22, inciso IV define a competência da União para legislar sobre

“águas e energia”, podendo sob lei complementar autorizar os Estados a legislar sobre questões específicas deste artigo. Em 1997, é sancionada a lei 9433/97, sobre gestão dos recursos hídricos. Nesta lei, entre os fundamentos estão que a água é um bem de domínio público, dotado de valor econômico, onde os usos são múltiplos, mas que deve privilegiar como prioridade o uso do consumo humano e dessedentação de animais. Definiu também que a Bacia Hidrográfica é uma unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos com participação do setor público, dos usuários e das comunidades. Nesta perspectiva as bacias passam a ser tratadas como gestão integrada tendo como instrumento operacional as Agências de Bacias e os Comitês de Bacias Hidrográficas tanto no nível federal como nos estaduais. Esta lei deixa claro que o planejamento e gestão dos recursos hídricos deve ser integrado com a gestão ambiental.

Diante destes pressupostos, fica explícito, que sendo os recursos hídricos um bem público, deve ser gerido no contexto das bacias hidrográficas na perspectiva dos usos múltiplos, mas privilegiando a alimentação humana e animal. A água quer seja ela de superfície ou subterrânea, deve sempre ser objeto de interesse da sociedade como um todo e portanto seus aproveitamentos como abastecimento humano, agrícola, industrial, energético, navegação entre outros, necessita sempre de análises integradas no contexto das pesquisas e decisões coletivas, através das agências e comitês de bacias. As bacias hidrográficas, são por excelência unidades territoriais, que se consubstanciam em unidades ambientais, onde a água é a componente natural de intersecção de interesses sociais e econômicos. Em função disto as bacias hidrográficas, de diferentes ordens e tamanhos, são por definição unidades territoriais de planejamento sócio-ambiental.

### 3. *Ecogeografia das Bacias Hidrográficas*

Na perspectiva da ecogeografia contempla-se a partir do presente, o passado e futuro das relações sociedade-natureza, a partir da história, para explicar a atualidade e estabelecer as prognoses para o futuro. Os objetivos desta concepção estão voltados para o planejamento e gestão dos territórios como por exemplo uma bacia hidrográfica, valorizando a conservação a recuperação e preservação ambiental. Para isto, entretanto é necessário envolver análises sobre diferentes aspectos da natureza e as questões sociais, culturais e econômicas. Nesta linha as componentes naturais e sociais ao serem analisadas e entendidas no contexto das interações e das interdependências mútuas, possibilitam atingir o entendimento da complexidade de um determinado “Espaço Territorial Total”, enquanto forma, estrutura, funcionalidade e dinâmica, atual, e com prognóstico para o futuro.

O entendimento desse espaço geográfico precisa ser apreendido tanto pela perspectiva atual e histórica da sociedade como pela herança genética e dinâmica da natureza. Nem a sociedade e nem a natureza podem ser tratadas e consideradas como elementos estáticos ou como algo imutável, porque ambas estão em permanente estado de transformação e suas dinâmicas atuais embora com tempos e ritmos diferentes, são apenas um corte temporal no processo histórico da natureza e da sociedade.

O espaço geográfico total é multi-dimensional porque envolve a complexidade da dinâmica da sociedade, que se manifesta concretamente em um determinado território e depende sempre do suporte da natureza que é dinâmica, complexa e de grande diversidade. Pode-se entender os fluxos energéticos e de materiais da natureza em si mesmo sem as intervenções humanas, mas não se pode explicar a dinâmica da sociedade sem considerar o papel da natureza como suporte aos processos

socioeconômicos. A natureza pode perfeitamente existir e existirá por tempo infinito sem os humanos, mas os humanos não existem sem a natureza.

A natureza, bem como as organizações sociais, apresentam-se com funcionalidades intrínsecas, que se pode explicar pelos elementos fixos e pelos fluidos que determinam os fluxos. Tudo tem movimento, tanto a natureza, como a sociedade, não se pode pensar e agir como se a sociedade seja algo dinâmico e complexo e a natureza seja algo estático, e acabado – um produto inerte, tudo se modifica com os tempos histórico e geológico.

A natureza é estruturada em sistemas ambientais naturais, onde cada uma de suas componentes só existem em complementação combinada com a outra, e ao mesmo tempo cada componente pode ser entendida em sua dinâmica específica. A atmosfera tem sua dinâmica que se expressa pelos climas; a hidrosfera está em permanente movimento; a litosfera tem movimentos curtos e de alta intensidade, mas os lentos são de atuação constante; os vegetais e os animais são os mais sensíveis aos efeitos naturais e humanos e por isso são os mais frágeis e mutantes. Toda essa dinâmica, se manifesta em todas as dimensões (multidimensional) e só existem porque cada uma dessas partes dependem uma das outras e das energias que atuam sobre elas. A energia solar, as energias da terra como a força gravitacional, a energia do magmatismo terrestre, a força inercial que permite os movimentos rotacionais e translacionais do planeta, os elementos minerais das rochas que decompostas quimicamente compõem os solos e estes juntamente com a água alimentam os vegetais, os animais e os microrganismos. O processo é contínuo, mas com diferentes intensidades de fluxos energéticos e de materiais. Os Sistemas Ambientais Naturais são movidos pelas diferentes energias e matérias que se apresentam através dos fluxos de água, de ar/calor, de nutrientes

minerais, de elementos químicos, de sedimentos, dos átomos, das células. São, entretanto, o ar e a água os elementos fluídos que possibilitam as transferências constantes de materiais entre as partes, porque através destes as reações físicas e químicas se processam tanto por entre componentes físicos como biológicos e neste último inclui-se os vegetais, os animais, os microrganismos e os humanos. Isso tudo está concretamente no espaço geográfico total, ou seja, em um território, que não pode ser pensado só em um plano horizontal ou bidimensional da superfície da Terra., e sim em todas dimensões.

Já, as organizações humanas ou sociais se estruturam e funcionam apoiadas em outra lógica, que se definem por sistemas socioeconômicos. Esta é mais difícil de se enquadrar no recorte de bacias hidrográficas, porque as ações que definem suas dinâmicas normalmente extrapolam os limites de bacias, de Estados e até de países. De qualquer forma toda organização social ou sistema socioeconômico depende diretamente dos recursos da natureza, do trabalho humano, da base financeira, e de uma superestrutura governamental, o Estado que se impõe através dos instrumentos regulatórios (leis e tributos fiscais) e das políticas públicas. À semelhança da natureza, os sistemas socioeconômicos, se estruturam em componentes ou setores. Basicamente pode-se entender, que as mais diferentes organizações socioeconômicas estão articuladas e funcionam por ações combinadas entre os setores financeiro, produtivo primário, produtivo de transformação, comercialização/serviços e consumo e o Estado como poder máximo regulador, define e implementa as políticas sociais, econômicas e ambientais. Esses setores, representam as componentes dos sistemas socioeconômicos e do mesmo modo que nos sistemas naturais, são interdependentes e são articulados através dos fluxos de dinheiro, de mercadorias, de documentos, de informações, de pessoas, mas todos estão direta ou indiretamente na dependência dos recursos

naturais (água, ar, minerais energéticos e não energéticos, agricultura, pecuária, silvicultura, etc).

Os sistemas socioeconômicos podem ser mais dinâmicos, ou seja, mais vigorosos ou menos vigorosos, isso vai depender de uma diversidade de fatores, mas a capacidade maior ou menor do consumo e a disponibilidade de recursos financeiros define a intensidade da dinâmica econômica e social. A intensidade dos fluxos dos sistemas socioeconômicos é regida pelo Estado e pelos investimentos financeiros aplicados nos setores produtivos e no consumo, mas tudo também depende do trabalho humano, que será mais necessário quanto mais intenso for a dinâmica do sistema. A capacidade produtiva torna-se mais eficiente, quanto maior for o grau de tecnificação do sistema e, portanto a intensidade da dinâmica econômica tem uma relação direta com a inserção tecnológica e com o volume de dinheiro injetado e circulante.

Os sistemas socioeconômicos não podem existir se não estiverem articulados aos sistemas ambientais naturais porque é destes que se subtrai os mais diversos recursos naturais, que vão alimentar a cadeia produtiva primária e de transformação e que completam o circuito quando os produtos gerados se transformam em objetos e chegam ao consumidor final, que por sua vez é o que retroalimenta os setores produtivo, financeiros e de serviços. Essas atividades geram resíduos que voltam para a natureza em forma de lixo, mas que também podem ser reaproveitados no processo de reciclagem e reaproveitamento, ou seja matéria prima recuperadas dos resíduos. Todos os resíduos podem também terem uma função social, desde que se tenha gestão e tratamento técnico para transformá-los em matéria prima de segunda geração. Para isto ocorrer é preciso vontade política ou seja política pública, viabilidade técnica e econômica.

Essa combinação/interação entre os sistemas socioeconômicos e ambientais naturais definem no território espaços geográficos totais que



só podem ser entendidos na perspectiva do papel interativo da sociedade com a natureza. Os arranjos espaciais, dos chamados espaços geográficos totais, produzidas pelo trabalho humano sobre a natureza também são mutantes no tempo e no espaço, porque ao mesmo tempo que dependem da natureza, estão submissos as mudanças dos hábitos sociais e das conjecturas políticas da economia global. Cada lugar da Terra face suas características naturais na perspectiva das potencialidades e fragilidades e das dependentes inserções tecnológicas e financeiras, vai estar mais ou menos articulado, com a economia global. Quanto mais produtivo e tecnologicamente e mais avançado for um sistema socioeconômico e ambiental, melhor inserido estará no contexto da economia global, e ao contrário quanto mais próximo da natureza pouco transformada, menos articulado estará frente ao mundo global.

Como coloca Ross & Del Prette (1998), “Embora os sistemas naturais e as formações socioeconômicas sejam apreendidas segundo lógicas distintas, sua integração efetiva ocorre no território e seu reconhecimento, através das pesquisas e das representações gráficas e cartográficas, permite o estabelecimento e regulação do seu uso. O agrupamento, por exemplo, em unidades territoriais básicas, unidade de Terras, unidades de Paisagens ou zonas ecológico-econômicas que refletem as diferenciação socioeconômica e ambiental, pressupõem um modelo integrativo e interativo que, do ponto de vista lógico-conceitual, pode ser entendido e representado através da articulação de dados especializáveis, cuja ponderação deve ser criteriosa no âmbito técnico-científico, ainda que se contrapõe aos interesses minoritários quanto ao uso e apropriação dos recursos naturais. Desse modo, as interações resultam de dois processos dinâmicos e distintos que se manifestam concretamente em um determinado espaço territorial.” Esse espaço territorial é por excelência o espaço geográfico.

Os sistemas socioambientais se estruturam através do ordenamento territorial, espontâneo ou planejado, que devem ser

entendidos e administrados em função das potencialidades naturais e sociais e das fragilidades ambientais e socioculturais. As transformações da natureza pelas atividades humanas afetam sobretudo a “epiderme da Terra”. Essas mudanças ocorrem no relevo, no solo, no subsolo, nas águas, na atmosfera, mas principalmente na parte viva do planeta (biosfera). A natureza entretanto têm grande capacidade de auto-regeneração, para isso só necessita de tempo e trégua, isto porque os humanos não alteram a essência dos fluxos energéticos e de materiais naturais, ainda que interfiram fortemente na intensidade dos fluxos e aproveitamentos e transformações dos materiais. As forças da natureza com seus mecanismos funcionais são muito mais grandiosas e poderosas do que qualquer ação humana, por mais agressiva e extensiva que seja. Nesta perspectiva, os riscos ambientais, não são riscos simplesmente para a natureza, mas em sua essência o são para a humanidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 - Processo: nº 88881.068465/2014/01.

## Bibliografia

MONTEIRO- C.A.F – Geossistemas: História de Uma Procura – Editora Contexto São Paulo. 127p, 2000

ROSS, J.L.S – Ecogeografia do Brasil – Editora Oficina de Textos – São Paulo. 208 p.

ROSS, J.L.S.- 2008- Ecogeografia no Planejamento Ambiental Territorial-Revista Sociedade e Território -Natal, vol.20 nº 1 p.7-39, 2008

ROSS, J.L.S.. & DEL PRETTE, M.E.- Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Ancoras do Planejamento e Gestão Ambiental, Revista do Depto. Geografia--FFLCH-USP-São Paulo vol.12 p.89-121, 1998

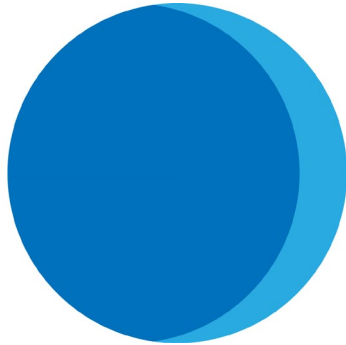
ROUGERIE , G. ; BEROUTCHACHVILI, N – – Geossistemas et Paysages: Bilan et méthodes, Armand Colin Editeur – Paris – 302p., 1991

SANTOS, M. A – – Metamorfoses do Espaço Habitado – Editora Hucitec – São Paulo.-p.290- 1988

SANTOS, M. A – A Natureza do Espaço: Espaço e Tempo – Razão e Emoção – Editora Hucitec – São Paulo . 307 p, 1996

TRICART, J. & KIEWIETDEJONGE, C.-- Ecogeography and rural managment. Esses, UK. Longman Scientific & Technical Londres.310p, 1992

ZONNEVELD, I. S. – The Land Unit – A fundamental Concept in Landscape Ecology, and its applications – in Landscape Ecology col 3 n2 p 67-86- SPB- Academia Publishing Hague. 1989



# AS POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS/BR

Eliane Maria Foletto

## 1. *Introdução*

As demandas crescentes de uso da terra e dos recursos hídricos reduzem a quantidade e afetam a capacidade de depuração dos mananciais, que se esgotam gerando passivo ambiental incalculável, que demanda do gerenciamento, pautado no planejamento ambiental integrado da Bacia Hidrográfica.

A conservação ambiental no Brasil, alicerçada em instrumentos de comando e controle do uso e ocupação da terra e dos recursos Hídricos, definem diferentes territórios, da escala local a regional, com restrições de uso e gestão específica para cada um de seus atributos, sendo que a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei no. 6.938/81, apresenta caráter transversal as demais políticas setoriais, estabelece que a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental tem por objetivo à qualidade de vida da população, o desenvolvimento socioeconômico do país, definindo alguns princípios como: considerar o meio ambiente um patrimônio público, a ser protegido tendo em vista o seu uso coletivos; o uso racional dos recursos ambientais. Neste sentido a conservação ambiental, pela Constituição Federal (CF) de 1988, no Art. 225, define como instrumento para conservação ambiental, a criação de espaços a serem protegidos:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

1º. Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; [...]

III – definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem a sua proteção; [...]

VII – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.”

E para a efetividade dos princípios da conservação ambiental, a intervenção do poder público, se faz necessária, através do reconhecimento das áreas a serem protegidas, que poderão ser alterados somente perante autorização dos órgãos públicos, independente do local em que estiver, seja em área de domínio público ou propriedade privada. Sendo que o reconhecimento destes espaços, pela importância dos atributos hidrobiogeodiversos deverão ser considerados no planejamento integrado de bacias hidrográficas, potencializando desta forma os serviços ecossistêmicos de provisão de água.

Os Espaços Territoriais a serem Especialmente Protegidos (ETEP), ganham relevância na provisão de serviços ecossistêmicos,

definindo diferentes territórios a serem conservados, que muitas vezes, extrapolam os limites já consolidados dos municípios responsáveis pela gestão ambiental local. Em especial, para a conservação dos recursos hídricos, o espaço territorial a ser considerado é o de captação e circulação da água, a Bacia Hidrográfica, que se sobrepõe ao território de vários municípios ou parcelas destes, dificultando o entendimento e a articulação dos diferentes sistemas de gestão: ambiental, dos recursos hídricos e das unidades de conservação.

Dentre as políticas ambientais, a serem consideradas na conservação dos Recursos Hídricos, destaca-se a do Código Florestal Federal, de conservação de remanescentes de vegetação nativa, uma das mais antigas em vigência no país, importante no processamento da água. Independente do tipo/espécie da vegetação, do Bioma a que pertence, a área a ser conservada, será no mínimo de 20% da área do imóvel rural, definida como Reserva legal (RL); e as áreas de margem de rio, nascente e encostas, definidas como Áreas de Preservação Permanente (APP), que deverão ser preservadas independente da posse do imóvel privada ou pública. Além destas de responsabilidade do proprietário de imóvel rural, existem outras áreas, de gestão pública, que ampliam as áreas de restrições de usos, as chamadas Unidades de Conservação (UC), que definem outros territórios, além, do limite do Município e da Bacia Hidrográfica. Nesta perspectiva a efetivação das políticas de conservação dependem do poder público e da sociedade.

Nesta perspectiva, de planejamento integrado da bacia, um dos instrumentos que contempla a articulação das diferentes políticas setoriais de conservação é o Cadastro Ambiental Rural (CAR), ferramenta que os proprietários de imóveis rurais, deverão aderir para o planejamento ambiental da propriedade, objetivando ordenar de acordo com o previsto na legislação, contemplando os diferentes atributos naturais a

serem conservados.

Para o levantamento das diferentes políticas de conservação, a serem consideradas nos Planos de Bacia, que deverão articular-se no planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí (BHAJ), Rio Grande do Sul, optou-se pela abordagem teórica, da análise de conteúdo das Leis, focando nos objetivos, atributo a ser conservado e o território de abrangência, na perspectiva de especializar e analisar os principais pontos de articulação entre a conservação dos Recursos Hídricos e o Meio Ambiente.

Para a elaboração do texto, os dados foram coletados do: Relatório Síntese do Alto Jacuí SEMA (2012); das leis ambientais disponíveis nos sites: do Ministério do Meio Ambiente (MMA); da Agência Nacional da Água (ANA); Instituto Chico Mendes (ICMBio); da Secretaria Estadual do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA) / Recursos Hídricos/Bacia do Alto Jacuí. Do projeto de implantação da Unidade de Conservação Estadual e das “Consultas de Autorização para Licenciamento Ambiental”, no Raio de Amortecimento da Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual Mo’ã. Como resultado da análise do quadro síntese com a indicação: das principais leis, os territórios de conservação com restrições de usos, dos atributos de conservação conservador, dos órgãos executores, verificou-se a importância da efetiva participação dos proprietários de imóveis rurais, através da implantação do Cadastro Ambiental Rural, na conservação ambiental e no planejamento integrado da Bacia Hidrográfica.

## 2. *Bacia Hidrográfica na conservação dos Recursos Hídricos*

A Bacia hidrográfica, como uma unidade natural de circulação



superficial, é recomendada, como referência espacial para o planejamento ambiental integrado dos Recursos Hídricos, tanto pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) , Lei no 9.433/97, quanto pelo Código Estadual de Meio Ambiente (CEMA) do RS Lei no 11.520/00. Neste sentido, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) através da Resolução nº 032/03, propõe a Divisão do Território Brasileiro em Regiões Hidrográficas, da mesma forma, os estados definem a divisão territorial em regiões hidrográficas, no RS são Três Regiões Hidrográficas: do Guaíba, Litoral e Uruguai, a Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí pertence a região hidrográfica do Guaíba, de responsabilidade de gerenciamento do estado do Rio Grande dos Sul.

Considera-se a Bacia Hidrográfica como a área drenada por um rio ou por um sistema fluvial, rede hidrográfica, funcionando como um sistema aberto de causa e efeito das intervenções:

“ ...uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagens ou divisor de águas. [...] Bacias de diferentes tamanhos articulam-se a partir dos divisores de drenagens principais e drenam em direção a um canal, tronco ou coletor principal, constituído um sistema de drenagem hierarquicamente organizado (COELHO NETTO, 1994, pág. 97).

Desta forma um rio é um sistema aberto, com fluxo contínuo da nascente a foz, definindo a dinâmica fluvial ao longo de milhares de anos, onde as alterações antrópicas, no perfil longitudinal ou na secção do leito do rio desencadeiam reflexos sobre os demais canais da rede hidrográfica, onde as alterações na bacia hidrográfica repercutem, direta ou indiretamente, na qualidade e quantidade da água que escoia para o leito do rio, desta forma, justificando a necessidade da conservação

ambiental da bacia hidrográfica.

A quantidade de água disponível no leito dos rios, e aquíferos, depende das condições ambientais da bacia, da preservação/conservação das condições de infiltração das áreas de recarga. Então, a gestão dos recursos hídricos pautada na perspectiva do aumento do suprimento, redução da demanda, com medidas estruturais e não estruturais, a fim de atender aos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, depende das políticas de conservação e da restrição de usos impostas pelos Espaços territoriais especialmente protegidos: as áreas protegidas de APP, RL e as UC.

As áreas protegidas, contribuem de forma direta para os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, que no Art.2º da Lei no. 9.433/97, define como objetivos da Política:

“... assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequados dos recursos naturais (catástrofes como enchentes, inundações, etc.)”

E para a gerenciamento dos recursos hídricos, a Lei define a estrutura jurídico-administrativa do Sistemas Estaduais de Recursos Hídricos (SERH), descentralizado e participativo, atribuindo aos comitês de bacias hidrográficas, a responsabilidade de deliberarem questões do: Plano de Bacia, do enquadramento, da outorga e cobrança, demonstrando a necessidade de articular com a gestão ambiental, já que os instrumentos da política de recursos hídricos pautam-se no uso dos recursos Hídricos e não dão conta do ordenamento do território, necessário a conservação ambiental, que é de responsabilidade dos Sistemas Municipais de Meio

Ambiente.

### 3. *A Conservação pelo uso sustentável da propriedade privada*

As políticas de conservação, focam em alguns atributos naturais, como: água, vegetação nativa, espécies de fauna e flora, enfim, segmentam atributos da paisagem, não são raros os conflitos entre políticas públicas locais, como por exemplo, envolvendo os Planos Diretores e as leis de Uso e Ocupação do Solo, com o Código Florestal, Lei da Mata atlântica e das Unidades de Conservação.

Há um consenso, quanto a importância da cobertura da terra com remanescentes de vegetação nativa, para conservação da água, independente do tipo de vegetação: de campos, de floresta, ou de Cerrado, mais uma vez, demonstrando a necessidade da efetivação do Código Florestal Federal instituído pela Lei nº. 12.651/12, que define:

“Art. 1º - As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.”

A Lei do código Florestal, de abrangência nacional, se aplica a todo imóvel rural, atribuindo responsabilidade ao proprietário, de norte a sul, de leste a oeste do país, independente do tamanho da área do imóvel, de conservar os remanescentes de vegetação nativa, em no mínimo em 20% da propriedade, denominada “Reserva Legal”, garantindo desta forma a conservação dos diferentes tipos de vegetação, dos Biomas, com peculiaridades e exigências distintas, onde a Lei nº. 12.651/12, define:

“ Reserva legal é compreendida como a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, (...) com a função de assegurar o

uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”. (BRASIL, 2012, art.3, inciso III), o percentual da área a ser conservada na reserva legal depende do tipo de Bioma em que está localizada variando de 20 a 80% da área da propriedade.’

Para a regularização destas áreas de reserva legal, considerando a sua importância para a conservação ambiental, a Lei prevê no Art. 66, que:

”Pode ser recomposta sob a forma de regeneração natural ou mediante as seguintes formas de compensação; Aquisição da Cota de Reserva Ambiental (CRA); Arrendamento sob regime de servidão ambiental ou Reserva Legal; Doação ao Poder Público de área localizada no interior de Unidade de Conservação; e Cadastramento de outra área equivalente e excedente à Reserva Legal, em imóvel de mesma titularidade ou adquirida de terceiro”.

A Reserva Legal de acordo com Becker (2017) “é passível de exploração limitada, mediante manejo sustentável, sendo que sua averbação no Cartório de Registro de Imóveis não será obrigatório a partir da sua declaração e inclusão no CAR – Cadastro Ambiental Rural.”

Além da Reserva Legal, para conservação de remanescentes dos diferentes o Biomas, em no mínimo 20% da área da propriedade, alguns proprietários, também terão que conservar as Áreas de Preservação Permanente, que o Código Florestal Brasileiro, Lei nº. 12.651/12, define como:

“... área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, localizadas nas margens dos curso d’água, nascentes e olhos d’água,

reservatórios de água, lagos e lagoas naturais ou artificiais, as nas encostas com declividade superior a 45°, restingas e manguezais, bordas de chapas e tabuleiros, em topo de morros e áreas com altitude superior a 1800 metros, etc. (BRASIL, 2012, art. 4).

As áreas, cobertas ou não por vegetação, localizadas nas áreas rurais e urbanas: nas nascentes, afloramento de água subterrânea, com ou sem acúmulo de água no raio de 50 metros; as faixas marginais, em ambos os lados do leito, de qualquer curso d'água natural perene ou intermitente, em largura mínima de 30 metros; as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive, não poderão ser ocupadas, deverão ser preservadas em todas as suas funções.

E ainda, para os mananciais naturais ou artificiais, o Art. 3º da Resolução nº. 302/02 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), define as Áreas de Preservação Permanente para o entorno de reservatórios:

“área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de: I - trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais. II - quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental. “III - quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural.”

Além destas o Código Florestal, prevê que em alguns casos o poder público, nas diferentes esferas de poder, poderá ainda declarar como APP, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas (CF, art. 3º):

” atenuar a erosão das terras; b) a fixar as dunas; c) formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; d) auxiliar defesa do

território nacional; e) proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico/histórico; f) Proteger exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; g) Manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas; h) assegurar condições de bem-estar público.”

Com objetivo de proteger atributos naturais de relevante interesse ecológico, o poder público poderá através de órgão municipal, estadual ou federal, instituir as Unidade de Conservação.

A necessidade da preservação e conservação de diferentes atributos da paisagens, através de diferentes áreas protegidas, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018) devem ser planejadas e administradas de forma integrada, em casos excepcionais, a prioridade será a conservação das Áreas de Preservação Permanente, da mesma forma, quando da sobreposição pelas Unidades de Conservação, prioriza-se as tipologias mais restritiva, a lei da Mata Atlântica que se sobrepõe as APP e Ucs, considera estas como área núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

Somente em alguns casos de interesse social e utilidade pública, a Resolução nº. 369/06 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, prevê Uso, Corte/supressão de vegetação em APP. Então as áreas de APP e Reserva legal são obrigatórias em todas as imóveis do país, onde os proprietários deverão declarar através do Cadastro Ambiental Rural, a existência, e quando da inexistência, por supressão, deverão aderir ao Plano de Recuperação.

#### *4. A conservação da Mata Atlântica na Reserva na Biosfera - RBMA*

Além das áreas previstas pela Lei do Código Florestal, os

proprietários rurais deverão atentar para a Lei nº. 11.428/06 da Mata Atlântica, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. O Estado do Rio Grande do Sul, instituiu pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), o Projeto RS Biodiversidade, definindo como área prioritária de conservação da biodiversidade e criação de Unidade de Conservação o Bioma Mata Atlântica na região central do RS. (SEMA, 2008).

Nesta perspectiva de conservação de remanescentes de Mata Atlântica, as Reservas da Biosfera, exercem um papel importante na conservação de ecossistemas, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais. São delimitadas, conforme Tabela 1, por zonas com diferentes possibilidades de uso e a ocupação da terra, apresentadas a seguir:

Tabela 1– As zonas para o uso e ocupação da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

Zona Núcleo	Zonas de Amortecimento	Zona de Transição
<p>Onde encontram-se os remanescentes mais significativos da Mata Atlântica e de seus ecossistemas associados, em estado natural ou minimamente alterado. Considera-se nesta zona as Áreas de Preservação Permanentes (APPs), e Unidades de Conservação, sendo somente admitidas utilizações afins educacionais ou científicos.</p>	<p>Envolve as zonas núcleo e possibilita atividades econômicas e usos da terra sustentáveis sem que essas atinjam a integridade dos ecossistemas das zonas núcleo. Nessa zona onde RBMA busca recuperar áreas degradadas propondo corredores de conservação, para a conectividade/ mobilidade entre espécies de flora e fauna.</p>	<p>São as áreas mais externas, envolvem as zonas núcleo e de amortecimento, nos seus limites privilegia-se o uso sustentável da terra. Sob as mesmas, cabe destacar que não há uma definição geográfica fixa para seus limites, pois sua delimitação está sujeita a ajustes periódicos, alcançados na dinâmica da relação planejamento executivo das atividades econômicas características da região.</p>

Fonte: Corrêa, F. (1996). Org.: Adaptado autora (2016).

Na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, as áreas-núcleo são destinadas à proteção integral da natureza, endossam o previsto pelo Código Florestal Federal, englobando as Áreas de Preservação Permanente, e as Unidades de Conservação. A partir da zona núcleo, são definidas as zonas

de amortecimento da RBMA, sugere-se que os corredores ecológicos sejam usados como estratégia para potencializar a conservação, onde as APP de margens poderiam conectar às Reservas Legais e às Unidades de Conservação, potencializando desta forma a conservação. Nesta perspectiva de conservação a Zonas de amortecimento, admite as atividades que não resultem em dano para as áreas-núcleo, envoltas pela de transição de uso sustentável. Dentro desta mesma lógica foram criadas para as Unidades de Conservação o Raio e a Zona de Amortecimento.

## 5. *As Unidades de Conservação: Raio e Zona de Amortecimento*

Além das Áreas Protegidas previstas por lei, como as do código florestal e a de ocorrência Mata Atlântica, tem-se as Unidade de Conservação, que são áreas com algumas restrições de uso, que ampliam as áreas de conservação, instituídas pelo poder público, sob a responsabilidade das três instância de poder, regulamentadas pela Lei nº. 9.985/00 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e as define como:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação, ordenou e sistematizou as diferentes tipologias de áreas protegidas que já existiam no Brasil, instituídas antes da lei, constituindo um conjunto de UC: federais, estaduais e municipais, definindo os critérios e as normas para a



criação, implantação e gestão destas no âmbito que forem estabelecidas.

As UC integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos, com objetivos e restrições de usos diferentes: UC de Proteção Integral: com objetivo de preservar permitindo apenas o uso indireto dos recursos naturais como, as atividades de recreação, lazer e pesquisas científicas. Compõem o grupo as tipologias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre (BRASIL, 2000).

E as UC de Uso Sustentável: permitem o uso sustentável dos recursos naturais, constituído das categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular de Patrimônio Natural. (BRASIL, 2000).

As Unidades de Uso Sustentável, através de Comitês Gestores, devem prioritariamente consolidar as políticas de conservação já existentes, reforçando desta forma a importância da lei do código florestal, da mata atlântica e o papel do proprietário rural na implantação do CAR.

Com a implantação das Unidades de Conservação o território de gestão e conservação se amplia, em seu entorno, no Raio de amortecimento, definido na perspectiva de aplicar o princípio da precaução, disponibilizado no ato de criação de UC estaduais, ou na Zona de Amortecimento a ser definida posteriormente no Plano de Manejo. Complementando o território de conservação das UC, o Raio ou Zona de Amortecimento impõe restrições nas atividades humanas tendo em vista a manutenção dos processos ecológicos no interior da unidade. A Resolução CONSEMA n.º 319/16:

“...estabelece critérios e procedimentos para a Autorização de Licenciamento Ambiental de atividades ou empreendimentos que afetem as Unidades de Conservação Estaduais e Municipais integrantes do Sistema Estadual de Unidades de Conservação e seu

entorno (Zonas de Amortecimento e área circundante de 10km).” com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.”

Dentre os objetivos das áreas protegidas, até aqui apresentadas, enfatiza-se a proteção e recuperação dos recursos hídricos, visto que em todas as leis fica clara a importância destas para a proteção dos recursos naturais dentre estes o Hídrico. Demonstrando a necessidade da integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental usando como estratégia a consolidação das áreas protegidas, áreas sujeitas a restrições de uso, com o objetivo de proteger os recursos hídricos.

## *6. O Planejamento Ambiental Integrado na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí/RS*

A necessidade de conservação dos recursos hídricos no estado do RS, torna-se evidente, demanda de uma ação conjunta do poder público e a sociedade, conforme o Art. 225 da constituição Federal do Brasil, que preconiza, que todos são responsáveis pelo meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se a sociedade civil e o poder público o dever de defendê-lo, partindo deste pressuposto, entende-se que para defender é necessário conhecer a realidade local, perceber as possibilidades de melhoria e se apropriar das normativas que possibilitam a melhoria na qualidade ambiental da água e de vida da sociedade.

Dentre os rios do estado do Rio Grande do Sul, Rio Jacuí destaca-se como o mais importante rio de domínio estadual, na Região Hidrográfica do Guaíba, a Bacia Hidrográfica localiza-se na porção centro-leste, nas províncias geomorfológicas do Planalto Meridional, da Depressão Central e, em menor área, da Planície Costeira Interior e do Escudo Sul Rio-grandense. Entre as coordenadas geográficas 28°08' a 29°55' de latitude Sul e 52°15' a 53°50' de longitude Oeste, abrange uma

área de aproximadamente 13.065,19 Km<sup>2</sup>. Entre os principais afluentes destacam-se: rio Jacuí, Jacuí-mirim e Jacuizinho (SEMA, 2012). Das nascentes no Planalto percorrendo aproximadamente 800 Km, até a foz no Lago Guaíba, pela extensão do perfil longitudinal, o Rio Jacuí, foi segmentado na Bacia do Alto e Baixo Jacuí para fins de gerenciamento dos Recursos Hídricos.

Pelo Decreto Estadual nº 53.885/18, que institui a subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, para fins de gestão dos recursos hídricos, o Alto Jacuí (G – 050), caracteriza-se por uma densa densidade de drenagem, com o maior potencial hidroelétrico do estado, com 10 empreendimentos: dentre esses destacam-se as Usinas Hidrelétricas (UHE) de: Ernestina, Leonel de Moura Brizola, Itaúba e Passo Real com o maior reservatório artificial do Estado do RS com 22.250 ha de área alagada (COAJU, 2012), os lagos caracterizam-se como elementos que estruturam a paisagem local, com a necessidade de conservação de margens.

A população da Bacia está distribuída em 41 municípios com 621,9 mil habitantes, segundo dados do Censo Demográfico do IBGE (2010). Desses, mais da metade é formada por pequenos municípios rurais, isto é, apresentam menos de 10 mil habitantes e grau de urbanização inferior a 50%. Da População Total na Bacia 275.852 residem na área urbana e 77.869 na área rural, totalizando 353.721 habitantes segundo Relatório BHAJ (2012, pág. 17).

Dos tipos de uso do solo na Bacia Hidrográfica, há predominância das atividades agrícolas, refletindo os dados econômicos do Estado como a região de maior produção agrícola. As áreas com cobertura florestal e arbustiva restringem-se basicamente, as áreas de maior declividade, nas encostas, e ao longo das margem de rios. (ZIANI, 2014).

## 7. *As Políticas de Conservação na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí*

A Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí com características geográficas que propiciam o cultivo agrícola, têm apresentado um índice crescente de projetos de irrigação na Bacia, com aumento da demanda de uso dos recursos hídricos, desta forma, demonstrando a necessidade urgente de articulação do planejamento ambiental ao uso dos Recursos Hídricos, para garantir usos múltiplos, em condições quali-quantitativas adequadas às atuais e futuras gerações.

Neste sentido, o desafio está na efetiva articulação da Matriz Institucional do Sistema Estadual/Municipal de Meio Ambiente com o Estadual de Recursos Hídricos, já que não existe gerenciamento municipal de Recursos Hídricos. Na perspectiva da Gestão compartilhada e descentralizada os comitês (Usos Recursos Hídricos) e os conselhos municipais (Planejamento e Ordenamento do Território), devem focar na Unidade de produção rural, como um espaço de intervenção estratégico, buscando parcerias junto aos produtores, incentivando-os a participar dos Conselhos e Comitês de Bacia Hidrográfica, para que encontrem mecanismos de enfrentamento para a efetiva conservação ambiental e hídrica.

As políticas de conservação que incidem na Bacia Hidrográfica, e conseqüentemente nas unidades de produção, a serem consideradas quando do planejamento ambiental e dos recursos hídricos, são desconsideradas pelos Diagnósticos do Plano de Bacia, que consistem na primeira etapa do Plano de Bacia, o diagnóstico subsidia o Enquadramento e os Planos de Ação. No “Relatório da Etapa A” da BHAJ, SEMA (2012) , dentre as informações, disponibilizadas nas 277 páginas, em gráficos, tabelas, espacializadas em mapas, as informações sobre as áreas a serem protegidas

e/ou conservadas restringem-se a seis páginas, intituladas “Avaliação de Cobertura Vegetal Remanescente”, não refletindo a importância desta informação para o gerenciamento e planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica. O Relatório apresenta Modelos Matemáticos de “Avaliação de Perda de Solo e Cálculo de Descarga de Sedimentos”, caracterizando a perda de solo, como um dos principais problemas na Bacia.

A perda de solo e a sedimentação dos rios, conforme os dados do “Relatório da Etapa A” SEMA (2012), no item “Síntese da Qualidade da Água”, contribuem para a contaminação dos rios com: Fósforo, Coliformes Termotolerantes, alguns metais, entre eles, o Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cobre e Ferro, enquadrando alguns afluentes do Alto Jacuí em classe 4, em praticamente todas as Unidades Administrativas. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, que define os parâmetros para a classificação dos rios do Brasil e dispõe sobre diretrizes ambientais para o seu enquadramento, a Classe 4 apresenta os piores índices de qualidade da água, que podem ser destinadas apenas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística. Constata-se com os dados do Relatório, que a redução do aporte de sedimentos oriunda da agricultura e pecuária mostra-se como um dos desafios, pelo caráter difuso destas fontes poluidoras, o que requer ações articuladas e de grande abrangência social e territorial.

Considera-se que a conservação dos recursos hídricos vai além dos instrumentos de gerenciamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica, e dependem do Planejamento e Ordenamento do Território, então deve-se priorizar a efetivação das políticas que dão conta da conservação e preservação ambiental. Se os Espaços Territoriais Especialmente Protegidos, já estão previstos, pela política nacional de meio ambiente, com um instrumentos para a conservação ambiental, e consequentemente dos Recursos Hídricos, e se estes se materializam na bacia hidrográfica do alto Jacuí, através de áreas protegidas com restrição

de uso da: Reserva Legal, Áreas de Preservação Permanente, da Mata Atlântica e das Unidades de Conservação da tipologia de Reserva Particular do Patrimônio Natural, com suas respectivas Raio/Zonas de Amortecimento, a efetivação destes deverá ser priorizada nos Planos de Ação da BHAJ.

Neste sentido destaca-se que o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) , os órgãos e entidades da União, dos Estados, Distrito Federal e Municípios devem buscar mecanismos, segundo a lei, para atender a responsabilidade da execução das Políticas Ambientais, para: proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; promover a melhoria das condições ambientais; fiscalizar as concessões de direitos de exploração de recursos hídricos em seus territórios; legislar concorrentemente sobre defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição. Nesta perspectiva de gerenciamento descentralizado e participativo, que demanda conhecimento sobre a realidade local, apresenta-se na Tabela 2 algumas consideração à sua implantação.

Tabela 2 - As principais políticas de conservação, que deverão estar previstas no Plano de Ação do Alto Jacuí: Lei, territórios de abrangência e restrições impostas, atributos a serem conservados e órgão executor.

Lei	Território/Restrições	Atributo	Execução
Código Florestal Federal, Lei 12.651/12	Território Nacional: Propriedade:APP: margem de rio, nascentes e encostas, de Proteção Integral, e RL no mínimo 20% área de Uso Sustentável	Vegetação nativa de diferentes biomas (Floresta, Cerrado e campo)	Órgãos do SISNAMA Federais: IBAMA, Estaduais: FEPAM, Secretarias Municipais
Mata Atlântica, Lei 11.428/06	Faixa ocorrência Mata Atlântica do BrasilZona Núcleo: (APP e UCs), de Proteção Integral e Zona Amortecimento (conexão de APP e RL), Zona Transição de Uso Sustentável	Bioma de Mata Atlântica	SEMA/FEPAM: Projeto RS Biodiversidade: “Corredor Ecológico quarta Colônia”  Plano Municipal da Mata Atlântica
Unidades de Conservação Lei 9.955/00 Decreto 53.037/16 SEUC	Limite de ocorrência de atributo Biogeodiverso a ser conservado: habitat espécie flora ou fauna, podendo ser Proteção Integral/Uso sustentável	Biodiversidade: Flora e Fauna Monumento Natural Geodiversidade: água, geologia e geomorfologia	SNUC: Instituto Chico Mendes SEMA: Departamento Biodiversidade/Divisão UC e Municípios.
Áreas Especiais: Código Estadual Meio Ambiente Resolução do CONSEMA 319/16	Raio Amortecimento 10km Zona de Amortecimento área influência na UC Uso sustentável	Flora, Fauna, Recursos Hídricos	Órgão Gestor da UC/ ICMBio, SEMA, Conselhos Gestores
Recursos Hídricos- Lei 10.350/94	Bacia Hidrográfica	Recursos Hídricos	SERH/DRH/Comitês
Recursos Hídricos- Resolução 302/02 do CONAMA	Reservatórios artificiais APP de entorno - 100 m/ abastecimento Humano em áreas rurais; - 15 m/ geração de energia elétrica com até 10 ha; - 15 m/ demais com até 20 ha em área rural. APP: Proteção Integral	Reservatórios naturais ou artificiais	Órgãos do SISNAMA Federais: IBAMA, Estaduais: FEPAM, municipais: Secretarias.

Fonte: Leis Ambientais

As Políticas de conservação das UCs, com Raio e Zona de amortecimento, se sobrepõem a das áreas de Preservação Permanentes e Reserva Legal ampliam as áreas a serem protegidas. Quanto ao

planejamento e ordenamento destas áreas o Código Estadual de Meio Ambiente (2000, pág. 41), no Capítulo VII, Parágrafo único:

“Em função das características específicas de cada uma dessas áreas, o órgão competente estabelecerá exigências e restrições de uso. Art. 52 - Para o entorno das Unidades de Conservação serão estabelecidas pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) normas específicas para a sua utilização, recuperação e conservação ambiental. Art. 53 - As áreas reconhecidas como Reserva da Biosfera terão seu zoneamento e disciplinamento estabelecidos pelos órgãos competentes. Art. 54 - Toda e qualquer área de preservação permanente ou de reserva legal será considerada de relevante interesse social e não ociosa.”

Ainda em relação as Políticas de Conservação na Bacia Hidrográfica, algumas considerações são apresentadas a seguir:

a) Do Código Florestal Federal, Lei nº. 12.651/12 - dispõe sobre a proteção da vegetação nativa neste caso, define as Áreas de Preservação Permanente (margens, nascentes e encostas) e de Reserva Legal em todas as propriedades (no mínimo 20% da propriedade) conservando remanescentes de Mata atlântica, em todos imóveis rurais da BHAJ, a conservação dessas áreas são fundamentais e demandam da participação dos proprietários para que unidade produtiva possa cumprir a sua função ambiental, garantindo a proteção do interesse individual e difuso.

A função ambiental se volta para a manutenção do equilíbrio ecológico enquanto interesse de todos, beneficiando a sociedade e aquele que a cumpre. Há uma dupla proteção no conceito de função ambiental da propriedade: a proteção do meio ambiente e a proteção da própria propriedade (BORGES, 1998, p. 296)

A cobertura vegetal, principalmente de remanescentes de espécies nativas, desempenham papel importante no processamento, e acúmulo da água no solo, o que, conseqüentemente agrega valor as propriedades, com



água disponível para suas demandas. Além de facilitar o processamento da água no solo, a cobertura da vegetação, nas áreas de preservação permanente de: margens, nascentes e encostas, protege os rios da contaminação e reduz o assoreamento do leito fluviais, constatado como um dos principais problemas da Bacia Hidrográfica do alto Jacuí.

O Código de Meio Ambiente do RS também, reforça a importância destas áreas :

“...áreas de preservação permanente: áreas de expressiva significação ecológica amparadas por legislação ambiental vigente, considerando-se totalmente privadas a qualquer regime de exploração direta ou indireta dos Recursos Naturais, sendo sua supressão apenas admitida com prévia autorização do órgão ambiental competente quando for necessária à execução de obras, planos, atividades, ou projetos de utilidade pública ou interesse social, após a realização de Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).”

No caso do alto Jacuí, a densa densidade de drenagem e a quantidade de reservatórios, com predominância de uso agrícola, demanda de atenção especial para planejamento integrado das Reserva Legal com as Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica, para potencializar a conservação ambiental. Se, a Reserva Legal, for planejada de forma articulada com a das propriedades limítrofes, poderá contribuir para ampliar o tamanho do fragmento de vegetação, e as APP de margens de rio, poderão desempenhar papel de corredor ecológico, conectando os fragmentos de vegetação das Reservas Legal. A conexão dos fragmentos através de corredores ecológicos são essenciais, para a conectividade funcional, facilita a movimentação dispersão das espécies e ainda a conectividade estrutural, conecta fisicamente os fragmentos e manchas, potencializando a conservação, evita ainda a compactação do solo, facilitando a infiltração da água das chuvas e conseqüentemente, o

processamento da água no solo, à recarga do lençol freático, influenciando na vazão do rio. Dessa forma, fica claro para o produtor rural os benefícios oriundos da sua manutenção ou restituição da vegetação.

b) A Lei da Mata Atlântica, Lei no. 11.428/06 define a Reserva da Biosfera, no Estado do RS, como área prioritária para a conservação, abrange uma área expressiva, localizando-se, principalmente, na porção norte, nordeste e região central deste Estado. E na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, as três zonas da RBMA cobrem aproximadamente 50% da área, com amplas zonas núcleos, assim como as zonas de amortecimento, encontra-se na porção centro-sul da bacia. Nas áreas de transição do rebordo do planalto com a depressão, localizam-se as maiores áreas de APP de encostas, zonas núcleo da RBMA. A lei da Mata atlântica se articula com a do Código Florestal e das Unidades de Conservação, quando define que para o Zoneamento da Reserva da Mata Atlântica as Áreas de Preservação Permanente, e as Unidades de Conservação, serão definidas como área núcleo com proteção integral.

c) O Sistema Estadual de Unidades de Conservação do Rio Grande do Sul, Decreto n.º 53.037/2016, regulamenta as Unidades de Conservação: estaduais, municipais e particulares criadas no território do Estado, de acordo com Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, Lei no. 9.955/00. Além da área da Unidade de Conservação, de proteção integral, estão previstas Áreas Circundantes do Raio de Amortecimento de 10 km, ou as Zonas de Amortecimento, regulamentadas pela Resolução no. 319/16 do CONSEMA, que define a necessidade de Autorização para Licenciamento Ambiental de atividades ou empreendimentos que afetem as Unidades de Conservação Estaduais e Municipais integrantes do Sistema Estadual de Unidades de Conservação e seu entorno, áreas em que os produtores/empreendedores deverão demonstrar que cumprem todas as leis ambientais.

A Lei no. 11.520/00 do Código Ambiental Estadual, que atribui ao Poder Público declarar de uso especial a vegetação e as áreas destinadas a preservar e conservar à biodiversidade define como áreas especiais no Art. no. 51 - “além das áreas integrantes do Sistema Estadual de Unidades de Conservação, são também objeto de especial proteção: as áreas adjacentes às Unidades de Conservação.” Na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, segundo Relatório Síntese do Alto Jacuí, SEMA (2012) existem apenas Unidades de Conservação da tipologia de Reserva Particular do Patrimônio Natural, no município de Passo Fundo: a RPPN Instituto Menino Deus com 5,19 hectares, e a RPPN Maragato com 41 hectares, a qual inclusive foi reconhecida em 2014, pelo Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, como posto avançado da RBMA. Recentemente foi instituída a RPPN da Universidade de Passo Fundo - UPF.

Há necessidade da consolidação das diferentes tipologias de Áreas Protegidas, como estratégia de conservação ambiental e das águas, considerando que possuem Funções, Estruturas e Dinâmicas diferentes e por isso não podem ser compensadas umas às outras. Na BHAJ ocorrem as seguintes áreas: da Reserva Legal em 20% de todos imóveis rurais; de Preservação Permanente quando no caso de nascentes, margens de rios e reservatórios de geração de energia, e encostas; da Mata Atlântica; das Unidade de Conservação, no caso RPPN com o raio e zona de amortecimento: Terras Indígenas. Desta forma, salienta-se a importância da participação da sociedade no processo de gerenciamento dos Recursos Hídricos, demonstrando os ganhos obtidos pelos os serviços ecossistêmicos prestados por estas áreas.

## 8. Considerações do Planejamento Ambiental Integrado em Bacias Hidrográficas

No contexto ambiental, há um consenso quanto a função das áreas protegidas para a conservação ambiental como um todo: dos recursos hídricos, da estabilidade geológica/geomorfológica e a biodiversidade, facilita o fluxo gênico de fauna, protege o solo, e assegura, o bem-estar das populações humanas, então, cabe aos gestores, em todas as esferas de poder, priorizar a implantação destas áreas, garantindo a conservação dos Recursos Hídricos da bacia hidrográfica.

Na perspectiva de consolidar as áreas protegidas, a União e os Estados deverão implantar Programas de Regularização Ambiental - PRAs para imóveis rurais, com o objetivo de adequá-los aos termos da Lei. Sendo que a Inscrição do imóvel rural no CAR- Cadastro Ambiental Rural é condição obrigatória para a adesão ao PRA. O CAR segundo SEMA (2018)

“O Cadastro Ambiental Rural é o registro público eletrônico das informações ambientais dos imóveis rurais. Ele tem o objetivo de promover a identificação e a integração das informações ambientais das propriedades e posses rurais, visando o planejamento ambiental, monitoramento, combate ao desmatamento e regularização ambiental.”

A inscrição no CAR, segundo Becker (2017),

“ é obrigatória para todas as propriedades e posses rurais, tem natureza declaratória e permanente, e conterà informações sobre o imóvel rural, conforme o disposto no Art. 21 do Decreto no. 7.830/12. O órgão ambiental estadual integrante do Sisnama ou instituição por ele habilitada, deverá aprovar a localização da RL após a inclusão do imóvel no CAR. Após a implantação do CAR, a supressão de novas áreas de floresta ou outras formas de vegetação nativa apenas serão autorizadas pelo órgão ambiental estadual integrante do Sisnama se o imóvel estiver inserido no mencionado cadastro. “

O site da SEMA/RS disponibiliza através do Sistema de Cadastro Ambiental Rural do Rio Grande do Sul (SICAR), Dados Gerais, Área Total dos Imóveis Cadastrados em ha por município, tutorial de orientação aos proprietários, que deverão estar atentos as leis, por exemplo, se na propriedade existirem remanescentes de Mata Atlântica, estiver no Raio ou zona de amortecimento de Unidade ou na Unidade de conservação, enfim contemplar todas as leis ambientais.

Como forma de viabilizar a efetivação e recuperação de remanescentes de vegetação nativa, os municípios da Bacia do Alto Jacuí com Mata Atlântica, poderão elaborar o Plano Municipal da Mata Atlântica, buscando cursos do Fundo de Restauração do Bioma Mata Atlântica com indicação de estratégias e medidas a serem adotadas, as quais devem ser traduzidas em programas, projetos e ações específicas junto aos produtores rurais.

Dentre as estratégias para gestão dos recursos hídricos, os órgãos públicos, deverão articular-se para incentivar a implantação do CAR, como uma das metas do Plano de Ação previstos nos Planos de Bacia. A consolidação das áreas protegidas, no contexto da Bacia Hidrográfica, depende de incentivos financeiros aos proprietários, e da percepção do ganho ambiental através dos serviços ecossistêmicos. Importante demonstrar o valor agregado ao imóvel rural, pelos Serviços Ecossistêmicos: com a disponibilidade de água na propriedade; de produtos florestais que poderão ser utilizados para consumo; regulação do ciclo hidrológico, com a redução da erosão do solo, considerando que ambiente ecologicamente equilibrado, contribui para o aumento da diversidade, de polinizadores, que aumentam a produção agrícola; enfim, benefícios na qualidade de vida das pessoas e da propriedade.

## *Agradecimento*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 - Processo: nº 88881.068465/2014/01.

## Referências

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA (2018). O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh>> Acesso em: 04 de outubro de 2018.

BECKER, Bruno; FARIAS, Jorge Antônio de; Gerson dos Santos LISBOA, Camila Maria Magri PESCADOR, Luciano Cavalcante de Jesus FRANÇA, Thiago Floriani STEPKA. Código Florestal do Rio Grande do Sul e os conflitos com o Novo Código Florestal Brasileiro. ISSN: 2318-7670. Nativa, Pesquisas Agrárias e Ambientais, Sinop, v.5, n.1, p.47-51, jan./fev. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 9 nov. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985 (2000). Regulamenta o artigo 225 da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e da outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)>. Acesso em 03 out. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651. (2012). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em 04 out. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 6.938 (1981). Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Presidência da República – Casa Civil, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 19 out. 2018.

COAJU (Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí). Disponível em:<<http://www.coaju.com.br/>>. Acesso em: 02 jan 2016.

COELHO NETTO, Ana L. Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia. In: Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha (Org.).

CONSEMA - CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (2016). Resolução nº 319, Estabelece critérios e procedimentos para a Autorização para Licenciamento Ambiental de atividades ou empreendimentos que afetem as Unidades de Conservação Estaduais e Municipais integrantes do Sistema Estadual de Unidades de Conservação e seu entorno (Zonas de Amortecimento e área circundante de 10km).Disponível: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/02153541-319-2016-intervenientes.pdf>>. [Acesso em 10 de outubro 2018].

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (2005) -Resolução nº 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da república federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 de março de 2005.



CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (2006) - . Resolução n° 369 de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação permanente-APP. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 29 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res36906.xml>>.[Acesso em: 21 set. 2018.]

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (2002) - Resolução n° 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 13 maio 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 21 set. 2018.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA - CNRBMA. 1996. Caderno n° 02 - A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo. 49p.

Corrêa, F. (1996). A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: roteiro para o entendimento de seus objetivos e seu sistema de gestão. 2. ed. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Disponível em: <[http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno\\_02.pdf](http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_02.pdf)> Acesso em: 10 set. 2018.

NEDER, Toledo Ricardo. Para uma regulação pública ambiental pós-desenvolvimentista no Brasil. In: CAVALCANTI, Clóvis (Org.). Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. 3. ed. São Paulo: Cortez: Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2001.

NEUMANN, P. S.; LOCH, C. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 2, 2002. p. 243 – 249. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v32n2/a10v32n2.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.

NEUMANN, P. S. O processo de diferenciação econômica do espaço rural e dos agricultores na região central do RS. FROEHLICH, J. M.; DIESEL, V. (Orgs.). Espaço rural e desenvolvimento regional: estudos a partir da região central do RS. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. p. 55-103.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2018). Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC - LEI 9.985/2000). Disponível em < <http://www.mma.gov.br/areas-protetidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>>. Acesso em: 12 de out. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2018). Institucional. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/institucional.html>>. Acesso em 07 de out. 2018.

RIO GRANDE DO SUL. (2000) Lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legiscomp/arquivo.asp?idNorma=11&tipo=pdf>>. Acesso em 10 outubro 2018.

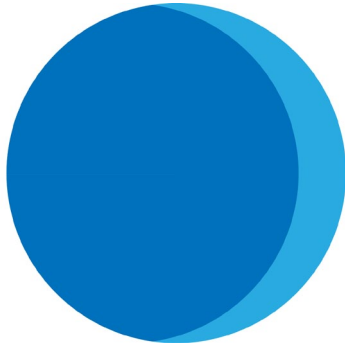
SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E GESTÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (2008). Projeto conservação da biodiversidade como fator de contribuição ao desenvolvimento do estado do Rio Grande do Sul. Versão reformulada. Porto Alegre.

SEMA (Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul) – DRH (Departamento de Recursos

Hídricos). Relatório síntese de elaboração de serviço de consultoria relativo ao processo de planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí - Etapas A e B. 2012.

THOMAS, B. L.; NASCIMENTO, D. B. do.; FOLETO, E. M. Subsídios à discussão sobre a importância da instituição de áreas protegidas em Santa Maria e Itaara (RS). Boletim goiano de Geografia, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 43-53, jul./dez. 2010.

ZIANI, P. Análise da abrangência da Reserva da Biosfera Mata Atlântica na bacia hidrográfica do Alto Jacuí/RS. Anais do IX Seminário Latino-americano e V Seminário Ibero-americano de Geografia Física. p. 547 – 558. 2014.



# ANÁLISE GEOESPACIAL E REFLEXÕES SOBRE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DE GOIÁS

Patrícia Tinoco Santos  
Alécio Perini Martins

## 1. Introdução

As Unidades de Conservação (UCs) brasileiras podem ser definidas como espaços com características naturais relevantes que envolvem as três esferas de governo, além da participação de particulares na sua gestão e implantação, e constituem em alternativas para o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade.

No Estado de Goiás, áreas de proteção, parques, reservas e UCs, mesmo diante dos incentivos fiscais e tributários por parte do Estado, ainda não são suficientes para efetiva manutenção das fitofisnomias e da fauna do Cerrado. Na mesorregião Sul Goiano, por exemplo, representam “ilhas” em meio a gigantescas e crescentes áreas de pastagem e agricultura, como é o caso do Parque Nacional das Emas.

Dadas as características fisiográficas e a exploração econômica e predatória dos recursos da natureza, pode-se dizer que os sistemas de bacias hidrográficas encontram-se cada vez mais instáveis e isso resulta no aumento da vulnerabilidade do meio ecológico, ameaças e riscos de desastres. Busca-se pelas implantações de UCs uma alternativa para se

evitar ou reverter tal situação.

As relações sistêmicas presentes em bacias hidrográficas justificam a necessidade dos estudos de planejamentos de UCs, dado que as mesmas, protegidas por lei, buscam assegurar que amostras significativas dos recursos hídricos, biomas e ecossistemas do território nacional sejam utilizados de forma sustentável e que sejam preservadas.

Ao estudo da interação entre a natureza e o homem, a qual varia em intensidade, escala geográfica e tempo, deve-se acrescentar também o contexto das relações políticas e sociais que tornam ainda mais complexos os projetos de uso da natureza, que por vezes são opostos e conflitantes.

Exemplo disso é justamente o conflito que se tem entre as ideias de explorar para desenvolver e conservar a partir de criação de UC. Embora que, a partir da década de 1990 com o estabelecimento da política ambiental no Brasil, tenham-se ampliadas as perspectivas de discussões quanto ao tema de conservação por UC, ainda existem muitos conflitos locais e regionais que impedem maiores avanços no tema.

A geografia tem um papel muito importante nesta discussão. A partir dela, discutem-se as origens filosóficas e matrizes ideológicas destas questões. Entender estes aspectos teóricos é de suma importância para uma concepção consistente do território, da paisagem e do espaço e fundamentam as análises geoespaciais. Não se cuida daquilo que não se conhece, logo, entende-se que uma das formas de se conhecer a natureza se faz por sua espacialização.

## *2. Bases conceituais para análises geoespaciais*

Qualquer proposta que sugira o estudo de relação ou caracterização ambiental requer um exercício que vai além do levantamento de dados e

abordagens de cunho legal ou físico. Requer também um olhar sensível e crítico do espaço e sua organização, análise esta que no decorrer do tempo mostrou-se indispensável para consagração da geografia enquanto ciência.

A geografia física, além da representação quantitativa do meio demonstra a importância das reflexões filosóficas e metodológicas no desenvolvimento das ciências da terra, ou seja, também explora a análise qualitativa dos dados.

Tal ramo da geografia reflete a dificuldade de ampliação das ideias de meio ambiente, visto que, historicamente, as mesmas eram vinculadas às descrições e interpretações passadas de geração a geração e não ponderavam a participação ativa do homem sobre o meio e as interferências que as ações antrópicas exerciam, a partir da geografia física, além de se analisar a ação do homem sobre o meio, abriu-se precedentes para uma análise inversa dessa ação. Dessa forma, busca-se analisar também a ação do meio sobre o homem.

Entender os conceitos fundamentais que norteiam os estudos ambientais requer retomar os pensamentos e as bases dos estudos geográficos feitos no Brasil e no mundo e as implicações provenientes das escolas geográficas tradicionais, as quais exercem relevantes interferências sobre tal conceituação. Sugere uma análise da geografia moderna tendo como base a própria geografia clássica, a qual traz fontes que dão origem às teorias dos mais recentes e relevantes estudos abordados por ela, dentre eles, as interações espaciais.

Nos temas comuns, os pensadores clássicos formam um mesmo campo de pensamento geográfico diferenciando-se pela forma em que estruturam esse modo de pensar e pelos fundamentos filosóficos e conceituais-ideológicos que seguem.

O discurso que compõe a geografia científica parte de um

ordenamento científico de produção acadêmica, tal ordenamento pode ser entendido como o procedimento racional baseado em regras que visam estabelecer e demonstrar uma verdade científica, ou pode ser entendido simplesmente como método. No entanto, vai além disso, conforme Sposito (2004) afirma ao remontar os primórdios da preocupação com a utilização do método por René Descartes durante o período do Renascimento:

A partir daí, o empirismo inglês, o idealismo alemão, a dialética hegeliana, o positivismo comteano e o materialismo histórico marxista serviram de bases teóricas e doutrinárias para o desenvolvimento não só do conhecimento científico e filosófico, mas de métodos diferentes e de posturas e interpretação da realidade baseados em fundamentos diferenciados. Assim, se os pontos de partida são racionalistas ou empiristas, materialistas ou idealistas, os métodos são utilizados dependendo da própria intencionalidade do investigador (SPOSITO, 2004, p. 27).

Sendo assim, retirando tal discussão do plano filosófico e colocando-a na análise da realidade, o fato é que para análises geoespaciais, as etapas de execução das atividades de pesquisa seguem um método, mesmo que não tenha consciência disso, no entanto, este método pode não ser único. Os termos escolhidos para nortear estudos ambientais, por exemplo, geralmente se deparam com as análises de conceitos de paisagem, território e espaço, sendo o primeiro referente à discussão Positivista, e os dois últimos referentes à Dialética. Pode-se ter como exemplo, também, o conceito de região, próprio do Historicismo (SPOSITO, 2004).

A geografia é uma ciência de grande representatividade perante as outras ciências e todo processo geográfico tem em comum a busca da relação criada entre o homem e o meio. Moreira (2007) levanta discussões a respeito do entendimento racional do pensamento geográfico no Brasil a partir de tal relação racional, e pela combinação das categorias paisagem,



## território e espaço:

Tudo na geografia começa então com os princípios lógicos. Primeiro é preciso localizar o fenômeno na paisagem. O conjunto das localidades dá o Quadro da distribuição. Vem, então, a distância entre a localização dentro da distribuição. E com a rede e conexão das distâncias vem à extensão, que já é o princípio da unidade do espaço (ou do espaço como princípio da unidade). A seguir, vem a delimitação dos recortes dentro da extensão, surgindo o território. E, por fim, do entrecruzamento desses recortes surge a escala e temos o espaço constituído em toda sua complexidade (MOREIRA, 2007, p. 117)

Outros autores também fundamentam e trazem relevantes contribuições neste sentido: SORRE, GEORGE, TRICART, são alguns desses autores, conforme aponta Moreira (2014).

Max Sorre é o criador de uma forma de pensamento geográfico denominado Geografia Ecológica e traz para o debate as relações da indústria com o meio ambiente e a teoria da complexidade (ecúmeno). Apresenta a formação do espaço como caracterizado pelos diferentes níveis de complexidade, são eles: complexo agrícola, técnico, cultural, rural e urbano-industrial (MOREIRA, 2014).

Pierre George é um dos criadores da Geografia Social o qual identifica a geografia pela categoria do espaço. Analisam-se as características dos espaços não organizados, aqueles cuja ação humana se faz nula ou imperceptível na paisagem, e as características dos espaços organizados conforme as sociedades de base agrícola e industrial. Discute-se também as consequências da transição da organização do espaço especializado para o espaço globalizado (MOREIRA, 2014).

Jean Tricart apresenta sua visão de geografia a qual consiste na integração abrangente do dito real, da integração homem-meio. Segundo o autor, a natureza ignora as divisões formais dos chamados

ramos científicos, logo, os seres vivos são indissociáveis da criação e transformação do meio geográfico. Mesmo diante da necessidade de ver a interdependência entre os elementos do meio geográfico, a análise da paisagem deve trazer para discussão a integração desses elementos, bem como sua escala e a ideia de espaço-tempo (MOREIRA, 2014).

Por consequência das definições de Paisagem, Território e Espaço faz-se necessário analisar as ideias de repasse de informações de posição, neste contexto pode-se introduzir o conceito de grade como uma forma de organização espacial e o conceito de topologia para identificação da situação, determinação da posição e fixação da localização como forma estratégica para difusão e consolidação das sociedades e do próprio conhecimento (CLAVAL, 2011).

Colocada a construção de grades de informação como lógica de orientação, no qual se discute a introdução dos conceitos de coordenadas e a descrição do ambiente por meio de referências a fim de se permitir o deslocamento espacial, tem-se a introdução dos conhecimentos referentes à construção de Mapas e informações geográficas os quais reafirmam a preocupação das civilizações em registrar o meio em que viviam, tanto para fins práticos do cotidiano como também para questões estratégicas (CLAVAL, 2011)

Pela ideia de organização do espaço por meio das especificidades e combinações das paisagens e seus domínios, surge a concepção de organização estrutural e sistemática da geografia enquanto ciência (CLAVAL, 2011).

Rodriguez e Silva (2013), afirmam que a Concepção Sistêmica é uma concepção científico-metodológica a qual estuda os mecanismos de integração, dependências e interações no meio e foi desenvolvida por Von Bertalanffy na década de 1950, o qual criou a Teoria Geral dos Sistemas. Em 1961, V. B. Sotchava dá uma contribuição significativa ao tema ao

propor aplicar tal teoria nos sistemas geográficos, criando então a Teoria dos Geossistemas.

Segundo a concepção de organização estrutural, Gatrell et al. (2014) relacionam a análise geoespacial em relação a três temas. O primeiro denomina-se arranjo espacial e sugere o entendimento do padrão locacional dos objetos, o segundo é caracterizado pelos processos espaço-tempo formados a partir das modificações dos arranjos espaciais pelo movimento de interação espacial, e o terceiro é a modelagem espacial no qual prediz mecanismos para construção de cenários futuros baseados em evoluções observadas no passado.

Anexa à concepção de organização estrutural está a concepção sistemática pela qual Milton Santos (2008) sugere a definição de espaço enquanto conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações para assim poder reconhecer suas categorias analíticas internas, que são a paisagem, a configuração territorial, a divisão territorial do trabalho, o espaço produzido ou produtivo, as rugosidades e as formas-conteúdo. Também se leva em consideração questões dos recortes espaciais, debates conceituais e analíticos de regiões, lugar, redes e escalas.

A descrição e interpretação dos fenômenos associados a objetos, padrões de mudanças, desenvolvimento e potencialidades de uma região busca ser feita a partir de uma abordagem quanti-qualitativa. A análise espacial instrumentaliza para o estudo de formas espaciais complexas, produzidas pela sociedade e as consequências de suas interferências ambientais, e não deve ser interpretada apenas como um conjunto de técnicas estatísticas de análise de dados. Sendo assim, deve-se integrar a cartografia temática e a análise numérica de Mapas com o contexto ambiental.

Minayo e Sanches (1993) afirmam que as pesquisas qualitativas são muito importantes para acompanhar e aprofundar um problema

levantado por estudos quantitativos ou para criarem variáveis a serem aprofundadas em levantamentos estatísticos. Câmara et al. (2001), em suas análises dos fundamentos epistemológicos da ciência da Geoinformação, destacam que com a escola quantitativa os estudos geográficos passam a utilizar o computador como ferramenta de análise, sendo este fato um dos responsáveis pelo desenvolvimento do Geoprocessamento. Neste sentido, o aparecimento no século XX dos primeiros sistemas de informação geográfica (SIG) deu grande impulso a esta escola.

A análise do espaço requer sempre o estudo da história, do tempo e da duração dos fenômenos, sendo um dos maiores problemas nesta análise a existência de escalas de tempo diferentes e de naturezas diferentes, requer também o estudo de dados heterogêneos, de épocas diferentes e com evolução segundo ritmos próprios.

A fim de se garantir a preservação dos recursos naturais e a manutenção dos sistemas ambientais, buscam-se pelas implantações de áreas protegidas as quais necessitam do movimento popular e da ação do poder público para serem efetivadas com base em leis específicas.

Nesta perspectiva, ainda, o estudo da BHRC se faz coerente enquanto categoria de análise geoespacial sistêmica, no qual, nesta abordagem, em meio ao espaço, ao todo, dá-se ênfase ao meio ecológico, o que necessariamente, não quer dizer o detrimento de relevância das ações antrópicas e dos estudos dos espaços geoconstruídos, mas simplesmente um recorte para aprofundamento de estudos sobre uma área de interesse.

### 3. *Geotecnologias e estudos ambientais*

Os estudos ambientais utilizam-se de diversas ferramentas para análise e gestão, sendo as geotecnologias instrumentos indispensáveis a este fim, cujo desenvolvimento muito se deve a aplicação da Geografia Quantitativa aliada aos avanços tecnológicos e ao desenvolvimento de

hardware, software e peopleware para processamento de dados os quais precisam ser referenciados espacialmente.

Com a escola quantitativa, os estudos geográficos passam a incorporar, de forma intrínseca, o computador como ferramenta de análise. Neste sentido, o aparecimento, em meados da década de 70, dos primeiros Sistemas de Informação Geográfica (GIS), deu grande impulso a esta escola. Ainda hoje, em países como os Estados Unidos, em que a Geografia Quantitativa é a visão dominante, os GIS são apresentados como ferramentas fundamentais para os estudos geográficos, como indica o recente estudo da “National Academy of Sciences” (National Research Council, 1997). (CÂMARA et al., 2001, p.135).

A apresentação desses dados em meio digital possibilita o cruzamento dos mesmos com informações de diversos bancos de dados geográficos a partir da utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Dessa forma, é possível uma atualização e monitoramento contínuo do meio ambiente em escalas diversificadas. Deve ser ressaltado, que por abranger técnicas multidisciplinares, sua aplicação exige treinamento específico para que sejam observadas as regras construtivas dos bancos de dados, da representação espacial, e das análises estatísticas e relacionais.

A Lei federal nº 9,433 de 1997, prevê como instrumentos de gestão sobre os Recursos Hídricos os SIGs. A Agência Nacional das Águas (ANA) na esfera federal e o Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO) na esfera estadual em Goiás, são exemplos de implantação desse instrumento de gestão os quais trabalham na modelagem de sistemas que agregam dados e fornecem subsídios para o uso estratégico e mais consciente dos recursos hídricos.

Dentre o conjunto de técnicas e métodos científicos abrangidos pelas geotecnologias, destacam-se o sensoriamento remoto e o geoprocessamento nessa pesquisa.

Rosa (2001) define o sensoriamento remoto como sendo:

“[...] forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética, gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como por exemplo o radar”. (ROSA, 2001, p. 11).

Rosa e Brito (1996), definem o geoprocessamento como:

O conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim com o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Em linhas gerais o termo geoprocessamento pode ser aplicado a profissionais que trabalham com processamento digital de imagens, cartografia digital e sistemas de informação geográfica. Embora estas atividades sejam diferentes estão intimamente interrelacionadas, usando na maioria das vezes as mesmas características de hardware, porém softwares diferentes. (ROSA e BRITO, 1996, p. 7).

A eficácia no uso das ferramentas de geoprocessamento para a análise de gestão de recursos hídricos, e especificamente nas bacias hidrográficas, se dá pelo conhecimento do tema, pela aplicação da cartografia e a informática, e são utilizadas, dentre outros exemplos, para o levantamento de áreas irrigadas ou inundadas, em estudos hidrológicos, para prevenção de enchentes a partir do estudo da vazão de rios.

Mirandola-Avelino (2006), Novo (2008), Botelho (2012), Bielenki Júnior e Barbassa (2012) e Silva (2012) são exemplos de autores que discutem e aplicam as geotecnologias em gestão de bacias hidrográficas. A disseminação dos sistemas computacionais voltados para a análise espacial georreferenciada auxilia os processos de modelagem de dados e a simulação de cenários de uso, perda e remanejamento nessas áreas.

## 4. *Características e gestão de Unidades de Conservação*

A fim de se garantir a correta utilização dos termos e evitar ações equivocadas devido a interpretação da lei, deve estar claro que o ato de preservar é manter a natureza intacta e protegida de qualquer interferência antrópica, enquanto que conservar se refere a utilização dos recursos da natureza de forma racional (GRISI, 2007).

A preocupação com o meio ambiente e a preservação de certos componentes em situação de risco por meio de instrumentos normativos de conservação tem suas origens registradas em documentos históricos que datam de 250 a.C. com a citação de áreas protegidas na Índia e refletem as pressões sobre os ambientes naturais (Fundação Biodiversitas, 2014).

Até os dias atuais pode-se registrar diversos marcos importantes que ajudam a refletir os aspectos que originaram os modelos de ações conservacionistas que são observados nos modelos modernos. Para tal argumentação, foi realizado o recorte abaixo.

Pode-se tomar como marco histórico internacional de iniciativas de conservação a criação do Parque Nacional de Yellowstone, criado em 1872, nos Estados Unidos. No Brasil, tal marco se deu no ano de 1937, quando foi criado o primeiro parque nacional, o Parque Nacional de Itatiaia, no Rio de Janeiro o qual tomou como base o Código Florestal de 1934 que instituiu o fundo florestal para fins de promover a cooperação dos poderes públicos, instituições e institutos, empresas e sociedades particulares nas obras de conservação de florestas (Fundação Biodiversitas, 2014).

Somente no século XX, ações de criação de Unidades de Conservação tomaram formas mais globais e efetivas, quando em junho de 1972 a Organização das Nações Unidas organizou em Estocolmo, na Suécia, a 1ª Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente, e aprovou a Declaração Universal do Meio Ambiente na qual predizia que

os recursos naturais, como a água, o ar, o solo, a flora e a fauna, deveriam ser conservados em benefício das gerações futuras.

Em 1976, foi publicado o primeiro documento que apresentava critérios científicos, técnicos e políticos para a indicação de um sistema de unidades de conservação no Brasil cujo título era “Uma Análise de Prioridades em Conservação da Natureza na Amazônia”.

A Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, é a primeira normativa de proteção ambiental no Brasil que apresenta conceitos, princípios, objetivos e instrumentos claros para a defesa do meio ambiente e manutenção da vida.

Com a edição da Lei nº 6.938/81 o país passou a ter formalmente uma Política Nacional do Meio Ambiente, uma espécie de marco legal para todas as políticas públicas de meio ambiente a serem desenvolvidas pelos entes federativos. Anteriormente a isso cada Estado ou Município tinha autonomia para eleger as suas diretrizes políticas em relação ao meio ambiente de forma independente, embora na prática poucos realmente demonstrassem interesse pela temática (FARIAS, 2006).

Constitui um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, Artigo 9º, Inciso VI:

VI - a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989).

Ainda na década de 80, a Lei da Ação Civil Pública ou Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985, que disciplinou a ação civil pública como instrumento de defesa do meio ambiente e dos demais direitos difusos e coletivos, possibilitou que prejuízos ao meio ambiente pudessem ser



levados ao Poder Judiciário.

A Constituição Federal de 1988 possibilitou o entendimento do meio ambiente enquanto categoria de bem protegido constitucionalmente, a qual, respaldando a Lei de Crimes Ambientais ou Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente responsabilizando pessoa física e jurídica.

Ainda no ano de 1988, o Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal (IBDF) e a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), órgãos extintos e substituídos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em 1989, assinaram um protocolo de intenções com a Fundação Pró-Natureza (FUNATURA), para que se executasse um anteprojeto de Lei para dar suporte legal ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Após ser aprovado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o anteprojeto foi encaminhado pelo Executivo ao Legislativo e aprovado no ano de 2000.

Em 1992 se tem a implantação do principal documento oficial para garantia da conservação da biodiversidade graças a Conferência da Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), realizada em junho de 1992, no Rio de Janeiro, Brasil. Nesta ocasião, foi assinada a Convenção da Diversidade Biológica (CDB) o qual foi retificado pelo Decreto nº 1.354, de 29 de dezembro de 1994, para criação do Programa Nacional da Diversidade Biológica (Pronabio) com o objetivo de coordenar a implementação dos compromissos da CDB.

De acordo com Lei nº 9.433 de 1997, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em seu Art. 1º:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O Ministério do Meio Ambiente, em 2002, ficou responsável por coordenar a implementação dos princípios e diretrizes da Política Nacional da Biodiversidade e pelo Decreto nº 4.703, de 21 de maio de 2003, alterou o Pronabio, adequando-o aos princípios e diretrizes para implementação de tal política, revogou o Decreto nº 1.354/1994 e estabeleceu a Comissão Nacional da Biodiversidade (Conabio).

No ano de 2004, ocorreu a convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) na República da Malásia, dada a Sétima Conferência das Partes - COP 7. O Brasil adotou o Programa de Trabalho para Áreas Protegidas da CDB (Decisão VII/28) o qual estabeleceu a manutenção de sistemas nacionais e regionais de paisagens terrestres e marinhas representativas de proteção até o ano de 2015.

Para viabilizar tal Programa, foi criado o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas o qual priorizava o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), as terras indígenas e os

territórios quilombolas. As áreas de preservação permanente (APPs) e as reservas legais, tratadas pelo Código Florestal na Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, seriam analisadas no planejamento da paisagem, por uma abordagem ecossistêmica, com objetivo estratégico de conectividade entre fragmentos naturais e as áreas protegidas.

Em 2012, instituiu-se a Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012, o novo Código Florestal, o qual altera a Lei nº 6.938/81 e revoga a Lei nº 4.771/65. São estabelecidas normas gerais e reajustadas as áreas limites para a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente (APPs) e as áreas de Reserva Legal. A lei regula também acerca da exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos incluindo apoio técnico e linhas de financiamento.

Lopes e Castro (2012), afirmam que a reformulação do Código Florestal em 2012, levantou uma disputa de interesses entre o meio ambiente e à economia no país. De um lado, os ambientalistas exigindo uma maior rigidez na punição dos crimes ambientais e delimitações mais firmes das áreas de preservação, e do outro, representantes do agronegócio tentando flexibilizar as regras do Código para redução das áreas de reserva legal e APPs.

Vale acrescentar a essa análise que o Código aprovou a suspensão das sanções decorrentes de infrações cometidas antes de 22 de julho de 2008, relativas à supressão irregular de vegetação em (APPs), de Reserva Legal e de uso restrito, diminuiu significativamente as áreas de APPs, não define a preservação de áreas alagadas (o que para as áreas de Cerrado, especificamente para a formação vegetal de Veredas, é um fator preocupante, pois tais áreas são cotidianamente extintas devido sua drenagem para abertura de novas áreas de produção agrícola) e trata as

áreas de floresta como organismos individualizados.

A reflexão que fica é a de que tal lei não se atentou ao Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas, pois tão importantes quanto as áreas representativas de conservação previstas pelo SNUC são as áreas de preservação previstas pelo Código Florestal, sem as quais não seriam possíveis a conectividade entre fragmentos naturais e a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

## 5. *Categorias de Unidades de Conservação: diretrizes e apontamentos do SNUC e SEUC*

Entende-se por UC no Brasil, conforme Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000, Art. 2º, Inciso I:

I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Tais espaços de características naturais relevantes envolvem as três esferas de governo além da participação de particulares na sua gestão e implantação, e constituem em alternativas para o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade existente.

No Brasil há dois grupos de UCs: as de Proteção Integral e as de Uso Sustentável. O controle de sua criação tem por base legal a Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000 a qual aprova o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e determina como devem ser traçadas as regras para as UCs na esfera Estadual, a partir dos

Sistemas Estaduais de Unidades de Conservação (SEUC), e na esfera Municipal através dos Sistemas Municipais de Unidade de Conservação (SMUC).

Em Goiás, o SEUC foi instituído pela Lei nº 14.247, de 29 de julho de 2002. Nela se estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das UCs, além de dispor sobre incentivos aos municípios que possuam ou venham a criar e implantar UCs, e penalidades àqueles que por ação ou omissão causem danos à fauna e à flora.

As UCs integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos: I - Unidades de Proteção Integral: cujo objetivo básico é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos em Lei; II - Unidades de Uso Sustentável: cujo objetivo básico é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

Tais grupos são compostos pelas seguintes categorias de unidade de conservação, conforme características podem ser observadas no Quadro 1.

Segundo dados do Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás (SIEG), a utilização de UC como instrumento de política ambiental no Estado de Goiás iniciou-se no ano de 1959 com a criação do Parque Nacional do Araguaia pelo Governo Federal, hoje situado no Estado do Tocantins. O SEUC foi criado pela Lei nº 14.247 de 29 de julho de 2002 e, assim como o SNUC, estabelece critérios e normas sob as Unidades de Conservação. Em 2003, Goiás instituiu pelo Decreto nº 5.806, de 21 de julho de 2003, a Câmara Superior de Unidades do Estado de Goiás a qual possui competência, conforme legislação vigente, para deliberação de criação, implantação, manutenção, gestão e manejo das UCs do estado.

Quadro 1- Categorias de Unidade de Conservação.

Unidades de Proteção Integral	
I - Estação Ecológica - EE	Tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas. Posse e domínio públicos. Proibida a visitação pública, exceto quando com objetivo educacional.
II - Reserva Biológica - RB	Tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais. Posse e domínio públicos. Proibida a visitação pública, exceto quando com objetivo educacional.
III - Parque Nacional <sup>1</sup> - PN / PE/ PNM	Tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. Posse e domínio públicos. Acesso sujeito às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, normas e regulamentos.
IV - Monumento Natural - MN	Tem como objetivo preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. Posse e domínio públicos ou particulares. Acesso sujeito às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, normas e regulamentos.

<p>V - Refúgio de Vida Silvestre - RVS</p>	<p>Tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória. Posse e domínio públicos ou particulares. Acesso sujeito às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, normas e regulamentos.</p>
<b>Unidades de Uso Sustentável</b>	
<p>I - Área de Proteção Ambiental - APA; Área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas.</p>	<p>Tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Posse e domínio públicos ou particulares. Utilização cedida desde que respeitados os limites constitucionais, normas e regulamentos.</p>
<p>II - Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE; Área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional.</p>	<p>Tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza. Posse e domínio públicos ou particulares. Utilização cedida desde que respeitados os limites constitucionais, normas e regulamentos.</p>
<p>III - Floresta Nacional - FN/FE Área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas.</p>	<p>Tem como objetivo o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. Posse e domínio públicos. É admitida a permanência de populações tradicionais que a habitam quando de sua criação, em conformidade com o regulamento e no Plano de Manejo da unidade.</p>

<p>IV - Reserva Extrativista - RE</p> <p>Área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte.</p>	<p>Tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. Posse e domínio públicos com uso concedido às populações extrativistas tradicionais conforme regulamentação específica. Visitação pública permitida, desde que compatível com os interesses locais e de acordo com o disposto no Plano de Manejo da área.</p>
<p>V - Reserva de Fauna - RF</p> <p>Área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias.</p>	<p>Tem como objetivo de conservar a diversidade faunística sendo adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável. Posse e domínio públicos. Visitação pública permitida, desde que compatível com o manejo da unidade e de acordo com as normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração.</p>
<p>VI - Reserva de Desenvolvimento Sustentável - RDS;</p> <p>Área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.</p>	<p>Tem como objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações. Posse e domínio públicos. Uso por populações tradicionais sujeitos a regulamento. Permissões:</p> <p>I - visitação pública, desde que compatível com os interesses locais e de acordo com o disposto no Plano de Manejo da área;</p> <p>II - pesquisa científica voltada à conservação da natureza, à melhor relação das populações residentes com seu meio e à educação ambiental, sujeitando-se à prévia autorização do órgão responsável pela administração da unidade, às condições e restrições por este estabelecidas e às normas previstas em regulamento;</p> <p>III - deve ser sempre considerado o equilíbrio dinâmico entre o tamanho da população e a conservação; e</p> <p>IV - admitida a exploração de componentes dos ecossistemas naturais em regime de manejo sustentável e a substituição da cobertura vegetal por espécies cultiváveis, desde que sujeitas ao zoneamento, às limitações legais e ao Plano de Manejo da área.</p>



VII - Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN. Área privada, gravada com perpetuidade.	Tem como objetivo de conservar a diversidade biológica. Posse e domínio particulares. Permissões: I - pesquisa científica; II - visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais.
--	---

Fonte: Brasil. Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Organizado pela Autora (2016).

Nota: [1] As unidades dessa categoria, quando criadas pelo Estado ou Município, serão denominadas, respectivamente, Parque Estadual e Parque Natural Municipal.

Em consulta realizada no Cadastro Nacional de Unidade de Conservação, na data de 29 de novembro de 2016, contabilizou-se que Goiás tinha registrado no sistema 91 UCs sendo 14 Unidades de Proteção Integral de categoria de manejo Parques e 77 Unidades de Uso Sustentável, sendo 12 de categoria de manejo Áreas de Proteção Ambiental, 1 Área de Relevante Interesse Ecológico, 4 Áreas de Florestas, 2 Reservas Extrativistas e 58 Reservas Particulares do Patrimônio Natural. A relação de UCs por Mesorregião está representada na Tabela 01.

Tabela 01- Unidade de Conservação por mesorregião no Estado de Goiás, 2016.

UC	Estado de Goiás - Mesorregiões					
	Norte	Área (ha)	Noroeste (Quant.)	Área (ha)	Leste (Quant.)	Área (ha)
<b>Proteção Integral</b>						
PN (Federal)	1	60.000	0	0	1	42.389
PE (Estadual)	0	0	1	4.611	3	61.754
PNM (Municipal)	0	0	0	0	1	2.385
<b>Uso Sustentável</b>						
APA (Federal)	0	0	1	358.717 [1]	3 [2]	176.159
APA (Estadual)	1	872.000	2 [1]	24.764	2	71.858
ARIE (Estadual)	0	0	1	24	0	0
FN (Federal)	0	0	0	0	2	11.355
FN (Estadual)	0	0	1	8.202	0	0
RE (Federal)	0	0	1	17.337	1	11.964
RPPN	22	20.923	3	5.555	22	3.578
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>952.923</b>	<b>10</b>	<b>419.210</b>	<b>35</b>	<b>381.442</b>

Tabela 01- Unidade de Conservação por mesorregião no Estado de Goiás, 2016. (Continuação)

UC	Estado de Goiás - Mesorregiões					
	Centro	Área (ha)	Sul (Quant.)	Área (ha)	Total (Quant.)	Área (ha) Total
<b>Proteção Integral</b>						
PN (Federal)	0	0	1	100.000	3	202.389
PE (Estadual)	2 [1]	31.881	3	16.443	9	114.689
PNM (Municipal)	0	0	1	30	2	2.415
<b>Uso Sustentável</b>						
APA (Federal)	0	0	0	0	4	534.876
APA (Estadual)	2 [1]	93.879	1	30.000	8	1.092.501
ARIE (Estadual)	0	0	0	0	1	24
FN (Federal)	0	0	1	467	3	11.822
FN (Estadual)	0	0	0	0	1	8.202
RE (Federal)	0	0	0	0	2	29.301
RPPN	6	155	5	3.041	58	33.252
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>125.915</b>	<b>12</b>	<b>149.981</b>	<b>91</b>	<b>2.029.471</b>

Fonte: MMA - Secretaria de Biodiversidade e Florestas (2016). Organizado pelos autores (2016).

Notas:

[1]: Área cujo a UC ocupa mais de um município em diferentes mesorregiões. A área foi contabilizada para a Mesorregião cujo município encontra-se no Estado de Goiás e aparece primeiro no Relatório do Cadastro Nacional de UC (CNUC).

[2] As áreas de duas unidades não constavam no Relatório do CNUC.

De acordo com os dados das áreas fornecidas pelo órgão proponente da criação da Unidade e registradas nos relatórios cedidos pelo Ministério de Meio Ambiente, Goiás possui em 2016, 2.029.471 ha do seu território destinados à conservação sob a forma de UC, tal valor representa 5,9% de todo o Território do Estado que corresponde em sua totalidade a 34.128.950 ha, 70 dessas áreas estão sob tutela do órgão gestor Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade na esfera administrativa federal, 19 áreas estão sob tutela do órgão

gestor Secretaria Estadual do Meio Ambiente na esfera administrativa Estadual e 2 estão sob tutela do órgão gestor Secretaria Municipal do Meio Ambiente na esfera administrativa Estadual. As UCs de Proteção Integral correspondem a 15,7%, enquanto que as de Uso Sustentável correspondem a 84,3%.

A partir da análise de UCs por Mesorregiões, os dados indicam que 47% das UCs encontram-se no Norte Goiano, 20,7% no Noroeste Goiano, 18,8% no Leste Goiano, 6,2% Centro Goiano e 7,4% no Sul Goiano.

Destaca-se na mesorregião Norte Goiano a APA Pouso Alto, localizada nos municípios de Alto Paraíso de Goiás (GO), Cavalcante (GO), Colinas do Sul (GO), Nova Roma (GO), São João D'Aliança (GO) e Teresina de Goiás (GO), cuja única área, 872.000 ha, corresponde a quase a totalidade de áreas nas regiões Noroeste e Leste. Destaca-se também o Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, localizado nos municípios de Cavalcante (GO) e Alto Paraíso de Goiás (GO), com área de 60.000 ha.

Na mesorregião Noroeste Goiano, destaca-se a APA Meandros do Araguaia, localizada entre três regiões Brasileira, nos municípios de Nova Crixás (GO), São Miguel do Araguaia (GO), Cocalinho (MT), Novo Santo Antônio (MT), Formoso do Araguaia (TO), Sandolândia (TO), cuja área é de 358.717 ha.

Na mesorregião Leste Goiano, destaca-se a APA nascentes do Rio Vermelho, localizada nos municípios de Damianópolis (GO), Mambá (GO), Buritinópolis (GO) e Posse (GO), com área de 176.159 ha.

Na mesorregião Centro Goiano, destaca-se a APA João Leite, localizada nos municípios de Anápolis (GO), Campo Limpo de Goiás (GO), Goianápolis (GO), Goiânia (GO), Nerópolis (GO), Ouro Verde de Goiás (GO) e Terezópolis de Goiás (GO), com área de 72.128 ha.

Na mesorregião Sul Goiano, destaca-se o Parque Nacional das Emas, localizado nos municípios de Chapadão do Céu (GO), Mineiros (GO) e Costa Rica (MS), com área de 100.000 ha. O Sul Goiano é o que apresenta uma das menores áreas com unidades de conservação, sendo que quase a totalidade é ocupada pelo Parque Nacional das Emas. É também a região com maior produtividade agropecuária do Estado, além de abrigar importantes afluentes da bacia do Paranaíba, como a Bacia do Rio Claro.

Shuvartz e Antunes (2006) afirmam que alguns problemas referentes à criação dessas UCs devem ser evidenciados, dado que a maioria delas foi criada pelos órgãos gestores das três esferas de governo em áreas de baixa produtividade agropecuária e em locais de relevos movimentados, com perda da biodiversidade existente nas áreas mais aptas ao sistema produtivo.

Discutem também que após a inclusão no Art. 21, § 2º do inciso III, o qual transfere as RPPNs para o grupo de UCs de Uso Sustentável, houve um significativo aumento de áreas com tal categoria, entretanto, há de se analisar os interesses dos proprietários para com estas áreas protegidas a fim de que não se tornem apenas pretextos para redução de impostos ou que visem tão somente lucros em seus empreendimentos.

Reforçando tal concepção, os dados da Secretaria de Biodiversidade e Florestas (2016), na Tabela 1, indicam que a mesorregião com menos áreas de UCs está localizada no Centro Goiano a qual apresenta a maior quantidade de habitantes do Estado, em seguida está à mesorregião Sul Goiano a qual se destaca por ser a área de maior produção agropecuária do Estado. Foi possível identificar também que Goiás apresenta 63,7% de suas áreas de UCs categorizadas como RPPN, as quais representam 1,6% do total de áreas conservadas. Ou seja, as RPPN são as categorias mais representativas no estado em quantidade, no entanto, as mesmas possuem

áreas pequenas que garantem pequena conservação, o que compromete sua qualidade.

O entendimento desses dados numéricos de áreas classificadas como UCs deve ir além da perspectiva de interpretação da lei, a qual vem sendo comum ser cumprida tratando tais elementos naturais de forma isolada.

Diegues (2004) afirma que as relações dadas entre o ser humano e o mundo natural têm provocado crescentes degradações ambientais neste início de século e que os processos globais que provocam tais degradações fez com que, nas sociedades ocidentais, sobretudo por parte dos movimentos ambientalistas, criasse mitos de representação simbólicos de uma natureza intocada. Tal entendimento explana um grande problema referente às criações de UCs.

## 6. *Reflexões socioambientais*

Entender o meio em que se vive sempre foi um desafio para o ser humano desde sua transição do modo de vida nômade para o sedentário. A observação do ambiente, desde então, deixa de ser medo e contemplação para se tornar obrigatoriamente motivo para especulação. A modificação das paisagens inicia-se nesta reflexão histórica, na qual o homem deixa de ser espectador e torna-se ator no vasto campo da natureza, e se delonga tomando para si as diversas influências físicas e ideológicas que formam os campos de conhecimento do ambiente e o poder de interação e interferência antrópica.

Santos (2008) traz importantes reflexões acerca do aprofundamento e evolução dos seus estudos do espaço a partir de uma regra metodológica e considera o espaço como instância da sociedade, ou seja, contém e é contido por tal instância assim como pela instância econômica e cultural-ideológica. O espaço é formado pelas coisas, pelos objetos geográficos

naturais e artificiais (Natureza) e pela sociedade, sua configuração espacial se dá pela paisagem e seu princípio ativo se dá pelos processos (econômicos, institucionais ou ideológicos) os quais são resolvidos em funções (ações) e realizados através das formas (realidade geográfica, localização e lugar).

Desse modo, é consenso a afirmação de que o homem e o meio exercem relações indissociáveis e que tais relações provocam reações entre si que podem ser positivas, se analisarmos, por exemplo, a importância do entendimento da natureza para as cadeias de produção agrícola, mas que também podem ser negativas, caso da falta de uso deste mesmo conhecimento e/ou adequação do mesmo para fins coletivos, de interesses socioambientais.

A avaliação de tais relações se torna cada vez mais complexa, pois muitas dessas análises, mais tarde convertidas em debates sociais, se deparam com argumentos conflitantes de ordem subjetiva, filosófica e ideológica, e em casos mais extremos, até de ordem dogmática. Drew (2011) contribui para esta discussão ao afirmar que as limitações do meio físico impõem a compreensão do funcionamento do planeta bem como o uso de seus recursos para as necessidades humanas:

A velha ideia da Terra como um conjunto unitário, em que o homem fazia parte inseparável de um sistema de íntima e plena conexão, revive agora mais sob a visão científica do que sob a teológica ou filosófica. O conceito do homem como guardião da Terra vigora de novo, mais por egoísmo do que por benevolência para com o mundo natural. Essa abordagem científica exige o conhecimento da distribuição dos fenômenos naturais no planeta, bem como a consciência do funcionamento dos sistemas naturais, relações de causa e efeito e interações entre sistemas. (DREW,2011, p.194 e 195)

Nesse sentido, ao buscarmos resposta para o seguinte questionamento: de fato é necessário o uso que se faz dos recursos

naturais na atualidade com tamanho vigor? Poderemos encontrar respostas afirmativas e negativas, e que irá requerer do questionador um posicionamento firme que não fugirá também de sua própria corrente ideológica para se ter um parecer final.

Tratar de exploração dos recursos naturais, que para amenizar esse termo estigmatizado na história do Brasil pode ser substituído por utilização dos recursos, muitas das vezes é se preparar para um conflito tortuoso entre interesses particulares, de grandes empresários, produtores, políticos, enfim, interesses particulares sob o interesse comum, social. No entanto, ao se tratar de interesses sociais voltamos ao dilema ideológico e a crise moral pelo qual o Brasil historicamente passa.

É necessário que se encontre o mais rápido possível um equilíbrio racional entre os objetivos de crescimento econômico e a preservação de recursos naturais conforme explana Ab'Sáber, (2003):

Não se pode falar em potencialidades paisagísticas sem pensar no grande dilema dos tempos modernos: o economismo e o ecologismo. Enquanto o economismo é de um imediatismo por vezes criminoso, o ecologismo, tomado em seus termos mais simples, é de uma ingenuidade e puerilidade tão grandes que chega a prejudicar qualquer causa que vise à proteção dos recursos naturais ditos renováveis, na maioria dos casos de muito problemática reconstrução. (AB'SÁBER, 2012, p. 25).

A conservação da natureza prediz o manejo do uso humano e compreende a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural, para que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer as necessidades e aspirações das gerações futuras, e garantindo a sobrevivência dos seres vivos em geral, logo, há de se fazer cumprir esse equilíbrio de forma menos excludente e mais integradora de



modo que se adeque as relações do homem com a natureza.

O registro do histórico de ocupação do cerrado brasileiro, bem como as rugosidades as quais podem ser observadas nos dias atuais, demonstra essa falta de diálogo e busca por equilíbrio entre o homem e o meio, pode-se dizer então que reflete essa dualidade entre lucro e sustentabilidade. Para esse debate, é de suma importância a análise criteriosa das ações e reações tomadas para implicação de medidas satisfatórias de proteção ao meio ambiente:

Um dos principais desafios na conservação do Cerrado será demonstrar a importância que a biodiversidade desempenha no funcionamento dos ecossistemas. O conhecimento sobre a biodiversidade e as implicações das alterações no uso da terra sobre o funcionamento dos ecossistemas serão fundamentais para o debate “desenvolvimento versus conservação” (KLINK e MACHADO, 2005, p. 152).

As impossibilidades, muitas vezes, de tomadas de ações eficazes para conservação esbarram em grupos ideologicamente contrários a tais medidas, a falta de informação ou mesmo a falta de recursos financeiros para a prática dessas ações.

Não é difícil se deparar com grupos que se organizam e ajudam-se mutuamente na difusão de argumentos que defendem contundentemente a necessidade da produção em grande escala e a eficiência das produções de monoculturas e animais de corte para o atendimento dessa demanda. Não há como negar que para o consumo, levando-se em consideração só a população brasileira estimada pelo censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para 2016 o qual prediz mais de 206 milhões de habitantes, o uso do solo para agricultura e pastagem é indispensável, no entanto, o que se questiona é a eficiência na utilização do mesmo.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA,

2016), a agropecuária é atualmente a maior categoria de utilização da terra no Brasil e consome por volta de 60% do total da água doce utilizada em atividades econômicas. O centro-oeste, região em que se predomina o bioma Cerrado, é o maior produtor de grãos do país.

Neste cenário, pode-se dizer que entre os principais desafios da humanidade nos próximos anos está a conservação dos recursos naturais como a água, o solo e a biodiversidade, para tal, se faz necessário uma maior difusão de alternativas tecnológicas para agricultura de precisão, manejo de pastagem ecológica e a produção de água a partir de conhecimentos fundamentais, dentre outros, acerca do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAAT) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI).

A observação da fragilidade dos ambientes naturais, os quais resultam na perda de quantidade e qualidade dos mesmos, vislumbra criar meios para monitoramento e elaboração de projetos de gerenciamento governamental e de capacitação de agentes sociais que atuem diretamente com os cidadãos na recuperação e manutenção do meio ambiente por meio de tomada de decisões a partir de ações racionais e efetivas, como seria o caso da implantação de UC, entretanto muitas inviabilizadas devido a critérios financeiros.

O poder público têm incentivado financeiramente iniciativas de conservação por meio de instrumentos normativos que garantem compensações e créditos àqueles que se dispõem a criar ações que mitiguem danos a regiões onde atividades agropecuárias são disseminadas e provocam intensos danos. Adeptos do entendimento de que a preservação do meio natural deve ser compensada tomam cada vez mais espaço no cenário conservacionista.

O artigo 158 da Constituição Federal brasileira permite aos

Estados definir parte dos critérios para o repasse de recursos do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS, neste contexto surge o ICMS Ecológico o qual garante compensação financeira aos municípios que garantam, por meio de legislação específica, a manutenção de uma UC em seu território.

No estado de Goiás, os municípios que abriguem em seus territórios UCs ambientais devidamente registrados no Cadastro Estadual de Unidades de Conservação - CEUC, ou que sejam diretamente por elas influenciados ou, ainda, aqueles possuidores de mananciais para abastecimento público, são autorizados a receberem o ICMS Ecológico, no qual são creditados 5% do ICMS conforme os seguintes critérios de partilhamento previsto na Lei Complementar nº 90, de 22 de dezembro de 2011, Artigo 4º, Parágrafo único, Incisos I, II e III:

I - 3% (três por cento) para os Municípios que possuem gestão ambiental condizente com os padrões de desenvolvimento sustentável e conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, aproximando-se do que seria ideal quanto ao abordado nas alíneas abaixo, com efetivas providências para solução de, pelo menos, seis delas:

- a) ações de gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive lixo hospitalar e resíduos da construção civil - coleta, transporte, tratamento e destinação dos resíduos sólidos, aterro sanitário, incineração, reciclagem e compostagem;
- b) ações efetivas de educação ambiental, na zona urbana e rural, nas escolas e grupos da sociedade organizada, instituídas por intermédio de lei municipal e/ou programas específicos;
- c) ações de combate e redução do desmatamento, com a devida fiscalização e comprovação da efetiva recuperação de áreas degradadas – reflorestamento;

d) programas de redução do risco de queimadas, conservação do solo, da água e da biodiversidade;

e) programa de proteção de mananciais de abastecimento público;

f) identificação de fontes de poluição atmosférica, sonora e visual, e comprovação das medidas adotadas para a minimização dessas práticas;

g) identificação das edificações irregulares, bem como a comprovação das medidas adotadas para sua adequação às normas de uso e ocupação do solo;

h) programas de instituição e proteção das unidades de conservação ambiental;

i) elaboração de legislação sobre a política municipal de meio ambiente, incluindo a criação do Conselho Municipal do Meio Ambiente e do Fundo Municipal do Meio Ambiente, obedecidas as peculiaridades locais, respeitadas a legislação federal e estadual sobre o assunto;

II - 1,25% (um inteiro e vinte e cinco centésimos por cento) para os Municípios que já tenham regulamentado e colocado em prática, pelo menos 4 (quatro) das providências do inciso I do parágrafo único deste artigo;

III - 0,75% (setenta e cinco centésimos por cento) para os Municípios que já tenham regulamentado e colocado em prática, pelo menos 3 (três) das providências do inciso I, do parágrafo único deste artigo.

O que de fato deve ser discutido é se esse instrumento de compensação está sendo aplicado pelos municípios como forma de

incentivo e contribuição complementar à conservação ambiental ou se está representado apenas mais uma ação burocrática para arrecadação de recursos estaduais.

Tal discussão deve ser bastante criteriosa, pois propõe analisar os reais interesses por trás da aplicação de um instrumento legal. Essas ações devem partir do conhecimento e análise crítica dos problemas, e deve buscar a sensibilização, valorização e envolvimento da população. Devem também ser baseadas em mecanismos de participação comunitária para se chegar a um resultado convincente e realmente aplicável, conforme prevê o documento de consulta pública para criação de Unidades de Conservação, Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002:

§1º A consulta consiste em reuniões públicas ou, a critério do órgão ambiental competente, outras formas de oitiva da população local e de outras partes interessadas.

§2º No processo de consulta pública, o órgão executor competente deve indicar, de modo claro e em linguagem acessível, as implicações para a população residente no interior e no entorno da unidade proposta.

No entanto, o que se tem observado, são audiências cujos objetivos não se mostram bem definidos, logo, não oferecem à população local oportunidade de esclarecimento, camuflando os reais interesses em jogo, os conflitos e intimidações existentes e se mostram apenas como instrumento burocrático para arrecadação de fundo que sequer são investidos nas áreas cadastradas como exemplo de cumprimento de normativas ambientais. Preocupantemente se têm tomado decisões acerca de elementos poucos explorados. É de fundamental importância a abordagem multidisciplinar deste tema e a análise integral sistêmica nesta abordagem conceitual e prática.

A criação de UCs vem se tornando atraente também para os proprietários rurais que, de acordo com o Projeto de Lei nº 1548-A, de 2015, em função da dimensão da RPPN, poderão receber isenção do Imposto Territorial Rural cobrado de toda a propriedade rural, poderão deduzir em dobro o que for gasto em RPPN do Imposto de Renda, terão prioridade na obtenção de crédito agrícola, com juros menores do que os de mercado para o dono de terra que tiver RPPN, e poderão instalar viveiros de mudas na RPPN. Tal lei incentiva à pesquisa, e determina a criação de fundo de incentivo às RPPNs.

## 7. *Considerações finais*

As bases conceituais filosóficas que tratam do método em geografia são de suma importância para se aplicar o entendimento feito acerca da teoria que fundamenta os princípios de proteção da natureza, tanto para proteção de forma integral, pela preservação, quanto para proteção para se viabilizar o uso racional dos recursos, pela conservação.

O Brasil dispõe de diversas leis implantadas a partir de discussões globais sobre o meio ambiente. Para áreas de conservação, destaca-se nesta análise o SNUC devido o esclarecimento de categorias e formas de implantação de UCs nas três esferas de governo, entretanto, nos séculos XX e XXI propagou-se uma política preocupante de compensação por proteção de áreas sem a preocupação de difusão efetiva de conhecimento, educação e envolvimento social para com tal temática.

No presente momento, esta política se mostra economicamente eficiente, porém, ao tirar o foco do essencial, que é a conscientização, o sistema se vê cada dia mais fragilizado. Deve-se compreender que mesmo não estando formalizado no SNUC, Corredores Ecológicos, APPs, Reservas e Áreas de Proteção devem ser analisados em conjunto ao se

propor novos projetos, bem como se devem regularizar o mais breve possível os Planos de Manejo dessas áreas para que as mesmas cumpram o que vem sendo proposto e preenchido nesses exaustivos relatórios de proposição de áreas de UCs.

O Brasil é um país muito burocrático e cumpre um tempo excessivo para liberação de documentação de ordem ambiental, por um lado devido à falta de profissionais para atender as demandas e por outro por não poder arcar com todas as despesas que tais projetos gerariam aos cofres públicos. O fator financeiro também é muito utilizado pelo setor privado no sentido de que áreas paradas não geram lucro, entretanto deve-se pensar no bem coletivo se sobrepondo ao bem individual.

Nesta pesquisa, feita para o Estado de Goiás, não foi registrada nenhuma área com categoria Estação Ecológica, Reserva Biológica, Monumento Natural, Refúgio de Vida Silvestre, Reserva de Fauna e Reserva de Desenvolvimento Sustentável, isso se justifica haja visto que tais categorias necessitam mais notoriamente da criação de corredores ecológicos para o fluxo da espécies e mesmo para a ligação entre biomas, porém tais corredores ecológicos não foram previstos no SNUC. O objetivo de se ter áreas de preservação é conhecer a biodiversidade local e garantir às populações de espécies nativas fluxos para garantia de sua sobrevivência e habitat natural, no entanto o que se nota são criações de “ilhas” intocadas.

## 8. Agradecimentos

“O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01”

## 9. Lista de Siglas

- ANA - Agência Nacional das Águas;  
APA - Área de Proteção Ambiental;  
ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico;  
CDB - Convenção da Diversidade Biológica;  
CNUC - Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.  
CEUC - Cadastro Estadual de Unidades de Conservação;  
Conabio - Comissão Nacional da Biodiversidade;  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;  
EE - Estação Ecológica;  
FE - Floresta Estadual;  
FN - Floresta Nacional;  
FUNATURA - Fundação Pró-Natureza;  
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;  
IBDF - Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal;  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;  
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços;  
MN - Monumento Natural;  
PE - Parque Estadual;  
PN - Parque Nacional;  
PNM - Parque Natural Municipal;  
Pronabio - Programa Nacional da Diversidade Biológica;  
RB - Reserva Biológica;  
RDS - Reserva de Desenvolvimento Sustentável;  
RE - Reserva Extrativista;  
RF - Reserva de Fauna;  
RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural;



RVS - Refúgio de Vida Silvestre;  
SAAAT - Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras;  
SEMA - Secretaria Especial do Meio Ambiente;  
SEUC - Sistemas Estaduais de Unidades de Conservação;  
SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás;  
SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;  
SiBCTI - Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação;  
SIG - Sistemas de Informação Geográfica;  
SIMEHGO - Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás;  
SMUC - Sistemas Municipais de Unidade de Conservação;  
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação;  
UC - Unidade de Conservação.

## Referências bibliográficas

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 7 ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. p. 1-158.

BIELENKI JÚNIOR, C., BARBASSA, A. P. Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas. São Carlos: EdUFSCar, 2012. 257 p.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares (org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Decreto n. 4.703, de 21 de maio de 2003. Dispõe sobre o Programa Nacional da Diversidade Biológica - PRONABIO e a Comissão Nacional da Biodiversidade. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/d4703.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4703.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Decreto n. 4.340, de 22 de agosto de 2002. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4340.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Decreto n. 1.354, de 29 de dezembro de 1994. Institui, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, o

Programa Nacional da Diversidade Biológica. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D1354.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D1354.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispões sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO). Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7347orig.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7347orig.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 7.804, de 18 de junho de 1989. Altera a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7804.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7804.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acessado em: 12 mar. de 2017.

BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 12,651, de 25 de maio 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação antiga. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

BRASIL. Projeto de Lei n. 1.548-A, de 2015. Dispõe sobre a criação, gestão e manejo de Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/1372649.pdf>>. Acesso em: 20 out. de 2016.

CÂMARA, G. (et al.). Fundamentos epistemológicos da ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G. (et al.). (Org.). Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 125-140. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap5-epistemologia.pdf>>. Acesso em: 10 ago. de 2016.

CLAVAL. P. Epistemologia da geografia. Tradução de Margareth de Castro Afeche Pimenta e Joana Feche Pimenta. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011.

DIEGUES, A. C. O mito moderno da natureza intocada. 5. ed. São Paulo: HUCITEC, 2004.

DREW, D. Processos Interativos Homem-Meio Ambiente. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 220 p.

FARIAS, Talden Queroz. Aspectos gerais da política nacional do meio ambiente: comentários sobre a Lei nº 6.938/81. Âmbito Jurídico, Rio Grande, v. 9, n. 35, 2006.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. Plano de manejo da reserva particular do patrimônio natural Mata do Sossego – RPPN Mata do Sossego. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2014. 143 p. Relatório.

GATRELL, A. (et al.). Distance and Space. In: FERREIRA, M. C. Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. São Paulo: Unesp, 2014.

GEORGE, P. A ação do homem. In: Moreira, R. O pensamento geográfico brasileiro: as matrizes clássicas originárias. v1. 2. Ed., 2ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2014.

GOIÁS. Lei Complementar n. 90, de 22 de dezembro de 2011. Regulamenta o disposto no inciso III do § 1º do art. 107 da Constituição Estadual, acrescido pela Emenda Constitucional nº 40, de 30 de maio de 2007, e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina\\_leis.php?id=10159](http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=10159)> Acesso em: 25 out. de 2016.

GOIÁS. Lei n. 14.247, de 29 de julho de 2002. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação no Estado de Goiás. Disponível em: < [http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis\\_ordinarias/2002/lei\\_14247.htm](http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2002/lei_14247.htm)>. Acesso em: 25 out. de 2016.

GRISI, B. M. Glossário de ecologia e ciências ambientais. 3 ed. João Pessoa: Editora da Ufpb, 2007.

IBGE - Instituição: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. [2010]. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>.

KLINK, C.A., MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade. [S.l.]. v. 01, n. 01, p. 147-155, jul. 2005.

LOPES, R. C.; CASTRO, J. D'A. B. Novo código florestal brasileiro: análise de uma disputa. In: II Simpósio Nacional Espaço, Economia e Políticas Públicas “Cidade e Questão Ambiental: velhos desafios, novos paradigmas”, 2012, Anápolis. Anais... Anápolis: [s.n.], 2012. P. 330-349.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, RJ. v. 09, n. 3, p. 239-262, jul/set. 1993.

MIRANDOLA-AVELINO, P.H. Análise geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal Mato Grosso - Brasil. Tese de Doutorado em Geografia do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006, 317 p

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Nacional e Unidades de Conservação. 2016. [2016]. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs> >.

MOREIRA, R. Pensar e ser em geografia: ensaios de história, epistemologia e ontologia do espaço geoGráfico. São Paulo: Contexto, 2007. p. 105 – 118.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo:

Oficina de textos, 2008.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V. Planejamento e gestão territorial: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 370 p.

ROSA, Roberto. Introdução ao sensoriamento remoto. 3ª ed. Uberlândia: Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 1995.

ROSA, R. e Brito, J.L.S. Introdução ao geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica. Uberlândia: Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

SORRE, M. O homem na terra. In: Moreira, R. O pensamento geográfico brasileiro: as matrizes clássicas originárias. v1. 2. Ed., 2ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2014.

TRICART, J. A Terra planeta vivo In: Moreira, R. O pensamento geográfico brasileiro: as matrizes clássicas originárias. v1. 2. Ed., 2ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2014.

SANTOS, M. Espaço e método. 5. Ed. – São Paulo: Ed. USP, 2008.

SECIMA. Secretaria do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2015-11/cbh-afluentes-goianos-do-baixo-paranaiba---proposta-de-instituicao.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

SIEG – Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás. Base cartográfica e Mapas temáticos do Estado de Goiás. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, Antônio Carlos; GUERRA, Antônio José Teixeira (org.). Reflexões sobre geografia física no Brasil. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

SHUVARTZ, M., ANTUNESL, E. C. Cerrado: Unidades de Conservação Federal. In GUIMARÃES, L. D.; SILVA, M. A. D.; ANACLETO, T. C. (Org.). Natureza Viva: Cerrado. Goiânia: Ed. da UCG, 2006. p. 133-152.

SPOSITO, E. S. Geografia e filosofia: Contribuições para o ensino do pensamento geográfico. São Paulo: UNESP, 2004. p. 23-72.



# EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ: ANÁLISE E ESPACIALIZAÇÃO

Patrícia Ziani  
Eliane Maria Foletto  
Cassio Arthur Wollmann

## 1. *Introdução*

A água é um elemento estruturador do território e da paisagem e a sua quali-quantidade esta diretamente associada à manutenção e qualidade de vida na Terra. Contudo, ao longo das últimas décadas, o crescente uso deste recurso tem alertado para a necessidade de medidas que viabilizem não somente a sua utilização, mas também a sua conservação com a gestão integrada da paisagem. Diante disso, tratar de água é algo complexo, pois requer compreender aspectos não somente ambientais, mas também sociais e econômicos (TUNDISI, 2008), impondo assim grandes desafios á gestão desses recursos.

Em razão do seu potencial hídrico, o Brasil tem como principal fonte de energia explorada os empreendimentos hidrelétricos, com 63,73% da geração de energia elétrica (ANEEL, 2019). Ao instalar um empreendimento hidrelétrico tem-se a apropriação dos cursos d'água, alterando-os de ambientes lóticos para ambientes lênticos, e, conseqüentemente, mudando a dinâmica hídrica, estrutura e

funcionalidade desta paisagem.

Sobre a construção desses empreendimentos/barragens, CAVALCANTI (2010) pontua que a paisagem/território precisa ter a resiliência necessária para processar a magnitude das trocas e fluxos de matéria e energia desencadeados, a partir dos processos socioambientais, para que não se rompam os limites de estabilidade.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo geral analisar e discutir os empreendimentos hidrelétricos na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, tanto os que já existem, quanto os projetos de empreendimentos hidrelétricos futuros, através da caracterização e espacialização dos mesmos na área de estudo.

A escolha desta área de estudo se justifica, principalmente, em razão da mesma ser a bacia hidrográfica selecionada como área de estudo do projeto Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD), edital CAPES 071/2013. Além disso, nessa área de estudo, localiza-se o principal rio de domínio estadual do Estado do Rio Grande do Sul (RS), isto é, o rio Jacuí e encontra-se o maior reservatório artificial de hidrelétricas do Estado e grandes produtores de energia elétrica.

Diante disso, espera-se que este trabalho possa contribuir no desenvolvimento dessa temática, através das referidas análises, bem como no avanço das discussões que permeiam o planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Alto Jacuí e, conseqüentemente, desta paisagem e do seu ordenamento territorial.

## 2. Referencial Teórico

A água é considerada um recurso renovável, no entanto, a demanda e utilização cada vez mais acentuada desse recurso, pelos seres humanos, vêm comprometendo a sua quali-quantidade e rompendo, muitas vezes,

a sua dinâmica natural, alterando assim significativamente as paisagens. Essas alterações, geralmente, tendem a ser nocivas, contudo, elas reduzem a resistência (capacidade de um sistema se manter frente a um distúrbio ou estresse) e a resiliência (potencial que o sistema tem de se regenerar ao sofrer um estresse ou distúrbio) dos ecossistemas (ODUM, 1988; RESENDE et al., 1996). Deste modo, pode-se afirmar que um dos grandes desafios atualmente é realizar uma gestão e um gerenciamento eficaz dos recursos hídricos, conciliando as necessidades da sociedade sem que essas comprometam a qualidade e quantidade os recursos hídricos.

A alteração nos cursos d'água de ambientes lóticos para ambientes lênticos, como é no caso das construções das barragens/empreendimentos hidrelétricos, influencia, diretamente, na dinâmica fluvial e nas características e variáveis limnológicas das águas represadas e a jusante das mesmas. Como consequência disso, destaca-se também: a modificação na flora e na fauna circunvizinha, uma vez que formam barreiras ecológicas frente a alagamento do leito do rio e área inundada; mudanças na qualidade física e química das águas à jusante da barragem, refletindo, conseqüentemente, na biota aquática e, em longo prazo, na alteração químicas dos solos das áreas alagáveis (ESTEVES, 1998; TUNDISI, et al., 2006).

A construção de um reservatório define padrões hidrodinâmicos, com implicações diretas no deslocamento e na concentração de sólidos em suspensão, na temperatura, na disponibilidade de alimentos e nos habitats da fauna e flora aquáticos (JOBIN, 1998). ESTEVES (1998) aponta que as construções de grandes lagos artificiais repercutem conseqüências negativas como, por exemplo: o aumento das taxas de sedimentação à montante em seus afluentes; aumento, de maneira explosiva, das comunidades de macrófitas aquáticas, principalmente as flutuantes e aumento da possibilidade de ocorrência do processo de eutrofização,



que são “um tipo especial de sistema ambiental, em particular de geossistema, que pode ser definido como um espaço físico organizado de acordo com o escoamento de determinado fluxo hídrico” (RODRIGUEZ e SILVA, 2013). Entende-se também por bacia hidrográfica:

[...] área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997, pág. 40).

Sobre bacias hidrográficas, RODRIGUEZ et al. (2011) pontua que:

“A análise da bacia hidrográfica, desde a perspectiva sistêmica, de sustentabilidade e de complexidade, sustenta-se porque, a exemplo do caso dos recursos hídricos, a tarefa consiste em considerar e compreender as relações do arranjo espaço-temporal do papel da água como um recurso indispensável no funcionamento da biosfera, mas surgida e limitada dentro do complexo da esfera geográfica” (RODRIGUEZ et al 2011, p. 112).

Neste sentido, e buscando minimizar os impactos ambientais oriundo dos desequilíbrios ambientais originários, muitas vezes, da visão fragmentada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem, tem-se a bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores naturais e sociais (CUNHA e GUERRA, 1996).

“Sob o ponto de vista do auto-ajuste pode-se deduzir que as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvidas)” (CUNHA e GUERRA, 1996, p. 353).

Deste modo, compreende-se a utilização da bacia hidrográfica, como recorte espacial de análise e unidade de planejamento e gerenciamento ambiental, essencial visto que a mesma possibilitar uma análise mais abrangente e integrada dos recursos naturais e paisagem.

### 3. *Metodologia*

Este trabalho esteve pautado na realização de pesquisas bibliográficas, elaboração do mapa de localização dos empreendimentos hidroelétricos na área de estudo e na realização de trabalhos de campo.

As pesquisas bibliográficas ocorreram, tanto em livros e artigos de periódicos, quanto em documentos e sites oficiais como, por exemplo: Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA), Departamento de Recursos Hídricos (DRH), Comitê de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas do Alto Jacuí (COAJU), e Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Com o auxílio do software ArcGIS 10.3(ESRI), realizou-se o mapa da hidrografia da bacia hidrográfica do Alto Jacuí. Para tanto, utilizaram-se: os limites das bacias hidrográficas disponibilizados pela SEMA para o recorte da bacia hidrográfica do Alto Jacuí; a rede de

drenagem da base cartográfica vetorial contínua do Estado do RS, feita a partir das cartas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, na escala 1:50.000, disponibiliza pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); e, para a localização das UHEs e PCHs, realizou-se levantamento bibliográfico e em sites das referidas UHEs e PCHs a fim de georeferenciá-las.

Com base no Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL foi organizada a Tabela 1, que compunha os dados dos 10 empreendimentos hidrelétricos que fazem parte da área de estudo, bem como sua classe, nome, data de operação, potência (MW), gestor e município. Já, para a tabela 2, utilizou-se de base os dados de Aproveitamentos Hidrelétricos Rio Grande do Sul (Versão 17/08/2016) também da ANEEL, no Estado do RS, a fim de ressaltar as propostas de empreendimentos hidrelétricos na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

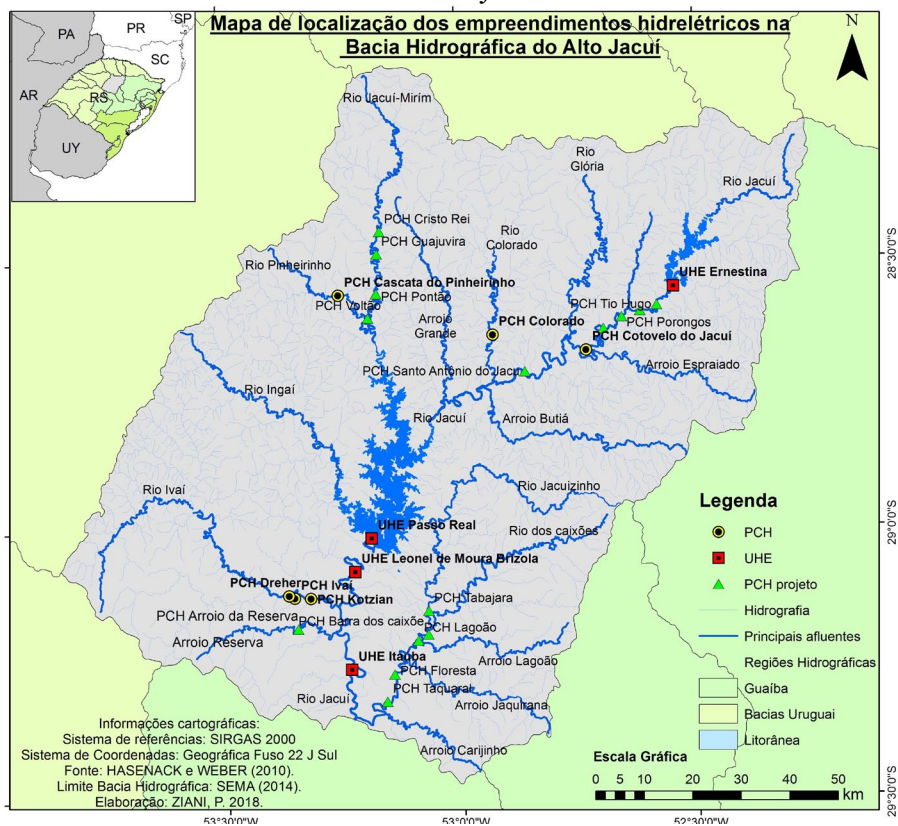
Outra etapa fundamental deste trabalho foi à realização dos trabalhos de campos, tanto com o intuito de observar e interpretar a paisagem, buscando compreender as transformações, impactos e reestruturação dessa paisagem frente à instalação dos empreendimentos hidrelétricos, quanto da buscar materiais, dados e demais informações sobre a área de estudo.

## 4. *Resultados e discussões*

O rio Jacuí, principal rio de domínio estadual do Estado RS, para fins de planejamento e gestão das águas, foi segmentado em bacia

hidrográfica do Alto Jacuí e bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, ambas pertencentes à região hidrográfica do Guaíba. A bacia hidrográfica do Alto Jacuí, espaço territorial de análise deste trabalho, localiza-se na porção centro-norte do Estado do RS, entre as coordenadas geográficas 28°08' a 29°55' de latitude Sul e 52°15' a 53°50' de longitude Oeste (Figura 2), correspondendo a uma área de aproximadamente 13.072,683 Km<sup>2</sup> do Planalto Meridional brasileiro que é formado por rochas basálticas oriundas de um grande derrame de lavas ocorrido na era Mesosóica (RIO GRANDE DO SUL, 2019).

Figura 2 – Mapa de localização dos empreendimentos hidrelétrico na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.





O clima na região caracteriza-se, conforme ROSSATO (2011) como subtropical III – úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, isto é, chove entre 1700 – 1800 mm ao ano, em 100 – 120 dias de chuva, e tem temperatura média anual entre 17 – 20°C. Tais condições climáticas, associadas às condições geológicas e geomorfológicas, favoreceu a bacia hidrográfica do Alto Jacuí uma densa rede de drenagem como grande potencial hidrelétrico.

Entre os principais cursos d'água presentes na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, conforme se observa na figura 2, estão: o rio Jacuí, o rio Jacuí-Mirim, o rio Glória, o rio Colorado, o rio Ingaí, o rio Ivaí, o rio Itapevi, o rio Jacuizinho, o rio dos Caixões, Rio Carijinho, o arroio Espreado, o arroio Butiá, o arroio Grande, o arroio Lagoão, o arroio Jaquirana, e o arroio da Reserva. Já, no que tange aos empreendimentos hidrelétricos nota-se a espacialização de 4 Usinas Hidrelétricas (UHEs) e 6 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

A UHE de Ernestina, construída em 1957 (Tabela 1), é a primeira UHE de uma série de aproveitamentos hidrelétricos, de efeito cascata, no rio Jacuí (Figura 3), seguida pela UHE Passo Real (1973), a UHE Leonel de Moura Brizola (1962) e UHE Itaúba (1979), que são de responsabilidade da Companhia Estadual de Energia Hidrelétrica (CEEE). As mesmas, juntamente com a UHE Dona Francisca, que se localiza na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, fazem parte do denominado sistema Jacuí de aproveitamentos hidrelétricos no rio Jacuí (Figura 3).

Figura 3 – Ilustração dos aproveitamentos hidrelétricos do rio Jacuí.



Fonte: Adaptado de Minas e Energia RS, 2016.

Tabela 1 – UHEs e PCHs na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

Classificação	Usina	Data de operação	Potência (MW)	Gestor	Município
UHE	Ernestina	01/08/1957	4,8	CEEE	Ernestina
UHE	Passo Real	01/01/1973	158	CEEE	Salto do Jacuí
UHE	Leonel de Moura Brizola	01/01/1962	180	CEEE	Salto do Jacuí
UHE	Itaúba	01/01/1979	500,4	CEEE	Pinhal Grande
PCH	Cascata do Pinheirinho	04/03/1993	0,528	Coprel	Ibirubá
PCH	Colorado	1955	1,1	Eletrocar	Tapera
PCH	Cotovelo do Jacuí	14/01/2001	3,34	Coprel	Victor Graeff
PCH	Dreher	03/10/2009	17,8	BME Energia e Coprel	Júlio de Castilhos
PCH	Ivaí	01/01/1950	0,7	CEEE	Júlio de Castilhos
PCH	Kotzian	05/03/2011	13	BME Energia e Coprel	Júlio de Castilhos

Fonte: ANEEL 2018. Org.: ZIANI, P. (2018).

Cabe salientar que as 4 UHEs foram construídas antes da década de 80, do século passado, portanto, anterior às normas que definiram o processo de licenciamento ambiental hoje vigente. Contudo, em 2001, segundo os planos de uso e ocupação do solo no entorno destes reservatórios, a CEEE-GT regularizou o licenciamento ambiental e, atualmente, essas UHEs dispõem de Licença de Operação vigente, emitida pela FEPAM.

Juntas essas 4 UHEs tem 843,2 MW de potência e localizam-se

nos municípios de Ernestina (UHE Ernestina), Salto do Jacuí (UHE Passo Real e UHE Leonel de Moura Brizola) e Pinhal Grande (UHE Itaúba). Esses municípios recebem uma compensação financeira desses empreendimentos hidrelétricos pela exploração dos recursos hídricos na geração de energia elétrica, contribuindo, assim, no aumento do Produto Interno Bruto (PIB) dos mesmos e fomentando o investimento na saúde, na educação, na segurança e demais setores. No que se refere às PCHs, cuja potência máxima é de 30 MW, a ANEEL (2007) aponta que as mesmas estão isentas desse pagamento, conseqüentemente, os municípios que sediam esses empreendimentos não contam com esta compensação financeira.

Em relação à UHE Passo Real cabe destacar que a mesma abrange o reservatório (lago artificial) de maior abrangência do Estado do RS, ganhando destaque na paisagem, com 230 Km<sup>2</sup> de área inundada, 610 km de orla e 3,85 km de extensão a barragem (MELO, 2018). Entre as principais funções desse reservatório tem-se, principalmente, a produção de energia elétrica e assegurar à vazão do mesmo no sistema a jusante em períodos extremos, seja esse de precipitação controlando as cheias, seja de seca mantendo o fluxo e a regularização para os aproveitamentos à jusante desta barragem.

Em relação a esse reservatório, destaca-se ainda que para a construção do mesmo foi necessário o represamento do rio Jacuí e, atualmente, obras desta magnitude são vistas como inviáveis, principalmente, em razão da extensa área de alague que gerou diversos impactos ambientais e sociais e elevados custos econômicos.

Quanto a UHE Leonel de Moura Brizola salienta-se que a mesma

era conhecida, até o ano de 2005, por UHE Jacuí, no entanto, em 21 de junho de 2005, a então UHE Jacuí passou a ser denominada de UHE Gov. Leonel de Moura Brizola através do Decreto Estadual nº 43.888.

Na realização dos trabalhos de campo, os quais foram essenciais para o enriquecimento e desenvolvimento desta pesquisa, foi possível analisar e interpretar a paisagem na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, permitindo não somente georreferenciar os empreendimentos hidrelétricos já existentes, mas, principalmente, obter um panorama geral da área e buscar compreender a influência dos mesmos na bacia hidrográfica do Alto Jacuí e na sua (re)configuração do espaço geográfico.

Por ser um território marcado pela construção destes empreendimentos hidrelétricos, em razão do seu potencial natural, durante os trabalhos de campo, percebeu-se, por diversas vezes, a inquietação da população local para saber se a presente pesquisa estava relacionada ao levantamento ou demarcação de área para a construção de novos empreendimentos hidrelétricos, uma vez que em outros momentos já estiveram outras equipes realizando tal procedimento.

Diante disso, buscou-se saber quais os projetos ou proposta existiam para a área de estudo e, conforme os dados de Aproveitamentos Hidrelétricos Rio Grande do Sul (Versão 17/08/2016) da ANEEL, no Estado do Rio Grande do Sul, existem hoje 64 aproveitamentos identificados e que estão na fase Eixo Disponível, perfazendo 652,35MW. Esses empreendimentos na situação “eixo disponível”, são aqueles identificados em um inventário hidrelétrico aprovado para qualquer interessado realizar o seu estudo. Desses 64 empreendimentos, há 16 localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí (Tabela 2), correspondendo a 99,60 MW que equivale a 15,26%.

Tabela 2: Proposta de novos aproveitamentos hidrelétricos para a bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

Tipo	Empreendimento	Potência (MW)	Curso d'água	Status
PCH	Arroio Reserva	5,85	Arroio Reserva	Eixo Disponível
PCH	Jacuí Mirim	4,30	Jacuí Mirim	-
PCH	Cristo Rei	3,60	Jacuí Mirim	Eixo Disponível
PCH	Pontão	3,20	Jacuí Mirim	Eixo Disponível
PCH	Guajuvira	4,50	Jacuí Mirim	PB com registro
PCH	Voltão	4,30	Jacuí Mirim	PB com registro
PCH	Tio Hugo	8,10	Jacuí	PB Aceite
PCH	Arroio Grande	3,60	Jacuí	Eixo Disponível
PCH	Bela Vista	3,75	Jacuí	Eixo Disponível
PCH	Porongos	3,50	Jacuí	Eixo Disponível
PCH	Santo Antônio do Jacuí	5,20	Jacuí	PB Aceite
PCH	Taquaral	9,50	Jacuizinho	Operação
PCH	Tabajara	4,80	Jacuizinho	Eixo Disponível
PCH	Barra dos Caixões	9,90	Jacuizinho	Operação
PCH	Lagoão	6,00	Jacuizinho	Operação
PCH	Floresta	19,50	Jacuizinho	Operação

Fonte: ANEEL 2016. Org.: ZIANI, P. (2018).

Conforme se observa na tabela 2, dos 16 empreendimentos

hidrelétricos localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí 5, dos quais 4 já se encontram em fase de operação, localizam-se no rio Jacuizinho, na porção sudeste da bacia hidrográfica em questão. Outras 5 propostas de PCHs ficam no rio Jacuí Mirim, na região nordeste da área de estudo, uma PCH, a sudeste, no Arroio Reserva e mais 5 PCHs no rio Jacuí, entre a UHE de Ernestina e a UHE Passo Real.

Sob essa perspectiva, salienta-se que se somarmos os empreendimentos hidrelétricos já existentes no rio Jacuí, isto é, 4 UHE mais uma PCH, com estas outras 5 propostas de PCH, das quais 2 estão com PB aceite e outras 3 com eixo disponível, tem-se um total de 10 empreendimentos só neste curso d'água. Tal resultado aponta não somente para o expressivo potencial hidrelétrico que este curso d'água tem, mas alerta também para a acentuada apropriação do mesmo que, conseqüentemente, tem interferências significativas na dinâmica natural e territorial, as quais poderão ser agravadas ainda mais com a construção de novos empreendimentos.

Outro aspecto relevante e merece destaque é em relação à necessidade e a importância de debater e aprofundar esta questão das 16 propostas de novos empreendimentos hidrelétricos, junto Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí (COAJU), que é o comitê de bacia hidrográfica responsável dessa área, a fim de considerá-las junto ao plano de bacia, de modo a garantir os usos múltiplos de forma racional e sustentável.

## 5. Considerações finais

Os resultados deste trabalho demonstram a presença marcante de empreendimentos hidrelétricos na área de estudo, sendo 10 já consolidados e outras 16 propostas de novos empreendimentos hidrelétricos, indicando o significativo potencial hidrelétrico do rio Jacuí e principais afluentes.

No entanto, cabe alertar que não se encontraram estudos ou pesquisas que abordem as transformações, os impactos e/ou reestruturação desta paisagem frente à instalação desses empreendimentos, ratificando assim a importância e a necessidade de dar continuidade e aprofundar tais discussões, principalmente, em virtude da relevância que esta área de estudo tem, tanto em termos de recursos hídricos, quanto de geração de energia elétrica, no Estado do RS.

Diante disso, espera-se que este artigo possa contribuir e instigar discussões e trabalhos futuros nessa perspectiva, através de uma abordagem sistêmica, a fim de corroborar na gestão da paisagem, ordenamento territorial e demais tomadas de decisões que subsidiem compatibilizar os diferentes usos da bacia hidrográfica do Alto Jacuí com a conservação ambiental.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Agradecemos também a CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

## *6. Lista de siglas*

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

BIG – Banco de Informações de Geração.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.



COAJU – Comitê de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas do Alto Jacuí.

DRH – Departamento de Recursos Hídricos.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler.

PANGEA – Grupo de pesquisa em patrimônio natural, geoconservação e gestão da água.

PCH – Pequena Central Hidrelétrica.

PPG GEO – Programa de Pós-Graduação em Geografia.

PROCAD – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica.

RS – Rio Grande do Sul.

SEMA – Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

UHE – Usina Hidrelétrica.

## Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2018. A compensação financeira e o seu município. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/cartilha\\_compensacao\\_financeira\\_2.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/cartilha_compensacao_financeira_2.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Aproveitamentos Hidrelétricos Rio Grande do Sul Versão 17/08/2016 – Eixo disponível. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/scg/Doc/Publicacao\\_PCH\\_RS\\_Operacao\\_2016.pdf](http://www2.aneel.gov.br/scg/Doc/Publicacao_PCH_RS_Operacao_2016.pdf)>. Acesso em 23 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Banco de Informações de Geração (BIG) – Fontes de Energia Exploradas no Brasil. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp>>. Acesso em 01 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. BIG – Usinas e Centrais Geradoras. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp>>. Acesso em 23 nov. 2018.

CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. Estudos Avançados, vol. 24, n.68, p.53-67, 2010.

CEEE - GT. Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Ernestina. 2011. Disponível em: <[http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio\\_ernestina.pdf](http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio_ernestina.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório Maia Filho – UHE Governador Leonel de Moura Brizola. 2011.

Disponível em: <[http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio\\_maia\\_filho.pdf](http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio_maia_filho.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Passo Real. 2011. Disponível em: <[http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio\\_passo\\_real.pdf](http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/reservatorio_passo_real.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Itaúba. 2011. Disponível em: <[http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/Reservatorio\\_Itauba.pdf](http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/solo/jacui/Reservatorio_Itauba.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2015.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da;. (Org.). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337- 380.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FIGUEIRÓ, A. S.. Impactos socioambientais de grandes projetos hidroelétricos: o caso do complexo garabi na fronteira Brasil – Argentina. In: PALHETA, J. M.; NASCIMENTO, F. R. do (Org.). Grandes empreendimentos e impactos territoriais no Brasil. 1. ed. – Belém: GAPTA/UFPA, 2017. p. 43-77.

HASENACK, H.; WEBER, E.(org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

JOBIN, W. Sustainable Management for Dams and Waters. Boston: Lewis Publishers, 1998.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

RESENDE, M; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ V., H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.169-199.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Coordenação e Planejamento. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Unidades geomorfológicas. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/hipsometria-e-unidades-geomorfológicas>>. Acesso em: 28 de fev. 2019.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; LEAL, A. C. Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E. (Org.). Diálogos em Geografia Física. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011. p. 111-125.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

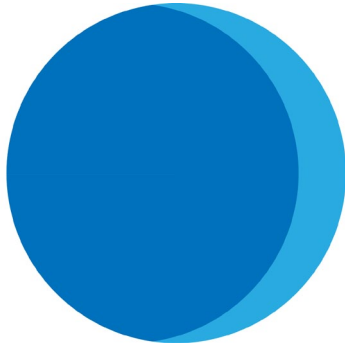
ROSSATO. M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

TUCCI, C. E. M. 1997. Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

TUNDISI, J. G. et al. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS,

A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006-a, p. 161-202.

TUNDISI, J. G.. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos avançados.v.22, nº63, 2008.



# FUMICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS

Vagner Apollo Duarte  
Cássio Arthur Wollmann

## 1. Introdução

Nos dias atuais existe muito incentivo de órgãos mundias de saúde contra o tabagismo, justamente pela problemática dos efeitos que este produto causa aos seus usuários, e também aos próprios produtores de tabaco (TEIXEIRA et al, 2017). Porém, pelo fato do produto ser cultivado em pequenas propriedades características de agricultura familiar, dificulta a elaboração de políticas para substituição de produção para os que possuem pequenas porções de terra agricultável.

A agricultura familiar é uma cadeia produtiva, na qual se enquadra o cultivo de tabaco pela forma que é produzido demandando força de trabalho familiar (RIQUINHO e HENNINGTON, 2016) . A mesma representa uma das atividades de maior importância econômica para pequenos municípios do interior do Estado do Rio Grande do Sul, em que se têm propriedades rurais específicas para este tipo de cultivo.

Tratando-se de subsistência, às mesmas encontram nesta cultura alternativa rentáveis diante da pouca extensão de terras que possuem para produzir outro tipo de produto. Por tal motivo, a fumicultura é uma das atividades mais bem empregadas para este perfil de proprietários rurais, ademais, o tabaco implica dispor de muita mão de obra e pequenas glebas, além de apresentar uma rentabilidade atrativa ao produtor (BARRERO et al., 2003).

O sistema de produção empregada pelos agricultores no cultivo do tabaco demanda mão de obra intensiva, exigindo a utilização de

agrotóxicos e outros agroquímicos (VARGAS, 2012). O problema da utilização de produtos químicos é que o produtor fica exposto ao contato direto, porém é inevitável, pois exige no manuseio do produto. Em razão destes problemas que a produção e o consumo do tabaco são muito questionados no mundo todo, mesmo beneficiando milhares de famílias que vivem do retorno financeiro deste cultivo.

A população rural que convive em meio a produção de tabaco sabem da veracidade dos malefícios que este produto causa aos seres humanos. Porém, no pensamento de quem produz e vive disso, esse problema não é parâmetro em relação ao benefício que este cultivo possui através do retorno aos pequenos produtores, o diferencial é justamente a rentabilidade do tabaco em propriedades menores, em comparação a qualquer outro tipo de produção agrícola em pequena escala. De acordo com (VARGAS, 2012), existe de certa forma incentivos das próprias indústrias para os produtores diversificarem os cultivos em suas terras, em geral a propriedade é pequena e predomina o cultivo que dá o maior retorno financeiro como é o caso do tabaco.

Por uma razão econômica, a fumicultura é uma atividade agrícola de grande importância para a economia de pequenos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, Associação dos Fumicultores do Brasil, (AFUBRA, 2017). Atualmente, o estado gaúcho é o maior produtor nacional de tabaco em folha, juntamente com Santa Catarina e Paraná.

Diante da representatividade da produção do tabaco no Estado do Rio Grande do Sul, este capítulo irá abordar o funcionamento do cultivo nos municípios localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, sendo caracterizados os dados de produção nos últimos anos, representatividade e a importância deste produto para a economia local, além do manejo da cultura e a explicação do calendário agrícola.





Em relação ao tabaco, dentre os municípios citados localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí 20 são produtores, alguns possuem menos de 50% de produção, mesmo assim a fonte de renda familiar é basicamente composta pelo retorno financeiro do tabaco. A bacia hidrográfica do Alto Jacuí configura-se como uma importante região agrícola no Estado do Rio Grande do Sul. Neste aspecto, de acordo com a SEMA (2012), cerca de 51% da área da bacia é utilizada para cultivos agrícolas, tendo como produção principal a soja, tabaco, milho e o trigo, além de outros cultivos de subsistência e criação de animais.

O tabaco por ser um cultivo muito rentável, possui alto rendimento por hectare. Milhares de famílias tem o tabaco como produto de maior rentabilidade em suas propriedades (REDIN, 2013). Primeiramente, tanto pelo bom rendimento do produto quanto por possuírem pequenas propriedades, isso torna este recorte espacial uma das mais produtivas do estado ficando somente atrás do Vale do Rio Pardo, considerada a região com maior produção estadual e nacional.

Tendo por base os dados (AFUBRA, 2016), Arroio do Tigre foi o município com maior produção de tabaco em folha da bacia do Alto Jacuí, na safra 2015/2016. Alguns apresentam baixa produção a exemplos de Marau, Tupanciretã, Mato Castelhana, Ibirapuitã, Chapada e Tupanciretã. O motivo para a baixa produção nesses municípios citados é em razão da produção primária principal ser a soja, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

Segundo a (AFUBRA, 2013/2014), nos municípios em estudo predomina a agricultura familiar apesar da pequena lavoura plantada, representa 51,4% da renda familiar dos agricultores residentes nos municípios da bacia, sendo que na região Sul os produtores caracterizam-se por serem agricultores mini fundiários, (HEEMANN, 2009). Nas atividades de campo realizadas na área de estudo, a primeira sendo no

dia 18 de setembro de 2018, em visita aos municípios que apresentam as maiores produções e produtividade, foi possível analisar a forma e características das propriedades rurais na região (figura 2).

Figura 2. Exemplos de estruturas das propriedades rurais na região produtora de tabaco da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí.



Fonte: Atividade de campo Org.; DUARTE, V. A., 2018.

No trajeto de deslocamento entre os municípios de Sobradinho e Segredo, foi possível visualizar os produtores haviam preparado as lavouras para iniciarem o plantio como pode ser observado nas fotos da figura 2. Outra questão importante observada em campo foi a dimensão das lavouras que são divididas em pequenas glebas para facilitar as atividades a serem desenvolvidas, além de muita área com mata.

Além do cultivo de tabaco observado nas propriedades, identificaram-se também atividades de pecuária com a criação de gado

em pequena quantidade de animais, indicando que é para a subsistência e não para o comércio. A existência de açudes também é muito comum em quase todas as propriedades pois a criação de peixes além de contribuir na subsistência, pode ser comercializada caso o proprietário crie em grande quantidade. Cabe destaque a AFUBRA, 2008 apud HEEMANN (2009) identificam que o perfil das propriedades apresenta uma área média de 16 hectares, das quais a maior parte é destinada para o cultivo de fumo.

## 2. *A expansão da fumicultura no Brasil e Região Sul*

A produção mundial de tabaco é basicamente concentrada em alguns poucos países, China, Índia, Brasil, Estados Unidos, Zimbábue e Indonésia são responsáveis por cerca de 70% da produção, sendo que, cerca de 30% é voltado à exportação (TOBACCO ATLAS, 2007 apud FIGUEIREDO, 2008). O Brasil não é o maior produtor, por outro lado, é o maior exportador mundial de tabaco e o segundo maior em produção (t), segundo a (AFUBRA, 2008 apud HEEMANN, 2009).

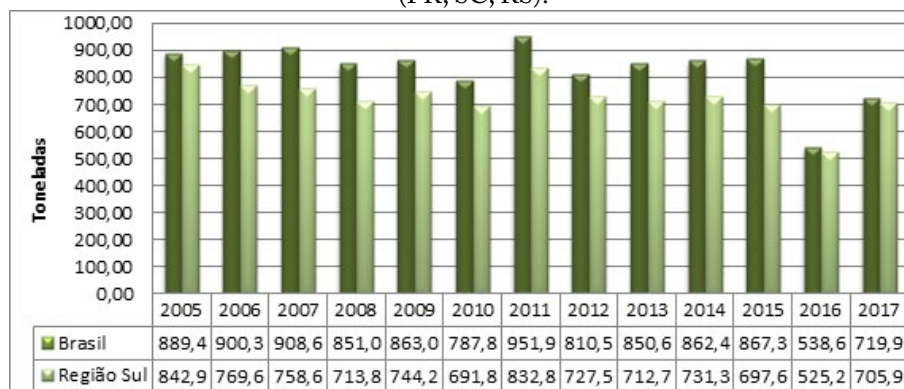
No Brasil, inicialmente, o tabaco começou a ser cultivado nos estados do Nordeste, em especial no Estado da Bahia. De acordo com Seffrin (1995) nos estados da Bahia e Alagoas era cultivada uma única espécie, o tabaco preto, cujo destino era para a fabricação de charutos e fumo em corda. Porém, houve uma pequena redução na sua área de produção, em razão da expansão de outras variedades nos estados do Sul, (RS, SC e PR), que cultivavam outras variedades de tabaco de melhor qualidade.

Diante da dinâmica agrícola e o crescimento do número de pequenas propriedades, proporcionou-se o incremento da produção, Silveira (2011) salienta que em 1940 a região sul alcançava a posição

de maior produtor de tabaco em folha com 56% da produção nacional. A partir de 1970, a modernização da agricultura incidiu também na produção de tabaco contribuindo para o aumento da produtividade e a expansão do cultivo, sendo que em 2006 atingiu 96% do total de tabaco produzido no Brasil, oriundo dos três estados sulinos, (DUTRA, 2013).

Em relação a expansão do cultivo do tabaco, a partir dos anos de 1950, a região sul já se destacava na produção de tabaco em função da introdução do cultivo em pequenas propriedades que foi se constituindo nas áreas destinadas à colonização europeia, em especial no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (ANTONELLI, 2016, SILVEIRA, 2015). Nos dados mais recentes de produção, fazendo-se uma comparação entre a representatividade da produção de tabaco no Brasil e apenas os Estados do Sul é possível analisar a tamanha representatividade destes 3 (três) Estados.

Figura 3. Representatividade da produção de tabaco no Brasil e em relação à Região Sul (PR, SC, RS).



Fonte: AFUBRA e IBGE; Org.: (DUARTE, V. A, 2018).

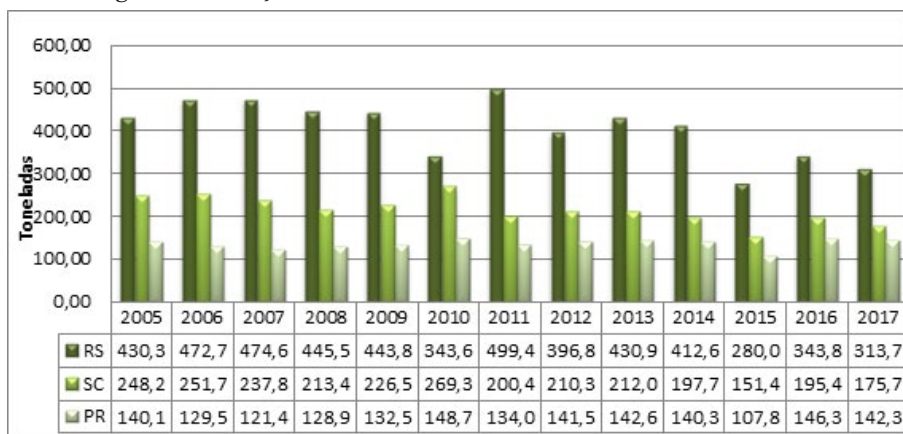
De acordo com a figura 3 nota-se a grande representatividade que o cultivo do tabaco possui na região sul, em comparação com o total do país.

Dos últimos 12 anos de representados no gráfico, 2011 foi o ano/safra com maior produção no âmbito nacional e regional. No ano/safra 2009/2010, no Rio Grande do Sul a produção foi baixa e, conseqüentemente, isso se refletiu também na produção nacional.

Ressaltando-se que a causa da baixa produção no ano/safra 2009/2010 foi em decorrência do fenômeno ENSO El Niño Oscilação do Sul de atuação força moderada, segundo (KAYANO. et al, 2015). Evento dessa proporção provoca chuvas abundantes na região sul, característica deste fenômeno. Conseqüentemente, atingindo as lavouras na época de colheita correspondente aos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro. Além da abundância das chuvas no ano 2009/2010, enchentes ocorreram, arroios transbordaram atingindo lavouras e levando parte do cultivo com a forte correnteza, (SULRURAL, 2010).

De acordo com o que foi relatado até o momento, atualmente a produção em maior quantidade localiza-se nos estados do sul do Brasil, (RS, SC, PR). No gráfico da Figura 3, está representada a quantidade produzida nos estados do RS, SC e PR, no período de 2005 a 2017.

Figura 4. Produção de fumo em folha entre 2005 a 2017 (toneladas).



Fonte: AFUBRA e IBGE Org. (DUARTE, V. A, 2018).

A produção de tabaco no Estado do Rio Grande do Sul em comparação com Santa Catarina e Paraná, possui grande diferença em todos os anos. Basta destacar que o estado gaúcho é o maior produtor de tabaco em folha do país, posteriormente, Santa Catarina e Paraná.

Diante disso, outros motivos tornam o Estado do Rio Grande do Sul o maior produtor, de acordo com a AFUBRA cerca de 75 mil pessoas produzem tabaco no estado. Em Santa Catarina, há por estimativa 45 mil produtores e no Paraná 30 mil. À área plantada também é maior no estado gaúcho com aproximadamente 150 mil hectares, Santa Catarina possui 78 mil hectares e Paraná com 61 mil hectares plantados.

O aumento da produção de ano após ano pode estar condicionado às novas técnicas de cultivo (REDIN, 2011). Com o Sistema de Plantio Direto e técnicas de secagem, o uso de tecnologia para a cura das folhas, novos modelos de estufas, implementos agrícolas, assistência técnica e, principalmente, contrato e garantia de venda do produto para as agroindústrias, (HARTWIG, 2009).

Diante do que foi abordado nos parágrafos anteriores, a região sul do Brasil apresenta as maiores produções de tabaco, conforme o histórico exposto nos itens apresentados. Como este estudo se trata da fumicultura na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, foi levantado alguns dados de produção referente aos municípios produtores localizados neste recorte espacial, nos anos de 2015 e 2016 (tabela 1), tendo como base os dados disponibilizados pela (AFUBRA).



Tabela 1. Dados de produção da Safra 2015 e 2016 nos municípios produtores de tabaco na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

Municípios	Safra 2015/TON	Safra 2016/TON	Municípios	Safra 2015/TON	Safra 2016/TON
Arroio do Tigre	12.600	9.875	Marau	70	60
Campos Borges	60	40	Mato Castelhanao	80	50
Chapada	20	10	Passa Sete	6.500	4.095
Espumoso	80	70	Pinhal Grande	29	30
Estrela Velha	1.890	2.016	Salto do Jacuí	450	450
Ibarama	4.050	3.780	Segredo	7.980	5.610
Ibirapuitã	100	80	Sobradinho	3.700	2.794
Jacuzinho	640	640	Soledade	225	113
Júlio de Castilhos	24	30	Tunas	2.526	1.300
Lagoão	4.320	3.300	Tupanciretã	117	117

Fonte: AFUBRA

Org.: (DUARTE, V. A, 2018)

A relação de municípios contidos na tabela 1, se destacam como maiores produtores da bacia hidrográfica do Alto Jacuí. Arroio do Tigre que é o maior produtor em seguido por Segredo, Passa Sete, Ibarama, Lagoão, Sobradinho e Tunas, estes também possuem altos totais de produção nas safras correspondentes.

### 3. *Caracterização do cultivo de Tabaco na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí/RS*

Neste tópico serão abordadas às principais questões referente ao



funcionamento do manejo da cultura em todo o processo de produção do tabaco, levando em consideração etapas do calendário agrícola para os municípios produtores da bacia hidrográfica do Alto Jacuí. Também serão abordadas questões observadas nas atividades de campo, onde na maioria dos municípios o cultivo encontrava-se no manejo e preparo de solo e outros no início do transplante definitivo para as lavouras.

Sabe-se que o ambiente, basicamente o clima e o solo, são os condicionantes que controlam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Por este motivo, é necessário que essas condições sejam avaliadas e adaptadas antes de implantar qualquer cultivo agrícola. Em razão disso, pesquisas voltadas às plantas são de extrema importância a formulação do calendário agrícola para o planejamento do cultivo de qualquer espécie (PEREIRA, et, al. 2002).

Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), o conhecimento do ambiente é decisivo e fundamental para o desenvolvimento da agricultura produtiva e rentável. Partindo-se deste pressuposto, a definição do calendário agrícola nada mais é do que o resultado do conhecimento que o produtor tem da sua propriedade e o cultivo que será exercido em um recorte espacial.

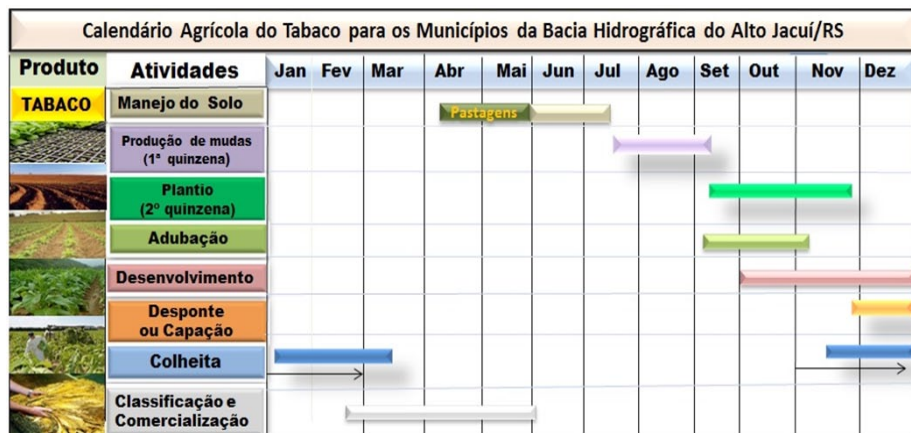
Referente a isso, quanto maior for o conhecimento que se tem das condições ambientais prevalentes numa região, mais apto estará para a seleção das culturas mais adequadas, das melhores épocas de plantio/semeadura e de colheita, das melhores variedades e dos sistemas de cultivo mais racionais, objetivando uma agricultura mais produtiva. Diante disso, aliado ao conhecimento empírico e o saber sobre o funcionamento do cultivo do tabaco, será possível descrever detalhadamente o calendário agrícola do tabaco nos municípios produtores localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

Para estabelecer o calendário agrícola, foi preciso fazer algumas

observações que ficaram ainda mais nítidos nas atividades de campo. A principal delas, foram às condições climáticas da região em estudo. Em função da variação altitudinal existente na bacia hidrográfica do Alto Jacuí em sua extensão territorial esse fator contribui para a ocorrência de geadas nos pontos mais elevados da bacia. É justamente a variação altimétrica e conseqüentemente climática que não há uma definição exata das atividades no calendário em cada mês, podendo variar de um município para outro conforme às condições de tempo e clima apresentadas no ano.

Diante disso, com a atividade de campo realizada em setembro de 2018 na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, em especial nos municípios com as maiores produções e produtividade, foi possível desenvolver a descrição deste capítulo, pelo que foi visto em campo. Portanto, será abordada mais precisamente o início do cultivo conforme o trabalho realizado, mas também algumas prévias de futuras atividades que agricultores irão realizar durante o processo de produção, de acordo com a ordem exposta na figura 4, representado pelo calendário agrícola do tabaco. Lembrando sempre que, este calendário não está de acordo com a real situação das atividades em todos os municípios, é apenas uma base em relação às orientações atribuídas aos agricultores pela PROFIGEN.

Figura 4. Calendário agrícola do tabaco.



Org.: (DUARTE, V. A, 2018).

Diante da elaboração do calendário agrícola do tabaco para os municípios produtores da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, nos próximos tópicos serão abordadas apenas o que foi visualizado em campo. Portanto, como o trabalho foi realizado em setembro, período em que os produtores estavam com o manejo da lavoura pronta e produção de mudas em andamento, outras atividades do calendário agrícola serão abordadas apenas como é o funcionamento durante o processo de produção do tabaco.

### 3.1 Atividades de manejo do solo

As atividades de manejo do solo para o cultivo do tabaco é basicamente onde o produtor inicia o processo de planejamento de uma safra. De acordo com o calendário agrícola, a etapa de manejo do solo inicia-se na metade de abril, dependendo da tomada de decisão de cada produtor e dependente das condições climáticas. O preparo do solo deve ser planejado e bem executado pois de nada adianta utilizar mudas de boa qualidade e adubações adequadas se o solo não apresentar condições para o bom desenvolvimento do tabaco.

Nesse processo, o produtor poderá escolher o tipo de plantio mais adequado para a sua lavoura, levando em consideração se o ano for muito chuvoso ou pouco chuvoso (um planejamento empírico que o produtor mesmo faz). Existem duas opções para o plantio do tabaco, seja o plantio convencional, seja o plantio direto. Na figura 5 será demonstrado os dois tipos de manejo para o plantio. Nas imagens A e B, é o tipo de plantio convencional (tradicional), onde é preparado o camalhão inserido o fertilizante sobre este mesmo, e é feito o plantio. Nas imagens C e D, seguidamente, ilustra como é o plantio direto em meio à palha seca que serve como cobertura vegetal.

Figura 5. Plantio Convencional e Plantio Direto.



A diferença existente entre os dois modos de preparo de solo para o plantio é a cobertura vegetal no Plantio Direto (C e D). De acordo com (Antonelli, 2011), a cobertura morta de forragem de inverno vem de um processo que se inicia no mês de abril, onde o produtor faz os camalhões

com tração animal ou mecanizado, dependendo das condições de terreno, e semeia a aveia preta (*Avena strigonosa* L.), aveia branca (*Avena sativa* L.) ou nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). No período do plantio da nova safra entre agosto e final de outubro, sendo inserido secante (agrotóxico) para dessecar a cobertura vegetal formando uma cobertura morta.

No Plantio Convencional, a única coisa que se mantém igual é o formato do camalhão. Porém, o agricultor terá mais serviço, principalmente, carpir os inços que crescem naturalmente. No Plantio Direto dificulta muito o crescimento de ervas daninha, além de favorecer o crescimento de outras espécies de vegetais, o solo fica exposto, ficando sujeito a sofrer perda de nutrientes em caso de chuvas intensas, além de favorecer a abertura de valetas, obviamente, se a lavoura esteja localizada em uma vertente íngreme.

Portanto, nesta etapa do cultivo de tabaco, (Antoneli, 2016) destaca que a única coisa que difere um ao outro é que, o Plantio Convencional é apenas o não revolvimento do solo para eliminar ervas daninhas pois o desenvolvimento da planta é igual em relação aos dois sistemas. Outro ponto importante, em relação aos dois métodos é a diminuição do uso de fertilizantes pois a matéria orgânica sobre o solo favorece também no crescimento e desenvolvimento da planta.

#### 4. *Produção de Mudas (Plantas)*

Neste tópico serão abordadas questões voltadas para a produção de mudas de tabaco, é sem dúvida uma fase importante para começar uma safra pois é o período de produzir plantas saudáveis e fortes antecedente ao transplante para as lavouras. Às formas de produção abordadas aqui são baseadas nas normas técnicas sugeridas pela empresa Profigen do Brasil (Empresa que trabalha na produção de sementes) e dispõe para as

empresas fumageiras que são passadas a seus produtores.

A produção de mudas de tabaco nos municípios localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, de acordo com o calendário agrícola, ocorre entre os meses de julho a setembro, porém, isso pode variar de um município para o outro em função do frio. Ainda nesse processo, é recomendado que a primeira poda fosse feita quando as mudas atingirem aproximadamente 7 centímetros ou com cerca de 6 a 7 folhas. Nesse processo é importante que não se corte o ápice da muda. A poda deverá ser repetida quantas vezes forem necessárias para permitir o desenvolvimento das mudas menores e, com isso, obter um conjunto de mudas mais uniformes. Após a poda, é importante que sejam aplicados produtos preventivos, que impeçam a ocorrência de doenças bacterianas e fúngicas (PROFIGEN, 2015).

Atualmente a produção de mudas considerada mais moderna é desenvolvida no sistema de produção “Floating”. De acordo com a (PROFIGEN, 2015), este método consiste em produzir as mudas em bandejas de isopor que flutuam na água de uma piscina em um túnel coberto por plástico. Esse sistema tem por objetivo proporcionar um ambiente protegido, que propicie as melhores condições para germinação e desenvolvimento das mudas. Este método de produção está exposto nas figuras “A”, “B” e “C” na imagem a seguir:

Figura 6. Processo de produção de mudas no sistema “Float”.



Org. (DUARTE, V. A, 2018)

Na figura 6 ilustra como é o processo, na prática. A representação da imagem “A” é a germinação das sementes, “B” é o modelo de canteiros e “C” a planta pronta para ser transplantada para a lavoura. Este canteiro atua na proteção das plantas, e torna um ambiente aquecido, favorecendo a germinação e crescimento do tabaco, além de ser de fácil manuseio para os cuidados devidos.

O transplante para a lavoura é a próxima atividade. No trabalho de campo realizado nos municípios que produzem tabaco na bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, em setembro de 2018, realizado em cumprimento das atividades da disciplina de climatologia Aplicada sob responsabilidade do Prof. Cássio Wollmann, foi possível ter uma noção pós-atividade de produção de mudas, como pode ser observado nas fotos coletadas em campo A, B e C da figura 7.



Figura 7. Início do Plantio do tabaco na BH do Alto Jacuí.



Org. (DUARTE, V. A, 2018). Fonte: Atividade de campo

Na atividade de campo realizada alguns produtores estavam fazendo o transplante do tabaco para a lavoura. Na imagem “A”, os canteiros encontravam-se abertos para facilitar a entrada de radiação solar e vento para arejar as plantas. Pelo porte, estavam prontas para o transplante definitivo, ou seja, nesse município, denominado Lagoão, localizado ao sudeste da área de estudo possui o plantio pouco mais tardio (questão climática), em relação ao município de Segredo na qual está representado pela imagem “B”, onde as bandejas vazias de tabaco já foram utilizadas, ou seja, o plantio está em andamento.

Na foto “C” (figura 7), retrata-se uma imagem muito comum nas áreas rurais que possuem áreas de difícil acesso e impróprias para a inserção de maquinário agrícola. Registrada no município de Sobradinho, que é um dos maiores produtores de tabaco entre os municípios localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, onde é utilizado materiais com tração animal para levar as bandejas de tabaco e outros implementos agrícolas para a lavoura.

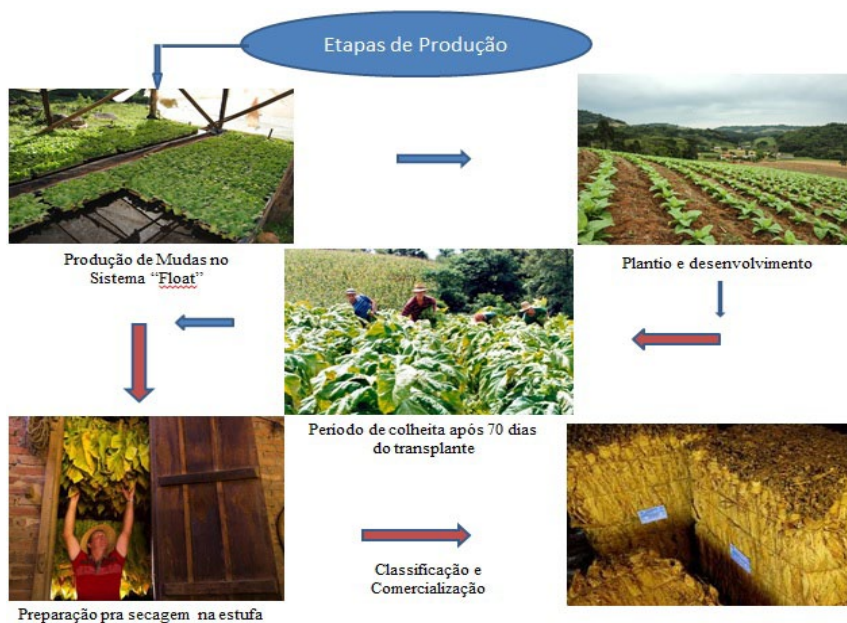
No decorrer do cultivo, às etapas posteriores à esta visualizada em campo, será o monitoramento da lavoura no período de desenvolvimento da planta. A aplicação de fertilizantes para ajudar no crescimento, de



acordo com a necessidade que a planta apresentar. Normalmente, a primeira dose de fertilizante é aplicada sobre o camalhão antecedente ao plantio, posteriormente, no monitoramento é aplicada outra dose de adubação além de cuidados com insetos e ervas daninha.

Após a caracterização do cultivo na primeira e segunda fase de produção visualizada em campo, no mosaico da figura 8, representadas pelas imagens (A, B, C e D), serão as próximas etapas do cultivo que todos os produtores de tabaco irão seguir.

Figura 8. Representação das etapas gerais do cultivo do tabaco.



Org.: (Duarte, 2018).Fonte: PROFIGEN

De acordo como o que foi abordado, todas essas etapas são sugestões que a PROFIGEN, SINDITABACO e AFUBRA consideram ideais para uma boa produção de tabaco. Dando sequência às características das

etapas de produção, conforme demonstrado na figura 8, a colheita inicia-se depois de 70 dias após o transplante, e deve ser considerado que o plantio é realizado em dias diferentes, variando de 3 semanas a 1 mês. Portanto, conseqüentemente a colheita antecede em alguns municípios, principalmente em Ibarama, Sobradinho e Arroio do Tigre. Por isso, como está demonstrado no calendário agrícola, o início da colheita inicia no final de novembro, até praticamente metade de março do ano seguinte.

No calendário agrícola, em conjunto com a colheita, o agricultor faz o desponte na planta denominada capação, mais especificamente a retirada da flor. O objetivo da capação é evitar que os nutrientes absorvidos pela planta sejam enviados para a parte superior (flores e produção de sementes), mas que sejam utilizadas pelas folhas, fazendo com que estas se desenvolvam mais, com maior peso e qualidade e é também onde se dá início a colheita das folhas (SOUZA CRUZ, 2017).

No período de colheita o agricultor promove a secagem das folhas de tabaco ou a cura na linguagem técnica. A atividade consiste em promover importantes transformações físico-químicas nas folhas colhidas nas lavouras, seguido de uma lenta e controlada extração da água delas. Todo esse processo ocorre dentro de unidades de cura, também chamadas de estufas. Conforme orientação da Profigen, a cura do tabaco obrigatoriamente deve passar por um cuidadoso aumento de temperatura estufa até a secagem completa. Na tabela 2, demonstra às horas adequadas para cada fase da secagem do tabaco.

Tabela 2. Temperatura ideal para a secagem do tabaco.

<b>Tempo (Horas)</b>	<b>Objetivo</b>
48- 60	Amarelção
18-24	Murchamento
48-60	Secagem da Lâmina
24 horas	Secagem do Talo

Org. (Duarte, 2018).Fonte: (PROFIGEN)

Por fim, após o término da colheita, segue-se o período de classificação e comercialização da safra. O Tabaco em folha curado será classificado em grupos, subgrupos, classes, subclasses, tipos e subtipos, seguindo o seu preparo, sua apresentação e arrumação, sua posição nas plantas, cor das folhas e sua qualidade. (BRASIL, 2007). Como é um processo demorado, varia mais ou menos do final de fevereiro a início de maio. A comercialização vai de acordo com a demanda das agroindústrias e do mercado externo, em função da exportação.

Portanto, de acordo com o que foi abordado neste capítulo fica em aberto muita coisa a ser considerada para futuras pesquisas e descrições sobre a fumicultura. Ao fazer uma abordagem completa da fumicultura na bacia hidrográfica do Alto Jacuí seria de grande importância o monitoramento uma safra inteira, desde o preparo do solo até a comercialização.

## 5. *Considerações Finais*

Mediante ao que foi apresentado neste capítulo, tratando-se da fumicultura nos municípios produtores de tabaco localizados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, mesmo não sendo apresentadas todas as características em cada município e sim, uma caracterização geral de como é o cultivo do tabaco na região, foi possível ter uma noção de como

funciona a produção de tabaco e a dedicação e trabalho árduo que esse cultivo exige dos agricultores.

Ressaltando que, a atividade de campo realizada em setembro de 2018 foi de suma importância para identificar o estágio em que a produção se encontrava, e as atividades que os agricultores estavam desenvolvendo em suas propriedades. Como o processo de produção, aparentemente é diferente nas propriedades em alguns casos, o plantio estava por encerrado, principalmente no município de Arroio do Tigre que não foi mencionado no texto, mas foi possível a visualização em campo pois a planta já se encontra em desenvolvimento na lavoura.:

As formas das lavouras, e principalmente as que se encontram em áreas declivosas, indica como é dificultado o trabalho dos produtores de tabaco que possuem suas lavouras em áreas desse tipo. Mas como é da característica de produção a utilização de áreas que não se adéquam a outro cultivo, como é o caso da soja, milho ou qualquer outro cultivo que possui baixa rentabilidade em pequenas propriedades, o tabaco se torna o principal produto que pode ser introduzido nesse tipo de área, e que tenha boa produção e retorno financeiro para essas famílias.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

Aos colegas do Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical (LaCas), UFSM, em especial à Bianca Maio e Iago Turba que participaram da atividade de campo e contribuíram para este trabalho.

## *6. Siglas*

AFUBRA – Associação dos Fumicultores do Brasil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PROFIGEN - Profigen do Brasil

SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul

SINDITABACO – Sindicato da Indústria do Tabaco da Região Sul do Brasil

## Referências

AFUBRA. Associação dos Fumicultores do Brasil. Disponível em: <http://www.afubra.com.br/>, acessado em: 01 maio. 2018.

ANTONELI, V. Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na bacia hidrográfica do Arroio Boa Vista-Guamiranga-PR. Tese (Doutorado em Geografia) Curitiba. UFPR. 2011. 354p.

ANTONELI, V; BEDNERZ, J. A; JESUS, F. C. Avaliação da Umidade Superficial do Solo em Cultivo de Tabaco em Plantio Direto e Convencional na Região Sudeste do Paraná. Caminhos de Geografia Uberlândia v. 17, n.59 Set/2016 p. 51–64.

BARRERO, G. A; FREITAS, C. A.; ILHA, A. S; STADUTO, J. A. R.A fumicultura no Rio Grande do Sul: uma abordagem sob a ótica da nova economia das instituições. In: Congresso de Economia e Sociologia Rural, 41, 2003, Juiz de Fora. Anais... Toledo: SOBER, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento. Portaria nº 64, de 16 de fevereiro de 1993. Aprovar a anexa Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem, Marcação e Apresentação do Tabaco Oriental, devidamente assinada pelo Secretário de Defesa Agropecuária e pelo Diretor do Departamento Nacional de Produção e Defesa Vegetal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 fev.1993. Disponível em: <<http://www.ivegetal.com.br/cvegetal/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Classifica%C3%A7%C3%A3o%20Vegetal%5CPortaria%20n%C2%BA%2064%20de%2016%20de%20fevereiro%20de%201993%20Tabaco%20oriental.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

DUTRA, É, J. A CADEIA PRODUTIVA DO TABACO NA REGIÃO SUL DO BRASIL: PERSPECTIVAS E HORIZONTES. VI Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional, Rio Grande do Sul, Brasil, 2013. Tema: Crises no Capitalismo, Estado e Desenvolvimento Regional. Disponível em: < <https://www.unisc.br/site/sidr/2013/Textos/4.pdf> > Acesso em: 30 abr. 2019.

FIGUEIREDO, A. Programa de diversificação de lavouras de tabaco nas encostas da serra geral, atividades e potencialidades. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias, 2008.

HARTWIG, M. Trajetórias de trabalho de famílias integradas à agroindústria na produção de fumo. Estudos do Trabalho Ano III– Número 4 – 2009, Revista da RET Rede de Estudos do Trabalho. Disponível em: < <http://www.estudosdotrabalho.org/Trajeto%F3rias%20de.pdf> >. Acesso em: 05 maio. 2019.

HEEMANN, F. O cultivo do fumo e condições de saúde e segurança dos trabalhadores rurais. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/22063>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

KAYANO et al. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. [climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf](http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf), acesso em: 03 maio. 2018.

NARDI, J. B. O fumo brasileiro no período colonial. São Paulo. Ed. Brasiliense, 1996. 432 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PROFIGEN. Profigen do Brasil. Disponível em: <http://www.profigen.com.br/>. Acesso em: 19 nov. 2018.

REDIN, E. A dinâmica do tabaco no território Centro Serra – Rio Grande do Sul, Brasil. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.13, p. 19-27, 2013.

REDIN, E. Potencialidades agrícolas: Arroio do Tigre em cena. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 15, n.3, set./dez. 2011.

RIQUINHO, D, L., HENNINGTON, É, A. Sistema integrado de produção do tabaco: saúde, trabalho e condições de vida de trabalhadores rurais no Sul do Brasil. Cad. Saúde Pública, 2016.

SEMA (Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul) – DRH (Departamento de Recursos Hídricos). Relatório síntese de elaboração de serviço de consultoria relativo ao processo de planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí - Etapas A e B. 2012.

SEFFRIN, G. O Fumo no Brasil e no Mundo. Santa Cruz do Sul: Afubra, 1995. 186p.

SILVEIRA, R. L. L. A cultura do tabaco na Região Sul do Brasil: dinâmica de produção, organização espacial e características socioeconômicas. Geografia Ensino & Pesquisa, vol. 19, n. 2, maio/ago. 2015.

SOUZA CRUZ. Indústria de Tabaco do Brasil. Disponível em [http://www.souzacruz.com.br/group/sites/SOU\\_AG6LVH.nsf/](http://www.souzacruz.com.br/group/sites/SOU_AG6LVH.nsf/)



vwPagesWebLive/DO9YAEUN. Acesso em: 20 nov. 2018.

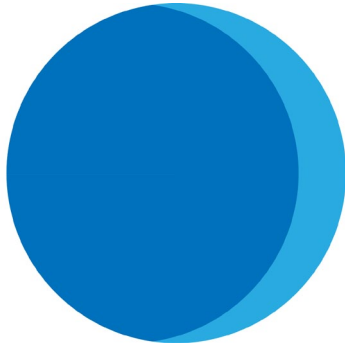
SULIANO, D. C.; MAGALHÃES, K. A.; SOARES, R. B. A Influência do Clima no Desempenho da Economia Cearense. Fortaleza: IPECE, 2009. Vicente, P. R. da Silva et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.2, p.131–138, 2011.

SUL RURAL. O Jornal do Produtor. Disponível em [http://www.sulrural.com.br/edicoes\\_antteriores\\_html2.php?idjorhtml=2485&idjor=71](http://www.sulrural.com.br/edicoes_antteriores_html2.php?idjorhtml=2485&idjor=71). Acesso em: 20 nov. 2018.

TEIXEIRA, L. A; PAIVA, C. H. A; FERREIRA, V. N. A Convenção-Quadro para o Controle do Tabaco da Organização Mundial da Saúde na agenda política brasileira, 2003–2005. Cad. Saúde Pública, 2017.

VARGAS, M.A; OLIVEIRA, B.F. Estratégias de Diversificação em Áreas de Cultivo de Tabaco no Vale do Rio Pardo: uma análise comparativa. RESR, Piracicaba - SP, Vol. 50, Nº 1, p. 175-192, Jan/Mar 2012.

ZIANI. P. Caracterização Geográfica da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí: Subsídio ao Manejo Integrado. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Geografia) Universidade Federal de Santa Maria. 2014. 67p.



# ALTO JACUÍ/RS - DEMARCAÇÃO DA ZONA DE PRODUÇÃO VITIVINÍCOLA

Cássio Arthur Wollmann  
Emerson Galvani

## 1. Introdução

De forma não diferente, o clima no sul do Brasil, e em especial no Rio Grande do Sul, também tem influência positiva sobre a produção de uvas, pois atua diretamente nos processos biológicos da produção vitícola e nas características da planta e, conseqüentemente, na qualidade do vinho (FALCADE; MANDELLI, 1999). A interação do clima com outras variáveis naturais, como o solo, a cobertura vegetal, a topografia, a proximidade ou não de grandes extensões de florestas ou águas, assim como a variedade e as técnicas de cultivo da videira, entre outros, são aspectos que determinam variações nas características e na tipicidade da uva, e no estado são produzidos mais de cem espécies de uvas, fruto das condições climáticas favoráveis.

Segundo Mello (2003), a viticultura é uma atividade econômica recente no Brasil, principalmente quando comparada aos tradicionais países produtores da Europa, cujos cultivos remontam o início da era cristã. No cenário brasileiro, o Rio Grande do Sul é o principal produtor de uvas, representando em torno de 95% do total de uvas processadas no país. Nesse contexto, é o único estado brasileiro no qual áreas são oficialmente demarcadas para o cultivo de uvas e produção de vinhos, com registros de Indicações de Procedência e Denominações de Origem

(IBRAVIN, 2017).

Nesse contexto, Hoffmann (2005), com base na legislação federal, demarcou as áreas de produção vitivinícola do Rio Grande do Sul. Para o autor, o estado possui quatro grandes regiões de cultivo e vinificação da *Vitis vinifera*: Serra Gaúcha, Alto Jacuí, Alto Uruguai e Fronteira. O referido autor possui trabalhos de demarcação da Serra Gaúcha e Fronteira, que foi dividida em Campanha Gaúcha e Serra do Sudeste.

Nesse sentido, ainda que ao Alto Jacuí tenha sido mencionado em diferentes trabalhos, não há uma delimitação oficial da área predisposta à produção de uvas com destino aos vinhos finos. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa consistiu em elencar critérios geográficos, hidrográficos, climáticos, fisiográficos, políticos e econômicos e culturais para a demarcação da zona de produção vitivinícola do Alto Jacuí/RS.

## 2. *Materiais e Procedimentos*

Não há uma metodologia que defina os melhores critérios para a delimitação de uma zona de produção vitivinícola que venha posteriormente receber os títulos de Indicação de Procedência e Denominações de Origem, haja vista que o contexto histórico é muito mais importante, e deveras subjetivo, do que critérios físico-matemáticos estanques, muitas vezes comuns na ciência moderna. O único critério existente, e que foi definido pelo Decreto Federal n.º 99.066/1990 para uma delimitação geográfica, é que se deve obedecer aos limites político-administrativos dos municípios que fazem parte da zona de produção onde existe a cultura da videira e a industrialização da uva; incluem exclusivamente os municípios produtores de uvas para vinhos finos e/ou processadores de vinhos finos.

O termo “indicação geográfica” foi sendo desenvolvido no

transcurso da história, quando produtores, comerciantes e consumidores começaram a identificar que alguns produtos de determinados lugares apresentavam qualidades particulares, atribuíveis à sua origem geográfica, e começaram a denominá-los com o nome geográfico que indicava sua procedência (GOLLO; CASTRO, 2008). Ao definir a Indicação de Procedência de um vinho, além de indicar sua origem geográfica, garante-se também sua relevância no quesito qualidade ou identidade própria ao produto ou ao serviço vitivinícola, que remete ao nome geográfico do país, cidade, região ou localidade da área na qual tenha sido seu centro de extração ou produção.

Segundo Tinlot (1987), a indicação de procedência geográfica serve para designar um produto que lhe é originário, e cuja qualidade e características são devidas exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, compreendendo os fatores naturais e humanos. Yravedra (1980) cita que os princípios fundamentais para a delimitação de uma Indicação de Procedência baseiam-se no meio natural/geográfico, e a uniformidade da produção dentro dessa mesma região.

Nesse contexto, Hoffmann (2005a; 2005b), com base na legislação federal, demarcou as áreas de produção vitivinícola do Rio Grande do Sul, sendo assim, o trabalho do autor passa a ser referência no quesito delimitação de regiões de produção de uvas e vinhos. Para o referido pesquisador, com base nos decretos federais, o estado possui quatro grandes regiões de cultivo e vinificação da *Vitis vinifera*: Serra Gaúcha, Alto Jacuí, Alto Uruguai e Fronteira.

Hoffmann (op. cit) trabalhou mais especificamente com a delimitação das zonas de produção vinícola da Serra Gaúcha e Campanha Gaúcha. Em ambos estudos, desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), de Bento Gonçalves/RS, o autor,

junto com sua equipe técnica, utilizou para tal seis (06) critérios, que são:

- a) Lei Federal n.º 7.678, de 08 de novembro de 1988;
- b) Decreto n.º 99.066, de 08 de março de 1990;
- c) A contextualização histórica;
- d) A região fisiográfica;
- e) Características agroclimáticas segundo o Sistema CCM;
- f) Variedades de Uvas Aptas da Zona de Produção;

Os critérios estabelecidos pela Lei Federal n.º 7.678/1988 e pelo Decreto Federal n.º 99.066/1990, o qual recentemente foi revogado pelo Decreto Federal n.º 8.198/2014 foram elencam como principais critérios a história do local, sua delimitação político-administrativa (municípios e microrregiões), fisiografia e clima.

Dessa forma, nessa pesquisa foram utilizados não somente os seis critérios adotados por Hoffmann (op. cit), mas optou-se por inserir outros a fim de que se pudesse validar e fortalecer mais ainda o estudo feito pelo autor. Em outras palavras, optou-se por fortalecer os critérios geográficos, alguns deles não elencados pelas bibliografias consultadas. Ao final, doze critérios para a delimitação da Região de Indicação de Procedência do Alto Jacuí foram elencados:

**1) Zoneamento Hoffmann (op. cit.)** – Cujos estudos fundamentam-se na Lei Federal n.º 7.678/1988 e no Decreto Federal n.º 99.066/1990, que estabelecem critérios com base na história do local, sua delimitação político-administrativa (municípios e microrregiões), fisiografia e clima.

**2) Zoneamento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** – Definiu por meio da Portaria 66/2011, os municípios com potencial agrícola de produção e uvas no Estado do Rio Grande do

Sul.

**3) Municípios produtores** – Cadastro Vitícola<sup>1</sup> da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) apresenta dados de produção e produtividade de uvas em escala municipal para o estado do Rio Grande do Sul.

**4) Zoneamento Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias (FEPAGRO, 2014)** – Zoneamento, em nível municipal, do potencial agroclimático para as castas nobres no estado do Rio Grande do Sul.

**5) Limites das MRG<sup>2</sup> de Carazinho, Passo Fundo e Santa Cruz do Sul** – Delimitação conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fundamentado por Mello; Machado (2013) e as microrregiões compreendidas pela delimitação da bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

**6) Regiões Fisiográficas e Ecoclimáticas do Rio Grande do Sul** – O estado foi dividido em oito regiões fisiográficas por Fortes (1959), sendo que toda a região do Alto Jacuí localiza-se na denominada de Planalto Médio, as quais foram redefinidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1990 e publicado pela Universidade Federal de Santa Maria<sup>3</sup>. No antigo critério, apenas seis municípios pertenciam ao Planalto Médio, e agora fazem parte da região Encosta Superior do Nordeste, mas continuam fora da zona de produção Serra Gaúcha, podendo ser englobados pela região do Alto Jacuí devido à proximidade. As regiões ecoclimáticas, definidas por Maluf; Caiaffo (2001), para a área de estudo inserem-se em três grandes classificações, sendo que a maior parte está sob o clima definido como “Planalto Médio”.

**7) Unidades de Paisagem** - As Unidades de Paisagens se individualizam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo

1 Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cadastro-viticola>

2 Microrregiões Geográficas (MRG)

3 <http://coralx.ufsm.br/ifcrs/fisiografia.htm>

pelo arranjo estrutural e o tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos (ROSS, 1992). A análise das Unidades de Paisagem é definida como análise de geossistemas, os quais são definidos como fenômenos naturais (aspectos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e fitogeográficos) que englobam os fenômenos antrópicos (aspectos sociais e econômicos). Somados representam a paisagem modificada ou não pela sociedade. A inclusão deste critério visou analisar as unidades de paisagem como critério de uniformizar os municípios pertencentes à Região de Indicação de Procedência do Alto Jacuí. A fonte dos dados é procedente da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA/RS, 2010).

**8) O “Alto Jacuí” Cultural** – Zilá Mesquita (1986) delimitou as regiões culturais do estado do Rio Grande do Sul, e foi a primeira autora a mencionar o Alto Jacuí antes mesmo de essa nomenclatura existir na forma de bacia hidrográfica, o que só veio a ocorrer em 2006. Logo, o nome “Alto Jacuí” não deriva da bacia hidrográfica, mas das áreas mais altas que se localizam no entorno das nascentes do Rio Jacuí, maior rio interno do estado do Rio Grande do Sul. Usar o limite da bacia hidrográfica foi apenas um critério para reforçar o nome.

**9) Limite da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí** – Área de estudo inicial, definida conforme Projeto CAPES/Brasil – N° Processo: 88881.068465/2014/01 n° 071/2013 CAPES/PROCAD, e que fortalece o nome para a região.

**10) Rotas turísticas do Rio Grande do Sul** – Localização dos municípios definidos pelo Observatório de Turismo, do governo do Estado do Rio grande do Sul, que fazem parte da Rota Turística da Uva e do Vinho<sup>4</sup>, sendo alguns pertencentes ao Alto Jacuí.

**11) Municípios já produtores de Vitis vinifera** – Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto

---

4 <http://www.turismo.rs.gov.br/roteiro/34/rota-uva-e-vinho>



Brasileiro do Vinho (IBRAVIN), cujo estudo de Mello; Machado (2013) apontou para treze os municípios que possuem plantio de uvas europeias na região do Alto Jacuí. Nesse contexto, os municípios da região denominada “Zona de Produção do Alto Jacuí” foram divididos em duas áreas para uma melhor análise: Setor Norte, contendo dez municípios; e Setor Sul, com três municípios. Todos estes que não estão enquadrados em outras regiões, indicações de procedência, nem mesmo de denominações de origem no estado do Rio Grande do Sul no contexto vitivinícola. O estudo de Mello; Machado (op. cit.) ainda levantou as principais castas europeias cultivadas na região.

**12) Raio de 50 quilômetros da EMC/INMET<sup>5</sup>** – Passo Fundo e Lagoa Vermelha e 13,5 quilômetros dos postos pluviométricos – Para uma análise climática com maior precisão a Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2010) coloca que o estudo climático de uma área deve conter estações meteorológicas com um raio de atuação de no máximo 50 quilômetros em áreas de semelhantes condições geográficas, porém com variações altimétricas acima de 100 metros. Para o Setor Norte, há duas estações meteorológicas oficiais, o que garante uma boa cobertura de dados climáticos para sua caracterização. Para o Setor Sul, não há estações meteorológicas oficiais, mas apenas postos pluviométricos da Companhia Estadual de Energia Elétrica – Geração e Transmissão, do estado do Rio Grande do Sul (CEEE-GT/RS). Para postos pluviométricos, seu raio de atuação é de 13,5 quilômetros, o que corresponde a uma área de abrangência de 575 km<sup>2</sup>, área esta definida pela WMO (2010).

Elencados os critérios, partiu-se para a elaboração dos mapas com auxílio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.3, instalado e devidamente licenciado no Laboratório de Climatologia e

---

5 EMC/INMET - Estação Meteorológica Convencional / Instituto Nacional de Meteorologia.

Biogeografia (LCB) do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. A base cartográfica, em formato shapefile, em escala de 1:50.000, é proveniente dos arquivos da Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio Grande do Sul, digitalizada e disponibilizada gratuitamente pelo Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia<sup>6</sup> da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (HASENACK e WEBER, 2010).

Para a produção dos mapas foram necessários os dados secundários, os quais foram inseridos no banco de dados do SIG para a posterior edição final dos cartogramas. Entre essas informações, contam os limites das microrregiões geográficas, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), além dos dados já elencados nos itens 1 a 12 deste tópico dos procedimentos metodológicos.

### 3. *Resultados e Discussões*

Com base nos levantamentos feitos em doze critérios, e levando-se em consideração o limite da bacia hidrográfica do Alto Jacuí e os municípios inseridos nas microrregiões geográficas de Passo Fundo e Santa Cruz do Sul, a delimitou-se a proposta de Zona de Produção do Alto Jacuí.

A saber, a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí possui 42 municípios; a microrregião geográfica de Passo Fundo possui outros 26 municípios, sendo que dois deles também estão na referida bacia; e a microrregião geográfica de Santa Cruz do Sul, que possui outros 16 municípios, sendo

---

6 <https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/dados-espaciais/250-base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-1-50-000>

que três deles também estão na referida bacia. Sendo assim, ao total foram analisados setenta e nove (79) municípios, enquadrando-os aos 12 critérios da pesquisa.

Ao final, foram considerados os municípios que fariam parte da região delimitada apenas aqueles que apresentassem mais de 50% dos critérios analisados, ou seja, no mínimo seis critérios. A distribuição dos critérios dos 31 municípios com percentual acima de 50% pode ser melhor visualizada no quadro da Figura 1.

Figura 1 – Enquadramentos dos critérios dos trinta e um municípios finalistas selecionados.

	Critérios												Porcentagem (%)			
	1	2	3	4	5	6a	6b	7	8	9	10	11	12	Sim	Não	
Setor Norte (Produtores)	Casca	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	76,9	23,1
	Caseros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	84,6	15,4
	Criáco	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	84,6	15,4
	David Canabarro	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	76,9	23,1
	Marau	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	84,6	15,4
	Muliterno	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	76,9	23,1
	S. Ant. do Palma	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	76,9	23,1
	S. Dom. do Sul	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	69,2	30,8
	Vaniini	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	69,2	30,8
	Vila Maria	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	92,3	7,7
Setor Sul	Ibarama	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	61,5	38,5
	Segredo	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	61,5	38,5
	Sobradinho	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	61,5	38,5
Setor Norte (Não produtores)	Água Santa	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	69,2	30,8	
	Camargo	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8	
	Carazinho	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	61,5	38,5	
	Charrau	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	61,5	38,5	
	Coxilha	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	61,5	38,5	
	Ernestina	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	76,9	23,1
	Gentil	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8	
	Ibiraiaras	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8	
	Ibirapuitã	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8
	Mato Castelhano	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8	
	Nicolau Vergueiro	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	76,9	23,1
	Passo Fundo	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8
	Pontão	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	61,5	38,5	
	S. Cecília do Sul	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8	
	Sertão	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	53,8	46,2	
Soledade	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	61,5	38,5		
Tapejara	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	69,2	30,8		
Vila Lângaro	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	61,5	38,5		

Os critérios analisados (1 a 12) estão na ordem apresentada na metodologia. Para uma melhor interpretação, o critério número seis (06) foi subdividido em dois apenas para melhor compreensão. O critério 6a diz respeito à região fisiográfica, e o critério 6b diz respeito às regiões

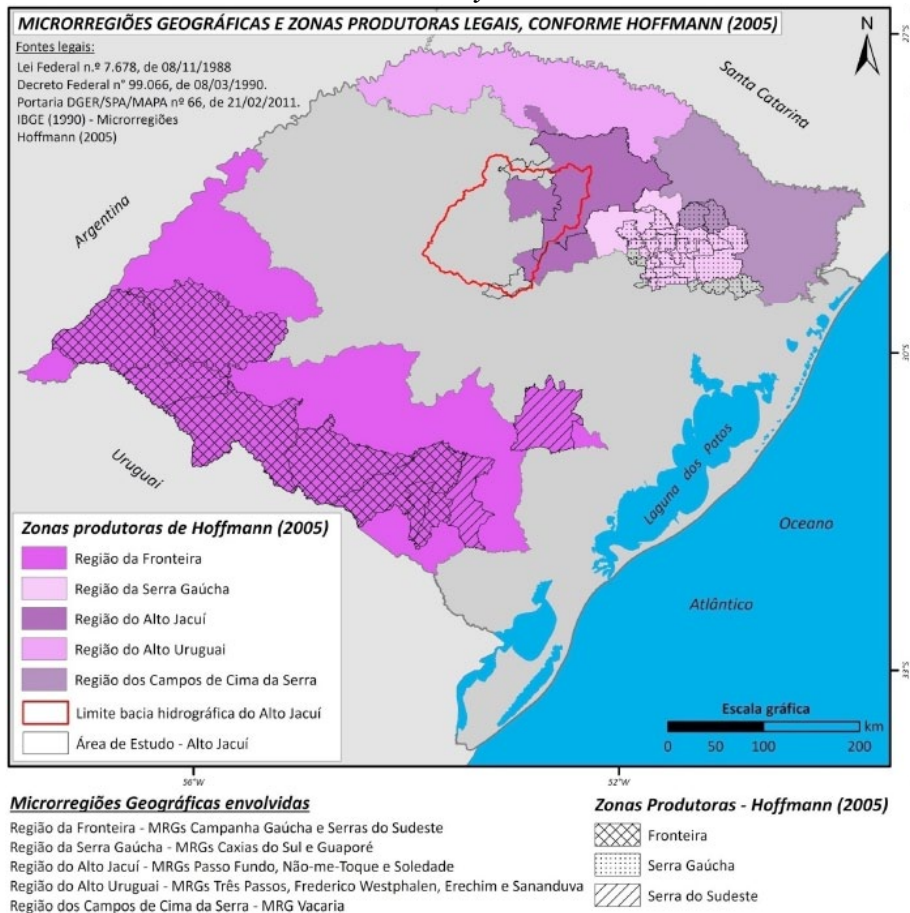
ecoclimáticas. A cor verde significa que o município atendeu ao critério estabelecido, enquanto que a cor vermelha significa o não-enquadramento do mesmo ao critério proposto, claculamdo-se, ao final, a porcentagem de pertença de cada um dos municípios aos 12 critérios estabelecidos.

Com base nessa proposta, foram produzidos 14 mapas para análise espacial e confirmação do enquadramento dos municípios para resultar no mapa de localização final da Zona de Produção do Alto Jacuí, da qual, no futuro, podem ser delimitadas Regiões de Indicação de Procedência e Denominações de Origem. Os mapas foram:

1. *Regiões produtoras (HOFFMANN, 2005a, 2005b).*

Conforme o mapa da **Figura 2** foram inseridas as microrregiões geográficas consideradas produtoras por Hoffmann (op. cit.), cujas uniões o autor chama de regiões ou zonas produtoras, e também as zonas produtoras, propriamente ditas, que correspondem somente aos municípios que produzem *Vitis vinifera*.

**Figura 2** - Mapa de localização das Microrregiões geográficas envolvidas pelas zonas de produção definidas por Hoffmann (2005), e proposta de inserção da Zona de Produção do Alto Jacuí.



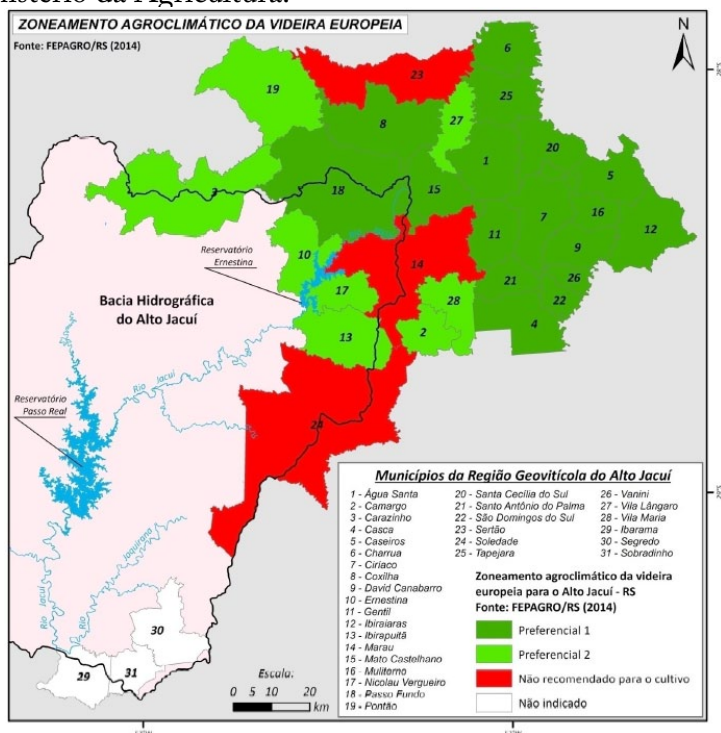
De acordo com o mapa, há doze microrregiões geográficas envolvidas, formando cinco regiões produtoras. Destas cinco, apenas três foram delimitadas: Campanha Gaúcha, Serra do Sudeste e a Serra Gaúcha. Observa-se que a zona de produção da Serra Gaúcha possui dois municípios fora dos limites das microrregiões geográficas, e isso ocorre devido aos critérios utilizados pelo autor em sua delimitação.

Ainda que não fosse o momento de apresentação da proposta de

delimitação da Zona de Produção do Alto Jacuí, a mesma foi inserida no mapa para que fosse averiguado a não existência de sobreposições dos municípios classificados com as outras regiões e zonas produtoras, o que de fato não aconteceu.

## 2. Zoneamento climático (FEPAGRO, 2014).

Depois de selecionados os trinta e um municípios, no mapa da Figura 3 os mesmos foram enquadrados segundo o zoneamento agroclimático das videiras europeias realizado pela Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAGRO, 2014). Salienta-se que não foi feito um mapa dos municípios zoneados pelo MAPA (2011), pois a maioria desses municípios encontra-se na lista da FEPAGRO, e esta última apresenta resultados mais completos, ou seja, há mais municípios aptos em comparação com o recorte realizado pelo Ministério da Agricultura.



**Figura 3** - Mapa de enquadramento dos municípios da Zona de Produção do Alto Jacuí no zoneamento agroclimático da *Vitis vinifera* da FEPAGRO (2014).

De acordo com o mapa, dos 31 municípios, dezessete deles foram considerados aptos Preferencial 1; oito foram considerados Preferencial 2; três deles foram *Não recomendados para o cultivo*, porém isto não significa inaptidão; e três municípios, de fato, Não indicados. No entanto, estes três municípios não indicados (Ibarama, Segredo e Sobradinho), possuem vinhedos e vinícolas.

Sendo assim, a proposta de delimitação da Zona de Produção do Alto Jacuí possui 81% dos seus municípios em condições favoráveis para o desenvolvimento da viticultura. 9,5% dos municípios encontram-se em situação as quais devem ser tomados cuidados na hora do cultivo (Marau, Ibirapuitã e Soledade), no entanto, ao somarem-se estes valores, pode-se colocar que 90,5% da Zona de Produção do Alto Jacuí é favorável ao cultivo de *Vitis vinifera*. Apenas 9,5% dos municípios foram considerados inaptos, e correspondem aos municípios do Setor Sul.

3. *Microrregiões geográficas de Passo Fundo e Santa Cruz do Sul* (EMBRAPA, 2013).

De acordo com o mapa da Figura 4 foram inseridos os limites das Microrregiões Geográficas (MRG) de Passo Fundo e Santa Cruz







De acordo com o mapa, e levando-se em consideração o limite da MRG Passo Fundo, apenas um município, localizado a noroeste, ficaria de fora dessa delimitação, que é o município de Sarandi. Apesar de Sarandi pertencer à MRG de Passo Fundo, os vitivinicultores do município já fazem parte de associações rurais ligados à produção de uvas e vinhos da região do Alto Uruguai<sup>7</sup>, o que excluiria o mesmo da proposta do Alto Jacuí.

Ainda, na proposta de delimitação da Zona de Produção do Alto Jacuí, três outros municípios que não pertencem à MRG Passo Fundo foram inseridos: Carazinho, que pertence à MRG de Não-me-Toque, e Soledade e Ibirapuitã, que pertencem à MRG Soledade. A inclusão destes três municípios à Zona de Produção do Alto Jacuí deu-se em função do critério “bacia hidrográfica”, pois os três encontram-se localizados parcialmente na bacia que leva o mesmo nome da região, bem como o três municípios foram zoneados e enquadrados pelo zoneamento agroclimático das videiras europeias realizado pela FEPAGRO (2014), logo, sua inserção dá-se pelas condições climáticas e localização vizinha à MRG Passo Fundo.

Com relação aos municípios da MRG Santa Cruz do Sul – Ibarama, Segredo e Sobradinho, ainda que se encontrem distantes do chamado “Alto Jacuí”, e localizam-se em diferente microrregião, os critérios utilizados para sua inserção baseiam-se em: localização quase completa na bacia hidrográfica, e principalmente foram classificados como municípios produtores por Mello; Machado (2017) e encontram-se no Cadastro Vitícola<sup>8</sup> da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o que lhes confere importância e destaque no quesito vitivinicultura.

7 <http://www.dongentil.com.br/rede-de-vinícolas.html>

8 Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cadastro-viticola>

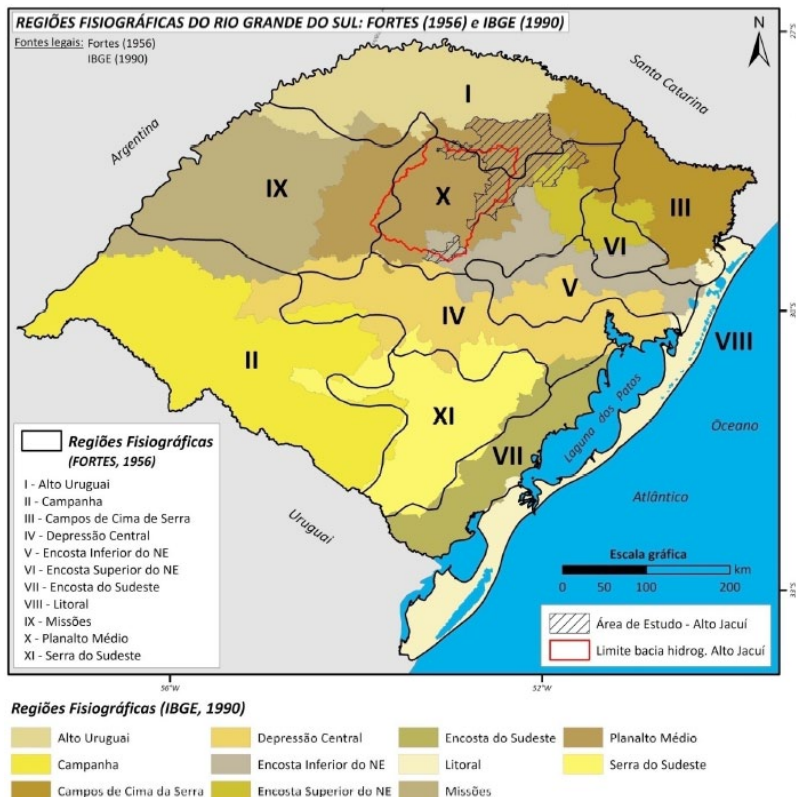
4. *Regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul* (FORTES, 1956 e IBGE, 1990).

A delimitação definitiva das regiões fisiográficas entre os autores ainda é uma discussão calorosa no Rio Grande do Sul. Não há um consenso ainda de qual é o limite certo das classificações adotadas, no entanto, esquece-se que a natureza não opera com divisões estanques, mas sim, com zonas de transição.

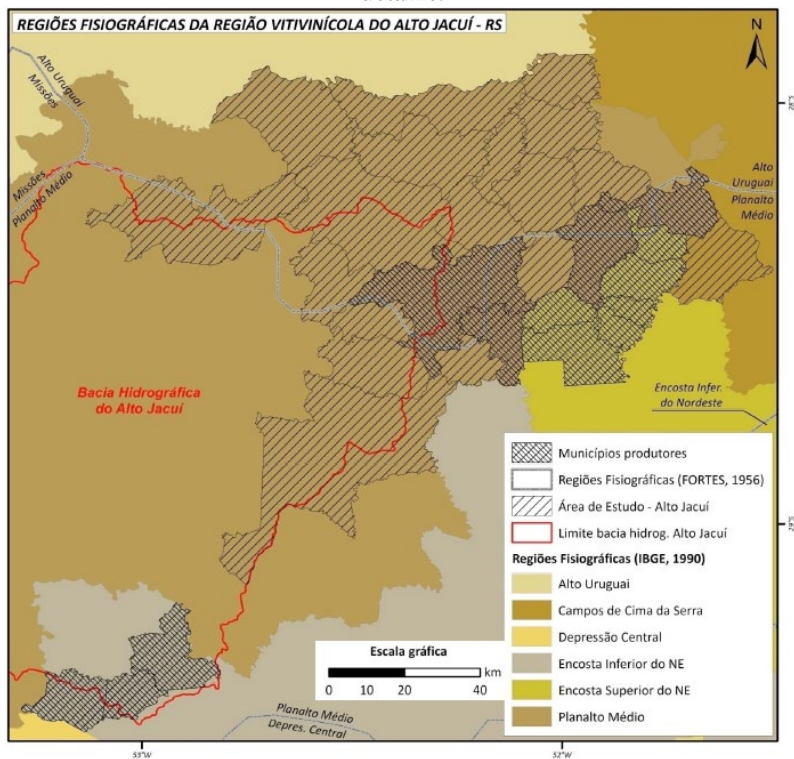
Nesse contexto, a classificação das regiões fisiográficas do estado foi primeiramente proposta por Fortes (1956), e ainda é amplamente usada. Os critérios do autor basearam-se basicamente no relevo e na vegetação. Anos mais tarde, o IBGE (1990) propôs uma nova classificação, porém utilizando os limites municipais associados ao relevo, vegetação e somando-se os aspectos socioeconômicos, o que Fortes (op. cit.) não havia feito. Claro que o trabalho deste autor foi em escala estadual, enquanto o IBGE trabalhou em escala nacional, mas em nível de divisão municipal.

Nesse sentido, optou-se por fazer uma análise levando-se em consideração as duas classificações, as quais resultaram nos mapas das Figuras 5 e 6. Os mapas trazem concomitantemente as duas classificações sobrepostas, a fim de se evidenciar suas diferenças. O primeiro (Figura 5) aborda o estado como um todo, enquanto que o segundo (Figura 6) procura apresentar somente os trinta e um municípios da proposta de criação da Zona de Produção do Alto Jacuí.

Figura 5 - Mapa das classificações das Regiões Fisiográficas do estado por Fortes (1956) e IBGE (1990), e localização da Zona de Produção do Alto Jacuí - Escala de menor detalhe.



**Figura 6** - Mapa de localização da Zona de Produção do Alto Jacuí e classificações das Regiões Fisiográficas do estado por Fortes (1956) e IBGE (1990) – Escala de maior detalhe.



De acordo com o mapa da Figura 6, observa-se que a Zona de Produção do Alto Jacuí na classificação de Fortes (op. cit.) estaria em duas regiões fisiográficas (delimitadas pela linha tracejada cinza): Planalto Médio e Alto Uruguai. Já na classificação do IBGE (op. cit.), a mesma Zona de Produção estaria enquadrada em três regiões fisiográficas: Planalto Médio, Encosta Superior do Nordeste e Encosta Inferior do Nordeste.

A delimitação do Alto Uruguai foi condicionada ao norte em relação à primeira classificação, ficando mais restrita aos limites da bacia hidrográfica do Rio Uruguai, e duas novas regiões seriam inseridas, dando

mais enfoque ao critério relevo, quando menciona o termo “encosta”, haja vista que estas porções do território encontram-se justamente no começo da zona de transição entre os Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, os rebordos do planalto, e as planícies da Depressão Periférica sul-riograndense (ROSS, 1986).

No entanto, destacam-se no mapa da Figura 6 os municípios produtores. Os mesmos na classificação de Fortes (op. cit.) pertenciam ao Planalto Médio, e na classificação do IBGE (op. cit.) pertencem à Encosta Superior do Nordeste, no entanto, continuam a fazer limite com o Planalto Médio do IBGE. Nesse contexto, trata-se de fato de uma região de transição, sendo inteligente não classificá-la nem em uma nem em outra, mas contendo elementos de ambas (relevo, vegetação, altitude e critérios socioeconômicos). Para dar mais destaque a esses elementos, a Figura 7 mostra o que o autor, Fortes (1956, p. 13) quis ressaltar a respeito do Planalto Médio.

**Figura 7** – Características geográficas da região Fisiográfica Planalto Médio.

9) — PLANALTO MÉDIO — Restringe-se esta denominação à parte central do planalto sul-brasileiro que no Rio Grande do Sul se compõe de quatro zonas, assim denominadas: Campos de Cima da Serra, Planalto Médio, Missões e Alto Uruguai. Possui, portanto, a mesma constituição geológica: rochas eruptivas basálticas e meláfiras e ainda arenito de S. Bento. Sua altitude média é de 500 mts. acima do nível do mar. Temperatura média anual 17°7. Zona fria, porém, seca. Temperatura máxima absoluta 39,° em Cruz Alta (1934) e mínima absoluta 6°0 em Júlio de Castilhos (1942) e em Passo Fundo (1918). Normais anuais de chuva superiores a 1550 mm. e inferiores a 2050. Velocidade média geral dos ventos 2 a 4 mts., predominando os do quadrante sueste. Grande formação de nevoeiros, geadas abundantes e freqüente queda de neve. Zona muito atingida por ondas de frio e raramente por ondas de calor.

Solo melafírico vermelho, de grão fino. Campos de cespede alto com aristidas e baccharis e matos isolados (Capões) com associações idênticas às florestas de araucárias.

Fonte: Fortes (1956, p.13).

Nesse sentido, observa-se a preocupação do autor em colocar que a região possui quatro zonas da porção central do estado – especificamente o planalto, e não uma delimitação estanque. No entanto, Hoffmann (2005a, 2005b) considerou os limites das microrregiões associados aos limites das regiões fisiográficas, sempre prevalecendo o critério microrregional ao critério fisiográfico, conforme orienta o Decreto Federal de 1990.

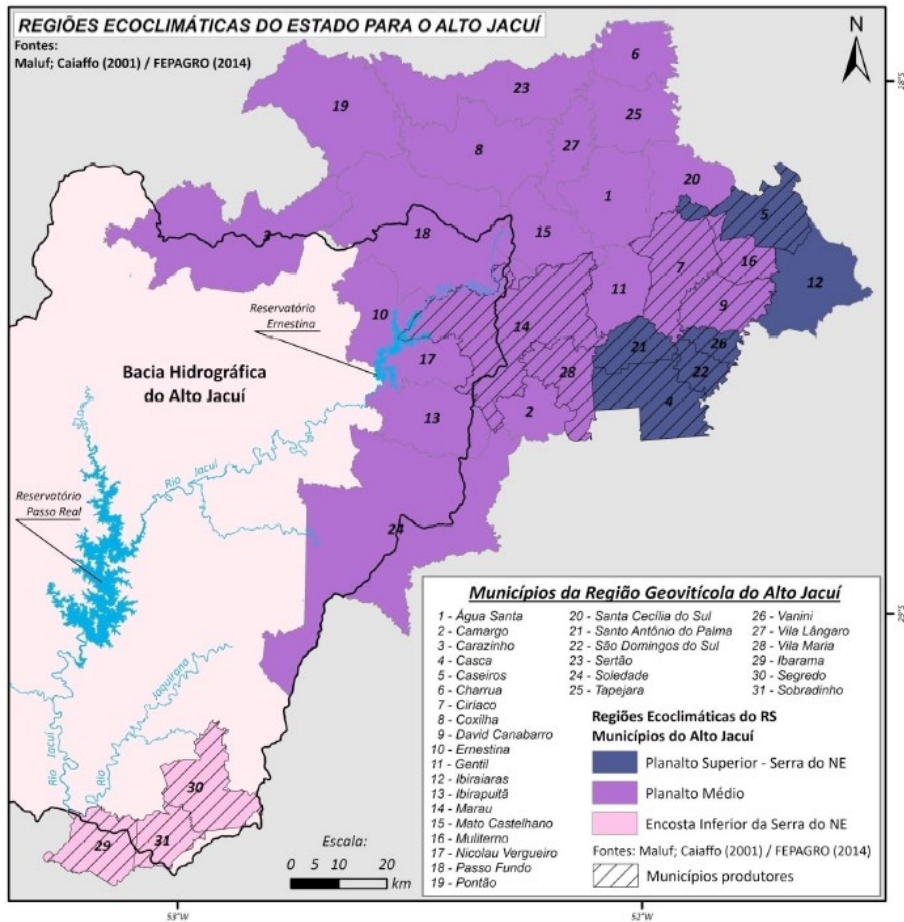
Ainda, quatro municípios produtores ainda encontram-se no chamado Planalto Médio. Apenas Ibiraiaras foi enquadrado nos Campos de Cima da Serra, mas destaca-se que não é um município produtor de *Vitis vinifera*. Por fim, os municípios do Setor Sul, na classificação do IBGE fazem parte da Encosta Inferior do Nordeste, mas com Fortes (op. cit.), também eram considerados “Planalto Médio”, ou seja, da mesma forma pode ser considerada uma região de transição.

##### 5. Regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul (MALUF e CAIAFFO, 2001).

De acordo com a classificação de Maluf; Caiaffo (2001), a Zona de Produção do Alto Jacuí estaria composta por três unidades ecoclimáticas, cujos critérios para os autores envolveriam a altimetria e os tipos vegetacionais típicos de cada região. Conforme o mapa da Figura 8, vinte e dois municípios (71% do total) estariam no ecoclima Planalto Médio. Seis municípios (19,3%) estariam sob domínio do ecoclima Planalto Superior – Serra do Nordeste. Estes vinte e oito municípios comporiam a parte norte da Zona de Produção do Alto Jacuí. Os três municípios da parte sul (9,7% do total de municípios), todos estariam enquadrados no ecoclima Encosta Inferior da Serra do Nordeste.



**Figura 8** - Mapa de localização da Zona de Produção do Alto Jacuí e Regiões Ecoclimáticas envolvidas (MALUF; CAIAFFO, 2001).



Nesse sentido, o ecoclima do tipo “Planalto Médio” seria o predominante na região, o que confere a veracidade dos domínios das regiões fisiográficas, conforme observado nos mapas das Figuras 5 e 6.

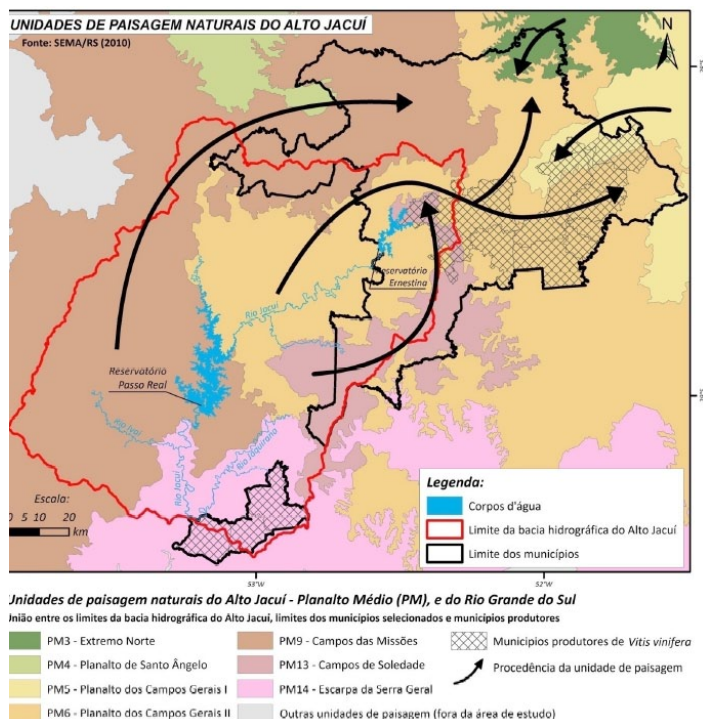
### 6. Unidades de paisagem (SEMA/RS, 2010).

Adotar o critério de unidades de paisagem na individualização de uma Zona de Produção e indispensável para a futura identificação

de terroirs (ZANUS e TONIETTO, 2012). Entende-se por paisagem a interpretação da união entre os elementos do presente e do passado (especialmente clima e construção do relevo e seus agentes exógenos), e é dotada de aspectos naturais e culturais do mundo atual (MAXIMIANO, 2004).

Nesse contexto, o mapa da Figura 9 apresenta as unidades de paisagem da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, e da Zona de Produção proposta. Ressalta-se que esta classificação de paisagens do Rio Grande do Sul foi proposta pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA, 2010).

**Figura 9** - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica e da Zona de Produção do Alto Jacuí e unidades de paisagem envolvidas (SEMA, 2010).





De acordo com o mapa, observa-se o predomínio da unidade de paisagem “Planalto dos Campos Gerais II”, a qual transita dentro e fora da bacia, e é a quem tem maior predomínio sobre os municípios produtores do Setor Norte. Outras seis unidades de paisagem dominam na área proposta, mas esta possui representatividade sobre a atual área de plantio da *Vitis vinifera* (Setor Norte). Conforme a SEMA/RS (2010, p. 181-182), sobre essa unidade de paisagem é possível destacar que:

1. Corresponde à região do Planalto dos Campos Gerais caracterizada pela matriz florestal representada pela Floresta Ombrófila Mista. Abrange regiões de nascentes do rio Jacuí e Taquari - Antas. Região de grande importância paisagística em função de elementos dominantes, representados pelas matas de araucária e pelos vales bem encaixados dos rios, onde ocorre o contato das duas formações florestais. Apresenta topografia predominantemente plana e vales encaixados. Altitudes variam de 200 a 1000 m. Uso rural extremamente diversificado em áreas onde houve a supressão da araucária. Abriga os maiores pólos industriais e turísticos do Estado, na região AUNE e vale dos vinhedos, e região das hortênsias. Principais municípios: Antonio Prado, Bento Gonçalves, Arroio do Meio, Canela, Caxias do Sul, Encantado, Espumoso, Flores da Cunha, Gaurama, Guaporé, Ibirubá, Marau, Muçum, Nova Petrópolis, Passo Fundo, Relvado, Santa Cruz do Sul, São Francisco de Paula, Tapera, Três Coroas, Venâncio Aires e Viadutos. O turismo é uma atividade importante na Unidade sendo que a mesma inclui o município de Canela que está entre os cinco mais importantes municípios turísticos do Estado. Foram registradas 187 atrações turísticas distribuídas em 67 municípios.

Nesse contexto, observa-se que o critério “Unidades de paisagem” pode ser de maior valia do que o critério “regiões fisiográficas”, haja vista a descrição mais detalhada e percepção de vários sinais de pertença e ligação entre as regiões já consolidadas com o plantio de uvas *vinifera* e vinificação, como a Serra Gaúcha.

Ainda, cabe destacar os três municípios do Setor Sul: Ibarama, Segredo e Sobradinho, que pertencem à unidade de paisagem “Escarpa da Serra Geral”. Quanto aos elementos dessa unidade paisagística, o documento da SEMA/RS coloca que:

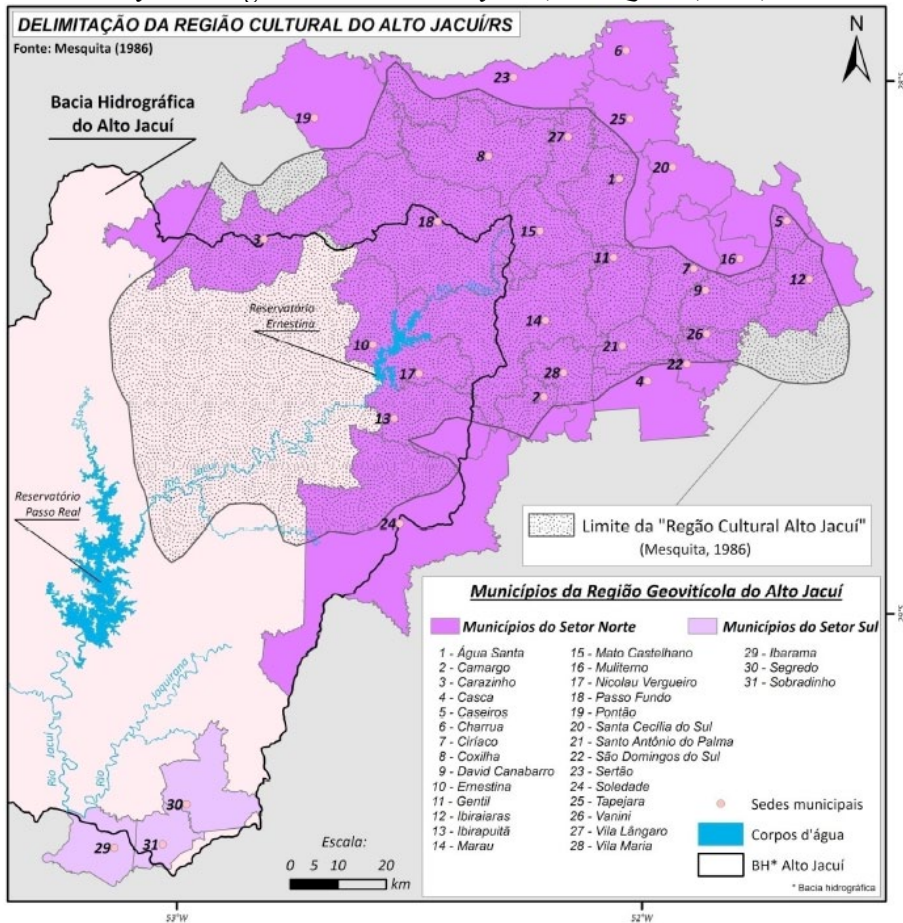
2. Corresponde à região do Planalto dos Campos Gerais, caracterizada pela escarpa sul da Serra Geral, zona de contato entre o planalto e a depressão central. A topografia é acidentada, onde se destacam os vales dos rios Jacuí e Taquari. Constitui uma das regiões representativas da Floresta Estacional Decidual que reveste a encosta sul do planalto, abrigando remanescentes florestais com dimensões e conectividade de importância significativa para a conservação da biodiversidade. A região caracteriza-se pela pequena propriedade rural com atividades diversificadas, e silvicultura de pequeno porte (SEMA/RS, op. cit., p. 234-235).

Observa-se o quão destacado é o termo “Planalto” para esta região, seja na unidade de paisagem “Planalto dos Campos Gerais II”, ou seja, na “Escarpa da Serra Geral”. Nesse contexto, observa-se uma homogeneidade paisagística da região delimitada, mesmo que ela contenha municípios deparados em dois setores, porém ligados por inúmeros elementos naturais.

#### 7. O “Alto Jacuí” Cultural – (MESQUITA, 1986).

De acordo com o mapa de Mesquita (1986) – Figura 10 – a região cultural Alto Jacuí sobrepõe-se sobre quase todos os municípios do Setor Norte, exceto Charrua e Santa Cecília do Sul. A pesquisa da autora é a primeira a relatar a existência do nome Alto Jacuí, pois até então era chamado de Planalto Médio.

**Figura 10** - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica e Zona de Produção do Alto Jacuí e Região Cultural do Alto Jacuí (MESQUITA, 1986).



Com base nesse critério, vê-se que o termo não está ligado à bacia hidrográfica de mesmo nome, ainda que ele seja muito importante, conforme salienta a autora em sua obra. Para a autora, a delimitação dessa região passa pelo critério “imigração”, e que para o Alto Jacuí, constituiu-se fundamentalmente de imigrantes italianos, os quais vieram para o Rio Grande do Sul em uma segunda onda migratória, posterior à que colonizou a atual Serra gaúcha.



A bacia hidrográfica do Alto Jacuí, que dá também nome à região, seria a mais importante em território, correspondendo a praticamente 35% do mesmo, seguida pela bacia hidrográfica do Taquari- Antas, com cerca de 25% do território. Seguem-se as bacias do Apuaê-Inhandava (20%), Passo Fundo (10%), Várzea (7%) e Baixo Jacuí (3%). A saber, as bacias hidrográficas do Alto Jacuí, Taquari-Antas e Baixo Jacuí, fazem parte da Região Hidrográfica do Guaíba, enquanto as bacias do Apuaê-Inhandava, Passo Fundo e Várzea fazem parte da Região Hidrográfica do Uruguai (SEMA/RS, 2009).

Nesse contexto, se trata de uma região composta por muitos divisores de água, e altitudes que podem chegar aos 920 metros. Dessa forma, é importante destacar que esta região compõe-se de área de recarga de aquíferos, logo a disponibilidade hídrica será maior em sub-superfície do que em superfície, o que é excelente para o desenvolvimento das videiras (PINTO, 2009; JOHNSON e ROBINSON, 2014).

### *9. Rota turística da uva e do vinho no Rio Grande do Sul (OT, 2016<sup>10</sup>).*

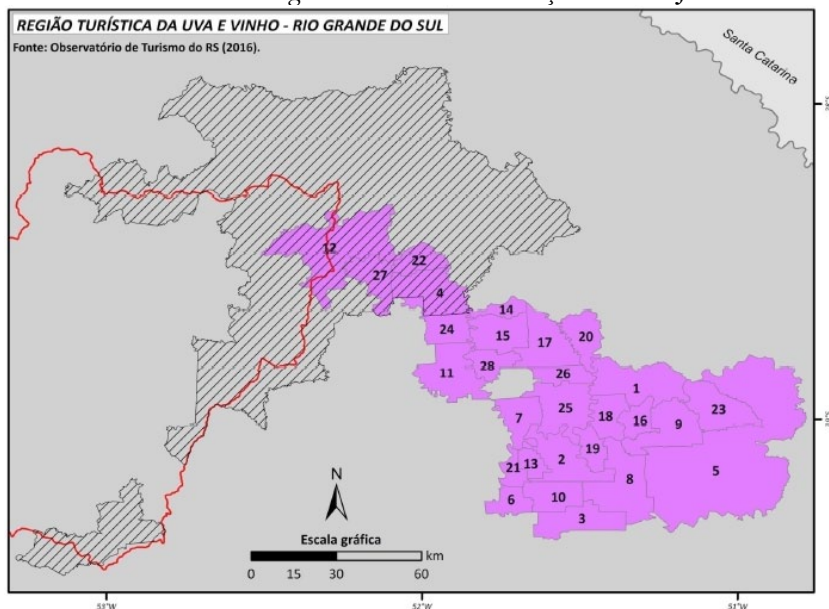
Em 2016, o Observatório do Turismo, seção que pertence à Secretaria da Cultura, Turismo, Esporte e Lazer, do Governo do Estado do Rio Grande do Sul lançou um mapa contendo os municípios que compõem cada uma das rotas turísticas do estado, que somam vinte e sete ao total. Uma dessas rotas é chamada de Rota Turística da Uva e do Vinho, que conta com um total de vinte e oito municípios.

---

10 <http://www.turismo.rs.gov.br/roteiro/34/rota-uva-e-vinho>

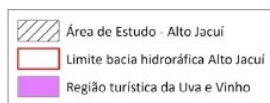
Levando-se em consideração os limites da microrregião geográfica de Passo Fundo, a qual foi importante para a delimitação inicial da Zona de Produção do Alto Jacuí, quatro municípios fazem parte dessa rota turística: Marau, Vila Maria, Casca e Santo Antônio do Palma (Figura 12).

**Figura 12** - Mapa de localização dos municípios da Rota Turística da Uva e do Vinho, e da Bacia Hidrográfica e Zona de Produção do Alto Jacuí.



**Municípios da Região Turística da Uva e Vinho - Rio Grande do Sul**

- |                     |                        |                             |
|---------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1 - Antônio Prado   | 10 - Garibaldi         | 20 - Protásio Alves         |
| 2 - Bento Gonçalves | 11 - Guaporé           | 21 - Santa Tereza           |
| 3 - Carlos Barbosa  | 12 - Marau             | 22 - Santo Antônio do Palma |
| 4 - Casca           | 13 - Monte Belo do Sul | 23 - São Marcos             |
| 5 - Caxias do Sul   | 14 - Nova Araçá        | 24 - Serafina Corrêa        |
| 6 - Coronel Pilar   | 15 - Nova Bassano      | 25 - Veranópolis            |
| 7 - Cotipora        | 16 - Nova Pádua        | 26 - Vila Flores            |
| 8 - Farroupilha     | 17 - Nova Prata        | 27 - Vila Maria             |
| 9 - Flores da Cunha | 18 - Nova Roma do Sul  | 28 - Vista Alegre do Prata  |



Conforme apresentado no mapa da Figura 02, não há sobreposição entre a região produtora da Serra Gaúcha e da proposta do Alto Jacuí, nesse sentido, há um critério muito forte definido pelo estado do Rio Grande do Sul, que é a identificação destes municípios com a uva e o vinho, ao ponto de destinarem políticas públicas para esta finalidade. Ressalta-se



que os quatro municípios possuem vinhedos de *Vitis vinifera* em seus territórios, e já há atividades turísticas ligadas a este fato nos mesmos, porém isto será discutido no item 5.5 deste capítulo de resultados.

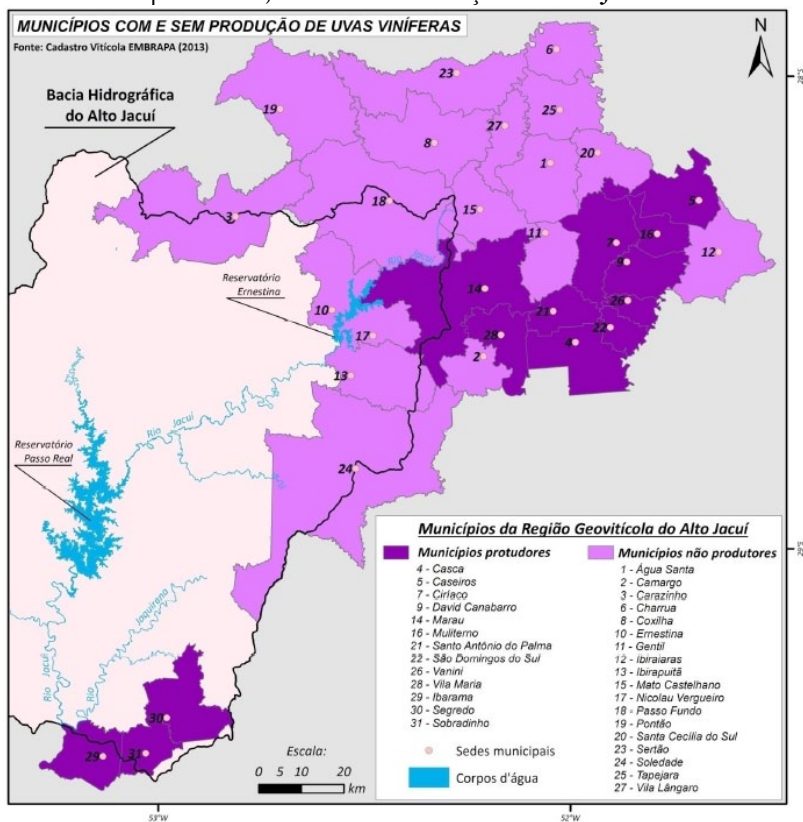
*10. Municípios produtores de Vitis vinifera (MELLO e MACHADO, 2013).*

Conforme levantado pela Lei Federal n.º 7.678, de 08 de novembro de 1988 e pelo Decreto n.º 99.066, de 08 de março de 1990, um dos critérios obrigatórios para a proposta de delimitação de uma Zona de Produção é a identificação dos municípios já produtores, os quais podem realizar ou não o processo de vinificação.

No caso dos trinta e um municípios selecionados, todos possuem plantação de uva, porém, a maioria, ainda planta uvas americanas (*Vitis labrusca*), enquanto que apenas treze possuem videiras europeias (*Vitis vinifera*), conforme o mapa da Figura 13. O estudo ainda levantou as

principais castas europeias cultivadas (Figura 14).

Figura 13 - Mapa de localização dos municípios produtores de *Vitis vinifera*, e não produtores, da Zona de Produção do Alto Jacuí.





**Figura 14** – Evolução da área plantada, por ano, e em hectares, das principais castas europeias cultivadas, em municípios pertencentes à Zona de Produção do Alto Jacuí/RS.

	2008	2009	2010	2011	2012	
<b>Passo Fundo</b>						<b>Cabernet Franc</b>
Casca	31,48	32,96	33,33	27,96	25,47	<b>Cabernet Sauvignon</b>
Caseiros	52,42	52,04	52,88	52,88	53,59	<b>Chardonnay</b>
Ciríaco	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	<b>Goethe</b>
David Canabarro	24,93	23,42	17,82	11,99	10,99	<b>Merlot</b>
Marau	15,00	15,00	14,00	11,40	11,40	<b>Moscato Branco</b>
Muliterno	0,00	0,00	0,00	0,00	3,11	<b>Moscato Giallo</b>
Santo Antônio do Palma	14,81	17,16	19,64	18,64	18,98	<b>Pinot Noir</b>
São Domingos do Sul	1,85	1,25	1,25	4,10	3,69	<b>Tannat</b>
Vanini	13,83	13,62	15,34	17,17	17,28	
Vila Maria	4,94	4,14	3,94	3,94	5,38	
<b>Santa Cruz do Sul</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Alicante Bouschet</b>
Ibarama	5,02	4,66	4,36	4,36	4,36	<b>Cabernet Franc</b>
Segredo	0,00	0,00	0,00	0,00	3,81	<b>Cabernet Sauvignon</b>
Sobradinho	0,00	0,00	11,06	14,81	29,94	<b>Chardonnay</b>
						<b>Goethe</b>
						<b>Merlot</b>
						<b>Moscato Branco</b>
						<b>Tannat</b>

*Área Cultivada com Videiras no Rio Grande do Sul: 2008-2012*

Fonte: Mello; Machado (2013).

*11. Raio de 50 quilômetros da EMC/INMET e 13,5 quilômetros dos postos pluviométricos CEEE-GT (WMO, 2010).*

Para que um recorte possa ser definido como Zona de Produção, o mesmo deve possuir uma fonte de dados meteorológicos a fim de que se possa calcular sua viabilidade climática para o plantio de uvas viníferas (TONIETTO e CARBONNEAU, 2004).

Ainda, sabe-se que no Brasil a cobertura do território por estações meteorológicas ainda é um problema, havendo muitos “vazios”, nos quais se desconhece a variabilidade dos elementos do clima. Este não é um problema só do Brasil, e para tentar solucionar isto, a Organização Mundial Meteorológica (OMM) definiu que, estações que atendam aos critérios regionais de instalação, para que se possa analisar o clima em mesoescala, uma estação meteorológica pode ser representativa de uma área com raio de até cem quilômetros a partir de sua localização, desde que não haja variações altimétricas significativas. Caso haja tais variações,

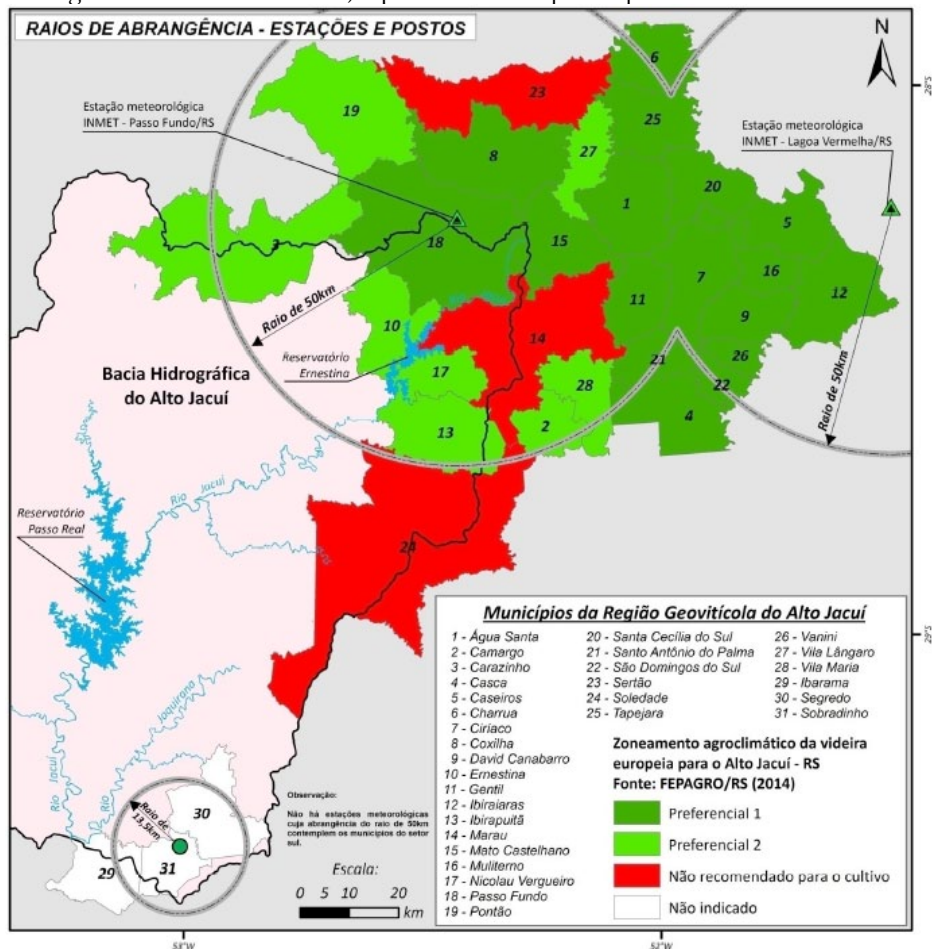
o raio de representação deve ser reduzido para cinquenta quilômetros (WMO, 2010).

Ainda, em muitas regiões do globo não há estações meteorológicas, as quais procuram mensurar o maior número possível de atributos climáticos, mas há postos, que são locais nos quais há instrumentos que medem geralmente um ou dois elementos, como temperatura ou precipitação, recebendo o nome de “postos”. Segundo a WMO (op. cit.), para os chamados postos, sua área de abrangência não deve ultrapassar 575 quilômetros quadrados, o que lhes confere um raio de atuação de treze quilômetros e meio.

Nesse sentido, para a delimitação da Zona de Produção do Alto Jacuí, são encontradas duas estações meteorológicas oficiais da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): Passo Fundo e Lagoa Vermelha. Ainda, como a bacia hidrográfica do Alto Jacuí possui o maior conjunto de usinas hidrelétricas do estado, a Companhia Estadual de Energia Elétrica – geração e Transmissão (CEEE-GT), responsável pela produção e transmissão da energia produzida nas seis usinas e cinco pequenas centrais hidrelétricas, possui uma rede de postos pluviométricos em toda a bacia, e fora dela, a fim de monitorar as chuvas.

Nesse contexto, apenas os municípios do Setor Norte possuem cobertura de uma estação meteorológica oficial, enquanto os municípios do Setor Sul possuem apenas postos pluviométricos. O mapa da Figura 15 mostra essa cobertura. Para os municípios do Setor Norte, apenas Soledade e Casca ficariam de fora do raio de cinquenta quilômetros de cobertura das estações de Passo Fundo e Lagoa Vermelha. Os demais vinte e seis municípios estão cobertos por uma ou por outra, sendo que os municípios de Água Santa, Gentil, Ciríaco e Santa Cecília do Sul estão cobertos duplamente pelas estações.

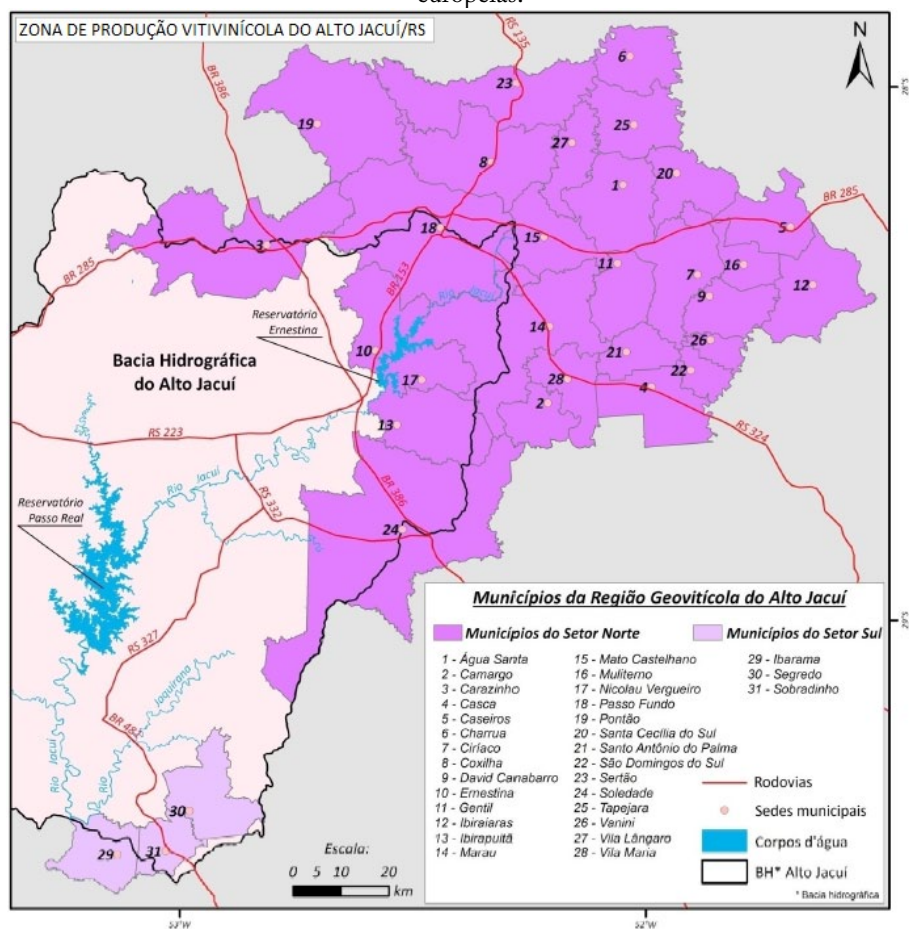
**Figura 15** - Raio de 50 quilômetros das estações meteorológicas/INMET – Passo Fundo e Lagoa Vermelha e raio de 13,5 quilômetros dos postos pluviométricos CEEE-GT.



Os três municípios do Setor Sul não possuem estação meteorológica oficial, mas apenas postos pluviométricos da CEEE-GT. Há três na região, mas para a pesquisa foi considerado apenas o de Coloninha, pois este abrangeria toda a área de localização dos vinhedos nestes municípios. A saber, o município de Soledade possui dois postos pluviométricos da CEEE-GT, porém não foram considerados haja vista que este município não possui vinhedos de *Vitis vinifera*.

Nesse sentido, com base nos doze critérios adotados, e nos quatorze mapas gerados com a finalidade de gerar uma álgebra de mapas a fim de se selecionar os municípios resultantes para compor a Zona de Produção do Alto Jacuí, os 31 municípios classificados e enquadrados nos critérios analisados podem ser visualizados no mapa do Figura 16.

**Figura 16** – Localização dos trinta e um municípios pretendidos para a Zona de Produção Vitivinícola do Alto Jacuí/RS, e destaque para os treze municípios já produtores de uvas europeias.



## 4. *Considerações Finais*

Foi feito levantamento teórico metodológico sobre outras Zonas de Produção Vitivinícolas do Rio Grande do Sul, bem como aprofundou-se no número de critérios utilizados para uma delimitação de área a ser estudada. As metodologias encontradas definiram de cinco a seis critérios, enquanto que para esta pesquisa foram utilizados doze critérios. Pretendeu-se com isto, não desmerecer os trabalhos já existentes, mas qualificá-los e incrementar as propostas metodológicas existentes, haja vista que foi observado pouca utilização de critérios físicos da geografia que visariam auxiliar nos estudos do clima aplicado às videiras.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## 5. *Lista de siglas*

BHAJ – Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CEEE/GT – Companhia Estadual de Energia Elétrica/Geração e Transmissão.

FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

MRG – Microrregião Geográfica.

OMM - Organização Mundial Meteorológica.

PROCAD - Programa Nacional de Cooperação Acadêmica.

SEMA/RS – Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento

Sustentável.

## Referências Bibliográficas

DECRETO FEDERAL N° 8.198/2014. Regulamenta a Lei n.º 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Brasília/DF, 20 de fevereiro de 2014.

DECRETO FEDERAL N° 99.066/1990. Regulamenta a Lei n.º 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados do vinho e da uva. Brasília/DF, 08 de março de 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FALCADE, I.; MANDELLI, F. Vale dos Vinhedos – Caracterização Geográfica da Região. Caxias do Sul: EDUCS, 1999. 144 p.

FORTES, A. B. Zonas fisiográficas. Geografia Física do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Globo. 1959, 133p.

FEPAGRO - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (BOLETEIM FEPAGRO 25), Zoneamento Agroclimático da Videira Europeia (*Vitis vinífera* L.) e Videira Americana (*Vitis labrusca* L.) no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO, 2014, 63p.

GOLLO, S. S.; CASTRO, A. W. V. Indicações geográficas no Brasil: as indicações de procedências já outorgadas e as áreas e produtos com potencial de certificação. Belém: EMBRAPA, 2008.

HASENACK, H.; WEBER, E. (Orgs.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n. 3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

HOFFMANN, A. et. al. Fronteira – Demarcação da Zona de Produção Vitivinícola. Nota Técnica. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2005a.

HOFFMANN, A. et. al. Serra Gaúcha – Demarcação da Zona de Produção Vitivinícola. Nota Técnica. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2005b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro - informações estatísticas. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 01 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2004. Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em: 30 nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Divisão do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. Vol. I. Rio de Janeiro: Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Diretoria de Geociências (DGC) e Departamento de Geografia (DEGEO). Rio de Janeiro. 1990. 137p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO – IBRAVIN. Produção de Vinhos e Derivados. Disponível em: <http://www.ibravin.org.br/dados-estatisticos>. Acesso em: Acesso em: 01 abr. 2017.



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Orgs.: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. Brasília: INMET, 2009. 465 p.

JOHNSON, H.; ROBINSON, J. Atlas Mundial do Vinho. 7. ed. Rio de Janeiro: Globo Estilo. 2014.

LEI FEDERAL N.º 7.678/1988 - Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. Brasília/DF, 08 de novembro de 1988.

MALUF, J. R. T.; CAIAFO, M. R. R. Regiões ecoclimáticas do Estado do rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12., 2000, Santa Maria. Anais... XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Santa Maria: UFSM, 2000, p. 151-152.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. Revista RA´E GA, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004.

MELO, G. W. B. Solos. In: KUHN, G. B. (Org.). Uvas para processamento-Produção: Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves); Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 45-55p.

MELLO, L. M. R. Análise Socioeconômica da Viticultura. In: KUHN, G. B. (Org.). Uvas para processamento-Produção: Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves); Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 15-23p.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015. Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves); Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2017.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Área cultivada com videiras no Rio Grande do Sul: 2008-2012. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2013. 49p.

MESQUITA, Z. Divisões Regionais do Rio Grande do Sul: uma revisão. Porto Alegre: UFRGS, 1986.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa n° 14, de 08 de fevereiro de 2018. Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Portaria n° 66, de 17 de fevereiro de 2011. Zoneamento Agrícola para a cultura de uva no Estado do Rio Grande do Sul. 2011.

OBSERVATÓRIO DO TURISMO (OT) – Secretaria da Cultura, Esporte, Turismo e Lazer. Rota da Uva e do Vinho. 2016. Disponível em: <http://www.turismo.rs.gov.br/roteiro/34/rota-uva-e-vinho>. Acesso em 20 out. 2017.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA UVA E DO VINHO – OIV. The State of Vitiviculture in the World and the Statistical Information. Disponível em: <http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/statistical-analysis/statistical-data>. Acesso em: 27 maio. 2018.

PINTO, D. Manual didático do Vinho – Iniciação à Enologia. São Paulo: Anhembi-Morumbi, 2009. 632 p.

PORTARIA Nº 66. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola para a cultura de uva no Estado do Rio Grande do Sul. Brasília/DF, 17 de fevereiro de 2011.

ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia. 17-29 pp. São Paulo, IG-USP, 1992.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMA/RS. Zoneamento Ambiental da Silvicultura - Diretrizes da Silvicultura por Unidade de Paisagem e Bacia Hidrográfica. Porto Alegre: FEPAM, 2010. Vol. II.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA/RS). Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. 2009. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 24 set. 2017.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL (SEPLAG). Unidades geomorfológicas do Estado do Rio Grande do Sul. 2008. Disponível em: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/hipsometria-e-unidades-geomorfologicas>. Acesso em: 25. out. 2017.

TINLOT, M. R. La definición de la delimitación de origen. In.: Simposium Denominaciones de Origen Históricas. 1987. Jerez de la Frontera. Symposium... Cadiz: OIV. Consejo Regulador de Denominaciones de Origen Jerez-Xerès-Sherry y San Lúcar de Barrameda. 1987. p. 129-138.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. Agricultural and Forest Meteorology, 124/1-2, 81-97. 2004.

ZANUS, M. C.; TONIETTO, J. Elementos metodológicos para a caracterização sensorial de vinhos de regiões climáticas vitivinícolas. p. 39-46. In.: TONIETTO, J.; RUIZ, V. S.; GOMÉZ-MIGUEL, V. D. *Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas*. Madrid: CYTED, 2012. 411 p.

YRAVEDRA, G. La notion d'appellation d'origine. *Bull: OIV*. v. 53. n. 593-594. p. 605-620. 1980.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Guide to the global observing system*. n. 488, Genebra, Suíça. 172p. 2010.

# COMPARTIMENTAÇÃO GEMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORRENTE/GO, BRASIL \*

Sheyla Olívia Groff Birro  
Jurandyr Luciano Sanches Ross  
João Batista Pereira Cabral

## 1. *Introdução*

Por meio dos estudos geomorfológicos, pode-se determinar a influência dos fatores endógenos e exógenos na formação dos elementos presentes na superfície terrestre ao longo do tempo. A análise das potencialidades do território são constantes e auxiliadas por mapeamentos temáticos que englobam todas as características geomorfológicas. Independente do contexto, desenvolvem-se estudos que visam propor o monitoramento e prognóstico geográficos para que permita-se fazer uma leitura das relações homem e seu entorno.

Segundo Abreu (1983) no que condiz as discussões geológicas, geomorfológicas e ordenamento do território, a contribuição alemã e soviética se destacam, enquanto a contribuição americana desenvolve-se em perspectivas geológicas e hidrológicas.

Penck (1924) desenvolveu uma fundamentação teórico-metodológica, essencial nas pesquisas geomorfológicas, utilizadas até o momento, propondo a identificação das formas de relevo por processos

endógenos e exógenos, e englobando todas as relações atuantes no modelado do relevo. Klimaszewski (1963) no momento de seus estudos, afirmava que os mapas topográficos já faziam parte da representação do relevo, mas não demonstravam as origens genéticas, e temporais, a origem, os processos e a dinâmica existente.

Coltrinari (2011), mais recentemente, discutiu os empenhos para a firmação de uma cartografia de detalhe descrita em uma única linguagem, de acordo com o autor, isto levou a união geográfica internacional a buscar um sistema único de representação do relevo. Esta busca culminou em diversas discussões metodológicas entre os especialistas por quase 20 anos, quando o Manual de Cartografia Geomorfológica Detalhada foi publicado por Demek, no início de 1970.

No Brasil, além dos estudos de Lester King (1956) quanto aos “Problemas Geomorfológicos do Brasil Oriental”, apresentando elementos para a sua teoria de pedimentação e da pediplanação, também houve os estudos proposto por Tricart a partir da Classificação das Unidades Ecodinâmicas, que serviu como base para a criação de metodologias de diferenciação da paisagem, entre elas a proposta por Ross (1990,1992, 1994) tanto em sua contribuição da obra “O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos” onde discute e delimita taxonomia para a compreensão do relevo, como para análise integrada da paisagem voltada para a aplicação da geomorfologia com a proposta da Análise Empírica da Fragilidade Ambiental e a Geomorfologia, Ambiente e Planejamento.

A cartografia geomorfológica é essencial nos estudos da compartimentação do relevo, que visa o entendimento da sua estrutura interna e externa. Esta, passou a contribuir principalmente nos estudos das relações do homem com o espaço, com atenção especial aos processos internos e externos que envolvem a superfície terrestre. A relação, homem-

natureza, cada vez mais consolidada no espaço, contribuiu para que se buscassem metodologias para a interpretação e descrição do sistema natural e antrópico.

Nos estudos aplicados ao modelado atual, apesar de considerarem os fatores endógenos, devem priorizar a dinâmica dos processos exógenos no relevo, levando também em consideração que a sua morfologia preserva a maioria dos indicadores que possibilitam a reconstituição da forma original, e além disto permitem compreender a participação da ação antrópica na alteração de suas formas (CASSETI, 1994).

Com a delimitação dos princípios da representação da carta geomorfológica apresentada por Tricart (1965) onde “devem conter os aspectos morfométricos, morfográficos, morfogenéticos e morfocronológicos” e a ideia da dinâmica entre as componentes naturais dos fluxos de energia e matéria, junto a combinação destas energias na formação de ambientes estáveis e instáveis propostas por Tricart em 1977, o autor acabou por influenciar boa parte da história da cartografia geomorfológica. Ross (1990) a partir disto, discutiu que o relevo, interpretado como o principal produto dos fluxos de matéria e energia presentes no planeta, são os principais influenciadores das diversas formas de uso do território, e a partir do qual as sociedades se organizam.

Ao considerar os processos endógenos, exógenos e antrópico, Ross (1990, 1992) apresentou uma hierarquização que compreende 6 Taxons, onde o primeiro, e de maior abrangência, é unidade da morfoestrutura (1º Taxón) originado por processos endógenos, e incluído na composição do primeiro está a unidade morfoescultural (2º Taxón), de origem exógena, influenciado, principalmente, por fatores climáticos. Incluídas neste último, há as várias unidades morfoesculturais (3º Taxón), na classificação seguinte está identificação dos padrões de formas semelhantes do relevo ou tipo de relevo (4º Taxón). Partindo ainda em características presentes

dentro do terceiro, temos as formas de relevo (5º Táxon) associadas às formas de vertentes, e por último, (6º Táxon) classifica as formas antropogênicas, além dos pequenos processos locais naturais, tais como escorregamentos e processos fluviais.

Ross (2006) afirma que relevo se sustenta pela tipologia das rochas e do clima, sofrendo fortes efeitos sobre seu modelado, há a influências de forças internas ativas (atividades geotectônicas) e passivas (diferentes tipos de rochas), atuantes na modelagem do relevo que devem ser levadas em consideração, além de ações exógenas ocorrentes no espaço/tempo no relevo através da ocupação do território.

Nota-se, atualmente que a cartografia geomorfológica, ainda se encontra em campo de debates. Os sistemas metodológicos existentes permanecem em constante evolução, apesar de já haver resultados de aplicabilidade da histórica teoria já exposta, notando-se um efeito das discussões quanto à descrição do documento cartográfico e suas legendas. Percebe-se a perspectiva de uma padronização com relação a metodologia e aplicabilidade para o entendimento amplo dos mapas geomorfológicos é um esforço atual para os estudiosos, apesar de se notar a constante dinamização de aspectos a serem inseridos em suas leituras, tendo em vista a perspectiva dinâmica, e permissível, presente dentro da própria geomorfologia.

Assim, define-se como o objetivo deste trabalho a análise da compartimentação geomorfológica da Bacia do Rio Corrente (BHRC) que se apresenta em constante uso e expansão da agropecuária e agricultura, possibilitando a intensificação dos processos erosivos, facilitado, em muitos casos, em razão das diferentes formas de relevo.

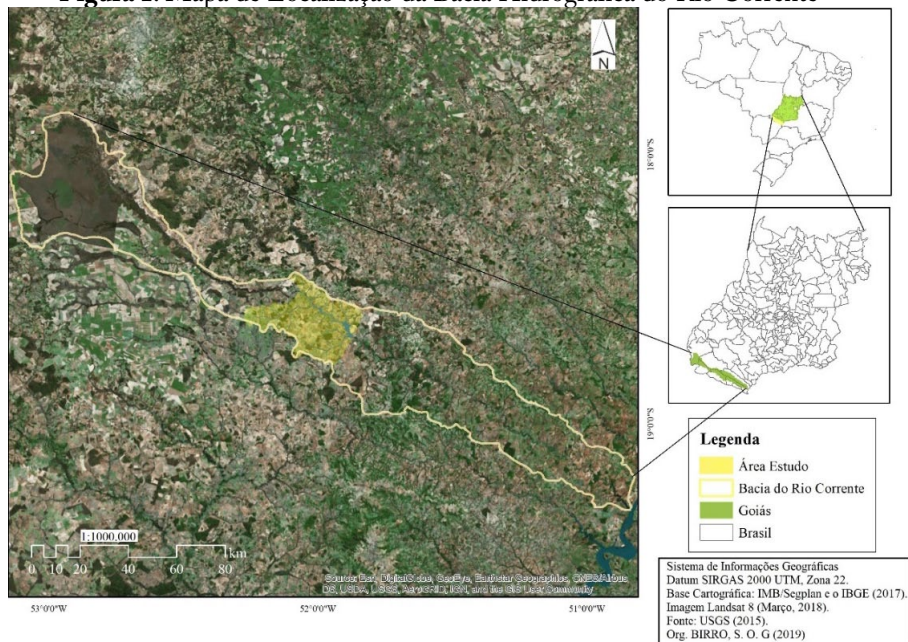


## 2. Localização da área de estudo

A bacia do rio Corrente (Figura 1) abrange uma área de 7.190,235 km<sup>2</sup>, integrando a bacia do rio Paranaíba que por sua vez pertence à bacia do rio Paraná. Os principais formadores do rio Corrente são os rios Formoso e Jacuba, estes possuem suas nascentes no interior do Parque Nacional das Emas – PNE. Segundo dados do IBGE (2017), os municípios abrangidos pela bacia do rio Corrente contam com uma população de 96.200 habitantes sendo assim distribuídos em Mineiros, em maioria com 62.750 e demais distribuídos entre Serranópolis, Chapadão do Céu, Itarumã, Itajá e Aporé, sendo este último com menor volume populacional.

O Rio Corrente percorre cerca de 450 km até sua foz no Paranaíba. A bacia apresenta forma alongada com perímetro de aproximadamente 730 km e 7190 km<sup>2</sup> em área.

**Figura 1:** Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Corrente



### 3. Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho, segue a proposta de investigação sistêmica da paisagem, abordado no referencial e utilizado por Ross (1990,1992, 1994) para a análise geomorfológica integrada. Inicialmente, realizou-se pesquisa de gabinete, junto as bibliografias existentes e visitas em campo.

Para a elaboração da base cartográfica foram utilizadas as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, tendo o ArcGIS como software escolhido para auxílio de levantamento e processamento de dados na versão 10.1, licenciada para uso pelo Laboratório de Geoinformação - UFG/Regional Jataí. A escolha deste software deveu-se ao fato de que se trata de uma ferramenta muito adequada para uso dos Sistemas de Informação Geográfica importante para a geração de mapas temáticos diversos.

Para esta análise, foram utilizadas as bases de imagens e cartas topográficas correspondentes aos quadrantes SE22-ya- Parque Nacional das Emas, SE22-yb-Caçú, SE22-zc-Itarumã e SE22-yd-Paranaíba, obtidas nos bancos de dados do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e SIEG - Sistema Estadual de Estatísticas de Informações Geográficas.

Na delimitação da área de estudo utilizou-se uma composição de imagens do Radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtidas por meio do sítio do Serviço Geológico Americano (USGS, 2015) com resolução espacial de 30 m. Para a análise altimétrica e de declividade foram realizados processamentos de dados a partir do sensor SRTM para realce das unidades de relevo, principalmente para comparação junto aos dados geológicos e pedológicos.

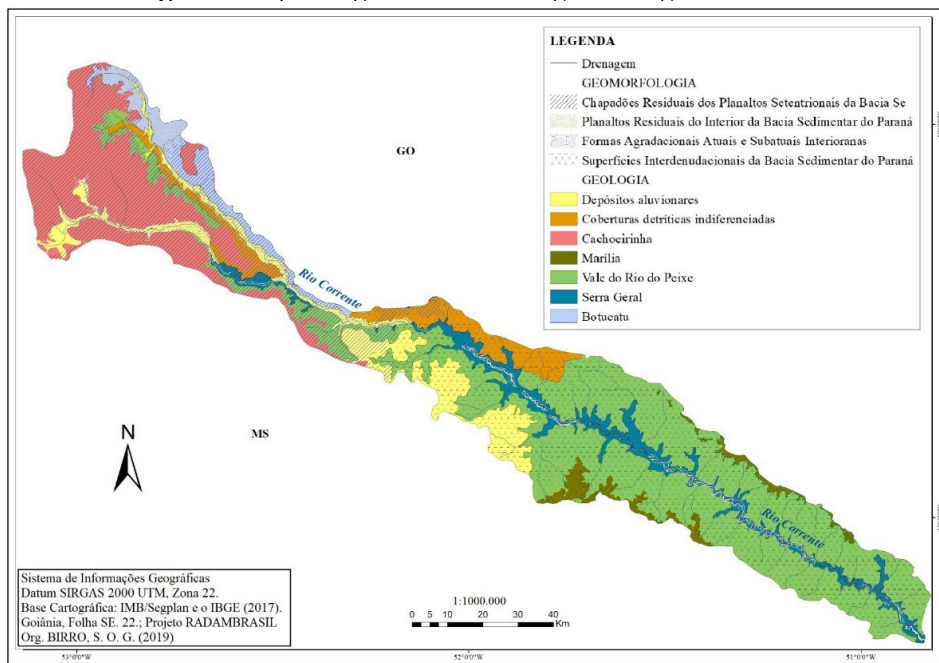
A elaboração dos perfis topográficos, foram utilizadas as feições

dos relevos obtidas a partir das imagens trabalhadas do SRTM, com o auxílio da ferramenta 3D Analyst>Interpolate Line>Profile Graph, disponível no Arcmap 10.1<sup>®</sup> (ESRI, 2015).

As bases cartográficas utilizadas foram obtidas por meio do sítio do Serviço Geológico Americano (USGS, 2015), com resolução espacial de 30 m, disponível em, assim como as bases do RadamBrasil, disponibilizadas no banco de dados do IBGE, para a elaboração dos mapas de geologia e geomorfologia.

## 4. *Resultados e Discussões*

Identificou-se, junto ao mapeamento geológico que a área de estudo está localizada na Bacia Sedimentar do Paraná e de acordo com dados do serviço geológico do Brasil, “é uma bacia intracratônica, desenvolvida na Plataforma sul-americana após a consolidação das faixa Brasilianas (450Ma)” (BRASIL, 1982, p.29), conforme Almeida (1977) a mesma está dentro da província do Paraná. A Bacia do Rio Corrente está identificada por cinco distintas Formações geológicas (figura 2) sendo composta pela Formação Serra Geral e Botucatu do Grupo São Bento, Formações Marília e Vale do Rio do Peixe do Grupo Bauru e Formação Cachoeirinha, constituída de coberturas superficiais, classificada por Gonçalves e Schneider (1979), também conhecida como depósitos detríticos lateríticos nos mapeamentos do Projeto RadamBrasil para a Região Centro Oeste. Estes materiais originário no Terciário-Quaternário, caracterizando-se por argilas, areias, e conglomerados.

**Figura 2:** Mapa Integrado Geomorfologia/Geologia da BHRC.

Fonte: BIRRO, S. O. G (2019).

O Grupo São Bento foi caracterizado por White (1906) e marcado por arenitos e basaltos jura-cretácicos do topo da Bacia Sedimentar do Paraná. Na área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Corrente é representada pelos derrames que identificam-se pela Formação Serra Geral e as deposições dos arenitos da Formação Botucatu.

A Formação Serra Geral foi descrita por Gordon Jr. (1943), que a caracterizou por rochas vulcânicas presente na bacia do Paraná, formada por diversos e sucessivos derrames basálticos. Assim as rochas basálticas da Formação Serra Geral têm origem vulcânica, no qual são encaixadas em unidades litoestratigráficas mais antigas, apresentando muitas vezes aspecto maciço, cor cinza escura, granulação fanerítica fina a média, com presença de fraturas (AGIM/CPRM, 2002), em Goiás, sua ocorrência é identificada principalmente nos leitos do Rio Claro, Rio Verde, Rio

Aporé e Rio Corrente.

Na Classificação de Milane (1997) esta formação caracteriza a supersequência Gondwana III, que também é composta pela Formação Botucatu, que se classificam por rochas areníticas e quartzosas associadas dunas eólicas do clima árido e semiárido, e sobreposta a elas há a Formação Serra Geral, formada pelo derramamento basáltico associado “à ruptura do paleocontinente Gondwana que corresponde ao maior vulcanismo fissural em região continental, que resultou no empilhamento de até 2.000 m de basaltos.” (MORELATTO, 2017 p.8).

A formação Botucatu está sobreposta pelo derramamento basáltico, ocorrido por ocasião da separação dos continentes, com aproximadamente dois mil metros de magma que recobriram o deserto formado por arenitos eólicos que existiu na Bacia do Paraná ao longo dos Períodos Triássico-jurássico, assim, a coloração é identificada com tons avermelhados dispostos em formatos de dunas, apresentando assim estratificações cruzadas, planas e paralelas (MILANI, 1997).

O Grupo Bauru decorre a partir da finalização das atividades de separação do Continente, que conseqüentemente iniciou o processo de depósito e finalização da caracterização da Bacia do Paraná, identificado no Cretáceo Superior. Possuindo arenitos com granulação rústicas e assentados sobre as rochas da Formação Serra Geral (DAL'BO E BASILICIN, 2011).

A Formação Marília, ocorrente no Grupo Bauru foi descrita por Almeida e Barbosa (1953) apresentando características com arenitos de granulação mais grossa e coloração avermelhada. Sua característica sedimentar é caracterizada por alternâncias verticais de paleossolos, depósitos eólicos e depósitos fluviais, explicando as características granulométricas arredondadas. Segundo Dal'Bo e Basilicin (2011, p. 526) “na Formação Marília o modelo de construção de corpos geológicos

envolve duas fases temporais distintas, que se alternam ciclicamente, e possuem a mesma grandeza espacial”, que caracterizam-se por depósitos arenosos com marcas onduladas eólicas e a fase de pedogênese, em razão do aumento de umidade e ação do intemperismo, isto caracteriza os paleossolos descritos nos estudos destes autores.

Já a Formação Vale do Rio do Peixe expõe “arenitos de textura muito finos a finos, de coloração marrom-claro, rosado a alaranjado, de seleção moderada a boa e com estratificação plano-paralelo e cruzada subordinada.”(FERNANDES,2004 p.56). E se assenta diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral e se apresenta abaixo da Formação Marília, caracteriza-se também pela estratigrafia cruzada, assinalando a ocorrência de deposição eólica, sendo encontrada nas partes mais planas do relevo.

A tabela 1, expõe as características encontradas para cada tipo de formação. Estas podem ser identificadas em visita de campo e descritas para identificação e comprovação através dos afloramentos rochosos.

**Tabela 1:** Características dos litotipos encontrados na BHRC.

EÓN	ERA	PERIODO	LITOTIPOS	DESCRIÇÃO
FARENÓZICO	Cenozoica	Terciário	Aluviões/Coberturas Detrito-Lateríticas	Blocos, matações, cascalho, seixos, siltes e argilas/concreções e latossolos.
		Quaternário	F o r m a ç ã o Cachoeirinha/TQdl	Argilas, areias e níveis conglomeráticos e conglomerados, siltes e areias inconsolidadas.
	Mesozóica	Cretáceo	Grupo Bauru - Formação Marília/ Formação Vale do Rio do Peixe	Arenitos de granulação Grosseira/Arenitos finos a muito finos de estruturas cruzadas
		Jurássico	Grupo São Bento - Formação Serra Geral e Formação Botucatu	Derrames de Basaltos com Diques e <i>Sills</i> de Diabásio

Fonte: CPRM, 2016. Org: BIRRO, S. O. G.(2019).

Com relação a Formação Cachoeirinha, Oliveira e Campos (2012, p. 140) colocam que “as rochas do Grupo Bauru e basaltos da Formação Serra Geral foram erodidos e transportados para novos sítios deposicionais, dando origem aos sedimentos cenozóicos da Formação Cachoeirinha e as coberturas arenosas indiferenciadas.” Sendo assim se encontra em sobreposição às formações do Grupo Bauru, isto explicaria a descrição dada por Gonçalves e Schneider (1970) onde a formação é identificada na Era Cenozóica, e denominada para definir sedimentos inconsolidados ocorrentes na Bacia do Paraná. Apresentam-se no mapeamento também áreas identificadas com Depósito Aluvionares e Unidades de Coberturas Dendríticas Diferenciadas.

A Bacia possui 4 tipos de solos identificados em primeiro nível categórico, em predominância do Latossolo com várias associações de Latossolos identificados no segundo nível categórico, tais como o Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo possuindo distintas características de textura e estrutura, os Neossolos quartzarênicos e Litólicos, Argissolos Vermelho-amarelos e Gleissolo, assim como também as suas associações.

De acordo com as características levantadas pelo Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba (2011), os Latossolos são predominantes ao longo de toda a bacia e variam sua textura de média a arenosa/média e argilosa a muito argilosa, compreendendo sempre os relevos plano a ondulados, observando-se o domínio dos Latossolos Vermelho-Escuro distróficos quando há a presença de áreas da Formação Vale do Rio do Peixe e Latossolo Roxo distrófico nos fundos de vale em razão dos Basaltos da Formação Serra Geral.

De acordo com a classificação da compartimentação do relevo proposta por ROSS (1990, 1992) identificou-se que ao longo da extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Corrente pode-se classificar áreas de



Planaltos e Chapadões, identificando a compartimentação de Planaltos e Chapadas do Rio Paraná, a unidade geomorfológica estrutural apresenta as características expostas na tabela 2.

**Tabela 2:** Características da Unidade Geomorfológica Estrutural de Planalto e Chapadas da Bacia do Paraná.

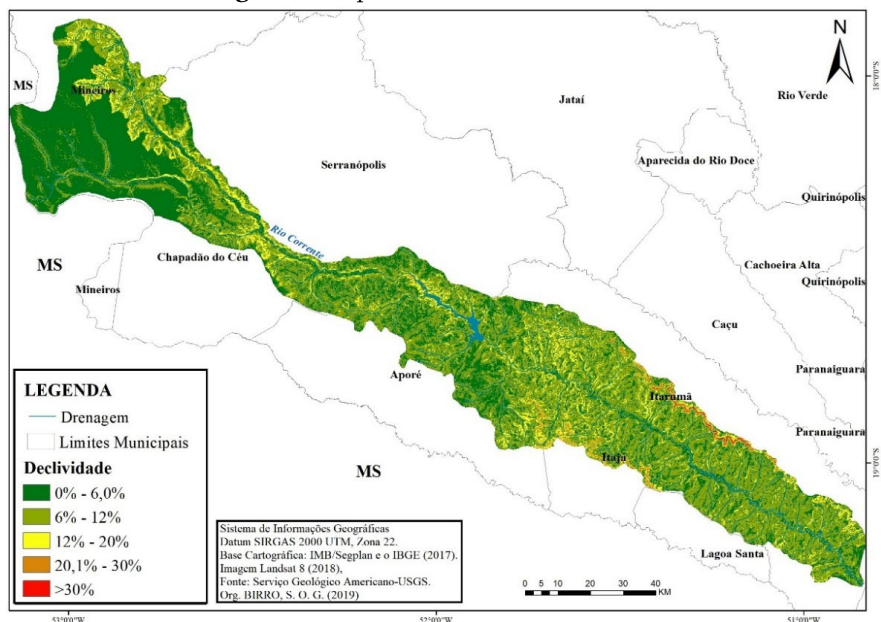
PLANALTOS E CHAPADAS DA BACIA DO PARANÁ			
Formas do Relevo	Altitude (m)	Litologia	Solos
Colinas amplas com topos convexos - centro-norte	400-700	Arenitos	Latossolos vermelho-amarelos-arenosos
Chapadas - superfícies planas no Norte – Nordeste	700-800	Arenitos associados com cobertura dedrítica argilosa	Argissolos vermelhos-arenosos
Patamares e Escarpas Estruturais associadas a morros e colinas de topos convexos	800-1400	Basaltos, diabásios e riolitos	Latossolo vermelho-argiloso
Escarpas nas bordas	1400 +		Nitossolo, Cambissolos, litólicos

Fonte: ROSS (2006). Org.: BIRRO, S O. G. (2019)

A partir da elaboração dos mapas de Hipsometria e Declividade, foram possíveis as confirmações das características da estrutura geológicas destacadas ao longo da BHRC. Identificou-se junto ao mapa de declividade (figura 3) que na Bacia do Rio Corrente predomina declividades entre 0 a 3%, em alguns trechos meandros e alagadiços da planície fluvial, seguido de setores mais dissecados que é iniciado pouco antes do trecho médio bacia, e segue em direção a foz de forma mais uniforme.



**Figura 3:** Mapa de Declividades da BHRC.



Fonte: BIRRO, S. O. G (2019).

Os dados resultantes das classes de declividade do relevo, com base na classificação de Ross & Fierz (2017) identificou a abrangência de 6,175 quilômetros quadrados em área de relevo plano, caracterizando predominância principalmente do alto a médio curso.

**Tabela 3:** Resultado do percentual das classes de Declividade da BHRC

Declividade	RELEVO (ROSS 1994)	Área na Bacia (km <sup>2</sup> )	ÁREA na bacia (%)
0 a 6%	Plano	6.175,8	85,9
6 a 12%	Suave	875,1	12,1
12 a 20%	Ondulado	82,9	1,1
20 a 30%	Forte Ondulado	29,6	0,4
>30%	Escarpado	21,0	0,3

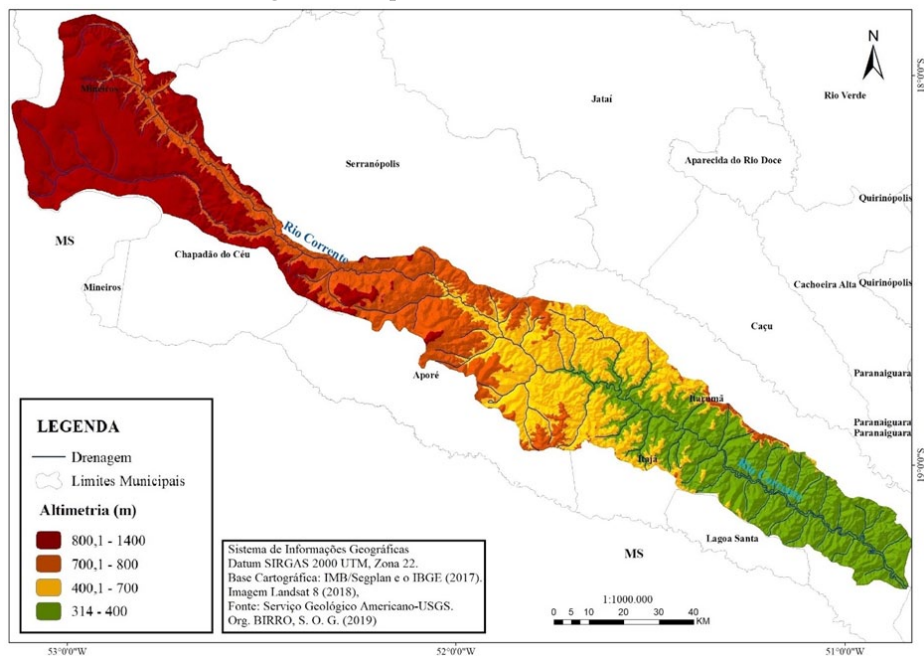
Organização: BIRRO, S. O. G. (2019).

O relevo pouco dissecado, também está presente em grande parte da bacia, identificado principalmente nas áreas de chapadas, em alto curso da BHRC, sendo 875,11 km<sup>2</sup> destacados, com a predominância de relevos medianamente dissecados e algumas áreas entre Itarumã e Itajá e fortemente dissecados a Escarpados nos interflúvios das margens, tanto direita quanto esquerda. Nestes segmentos pode-se destacar a influência da Formação Marília, e rochas vulcânicas, sobrepostas à formação Vale do Rio do Peixe, identificadas por Fernandes (1998).

Nota-se que o relevo plano a pouco dissecado predomina na região do Parque Nacional das Emas, no município de Mineiros, correspondente ao alto e médio curso, ocupando também planícies e terraços fluviais e superfícies denudacionais posicionadas entre as altitudes de 400 a 800 metros.

A indicação altimétrica (figura 4), caracteriza quatro intervalos, com escalas de cores frias a quentes, quando atinge 890 metros, identificadas nas proximidades das cabeceiras de drenagens principais, em Mineiros, a montante, predominando na Chapada das Emas – Taquari, e as cores frias para a diminuição da altitude até seus 314 metros até a jusante, indicando uma variação de 576 metros ao longo de 730km de comprimento da bacia.

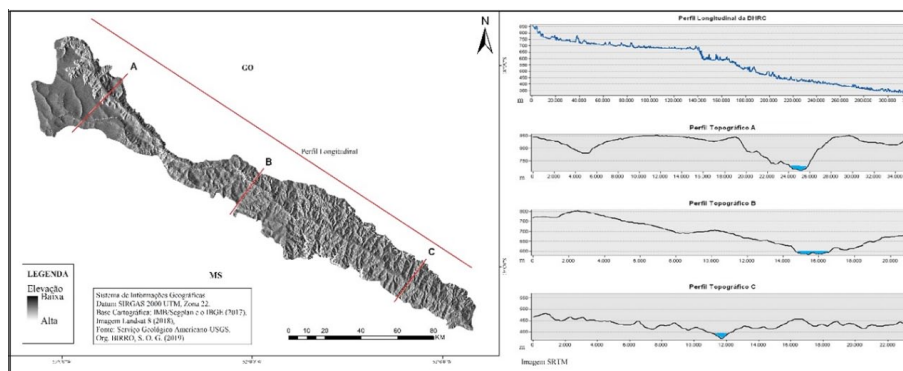
Figura 4: Mapa de Altimetria da BHRC.



Fonte: BIRRO, S. O. G (2019).

A partir da base gerada com as curvas de níveis altimétrico, construiu-se os perfis topográficos (Figura 5) para a exposição dos relevos de alto, médio e baixo curso da BHRC, estes perfis trazem a configuração do relevo da forma horizontal para vertical, e representam a superfície do terreno a partir de um corte vertical em curvas de níveis que expressam a presença onde estão as áreas rebaixadas e as mais elevadas.

**Figura 5:** Elevação do Terreno e Perfis Topográficos A, B e C.



Fonte: BIRRO, S. O. G (2019).

Foi possível, assim, gerar o perfil longitudinal do leito do rio, a partir do comprimento do curso principal. O corte acompanha desde a nascente até a foz do Rio Corrente e demonstra um “degrau” em médio curso, que confirma a incidência do afloramento do Basalto da Formação Serra Geral. Possibilitando a identificação de uma área plana e propícia para o depósito de sedimentos acima, e abaixo se caracteriza pelo aumento de vazão e leve entalhamento, incidindo na área de cachoeiras e corredeiras identificadas nesta área (Figura 6, imagens A, B e C).

**Figura 6:** Cachoeiras e corredeiras e afloramento da rocha identificados no médio curso do Rio Corrente.



Fonte: BIRRO, S. O. G. (Julho, 2017).

O perfil topográfico A (Figura 7, Imagens A, B e C), colocado em alto curso da BHRC, identifica as formas dos Chapadões Residuais

dos Planaltos Setentrionais da Bacia Sedimentar do Paraná, com topos tabulares e convexos, estas formas localizam-se no Chapadão das Emas.

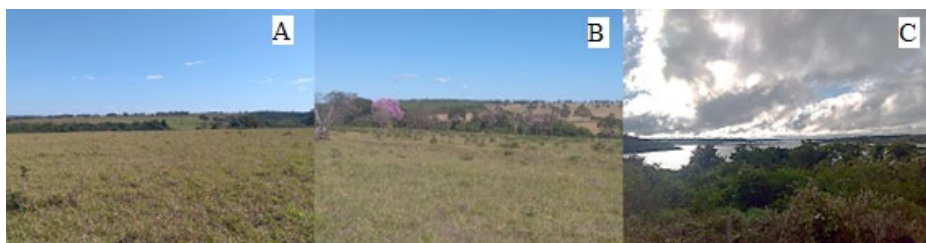
**Figura 7:** Relevo identificado no alto curso da BHRC.



Fonte: Imagens A, B e C - BIRRO, S. O. G. (Junho, 2017)

O perfil topográfico B (Figura 8, imagens A, B e C) foi colocado em médio curso da Bacia, também apresenta feições de topos convexos e tabulares, com características de média a baixa drenagem, em áreas de denudação da bacia, localizada logo após a incidências das corredeiras identificadas anteriormente no perfil longitudinal do rio.

**Figura 8:** Relevos identificados no médio curso da BHRC.



Fonte: Imagens A, B e C - BIRRO, S. O. G. (Janeiro, 2018)

As características do baixo curso identificadas no perfil topográfico C, são atípicas para áreas a montante, onde normalmente são identificadas por áreas planas. A influência da geologia, se destaca através do mapa de declividade (Figura 3) e Altimetria (Figura 4) nesta área, indicam a presença de formas de morros residuais de topos tabulares, presentes em razão da ocorrência de rochas da formação Marília nas bordas da bacia. Estas formas se apresentam nos divisores das Bacias do

Rio Claro e Rio Verde, e em seus patamares. Os relevos identificados seguem na figura 9, com as feições que exemplificam as características dos residuais (Imagem A) e o relevo plano (Imagem B e C).

**Figura 9:** Relevo em destaque no baixo curso da BHRC



Fonte: Imagem A, B e C BIRRO, S. O. G. (Dezembro, 2018)

A partir dos levantamentos realizados, elaborou-se um quadro (quadro 1) para a identificação das características do relevo presente na BHRC a partir da classificação desenvolvida por ROSS (1992), onde incluem-se os seis níveis taxonômicos, envolvendo as formas estruturais e esculturais presentes.

O 1º Taxón identifica a característica morfoestrutural do relevo, identificado pelos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, o 2º Taxón traz sua subdivisão, especificando em qual área desta bacia está incluído, sendo o Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná.

**Quadro 1:** Quadro taxonômico do relevo da BHRC.

1° TÁXON	2° TÁXON	3° TÁXON	4° TÁXON	5° TAXÓN	6° TAXÓN
PLANALTOS E CHAPADAS DA BACIA DO PARANÁ	Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná	Superfícies inter denudacionais da Bacia Sedimentar do Paraná	Vales e Pedimentos dos Baixos Cursos das Sub-bacias do Paranaíba – Grande.	Dc; Dt; Pru; Pri  Formas: Pediplanos, Topos convexos, Topos tabulares;  Dens. de Dren. Média; Baixa e Muito Baixa.	Afloramentos rochosos, Materiais denudacionais.
		Planaltos Residuais do Interior da Bacia Sedimentar do Paraná	Patamares das Altas Bacias dos Rios Verde – Claro.	Pgu; Dt;  Formas: Pediplanas e Topos Tabulares;  Dens. Dren.: Baixa	Afloramentos Rochosos.  Processos de Pediplanação.
		Chapadões Residuais dos Planaltos Setentrionais da Bacia Sedimentar do Paraná	Chapadão das Emas-Taquari	Dt, Pge, Pgu, Dc;  Pediplanos, Topos tabulares e Topos Convexos.  Dens. Dren.: Média, Baixa.	Ravinamentos e Voçorocamentos;
		Formas	Planícies e Terraços Fluviais	Apf;  Planície.	Processos erosionais e Assoreamentos



As características do 3º nível são unidades geomorfológicas correspondentes a BHRC, o processos e formas, neste caso utilizou-se as características descritas pelo Levantamento RadamBrasil, Folha Goiânia (1981). A compartimentação dos 4º, 5º e 6º níveis taxonômicos são referentes aos modelados superficiais do relevo, e processos visíveis no tempo atual.

As características identificadas ao longo da BHRC, apresentam predominantemente o relevo com colinas média a baixa, principalmente em razão dos Vales, Chapadões e Planícies, característicos em grandes áreas. Neste caso, explica-se as descrições do 5º táxon, onde predomina as formas em colinas de topos convexos e tabulares e densidade de drenagem média a baixa. Condizente com o 6º táxons, tem-se a incidência de processos erosivos nos chapadões em razão, principalmente, do tipo de solo, assim também afloramentos rochosos em médio curso por incidência da formação Serra Geral ao longo do leito do rio, e áreas de planícies assoreadas em razão do transporte do sedimento. Em exceção, identificou-se às bordas em baixo curso, relevos de chapadões residuais que influenciaram também na modelagem os leitos à montante, e desenvolveram processos de desnudação, contribuindo também na incidência de afloramentos rochosos em toda a borda.

## 5. *Considerações finais*

A Bacia Hidrográfica do Rio Corrente está localizada na região central do Brasil, mais precisamente no sul goiano, onde há visível degradação advinda da expansão das atividades da agropecuária, com um certo descaso das práticas conservacionistas aplicáveis com critérios mais rigorosos vinculados ao planejamento ambiental territorial, que melhor se ajuste ao uso e ocupação das terras. A metodologia aplicada



nos permite correlacionar os diversos fatores geomorfológicos. Assim, a compartimentação geomorfológica apresentada procurou a definição das unidades de relevo da bacia trazendo a relação geomorfologia-pedologia-geologia para a definição da compartimentação do relevo e sua diversidade de formas identificadas com aporte dos mapas altimétrico e de declividades.

Identificou-se também que as áreas apresentam contrastes litológicos que são justificados pelas composições das unidades, ou grupos geológicos presentes em determinada região, tendo em vista que a mesma formação pode não apresentar características idênticas em regiões que são distintas, mesmo sob as mesmas condições. Entende-se que este trabalho servirá como base para estudos que visem um maior detalhamento e análises pontuais tendo em vista o levantamento das características geológicas e geomorfológicas, confirmadas junto a análise da elevação da área de estudo, as características morfométricas e de dissecação do relevo, sendo assim se torna um aliado para o diagnóstico ambiental e a gestão territorial.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Bibliografia

ABREU, A. A. A Teoria Geomorfológica e sua edificação: Análise crítica. Revista Instituto Geológico. SMA-SP. Nº 4. São Paulo. 1983.

ALMEIDA, F.F.M; BARBOSA, O. Geologia das quadriculas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. Boletim Dnrm/Dgm. P.96. 1953.

BIRRO, S. O. G. Análise da paisagem na Bacia do Rio Corrente: estudo de fragilidade ambiental na área de influência direta da UHE Espora. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9335>>.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL - Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, V.29, 1º mapa, color. Folha SD.22/Goiás; Escala 1:1.000.000. 1981.

CASSETI, V. Elementos de Geomorfologia. Editora UFG, Goiânia. 1994. 138p.

COLTRINARI, L. Cartografia Geomorfológica Detalhada: A Representação Gráfica do Relevo entre 1950-1970. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.12, n.3, p.121-130, 2011. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/265>> Acesso em 03 de Março de 2018.

CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. Manual Técnico da Área de Geoquímica, 2000.

DAL´BO, P. F. F.; BASILICI, G. Interpretação paleoambiental da Formação Marília na porção noroeste da Bacia Bauru: relações entre

sedimentação e paleopedogênese em um antigo lençol de areia eólica. *Geociências* (UNESP. Impresso), v. 30, p. 509-528, 2011. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7165>>. Acesso em 05 de Março de 2018.

DEMEK, J. *Manual of detailed geomorphological mapping*. Praga, IGU, Comm. Geomorph. Surv. Mapping, 1972. 368 p. 1972

FERNANDES, Luiz Alberto. Mapa Litoestratigráfico da Parte Oriental da Bacia Bauru (Pr, Sp, Mg), Escala 1:1.000.000. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 55, p. 53-66, 2004. Editora UFPR. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/4283>>. Acesso em 05 de Março de 2018.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. *Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás: Relatório Final*. Goiânia. 81 p.:il 2005.

GONÇALVES A., SCHNEIDER R. L. *Geologia do Centro-Leste de Mato Grosso*. Ponta Grossa, Petrobras-Desul, 394,43p. 1970.

GORDON JR., M. 1947. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul: Notas Preliminares e Estudos. DNPM/DGM, Rio de Janeiro n.38, p.1-20, 1947.

IBGE. *Manual Técnico de Pedologia*. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 15 de Maio de 2018.

KING, L. C. *A Geomorfologia do Brasil Oriental*. *Revista Brasileira de Geografia*, 18(2): 147-265, 1956.

KLIMASZEWSKI. M. *Problems of Geomorphological Maps*. ITC Journal. N 1, p 265-271, Enschede, 1963.

MILANI, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. 2v. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MORELATO R. E FABIANOVICZ R. Bacia Potiguar, décima terceira rodada de licitações, Superintendência de Definição de Blocos, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: < [www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=7705](http://www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=7705) >. Acesso em Junho de 2018. 2017.

OLIVEIRA, L. A.; CAMPOS, J. E. G. Comportamento estrutural do Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás, Brasil. Revista Brasileira de Geociências, volume 42 p. 128-141. 2012 . Disponível em:<<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/8005>> Acesso em 03 de Março de 2018.

PENCK, W. Morphological Analysis of Land Forms – a contribution to Physical Geology. 1st ed. New York: Hafner Publishing Company–INC, 429p. 1953

ROSS, J. L. S. FIERZ, M. S. M. Geomorfologia Aplicada ao Planejamento Ambiental Territorial: Potencialidades e Fragilidades. P. 58-77. In: Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. Org. Lourenço Magnoni Junior et al. São Paulo: Centro Paula Souza, 214p. 2017.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do DG FFLCH-USP. São Paulo, 1992. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108>> Acesso em 03 de Março de 2018.

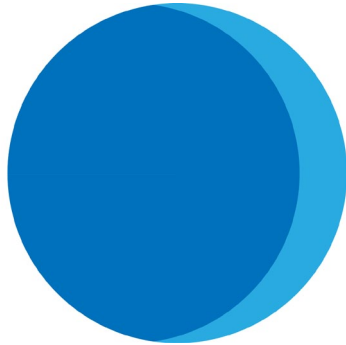
SIEG/GOIÁS (Estado). Mapa de Solos 1:250.000 do Plano diretor da Bacia do rio Paranaíba em Goiás. Disponível em: < <http://www.sieg.go.gov.br>> . Goiânia, 2014.

TRENTIN, R.; SANTOS, J. C. L.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Itu - Oeste do Rio Grande do Sul - Brasil. Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia, ano 24, n. 1, 127-142, jan/Abr. 2012. In: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadnatureza/article/view/14214>> Acesso em: 7 de Outubro de 2018.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.

TRICART, J. Principes et methodes de la geomorphologie. Paris, Masson, 1965.

WHITE, I. C. Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Relatório sobre as “CoalMeasures” e Rochas Associadas do Sul do Brasil. Parte 1, Geologia, 1-121. 1906.



# ANÁLISE DE ESTABILIDADE EM VERTENTES ATRAVÉS DO CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA

Michelle Odete dos Santos

## 1. INTRODUÇÃO

Os escorregamentos são fenômenos caracterizados pela mobilização do solo que se desloca conforme a força gravitacional. Estes movimentos podem ser naturais ou induzidos em função do uso e da ocupação da terra. Em geral, usos incompatíveis em função da carga exercida sobre a vertente ou mesmo relacionados à cobertura da terra podem favorecer estes fenômenos.

O principal input desse tipo de movimento nas regiões tropicais são as chuvas que ocorrem por mais de quatro dias seguidos. No entanto, esse tipo de movimento também pode ser deflagrado por sismos.

Este estudo buscou analisar, por meio do cálculo do fator de segurança, áreas de instabilidade em vertentes da sub-bacia do Rio Fischer, localizada em Teresópolis, região metropolitana do Rio de Janeiro, em situação de solo saturado, associadas aos escorregamentos do tipo planar.

Pretende-se ser um indicador de áreas que possam escorregar, reduzindo o risco de acidentes que acarretem em perdas econômicas e de vidas humanas, servindo como instrumento de apoio aos levantamentos de campo.

Os resultados indicam que o método do fator de segurança é eficiente para levantamentos de áreas com potencial de ocorrência de escorregamentos planares, quando comparados com dados dos eventos ocorridos na sub-bacia do Rio Fischer, Município de Teresópolis, RJ, no advento do desastre de janeiro de 2011. Dos 23 pontos de escorregamentos

nesta sub-bacia, 52% se encontram em área de instabilidade do fator de segurança, sendo que do universo total de pontos estão, em média, em áreas de estabilidade crítica.

## 2. AS BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADE DE ANÁLISE

Para Guerra e Guerra (2003), bacia hidrográfica é um “(...) conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (...)” e por estar associado à presença de água e ser um dos principais elementos da dinâmica terrestre também foi definido que:

O conceito de bacia hidrográfica deve incluir também a noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisórias de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia (GUERRA; GUERRA, Op. Cit.)

Para Sacramento e Rego (2006), para estudos detalhados em que seja necessária a redução de escala, a escolha pelas sub-bacias se faz lógica, uma vez que é possível observar conexões entre as variáveis que compõem a paisagem de maneira mais detalhada.

Deste modo, obteve-se subsídio para utilizar como unidade de análise desta pesquisa uma sub-bacia, pois a escala é compatível com o objeto e objetivo do estudo, já que as principais interações dinâmicas de interesse são desenvolvidas nesta escala.

## 3. TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Em 1996 Cruden e Varnes apresentaram em artigo a divisão dos movimentos de massa em cinco tipos básicos: quedas, tombamentos, escorregamentos, espalhamentos e fluxos. Cada categoria é dividida em



subcategorias com descrições genéticas, de movimentação e dispersão dos materiais.

Tipo de movimento		Tipo de material		
	Rocha	Solos (Sob o ponto de vista da engenharia)		
		Textura grossa		
Quedas		Textura fina	Queda de rocha	Queda de detritos
			Queda de rocha	Queda de terra
Tombamento			Tombamento de rocha	Tombamento de terra
Escorregamentos	Rotacional	P o u c a s unidades	Abatimento de rocha	Abatimento de detritos
			B l o c o s rochosos	Blocos de detritos
Expansões laterais	Translacional	M u i t a s unidades	Rocha	Detritos
			Rocha	Detritos
			Rocha	Detritos
Complexos (Combinações de dois ou mais principais tipos de movimento)				

Esta classificação teve como base a proposta por Varnes em 1978, uma evolução de seu artigo publicado em 1958 denominado *Landslide types and process*, presente no special report 29 da Highway research board – *Landslides and Engineering Practice*. A tabela 1 apresenta uma síntese desta classificação:

Tabela 1 - Classificação de Varnes (1978), modificada por Cruden e Varnes (1996) (apud: Araújo, 2004).

A descrição de cada movimento feita por Ruhe, em 1975 em seu livro *Geomorphology* nos traz informações complementares às descritas por Cruden e Varnes (1996), compiladas por Santos (2015), conforme descrito a seguir:

- No movimento do tipo quedas há o destacamento de blocos de rochas, de terra ou detritos não consolidados, onde os elementos sofrem queda livre ou movimentos de salto.
- Os tombamentos são movimentos onde apenas um elemento se movimenta seguindo linhas de fraqueza geológicas;
- Os escorregamentos são movimentos rápidos de solo ou rocha que são causados pela diminuição da tensão de cisalhamento ao longo de uma ou muitas superfícies, denominadas superfícies de ruptura. Quando possível observar a ocorrência deste tipo de movimento em vertentes naturais, pode-se encontrar depósitos de *Talus* ou formação de Colúvios.
- As expansões laterais ou espalhamento são massas de silte e areia que se liquefazem, resultando na fratura e subsidência do material mais coesivo que o recobre;
- Os fluxos ou corridas são movimentos com tempo de ação médio e que podem ser compostos por terra, lama ou detritos (também chamados avalanche). Caso estes materiais estejam em contato com água ou gelo, o movimento pode se

assemelhar a um fluxo de fluido viscoso. A superfície de ruptura geralmente não é aparente, e dada a natureza do movimento, pode desaparecer rapidamente;

- Os movimentos complexos são caracterizados pela combinação de dois ou mais movimentos de massa, em que um tipo domina o outro em determinadas áreas ou durante certo período de tempo durante o processo.
- Para Cruden e Varnes (1996), o rastejo é descrito como deformação contínua em função de *stress*, enquanto para Ruhe (1979) representa um movimento muito lento e composto de solo, blocos e *tálus* em áreas não consolidadas de sedimentos e rochas com características geológicas de estratificação ou planos de fraqueza.

## 4. TIPOS E CONDICIONANTES DE ESCORREGAMENTOS

Os escorregamentos podem ser divididos em três tipos: translacional (ou planar), rotacional e em cunha. Os três tipos possuem características genéticas, dinâmicas, de volume e profundidade diferentes, sendo que nas regiões tropicais os tipos que mais ocorrem são os planares e os rotacionais.

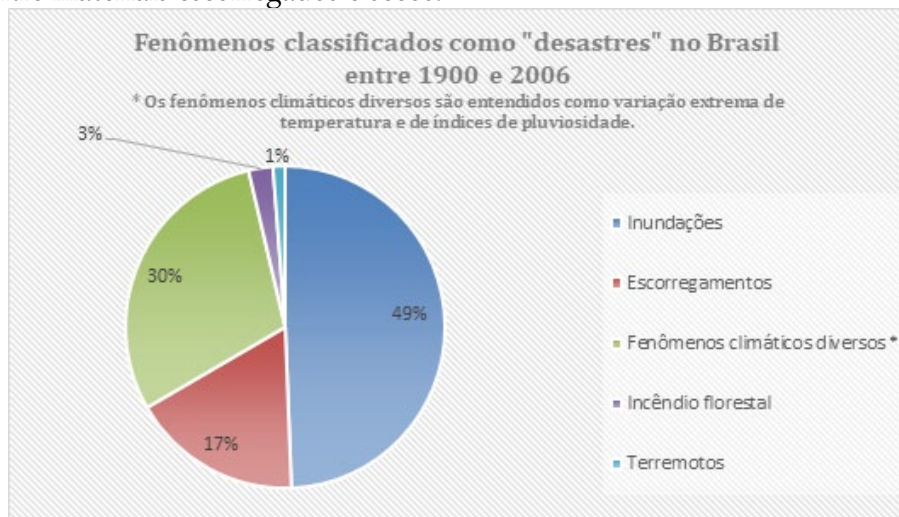
Os escorregamentos planares (ou translacionais) são rasos (0,5 a 5m) e podem ser divididos entre os planares de rochas, onde a superfície de ruptura se dá na inteiração solo-rocha e os planares de solo, onde a ruptura se dá devido a heterogeneidade do material pedológico. Cruden e Varnes (1996) descrevem a superfícies de ruptura em forma de canal de secção transversal que acompanha descontinuidades tais como falhas, juntas ou superfícies de acamamento ou mesmo o próprio contato

solo-rocha, tendo o modelo da movimentação características distintas conforme as descontinuidades da rocha.

Os escorregamentos do tipo rotacionais ocorrem em áreas de solo desenvolvido e homogêneo e são causados por descontinuidades abruptas no sopé da vertente, como cortes e processos erosivos. Esse tipo de escorregamento mobiliza grande quantidade de massa pedológica. Em geral, a superfície de ruptura tem forma côncava, o que leva a ação de rotação. Após o processo, forma-se abaixo do topo do escorregamento uma espécie de “escarpa” onde, caso permaneça sem suporte, há retroprocesso.

Os escorregamentos em cunha são causados por estruturas geológicas onde o material mobilizado se movimenta ao longo da linha de intersecção destas estruturas.

Quando não há clareza das características do processo de escorregamento, classifica-o como misto, pois possuem propriedades tanto dos escorregamentos planares quanto rotacionais. A superfície de ruptura é abrupta, podendo se tornar plana conforme a profundidade. Este tipo de escorregamento é comum em camadas fracas nos limites entre materiais escorregados e secos.



Nas regiões tropicais, os escorregamentos são bastante frequentes (TOMINAGA, 2009). Dos fenômenos classificados por Marcelino, Nunes e Kobiyama (2008) como desastres no Brasil, 17% foram escorregamentos, conforme exposto no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Fenômenos classificados como desastres, no Brasil, entre 1900 e 2006. Fonte: MARCELINO et al. (2008, modificado). Organização: Michelle O. Santos (2014).

Para Tatizana et al. (1987 apud TOMINAGA, 2009), os escorregamentos analisados por um período de 30 anos ocorridos na escarpa da Serra do Mar no Município de Cubatão, apresentaram relação com chuvas que são mais efetivas para este tipo de fenômeno após cerca de quatro dias de precipitação.

As precipitações intensas com duração entre 24 e 72 horas e que correspondam a mais de 12% do total médio anual tendem a provocar movimentos de massa, sendo que totais acima de 20% podem ser considerados catastróficos (Guidicini e Iwasa 1976, apud KOZCIAK, 2005). Esta ação é potencializada pela acumulação de eventos de chuvas em dias seguidos, com episódios de média e curta duração e, assim, bastando 8% da pluviosidade média anual para deflagrar escorregamentos.

Segundo Guidicini e Nieble (1984 apud TOMINAGA et.al., 2009),

Em termos gerais, um escorregamento ocorre quando a relação entre a resistência de cisalhamento do material e a tensão de cisalhamento na superfície potencial de movimentação decresce até atingir uma unidade, no momento do escorregamento. (p.28)

Sendo que para que isto ocorra, segundo TOMINAGA (in TOMINAGA et. al. Op. Cit),

(...) a infiltração de água no maciço de solo provoca a diminuição ou perda total de atrito entre as partículas. Quando o solo atinge o estado

de saturação com perda total de atrito entre as partículas, (...) passa a se mobilizar encosta abaixo. (p.29)

A chuva ser um agente importante para a deflagração de escorregamentos se deve, portanto, às características texturais e estruturais dos solos, lateral e em profundidade, o que controla a porosidade e a permeabilidade do material pedológico, regulando as forças de estabilidade – coesão e atrito.

## 5. O FATOR DE SEGURANÇA PARA ANÁLISE DE ESTABILIDADE EM VERTENTES

O método do Fator de Segurança (FS) baseia-se na teoria do limite de equilíbrio e na hipótese que este equilíbrio possa existir até o extremo da eminência do movimento de massa (KOZCIAC, 2005). É um cálculo de relação entre forças solicitantes e resistentes dado pela fórmula  $F_s = \tau/S$ , na qual:

- $\tau$ : Forças de resistência
- $S$ : Forças solicitantes

O Fator de Segurança é um cálculo próprio para análise de escorregamentos planares, pois considera-se que todos os elementos que o compõe são paralelos a superfície da vertente, além de considera-la

infinita, isto é, que se estende por longas distâncias e tem espessura menor

Intervalos de FS	Classes	Diagnóstico
$0 < FS < 1$	1	Instabilidade
$1 \leq FS < 1,5$	2	
$1,5 \leq FS < 2$	3	Estabilidade crítica
$2 \leq FS < 3$	4	Boa estabilidade
$3 \leq FS < 4$	5	Alta estabilidade
$4 \leq FS < 5$	6	Excelente estabilidade
$5 \leq FS < 8$	7	
$8 \leq FS < 10$	8	
$FS \geq 10$	9	

que seu comprimento. O seu produto é sempre um número adimensional maior que zero.

O resultado deste cálculo será um número adimensional maior que zero. Segundo o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) (1996), as classes de instabilidade e estabilidade seguem os valores da tabela 2.

Tabela 2 - Tabela de referência de valores de fator de segurança. Fonte DNER, 1996

As forças solicitantes consideradas neste estudo foram:

- Presença de água no solo até o nível de saturação;
- O peso exercido pelas árvores sobre a superfície, principalmente aquelas que retêm muita água em seu sistema, como no caso das bananeiras.

É comumente encontrada na literatura a utilização da variável força exercida pelos ventos nas árvores como força solicitante dos escorregamentos, porém, estudos realizados por Styczen e Morgan (1995), citados por Fiori e Borchard (1997) indicam que apenas ventos acima dos 40 Km/h são determinantes para a contribuição do processo.

Para as forças de resistência utilizamos as seguintes variáveis:

- Coesão do solo: é associada à resistência “cimentante”, física ou química, relacionada à partícula do solo, e que não depende da força normal exercida;
- Raízes das árvores: as raízes das árvores podem agir como contribuintes à resistência caso sua profundidade esteja abaixo da linha de ruptura, sendo mais eficaz em solos com espessura de até 1,50 m. São mais eficientes quando mais densas;
- Peso das árvores sobre o solo: O peso das árvores contribui com a força normal exercida em superfície (KOZCIAK, 2005).

O cenário de análise para o modelo é o de solo saturado, que consiste na “relação entre o volume de água, o volume total e o volume de vazios” (PINTO, 2011), tendo valor de 0% para solo seco e 100% para solo saturado.

Para solo saturado, a distância entre o lençol freático e o topo é igual a zero. A altura do lençol freático a partir da superfície de potencial escorregamento é igual a profundidade do solo. Portanto:

$$F_s = \frac{(C_s + S_r) + [(Z * \gamma_{sat} + P_a) * \cos^2 i + T * \text{sen} \theta] \text{tg} \theta + T * \cos \theta}{[(Z * \gamma_{sat} + Z \gamma_a + P_a) \text{sen} i] * \cos i}$$

Onde:

$C_s$ : Coesão do solo

$S_r$ : Contribuição da raiz para a coesão do solo

$Z$ : Profundidade do solo

$\gamma_{sat}$ : Peso específico do solo úmido



$P_a$ : Peso das árvores sobre o solo

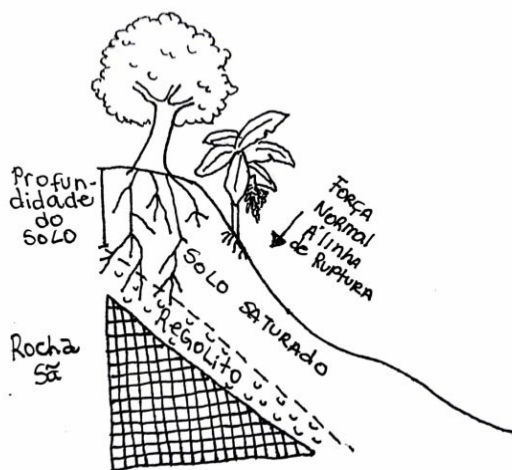
$i$ : Ângulo de inclinação da vertente

T : Tensão das raízes

$\theta$ : Ângulo de atrito interno do solo

$\gamma_a$ : Peso específico da água

Figura 1 - Esquema de macrorepresentação de algumas variáveis que compõe o cálculo do fator de segurança. No topo à esquerda está representada uma árvore com raízes bastante profundas e com alta densidade. A sua direita, a representação um pé de bananeira com raízes rasas. Elaboração: Michelle O. Santos (2019).



O método do fator de segurança pode ser aplicado por meio da utilização de sistemas de informações geográficas (SIG). Cada uma das variáveis foi atribuída aos polígonos correspondentes e então, utilizou-se álgebra de mapas para as operações aritméticas. Os resultados foram tratados estatisticamente, com intuito de diminuir ruídos que pudessem interferir nos dados finais. Para tanto, foram utilizados gráficos Boxplot



realização da pesquisa, foi densamente afetada pelos escorregamentos de 2011. Com área de 3 Km<sup>2</sup>, foi atingida por 23 ocorrências levantadas pelas equipes do Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ) e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Esta microbacia é pertencente aos sistemas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, sub-bacia do Rio Paquequer<sup>2</sup>.

Localizado na região do Batólito da Serra dos Orgãos, a área está embasada em rochas graníticas e gnáissicas de granulação entre média e grosseira, com foliação concordante às rochas encaixantes, além de ocorrência de áreas milotinizadas caracterizadas por apresentarem rochas de fina textura próximas das linhas de falhas.

Desenvolveram-se na área de estudos dois tipos básicos de solos: Cambissolos Áplicos e Gleyssolos Áplicos. Caracteristicamente, estes solos estão associados à pouca profundidade e um grau alto de acidez, limitando assim o tamanho das raízes das árvores.

É uma região geomorfologicamente dissecada, onde há alta densidade de vertentes côncavas e retilíneas. Estas últimas encontradas nas escarpas com presença de rocha sã. Há também áreas de relevo ondulado nas porções mais alta do reverso da Escarpa da Serra do mar.

Quanto ao Clima, a média de precipitação anual é de 1500mm e o máximo diário atingido, até o advento dos escorregamentos de 2011, foi de 182,6mm/dia, registrado em fevereiro de 1964. Os ventos registram velocidade média de 1,57 m/s ou 5,6 km/h, segundo dados das estações meteorológicas de Teresópolis e do Parque Nacional da Serra dos Orgãos (PARNASO).

O uso da terra nesta área (mapa 2) pode ser dividido em cinco categorias distintas: Campo, Capoeira, Floresta Ombrófila densa do

subtipo Montana<sup>3</sup>, solo exposto e área urbanizada. A maior parte da área é coberta por Floresta ombrófila, cerca de 45%.

A floresta ombrófila, em seus primeiros estágios de regeneração, é caracterizada por Capoeira (2,95% da área). Solo exposto e solo rochoso são encontrados em 17,47% da área total, principalmente em áreas próximas às cristas ou na planície fluvial. Há um grande afloramento rochoso que se encontra a Sudeste da área de estudos.

A ocupação urbana recobre 35% da área e faz parte da Macrozona 1, segundo o Plano Diretor do Município, definida como áreas onde os recursos ambientais foram quase que totalmente suprimidos, sendo estas áreas destinadas à expansão urbana.

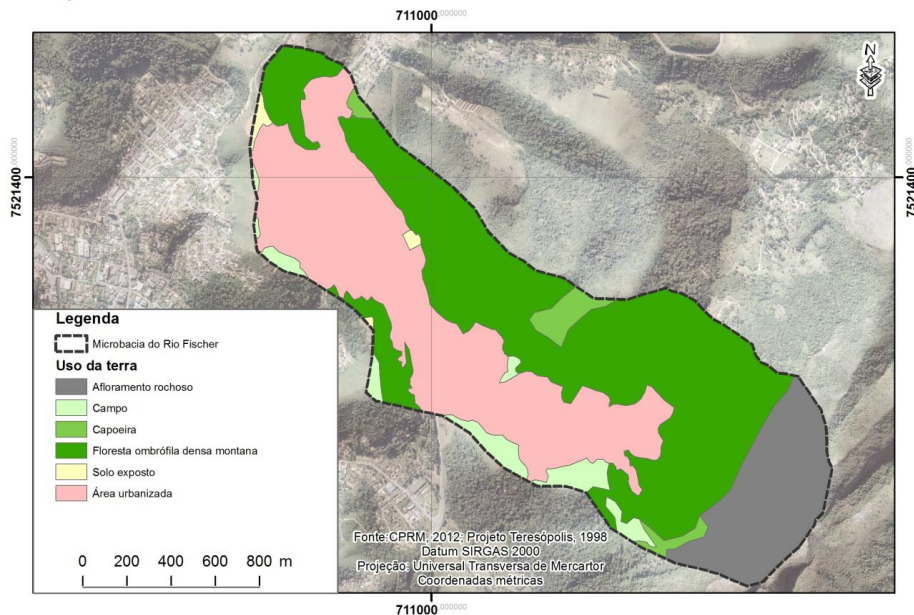
Por vezes a porção urbanizada (25,8%) coincide com áreas alagadiças ou onde o índice clinográfico ultrapassa os 30%, limites definidos pela lei federal nº 6766/79 como regiões restritas à urbanização.

Mapa 2 - Mapa de Uso da Terra. Elaboração - Michelle Odete dos Santos, 2014

---

3 Por se encontrarem entre as cotas 500 e 1000 metros de altitude, recebem esta denominação.

## Mapa de Uso da terra da microbacia do Rio Fischer



## 7. CARACTERÍSTICAS LOCAIS NO ADVENTO DOS EVENTOS DE ESCORREGAMENTO EM JANEIRO DE 2011

A precipitação acumulada em 24 horas entre 11 e 12 de janeiro de 2011, registrada pelas estações meteorológicas do INMET de Teresópolis e do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), equivaleu a 125% daquela acumulada no dia recorde desde o início dos registros, em fevereiro de 1964 (182,6 mm). Em 12 dias, de 1º a 12 de janeiro de 2011, a precipitação foi de 21% da média acumulada para o ano.

As condições climáticas no período do evento dos escorregamentos foram, segundo Dourado et al. (2012, p.43) :

O evento foi deflagrado por condições climáticas extremas de precipitação acumulada em 24 horas de 241,8 mm, com pico de 61,8 mm

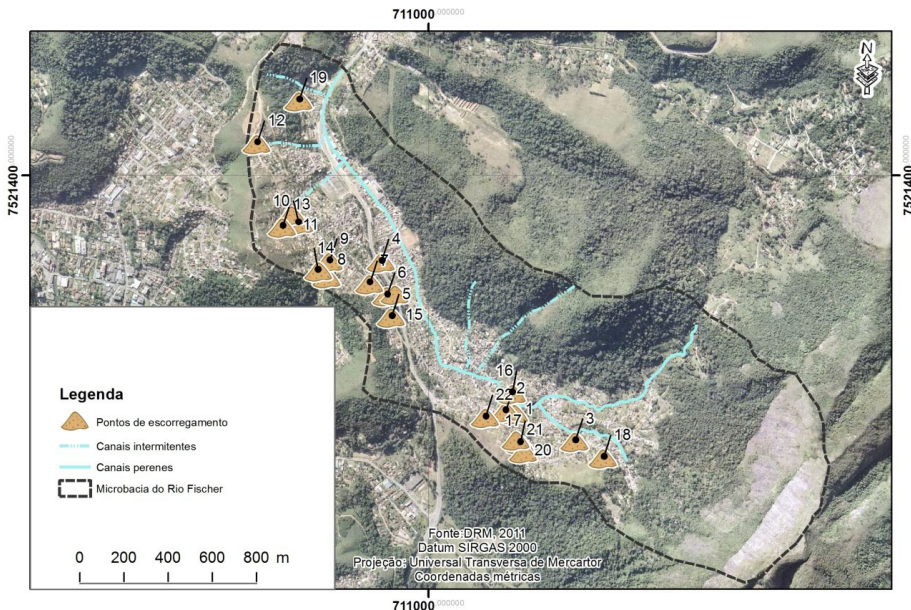
em uma hora, o que ajudou a perfazer a precipitação acumulada entre os dias 1º e 12 de janeiro de 573,6 mm.

Após os eventos, equipes de órgãos como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ) fizeram expedições de campo para o levantamento das áreas que sofreram escorregamentos. Estes dados serviriam como base para políticas públicas de remediação e mitigação de eventos de escorregamentos, assim como assistência aos afetados pela tragédia. O levantamento para a área de estudos foi feito pela equipe DRM-RJ e 23 pontos de escorregamentos foram levantados e geocodificados, conforme apresentado no mapa 3.



Mapa 3 - Distribuição dos pontos de escoamentos na microbacia do Rio Fischer.

Fonte: DRM-RJ. Elaboração: Michelle O. Santos (2015).



## 8. VALORES DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA

Os valores utilizados para as características físicas dos solos foram extraídos da pesquisa de KOZCIAK (2005), uma vez que em sua área de estudos eram presentes porções de Cambissolo Áplico e Gleissolos Ápicos.

A profundidade do solo foi estimada em função de sua classificação. O Ângulo de inclinação das vertentes foi calculado em ambiente SIG na geração de um mapa clinográfico.

Utilizou-se também os valores de KOZCIAK (2005) para Peso das árvores sobre o solo, tensão suportada pelas raízes e contribuição das raízes para a coesão do solo. As áreas de solo exposto, urbanizadas ou com

vegetação em estágios iniciais de regeneração receberam o valor 0 (zero) na equação.

Os valores atribuídos para cada uma das variáveis utilizadas no cálculo do valor do fator de segurança foram:

Tabela 3 - Parâmetros por tipo de solo

	Cambissolo áptico	Gleissolo áptico
Coesão do solo (KPa)	9,6	10,9
Ângulo de atrito interno do solo (°)	17	25,5
Peso específico do solo saturado (KN/m <sup>3</sup> )	16,75	18,65
Profundidade do solo (cm)	100	200

$S_r$  (Contribuição da raiz para a coesão do solo): 5,9 KPa (para profundidades menores que 3m)

$P_a$  (Peso das árvores sobre o solo): 3 KPa

T Tensão das raízes 5 KN/m

$\gamma_a$  Peso específico da água 9,8 KN/m<sup>3</sup>

## 9. RESULTADOS

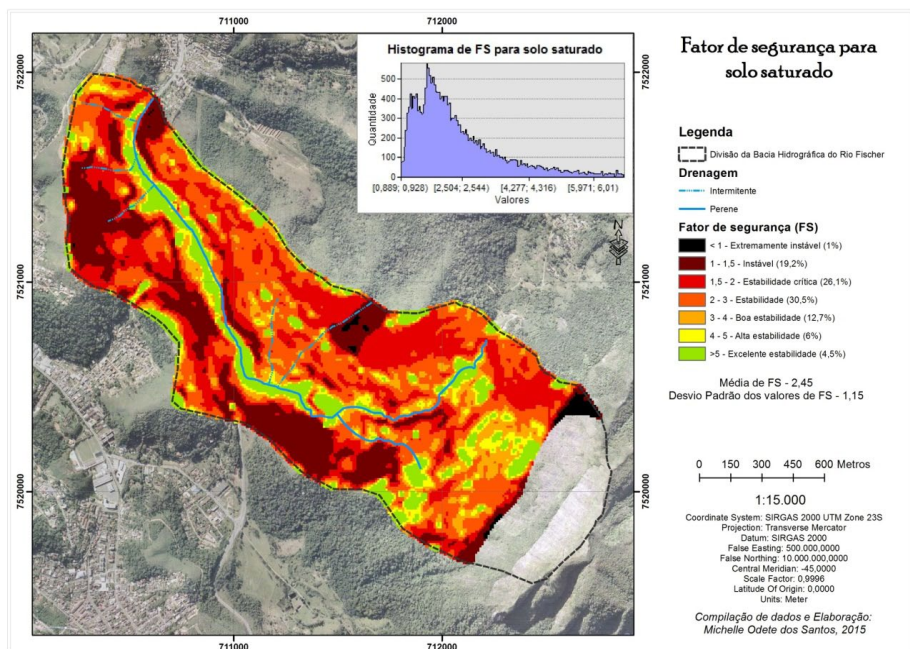
Os dados gerados para análise (mapa 4) indicam que os valores de fator de segurança para solo saturado na área de estudos estão entre os



extremamente instáveis (1% da área) e com excelente estabilidade (4,5%), sendo a maior extensão de área estável (30,5%), o que também pode ser lido no histograma do mapa. O desvio padrão dos dados é de 1,15, isto é, em média, as áreas estão entre instáveis e de boa estabilidade.

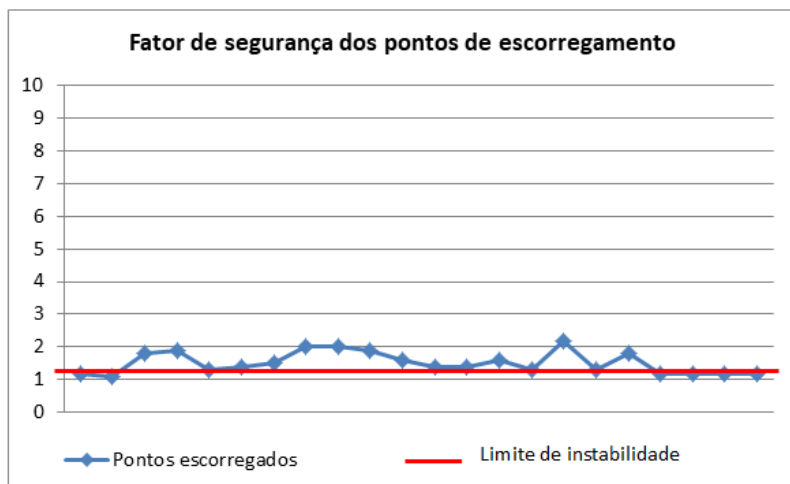
A análise dos pontos de escorregamento coletados pelo DRM-RJ indicou que o valor médio do fator de segurança em solo saturado é de 1,5, encontrando-se na faixa de estabilidade crítica. No entanto, a moda para estes valores é de 1,2, isto é, de todas as 23 ocorrências, o fator de segurança que mais se repete está na faixa de instabilidade.

Mapa 4 - Mapa do fator de segurança para solo saturado



A área instável em solo saturado está associada às áreas correspondentes aos cambissolos, à cobertura vegetal baixa ou inexistente, ambos em associação aos altos índices clinográficos.

Gráfico 2 - Fator de segurança dos pontos de escorregamento. Elaboração: Michelle O. Santos (2015).



De todas as 23 ocorrências, 52% ou 12 pontos encontram-se em níveis de instabilidade. Destes pontos, nenhum se encontra em níveis de instabilidade extrema.

## 10. CONCLUSÕES

O cálculo do fator de segurança se mostrou bastante satisfatório em relação à compreensão dos processos de escorregamentos dos eventos de 2011, indicando ser uma ferramenta importante para a análise de áreas instáveis.

Outros fatores além dos considerados no cálculo do fator de segurança podem favorecer a ocorrência dos escorregamentos, mas a escala em que se encontram requer levantamento de campo, como o caso dos cortes no sopé das vertentes ou plantação de espécies como bananeiras.

As raízes das árvores se mostraram como elementos de suma importância para a estabilidade do terreno, uma vez que áreas com falta de cobertura vegetal e alto ângulo clinográfico apresentaram valores de instabilidade.

A maior dificuldade em utilizar este método em mapeamentos está na busca dos valores das variáveis que compõem a fórmula, principalmente aquelas ligadas à física dos solos, pois estas necessitam de ensaios e análises laboratoriais complexos.

A proposta deste método é ser um apoio ao trabalho de campo, profundo e sistematizado, de observação e avaliação dos fatores determinantes da dinâmica de escorregamentos, trazendo subsídios para que se apontem áreas prioritárias para a implantação de políticas públicas de mitigação de riscos.

## BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A.N. Um conceito de Geomorfologia serviço das pesquisas sobre o Quaternário. Instituto de Geografia, São Paulo, 1969.

AIRES, J.R.; MOTOKI, A.; MOTOKI, K.F.; MOTOI, D.F.; RODRIGUES, J.G. Análises Geomorfológicas do Platô de Teresópolis e da Serra do Mar, RJ, com o Auxílio de Seppômen e ASTER GDEM e sua Relação aos Tectonismos Cenozoicos. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Vol. 35 - 2 / 2012 p.105-123.

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728 (Publicada online em Janeiro de 2014).

ARAÚJO, P.C. Análise da suscetibilidade a escorregamentos: Uma abordagem probabilística. Tese de Doutorado. Unesp, Rio Claro, 2004.

BDMEP. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acessado em 23/11/2013.

BRACKEN, L.J.; WAINWRIGHT, J. Geomorphological Equilibrium. Transactions of the Institute of British Geographers, New Series, Vol. 31, Nº. 2 2006, pp. 167-178.

BRASIL Manual de desastres naturais. Volume I, Brasília, 2003.

BRASIL (Serviço Mineral do Brasil) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. 2012. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/rj/geologico/geologia\\_cambiano.pdf](http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/rj/geologico/geologia_cambiano.pdf) Acessado em

24/012/2015.

BUSTAMANTE, T.G.C. Impactos da chuva na ocorrência de deslizamentos de terra e inundações no Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, INPE, São José dos Campos, 2010.

CARVALHO, R.G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CERRI, L.E.S; NOGUEIRA, F.R.; CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.; AUGUSTO FILHO, O. Mapeamento de risco em assentamentos precários no Município de São Paulo. Geociências UNESP, São Paulo. V. 26, n. 2 p 143-150, 2007.

CHORLEY, R.J.; KENNEDY, B.A. Physical Geography – A systems approach Prentice-Hall International Inc. Londres, 1971.

CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A.; SUGDEN, D.E. Geomorphology Methuen, Nova York, 1984.

COLANGELO, A. C. Geomorfologia Experimental Aplicada ao Estudo de Estabilidade de Vertentes. IIV Simpósio de Geografia Física Aplicada, 1991, Porto Alegre, 1991. p. 267-274.

COLANGELO, A. C. Os mecanismos de compensação e equilíbrio de forças na dinâmica dos materiais de vertente. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 9, p. 13-20, 1995

CRUDEN, D.M., VARNES, D.J. Landslide Types and Processes. Special Report , Transportation Research Board. National Academy of Sciences, 247:36-75, 1996

DOURADO, F; ARRAES, T.C.; SILVA, M.F. O megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição especial dos investimentos de reconstrução pós desastre. Anuário do Instituto de Geociências, Vol 35, N. 2 UFRJ, Rio de Janeiro, p. 43-54.

EMBRAPA AGEITEC – Agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acessado em 04/03/2014.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Bertrand Brasil, São Paulo, 2003, 3ª Ed.

GUIMARÃES, L. T. Utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paqueta, Município de Teresópolis, RJ. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T. e FERNANDES, N.F. Movimentos de Massa. In: FLORENZANO, T. Geomorfologia – Conceitos e tecnologias atuais. Oficina dos textos, São Paulo 2008.

HARTWIG, M. E.; RICCOMINI, C. Padrão de fraturas da região da Serra dos Órgãos (RJ) e sua relação com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 39(3): 452-464, setembro de 2009.

KOZCIAK, S.- Análise determinística da estabilidade de vertentes na bacia do Rio Marumbi – Serra do Mar - Paraná. Tese de Doutorado,

Curitiba, 2005.

MARCELINO, E.V.; NUNES, L.H.; KOBIYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: Análise de dados globais e regionais. *Caminhos de Geografia Uberlândia* v. 6, n. 19, 2006 p. 130-149.

RHOADS, B. ; THORN, C. - The Scientific Nature of Geomorphology. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 87, No. 4 (Dec., 1997), pp. 748-749.

RUHE, R,V. - Geomorphic surfaces and the nature of soils. *Soil Sciences*, Vol. 82, 1956, p. 441-455.

RUHE, R,V. *Geomorphology*. Houghton Mifflin, Boston, 1975.

SACRAMENTO, M. F.; REGO, M.J.M. A bacia de drenagem enquanto unidade integradora nos estudos geoambientais. VI Simpósio nacional de Geomorfologia - Geomorfologia tropical e subtropical: Processos, métodos e técnicas. Goiânia, 2006. p.1-7.

SILVA, A.B. *Sistemas de informações Geo-referenciadas*. Editora Unicamp, Campinas, 2003.

SILVEIRA, C.T. da; FIORI, A.P.; FERREIRA, A.M.; FELIPE, R.S.; KEPPEL FILHO, J.L.; FOLADOR, R.M.; COSTA, L.C. - Análise do fator de segurança da estabilidade das vertentes na bacia do Rio Jacarei, Serra do Mar paranaense. *Revista brasileira de Geomorfologia*, V. 13, n.3, 2012.

TOMINAGA, L.K *Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2007.

TOMINAGA, L.K; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres naturais – Conhecer para prevenir. Instituto geológico, São Paulo, 2009.

ZÊZERE, J.L. Dinâmica de vertentes e riscos geomorfológicos. Centro de estudos Geográficos, Relatório nº 41, Lisboa, 2005.



# ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO CÓRREGO MATRIZ, CACHOEIRA-ALTA/GOIÁS, BRASIL

Fernanda Luisa Ramalho  
João Batista Pereira Cabral  
Assunção Andrade de Barcelos

## 1. Introdução

A exploração dos recursos da natureza, notadamente os recursos hídricos e suas zonas de recarga localizadas nas pequenas bacias de cabeceiras, vem se tornando cada vez mais preocupante, pois tem avançado sobre áreas reconhecidamente protegidas (as áreas de preservação permanente - APPs) dos recursos naturais, comprometendo sua função ambiental.

Com o intuito de propor medidas no país, instituiu-se a Lei Federal nº 9.433/97, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que se desenvolveu de modo institucionalizado, atribuindo à água valores quantitativos e qualitativos. Em relação aos programas e metas de gestão em termos de amplitude nacional, as instituições gestoras obedecem à legislação aprovada por meio da Lei nº 1997 e da Agência Nacional das Águas – ANA, promulgada em 2000, que conta ainda com a elaboração de Planos Diretores em conformidade com os conflitos detectados (GRABHER; BROCHI; LAHÓZ, 2003). Assim, observa-se a importância, para gestores e pesquisadores, da compreensão do conceito de bacia hidrográfica e suas representações.

Em vista dos argumentos apresentados, diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo com o intuito de se promover uma melhor gestão dos recursos hídricos (STRAHLER,

1952; CHRISTOFOLETTI, 1991; GUERRA; CUNHA,1997).

Segundo a Lei nº 8171/91, as bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, de conservação e de recuperação dos recursos naturais (BRASIL, 1991). Para Tucci (1993), a bacia hidrográfica é uma captação natural da água da precipitação que faz convergir os elementos para uma única área de saída, exutório, ou seja, a seção de um rio a define.

Assim, Rocha (2014) completa explicando que a bacia hidrográfica é uma unidade sistêmica que inclui, além dos cursos d'água, divisores topográficos, tipos de rede de drenagem, mas, independente dessas definições, terá sempre a mesma aparência e gênese.

A bacia hidrográfica pode sofrer mudanças ou alterações no comportamento hidrológico em função de aspectos físicos, como geomorfológicos, pedológicos, geológicos, climáticos e vegetação, não deixando de considerar as ações antrópicas (BRAGA, 2012). A ausência do conhecimento destas variáveis pode afetar a disponibilidade e a qualidade hídrica (SANTOS;HERNANDEZ, 2013; BATISTA et al., 2017).

Na maioria dos conceitos evidencia-se uma eminente semelhança e consideração sobre este recorte espacial, baseados na área de concentração de determinada rede de drenagem. Segundo Christofolletti (1979), a drenagem interna de uma bacia é o principal fator a ser considerado, pois a entrada da água, seguida da formação e da ação de seus cursos, pode ser entendida como um dos elementos do processo morfogenético mais ativo na esculturação da paisagem terrestre.

Para Moura et al. (2018), a análise morfométrica é fundamental para a gestão de bacias hidrográficas, por retratar o comportamento hidrológico, uma vez que é capaz de indicar a capacidade de armazenamento da água do solo ou o seu escoamento superficial.

Essa análise tem por base as ações relativas ao uso de geoprocessamento, principal ferramenta para sua localização e delimitação, seguido das medições e da análise morfométrica de sua superfície (COUTINHO et al., 2011). Levando em consideração a importância do planejamento, da do gestão e comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, o trabalho proposto tem como objetivo analisar as características morfológicas da bacia hidrográfica do Córrego Matriz, em Cachoeira-Alta/GO.

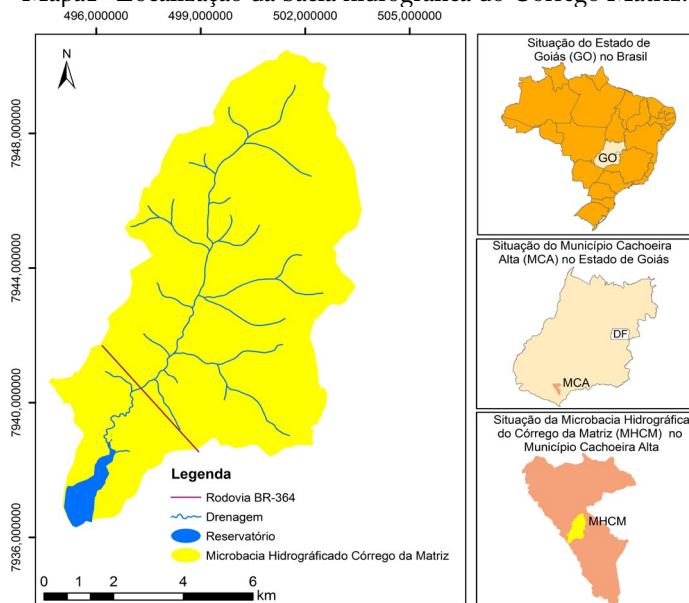
## 2. Metodologia

### 2.1. Caracterização da área de pesquisa

A bacia hidrográfica do Córrego Matriz (BHCM) encontra-se localizada no município de Cachoeira Alta/GO, na região Sul do estado do Goiás; possui área territorial de 1.654,554 km<sup>2</sup> e população de 10.553 habitantes e faz fronteira com os municípios de Caçu, Rio Verde, Aparecida do Rio Doce e Quirinópolis, distando, aproximadamente, 344 km/h da capital Goiânia.

A BHCM faz parte da bacia hidrográfica do Rio Claro, localizando-se à margem esquerda do reservatório da UHE-Barra dos Coqueiros, abrangendo uma área de 69,42 km<sup>2</sup> (Mapa 1).

Mapa1- Localização da bacia hidrográfica do Córrego Matriz.



Elaboração: Alves (2016).

### 2.3- Geração da base de dados

Para realizar a análise física da BHCM, utilizou-se métodos interpretativos passíveis de explicar as características físicas da área e suas relações com a paisagem.

As bases de dados geográficos foram obtidas no Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (2016). Os mapas foram elaborados no *Software* SIG ArcGIS 10.1, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG/Regional Jataí, pela chave EFL 9596928994.

### 2.4- Análise morfométrica

Para Stevaux e Latrubesse (2017), a rede de drenagem é composta por uma série de relações expressas como equações exponenciais ou geométricas. Os estudos pioneiros nessa área foram elaborados

por Horton (1945) e Strahler (1952, 1957), que estabelecem relações quantitativas entre componentes do sistema fluvial. Essas relações têm por objetivo aplicar técnicas denominadas morfometria fluvial.

A partir dessa compreensão, foram selecionadas 24 variáveis morfométricas, destas, 12 resultam de dados obtidos por meio de SIG e 12 foram conseguidas por meio da aplicação de equações específicas, utilizando os índices secundários obtidos dos dados anteriores.

No ArcGIS 10.1<sup>®</sup> foram encontradas as seguintes variáveis da bacia hidrográfica: área (A), perímetro (P), número dos cursos hídricos (N), comprimento axial (La), ponto mais alto (PI), ponto mais baixo (PII), altitude, declividade da bacia, comprimento do canal principal (L), comprimento total dos canais (Lt), vetorial médio em linha reta (Ev) e ordem dos cursos hídricos. As demais variáveis morfométricas calculadas obedecem às equações descritas, conforme segue: Quadro 1 para características geométricas; Quadro 2 características morfométricas do relevo; e Quadro 3 características da rede de drenagem.

Quadro 1- Características Geométricas da bacia hidrográfica.

ITEM	EQUAÇÃO	DEFINIÇÃO	SIGNIFICADO
<i>Coefficiente de compacidade (Kc)</i>	$Kc = 0,28(P/\sqrt{A})$	P-perímetro da bacia em km; A-área em km <sup>2</sup> .	relação entre o perímetro da bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área igual à da bacia (FRAGA, 2014).
<i>Fator de forma (Kf)</i>	$Kf = A/Lax^2$	A-área da bacia em km <sup>2</sup> ; Lax-comprimento axial da bacia em km.	relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia da foz até o ponto mais distante do espigão (SANTOS et al., 2012).
<i>Índice de rugosidade (Ir)</i>	$Ir = Hm * Dd$	Hm-amplitude altimétrica em m; Dd-densidade de drenagem em km/km <sup>2</sup> .	produto da densidade de drenagem pela declividade média da bacia (FRAGA et al., 2014).

Org.: Autores (2018).

Quadro 2 - Características morfométricas do relevo.

ITEM	EQUAÇÃO	DEFINIÇÃO	SIGNIFICADO
<i>Índice de circularidade (IC)</i>	$IC = 12,57A/P^2$	A-área da bacia em km <sup>2</sup> ; P-perímetro da bacia em km.	relaciona a área da bacia à área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia (MULLER, 1953).
<i>Densidade hidrográfica (Dh)</i>	$Dh = Ncp/A$	Ncp é o número de canais de primeira ordem, conforme sugestão de Christofolletti (1980); e A é a área da bacia em km <sup>2</sup> .	relação existente entre o número de cursos de água e a área da bacia (também conhecida como frequência de drenagem).

<i>Declividade do canal principal (Dcp)</i>	$S1=100Hm/Lp$	S1-declividade do canal principal em %; Hm-variação da cota entre os dois pontos extremos em m (declividade entre extremos, que é obtida através da diferença entre as cotas máximas na cabeceira e mínima, na foz); Lp-comprimento em nível do curso de água principal em m.	Lorenzon et al. (2014) afirmam que é muito importante na análise da propensão à ocorrência de enchentes a declividade do canal principal.
<i>Amplitude altimétrica máxima (Hm)</i>	$Hm=PI-PII$	PI é a altitude máxima do divisor topográfico; e PII é a altitude da foz.	diferença entre a cota máxima e a mínima.
<i>Índice de sinuosidade (Is)</i>	$Is=L/Ev$	L-comprimento do rio principal em km; Ev-equivalente vetorial médio em linha reta em km.	relaciona o comprimento verdadeiro do canal (em projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos do canal principal (NARDINI et al., 2013).
<i>Razão de Relevo (Rr)</i>	$Rr=Hm/L$	Hm - amplitude topográfica máxima em m; L-comprimento do canal principal em m.	relaciona a amplitude altimétrica máxima da bacia e sua maior extensão medida paralelamente à principal linha de drenagem (ROCHA et al. 2014).

Org.: Autores (2018).

Quadro 3 - Características da rede de drenagem.

ITEM	EQUAÇÃO	DEFINIÇÃO	SIGNIFICADO
<i>Densidade de drenagem (Dd)</i>	$Dd=Lt/A$	Lt- comprimento total dos canais em km; A-área da bacia em km <sup>2</sup> .	correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia, e o cálculo do comprimento total dos canais deve levar em conta tanto os rios perenes como os temporários (CHRISTOFOLETTI, 1969)
<i>Coefficiente de manutenção (Cm)</i>	$Cm = 1000/Dd$	Cm-coeficiente de manutenção em m <sup>2</sup> .m <sup>-1</sup> ; Dd-densidade de drenagem em km.km <sup>-2</sup> .	relação inversa da densidade de drenagem e que fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento.
<i>Extensão do percurso superficial (Eps)</i>	$Eps = 1/2 Dd$	Dd-densidade de drenagem em km.km <sup>-2</sup> .	corresponde à distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um curso de água permanente.

Org.: Autores (2018).

### 3. Resultado e Discussões

A BHCM está caracterizada por relevos tabuliformes, conta com variações altimétricas de 350 a 730 metros. Para Nascimento (1991), essa área faz parte do planalto do Rio Verde, em que o relevo dissecado foi moldado predominantemente nos arenitos cretácios do Grupo Bauru, sobre os quais desenvolveram-se latossolos e argissolos. As rochas basálticas sob cobertura florestal afloram no fundo dos vales dos rios.

Em termos geológicos, a BHCM é compreendida pelas formações



Marília e Vale do Rio do Peixe do Grupo Bauru, e pela Formação Serra Geral, do Grupo São Bento. A Formação Vale do Rio do Peixe é caracterizada como a unidade de maior extensão da bacia, a qual repousa diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral. Seus arenitos apresentam características do tipo muito finos a finos, de marrom-claro rosado a alaranjado (FERNANDES, 2004). Ocupa 53,73 km<sup>2</sup> da área, correspondendo a 77,39% da bacia hidrográfica.

A Formação Marília é composta por arenitos mal selecionados, vermelhos, de finos a grossos, cimentados por sílica amorfa (FERNANDES, 2004). Consequência disso é que os solos dessa formação na bacia hidrográfica estão representados pelo cambissolo háplico Tb distrófico e pelo latossolo vermelho-distrófico, ocupando 6,54 km<sup>2</sup> da área, correspondendo a 13,55% da bacia hidrográfica. Para Cabral et al. (2009), esse arenito corresponde aos relevos residuais (morros testemunhos), o que lhe confere maior resistência em relação ao intemperismo e à erosão.

As rochas basálticas da Formação Serra Geral ocupam 6,16 km<sup>2</sup> da área, correspondendo a 8,87% da bacia hidrográfica. Têm origem vulcânica e são encaixadas em unidades litoestratigráficas mais antigas, apresentando, muitas vezes, aspecto maciço, cor cinza escura, granulação fanerítica de fina a média, com presença de fraturas (AGIM/CPRM, 2002). Sobre a Formação Serra Geral encontra-se o latossolo vermelho-perférico.

Em alguns pontos da bacia hidrográfica, encontram-se solos hidromórficos. Muitas vezes esses solos não são identificados nos mapas devido a sua escala. Segundo informações da Embrapa (2006), as classes de solos hidromórficos são classificadas de Gleissolos, constituídos por material mineral e apresentam horizonte Glei dentro de 150 cm da superfície do solo.

Com base nesse contexto, as variações que ocorrem nos solos estão

diretamente relacionadas ao seu material de origem, além da influência do relevo e das condições climáticas, dos organismos presentes e do seu tempo de formação.

As análises das características físicas da bacia hidrográfica em estudo são essenciais para a interpretação dos índices morfométricos, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados obtidos para a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego da Matriz, em Cachoeira Alta – GO.

Características morfométricas		Resultados
Geométricas	Área	69,42 km <sup>2</sup>
	Perímetro	42,62 km
	Número de canais	23
	Comprimento axial	15,47 km
	Coefficiente de compacidade	1,43
	Fator de forma	0,29
	Índice de rugosidade	222,75
	Densidade hidrográfica	0,33 canais km <sup>-2</sup>
Índice de circularidade	0,48	
Relevo	Ponto mais alto da bacia	730 m
	Ponto mais baixo da bacia	425 m
	Altitude média	569,24 m
	Amplitude altimétrica	305 m
	Declividade do canal principal	1,73%
	Índice de sinuosidade	1,21 km km <sup>-1</sup>
	Razão de relevo	17,30 m km <sup>-1</sup>
Rede de drenagem	Comprimento do canal principal	17,63 km
	Comprimento total dos canais	50,7 km
	Equivalente vetorial médio em linha reta	14,64 km
	Densidade de drenagem	0,730 km km <sup>-2</sup>
	Coefficiente de manutenção	1369,23 m <sup>2</sup> m <sup>-1</sup>
	Extensão do percurso superficial	0,37 km
	Ordem da bacia	3

Org.: Autores (2018).

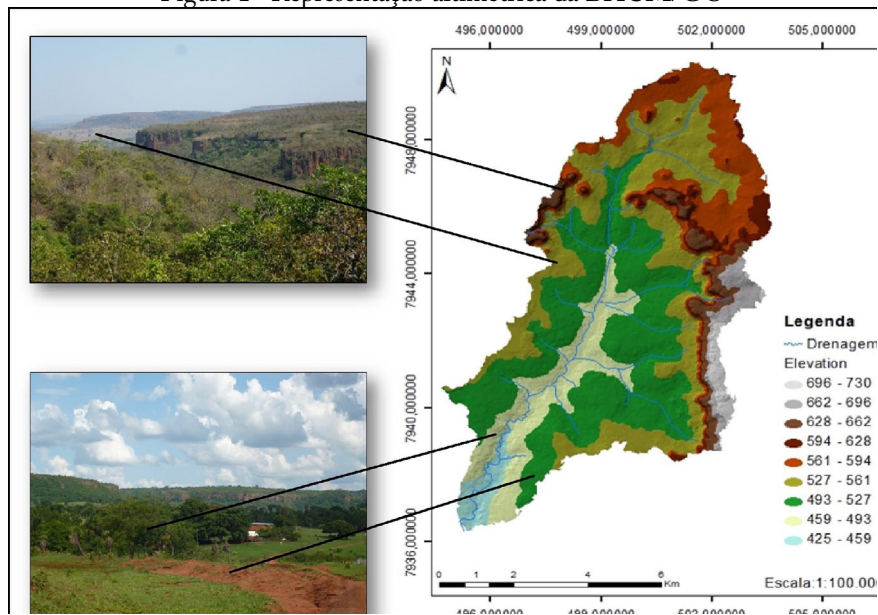
A medida da bacia hidrográfica do Córrego Matriz corresponde a

69,42 km<sup>2</sup>, com perímetro de 42,62 km, considerada pequena em relação à delimitação realizada por Moura et al. (2018) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, em Iporá, Goiás, que os autores consideram mediana, totalizando 127,062 km<sup>2</sup>.

Os parâmetros hipsométricos dizem respeito à correlação entre a variação altimétrica, a área e a rede de drenagem de uma mesma bacia, em que são representados pela curva hipsométrica, pelo índice de rugosidade e declividade.

De acordo com os dados obtidos, as altitudes (Figura 1) na bacia atingem 730 metros no interflúvio, ou seja, nas cabeceiras de drenagem, variando até 425 metros próximo à confluência do córrego com a UHE Barra dos Coqueiros. Apresenta um desnível de 305 metros distribuídos ao longo de um eixo de 15,47 km de norte a sul da bacia.

Figura 1– Representação altimétrica da BHCM/GO



Elaboração: Alves (2016). Org.: Ramalho (2016).

Para Lima et al. (2012), esses relevos montanhosos influenciam na quantidade de radiação que a bacia hidrográfica recebe e, conseqüentemente, na evapotranspiração, na temperatura e na precipitação. Além de favorecerem o escoamento rápido das águas pluviais. Esse escoamento sem manejo adequado de estradas rurais, áreas de pastagem ou agricultura pode acarretar processos erosivos, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Processo erosivo avançado da BHCM/GO.



Fonte: Barcelos, A. A. (2017).

No período chuvoso, e em momentos de chuva intensa, a superfície apresenta condições mais propícias ao escoamento do que à infiltração. Com isso, o tipo de uso e cobertura pode influenciar na capacidade de produção de água da bacia, sendo importante os seus estados de conservação (REIS et al., 2012).

A declividade do canal da BHCM corresponde a 1,73% (Tabela 2), em compensação, ao analisar os declives da bacia, verificou-se que

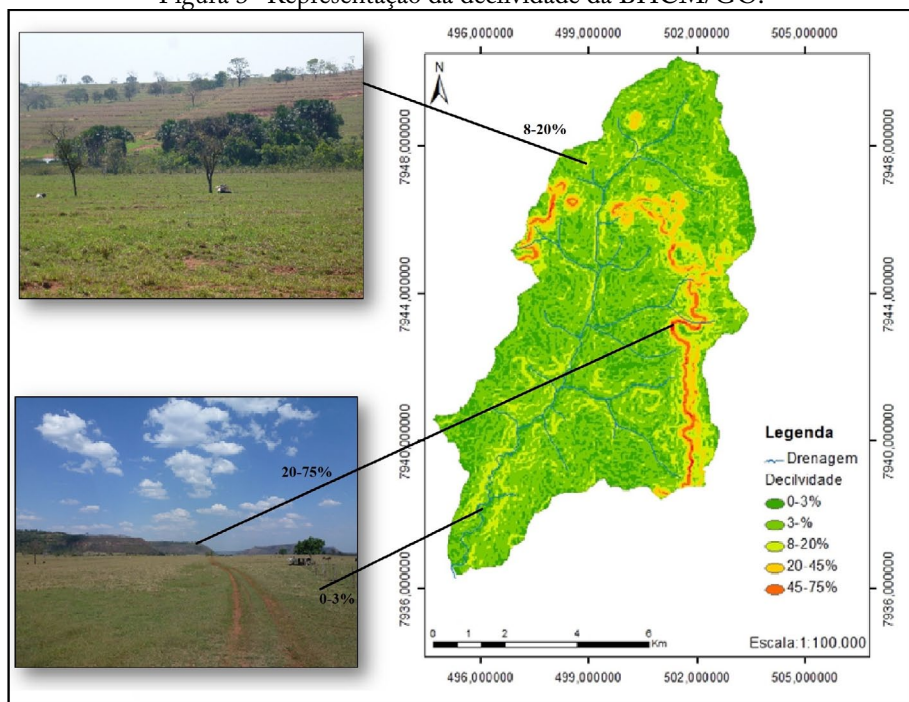
predominam declives entre suaves e ondulados, sendo que as áreas mais íngremes ocorrem nos relevos tabuliformes e nos morros testemunhos, como apresentado na Tabela 2 e Figura 3.

Tabela 2 - Declividade da BHCM/GO, respectiva área, porcentagem e declividade das formas de relevo adotadas como referência

Declividade	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem	EMBRAPA (1999)
0 – 3%	12,66 km <sup>2</sup>	18,24%	Plano (0-3%)
3 – 8%	39,72 km <sup>2</sup>	57,22%	Suave-ondulado (3-8%)
8 – 20%	11,46 km <sup>2</sup>	16,51%	Ondulado (8-20%)
20 – 45%	3,29 km <sup>2</sup>	4,74%	Forte-ondulado (20-45%)
> 45	1,05 km <sup>2</sup>	1,52%	Montanhoso (45-75%)

Fonte: Produção da autora (2015).

Figura 3- Representação da declividade da BHCM/GO.



Elaboração: Alves, W. S. (2016). Org.: Ramalho, F. L. (2016).



As superfícies planas são áreas que apresentam desnivelamentos muito pequenos, enquanto o relevo suave ondulado possui uma topografia pouco movimentada, constituída por um conjunto de colinas, podendo ter elevações de altitude relativas de 50m ou de 50 a 100m. As superfícies onduladas já são pouco movimentadas, com declives moderados (EMBRAPA, 2006).

Conforme análise da Figura 2, as maiores declividades (acima de 20 %) ocorrem nas vertentes da parte a montante da bacia. Por outro lado, predomina uma declividade de 3-8%, distribuída ao longo de toda a bacia hidrográfica, podendo se apresentar nas áreas de fundo de vale.

Para Campos et al. (2010), as áreas com até 20% de declividade são consideradas áreas propícias à exploração, com culturas anuais e permanentes, o que as torna uma área quase toda agricultável, como a BHCM. Já a pecuária pode ser praticada até em relevos acidentados (até 40% de declividade) e montanhosos (>40% de declividade), sendo estes limitados.

Para a pesquisa, o que importa são as áreas com até 20% de declividade, pois nelas é que se encontra toda atividade de pastagem e as áreas de cultivo. As áreas com mais de 20% de declividade estão voltadas, em sua grande parte, para a preservação permanente.

A bacia em estudo não apresenta indicativo de grandes enchentes devido aos resultados do Kc igual a 1,47, Kf 0,29 e Ic igual a 0,48. Fato analisado nos estudos de Coutinho et al. (2011), na bacia hidrográfica do Rio da Prata (ES), quando este apresentou dados semelhantes quanto às características geométricas: Kc igual a 1,75, Kf igual a 0,33, e Ic igual a 0,64, resultando numa bacia hidrográfica com probabilidade de enchentes baixa. O resultado de Ic do Córrego Matriz indica que a bacia hidrográfica não possui formato semelhante a uma circunferência, mas um formato alongado.

Para Batista et al. (2017), os valores encontrados na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, em Iporá/GO, resultaram na suscetibilidade média de enchentes, pois esta apresentou um coeficiente de compacidade muito baixo em relação à BHCM  $0,07\text{m}^2$ , além de 0,76 para o Kf, indicando ser uma bacia circular.

Stevaux e Latrubesse (2017) ressaltam que a densidade de drenagem é o parâmetro que controla a eficiência de escoamento, refletindo mais diretamente neste, além da precipitação média, da influência do clima, do relevo, do tipo de rocha e solo, da cobertura vegetal e do uso e ocupação da bacia. Além da Dd, exibe uma relação positiva com a energia do relevo. A forma da bacia também influencia a Dd. Bacias hidrográficas como a do Córrego Matriz, mais alongados, tendem a mostrar valor maior desse parâmetro do que bacias mais arredondadas (STEVAUX;LATRUBESSE, 2017).

De acordo com Sthraler (1957), a Dd pode ser considerada baixa por apresentar valor de  $0,730\text{ km km}^{-2}$ , ou seja,  $\leq 5,0$ , assim como a Dh,  $0,33\text{ km}^{-2}$ . Isso corrobora com o estudo de Almeida et al. (2013), realizado em nove bacias hidrográficas, que demonstra que todas apresentam uma superfície altamente drenada, com predominância de um escoamento superficial alto, com rochas pouco permeáveis e passíveis de dissecação, pois os resultados de Dd oscilaram de  $3,73\text{ km km}^{-2}$  a  $11,64\text{ km km}^{-2}$ .

O resultado da Dh mencionado no parágrafo anterior revela que existe menos de 1 canal por  $\text{km}^2$ , o mesmo observado na bacia do Rio Ivaí, Paraná, de  $0,02\text{ km}^{-2}$  (SOUZA et al. (2017). Dessa forma, esse parâmetro está relacionado à eficácia hídrica e à capacidade de geração de novos canais.

O parâmetro Cm corresponde à área necessária para a formação de um canal com fluxo perene. Entretanto, sua expressão

matemática demonstra que ele nada mais é do que a razão inversa da  $Dd$  da bacia (MOURA et al., 2018). Esse cálculo indicou que para cada metro de canal são necessários  $1369,23 \text{ m}^2 \text{ m}^{-1}$  de área para mantê-lo perene.

Já o  $I_s$  de  $1,21 \text{ km km}^{-1}$  indica a fase juvenil do canal principal e seu considerável poder de escoamento e carreamento de sedimentos, isto é, uma transição entre formas regulares e irregulares dos canais fluviais. Os valores próximos a 1 indicam elevado controle estrutural ou alta energia e os valores acima de 2 indicam baixa energia, sendo os valores intermediários relativos a formas transicionais entre canais retilíneos e meandrantos (MOURA et al., 2018).

A partir desse resultado pode-se confirmar a hipótese levantada por Braga (2012) em sua pesquisa, no qual, o Córrego é um dos principais afluentes que leva sedimentos em suspensão para o reservatório da UHE-Barra dos Coqueiros.

Alves (2016) apresenta um resultado no Ribeirão das Abóboras, em Rio-Verde/GO, de  $1,57 \text{ km km}^{-1}$ , inferindo que os canais são transicionais. Para Santos et al. (2012), quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade das águas de atingirem o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor.

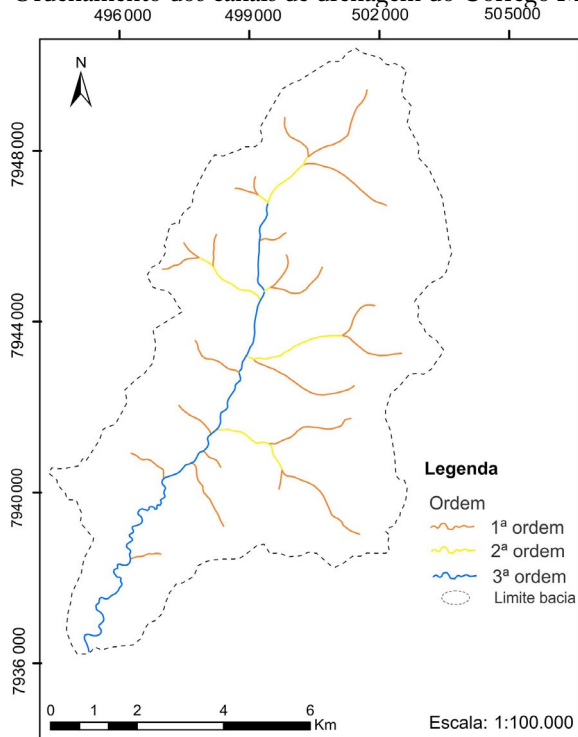
A extensão de percurso superficial,  $0,37 \text{ km}$ , mostra que a bacia hidrográfica possui uma longa distância de escoamento superficial. Para Alves (2016), essa longa distância do escoamento propicia maior tempo de concentração da água, atenuando o risco de erosão e aumentando a possibilidade de conservação da bacia, além de indicar que os solos da bacia em questão são bem drenados, ou seja, possuem uma boa permeabilidade.

Em termos de características de rede de drenagem, a BHCM, conforme o método de classificação de Horton (1945), modificado por



Strahler (1952), é de 3ª ordem, composta por 23 canais de 1ª ordem, 6 de 2ª ordem e 1 de 3ª ordem. Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), os tributários de 1ª ordem são os iniciais de cabeceira, depois, a junção de dois canais produz um canal de outra ordem, e assim sucessivamente, como mostra o Mapa 2.

Mapa 2 – Ordenamento dos canais de drenagem do Córrego Matriz/GO.



Elaboração: Alves, W. S. (2016).

Os conhecimentos relacionados aos padrões de drenagem são indispensáveis para as análises morfométricas, pois os canais de drenagem de uma bacia hidrográfica estão ligados à quantidade de ramificações destes canais, sendo que, quanto mais canais a bacia possuir, melhor será o desenvolvimento do sistema de drenagem, como destaca Batista et al.

(2017).

## 4. Conclusão

Pela observação dos aspectos analisados, a morfometria da BHCM se mostrou uma ferramenta fundamental para a gestão e o manejo de atividades antrópicas na bacia hidrográfica, apontando áreas próprias e impróprias para diversos usos da área.

Com base nisso, a BHCM provavelmente não está sujeita a enchentes devido ao resultado do coeficiente de compacidade e sua forma alongada. Em relação ao relevo, a bacia apresenta altas altitudes, e, devido a sua amplitude altimétrica, esse relevo favorece o escoamento, com canais de baixa sinuosidade transitória.

Segundo os resultados da rede de drenagem, o Córrego apresenta canais perenes, apesar de possuir uma densidade de drenagem baixa,  $0,730 \text{ km km}^{-2}$ , devido ao substrato rochoso e solos porosos.

As variáveis analisadas são importantes, pois servem de apoio para diagnósticos da área em estudo, além dos usos práticos de manejos conservacionistas e cumprimentos com a Legislação Ambiental que servem como formas de manutenção ao potencial dos usos múltiplos.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) e do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Além de agradecer ao Wellmo dos Santos

Alves, por auxiliar na construção dos mapas e das equações das análises morfométricas.

## 5. *Lista de siglas*

%- Porcentagem

A- área

BHCM- Bacia hidrográfica do Córrego Matriz

Cm- coeficiente de manutenção

Dcp- declividade do canal principal

Dd- densidade demográfica

Dh- densidade hidrográfica

Eps- extensão do percurso superficial

Ev- vetorial médio em linha reta

Hm- amplitude altimétrica máxima

Ic- índice de circularidade

Ir- Índice de rugosidade

Is- Índice de sinuosidade

Kc- Coeficiente de compacidade

Kf- Fator de forma

Km- Quilômetro

km.km<sup>-1</sup>- Quilômetros por quilômetros

km/km<sup>2</sup>- Quilômetros por quilômetros quadrados

km<sup>2</sup>- Quilômetro quadrado

L- Litro

La- Comprimento da área de medição

Lax- Comprimento axial da bacia

Ln- Logaritmo natural

Lp- Comprimento em nível do curso de água principal

Lt- Comprimento total dos canais

N- número dos cursos hídricos

P- perímetro

PI- ponto mais alto

PII- ponto mais baixo

Rr- Razão de relevo

## Bibliografia

ALMEIDA, W. S. et al. Análise morfométrica em bacias hidrográficas fluviais como indicadores de processos erosivos e aporte de sedimentos no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Corumbá IV. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 2, 2013.

ALVES, W. S. Aspectos físicos e qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão das abóboras, no município de Rio Verde, Sudoeste de Goiás. 171f. Dissertação (Mestrado em geografia), Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, 2016.

BATISTA, D. F. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio-GO. *GEOAMBIENTE ON-LINE*, n.29, p.15-35, 2017.

BRAGA, C. de C. Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros – GO. 74f. Dissertação (Mestrado em geografia), Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, 2012.

BRASIL. Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dez. de 1989. *Diário Oficial da União*. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm) >. Acessado em: 01 jul. 2016.

BRASIL. Lei Federal n.8171 de janeiro de 1991. Dispõe sobre Política

de Agricultura. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/sisbi-1/legislacao/lei-8171.pdf>>. Acesso em: 02 jun, 2017.

CABRAL, J. B. P. et al. Avaliação do estado de assoreamento do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG). Sociedade & Natureza, Uberlândia, v.21, n.1, p.97-119, 2009.

CAMPOS, S. et al. Sistema de informações geográficas aplicado à espacialização da capacidade de uso da terra. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.40, n.2, p, 174-179, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 1979.

\_\_\_\_\_. Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba. São Paulo. 1991. 175f. Dissertação (Mestrado em Geografia), FFLCH – Universidade de São Paulo, 1991.

COUTINHO, L. M. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. Irriga, v. 16, n. 4, p. 369-381, 2011.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 2.ed. 2006.

FERNANDES, L. A. Mapa Litoestratigráfico da Parte Oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1: 1.000.000. In: Boletim Paranaense de Geociências, n.55, p.53- 66, 2004.

FRAGA, M. S. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. Nativa, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.

GRABHER, C.; BROCHI, D. F.; LAHÓZ, F. C. C. A gestão dos recursos hídricos: buscando o caminho para as soluções. Americana, SP: Consórcio PCJ, 2003. p.63.

GUERRA A. J. T.; CUNHA S. B. da. Novo dicionário geológico-geomorfológico. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 648p., 1997.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275, 1945.

LORENZON, A. S. et al. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. Ambiente & Água, v. 10 n. 1, p. 195-2006, 2014.

MOURA, D.M.B. et al. O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá-Goias, Brasil. GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, n. 21, p. 19-37, 2018.

MÜLLER VC. A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area, New York, Virginia and Tennessee. New York: Columbia University; 1953.

NARDINI, R. C. et al. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma micobacia hidrográfica. Irriga, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

NASCIMENTO, M. A. L. Geomorfologia do estado de Goias. Boletim Goiano de Geografia, v. 12, n. 1, p. 1-22, 1991.

REIS, P. E. et al. O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG: Estudo de caso da sub-bacia Córrego do leitão, bacia do Ribeirão Arrudas. *Geociências*, São Paulo, v.31, n.1, p.31-46, 2012.

ROCHA, H. M. Avaliação das águas do reservatório da UHE-Caçú (GO). 2014. 110f. Dissertação (Mestrado em geografia), Universidade Federal de Goiás, Jataí-GO, 2014.

ROCHA, R. M. et al. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. *Ambiente & Água*, v. 9, n. 2, p. 276-287, 2014.

SANTOS, A. M. et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Ambiente & Água*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.60-68. 2013.

Serviço Geológico do Brasil-AGIM/CPRM. Relatório anual, 2002. Disponível em:< <http://www.cprm.gov.br/publique/Informacao-Publica/Relatorios-Anuais/Relatorio-Anual---2002-119.html>>. Acesso em: 10 maio 2016.

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás. Disponível em:< <http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em 25 maio 2016.

SOUZA, F. C. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Ivaí-Paraná. *Geoambiente on-line*, n.29, 2017.



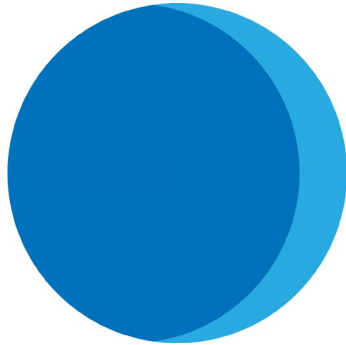
STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E. M. Geomorfologia fluvial. Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. Geological Society of America Bulletin, v. 63, p.1117-1142, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Eos, Transactions American Geophysical Union, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. São Paulo: EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH, 1993. 952p.

USGS – United States Geological Survey. Multimedia Gallery. Disponível em: < <https://www.usgs.gov/products/multimedia-gallery/overview>>. Acesso em: 20 jan. 2016.



# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EROSIVO DA CHUVA: Estudo de caso em quatro postos pluviométricos no estado de Goiás

Pollyanna Faria Nogueira  
João Batista Pereira Cabral  
Susy Ferreira Oliveira  
Celso Carvalho Braga

## 1. INTRODUÇÃO

A erosão é uma das principais razões pela qual os solos agrícolas perdem sua capacidade produtiva. A erosão é a deterioração dos solos, e atividades agropecuárias desenvolvida em desacordo com a aptidão agrícola das terras, sem o manejo correto aliados a ausência práticas conservacionistas do solo, eleva o risco de erosão e degradação dos solos, consequentemente reduz a produtividade agrícola, contribuindo com a contaminação e poluição dos recursos hídricos (Cabral et al. 2006, Galdino, 2015; Back e Poletto, 2017),

A retirada da vegetação nativa de uma determinada área, provoca o rompimento, efêmero ou definitivo, no equilíbrio natural existente entre o solo e o meio ambiente. Os movimentos de massa, erosão, assoreamento, entre tantos outros, podem ocorrer na natureza naturalmente, mas podem ser acarretados pela ocupação antrópica. Para que se controlem os fenômenos indesejáveis, é necessário se ter conhecimento das potencialidades de uso da terra (ROSS, 1995).

Matos et al (2017) consideram que as ações antropogênicas

contribuem diretamente para o avanço da erosão, com a retirada da cobertura vegetal, o solo perde consistência, pois a água, que antes era interceptada e utilizada pela vegetação, passa a infiltrar de forma acelerada e esta infiltração pode causar a instabilidade do solo ocasionando erosão.

Uma das formas mais de desequilibrar o solo e o meio ambiente é a retirada da vegetação para fins agrícolas, deixando os solos expostos, suscetíveis aos processos erosivos ocasionados pela intensidade da precipitação (Cabral et al, 2007).

O período do plantio da safra agrícola no início do período chuvoso provoca a atenção quanto ao manejo, pois o preparo do solo, pelo método convencional, mobiliza a terra, deixando-a exposta a chuvas e a enxurradas no período inicial em que a cultura não oferece proteção ao solo, pois nesse momento, até a retomada das chuvas, deve-se oferecer proteção ao solo devido à erosão eólica (Silva, Luchiari e Carvalho, 2017).

Conforme Bertoni e Lombardi Neto (2014) em regiões tropicais, a erosão hídrica deve ser considerada um fenômeno importante, pois é a responsável por causar além da degradação dos solos nas suas camadas mais férteis, carreamento das partículas aos cursos d'água levando ao assoreamento dos cursos fluviais.

Santos et al (2010) destacam que no Brasil a erosão hídrica é a mais comum, levantando a importância a gestão do solo e da água, pois possuem forte potencial em ocasionar impactos ambientais, econômicos e sociais, levando a um desequilíbrio dos ecossistemas. A determinação da erosividade da chuva possibilita identificar, quais os meses com maior risco de perda de solo, permitindo assim, se realizar planejamentos conservacionistas urbanos e rurais em épocas de maior capacidade erosiva das chuvas (Wischmeier e Smith, 1978; Bertoni e Lombardi Neto, 2014).

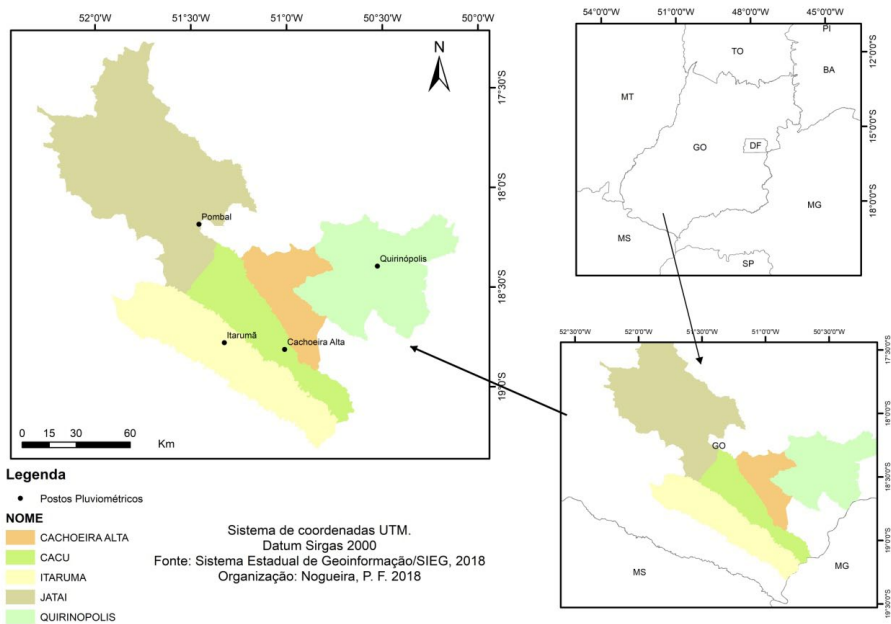
Com base nos pressupostos acima, a presente pesquisa tem como

objetivo compreender a distribuição espacial e temporal da erosividade na área de influência de posto pluviométricos localizados no Sudoeste de Goiás em períodos distintos. A escolha da área de estudo deve-se ao fato da bacia do rio Claro e rio Verde sofrerem com processo de antropização devido à alta produção agrícola por meio das indústrias de grãos, sucroenergéticas, atividades agropastoris, geração de energia hidroelétrica e aos regimes de chuva bem definidos, conforme os trabalhos desenvolvidos por Cabral et al (2013), Nogueira et al (2015), Rocha e Cabral (2017), fazendo-se necessário o estudo da perda de solo.

## 2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O recorte espacial delimitado para realização do presente trabalho são quatro postos pluviométricos localizados no estado de Goiás nas cidades de Cachoeira Alta, Jataí (estação Pombal), Itarumã e Quirinópolis, todas localizadas no Planalto Central brasileiro no Bioma Cerrado, região com amplo processo de produção agrícola e industrial (Mapa 1).

Mapa 1 – Localização dos postos pluviométricos



Organização: Nogueira, P. F (2018)

Segundo Nimer (1989) e ANA (2013) a região Centro-Oeste do Brasil tem clima caracterizado por invernos secos e verões chuvosos (duas estações bem definidas), precipitação pluvial anual entre 1400 e 1500 mm.

Segundo Carvalho, Ferreira e Bayer (2008) cerca de 60% da vegetação nativa do Cerrado foi convertida em atividades agropecuárias (agricultura e pastagem), Tal fato é associado as políticas de ocupação do cerrado e ao relevo que possui em sua maioria áreas com declividades consideradas planas a suavemente onduladas favorecendo a ocupação do solo da região com atividades agropecuárias (Galdino et al. 2015).

Camargo e Santos (2014) destacam que este tipo de relevo tende apresentar baixa fragilidade ambiental e são propícios a motomecanização devido possuir poucas limitações agrícolas, até porque, sua declividade fica entre 0 e 8%.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados de precipitação utilizados foram obtidos de quatro postos pluviométricos (tabela 1) da Agência Nacional das Águas (ANA) disponíveis no sistema HIDROWEB (2017).

Tabela I: postos pluviométricos

Postos	Longitude	Latitude
Pombal	446977	7998655
Itarumã	465500	7923250
Cachoeira Alta	499000	7919500
Quirinópolis	550500	7965750

Organização: Próprios autores, 2018

Foram selecionadas séries históricas de 30 anos (1984 a 2013) para fins de comparação e análise do comportamento das chuvas na área de estudo, pois de acordo com Hernando e Romana (2016) existe a necessidade de séries com mais de 20 anos de registros pluviográficos para se realizar a estimativa do fator erosividade.

A série histórica de 30 anos das precipitações foi dividida em 3 decênios: de 1984 a 1993; 1994 a 2003; 2004 a 2013, para se verificar a variabilidade entre eles, e ainda foram verificadas as distribuições da precipitação referente aos períodos distintos no estado de Goiás, período com baixo índice de chuva (maio a setembro) e alto índice de chuva (outubro a abril), no intuito de detectar possíveis tendências de aumento ou diminuição da quantidade de chuva e/ou da erosividade. Procedeu-se, também, uma análise global para os dados de toda série histórica, ou seja, do intervalo de 30 anos.

Para correção das falhas dos dados pluviométricos foi utilizado a metodologia de ponderação regional, equação 1:

$$Y = \frac{1}{3} \left[ \frac{X1}{Xm1} + \frac{X2}{Xm2} + \frac{X3}{Xm3} \right] \cdot Ym \tag{1}$$

Para o cálculo de erosividade utilizou-se a metodologia proposta por Wischmeier e Smith (1978), adaptada para as condições do Brasil por Lombardi Neto e Moldenhauer (1977), apud Bertoni e Lombardi Neto (2014), pela Equação Universal de Perda de Solos (1).

$$EI_{30} = 67,355 (r^2 / P)^{0,85} \tag{1}$$

Onde:

$EI_{30}$  = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h);

R = médias mensais de pluviosidade em mm;

P = médias anuais pluviosidade em mm.

Para a avaliação da erosividade, foram adotadas 5 classes (quadro 3), porém, os resultados de erosividade obtidos a partir da metodologia utilizada são em MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> sistema métrico internacional.

Tabela II. Classes de erosividade da chuva, média anual e mensal

Classes de Erosividade	MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
1 – Muito baixa	R < 2.500
2 – Baixa	2.500 < R < 5.000
3 – Média	5.000 < R < 7.000
4 – Alta	7.000 < R < 10.000
5 – Muito alta	R > 10.000

Fonte: Adaptado de Santos (2008).

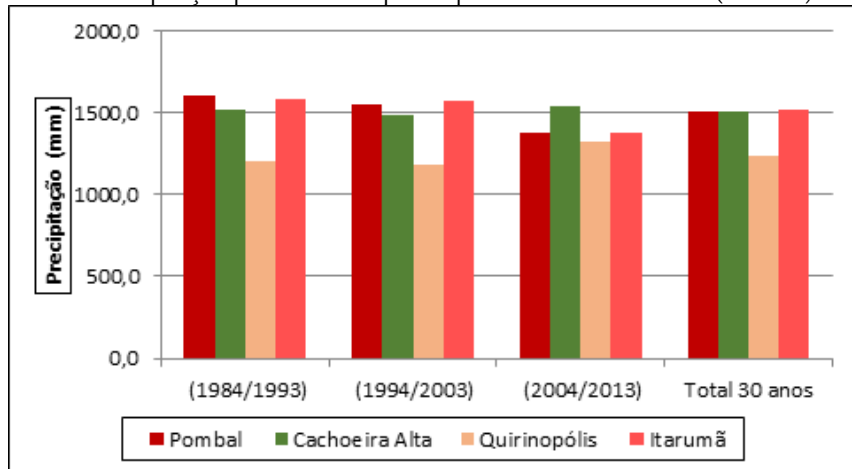
## 4. RESULTADOS

Ao se analisar os dados da precipitação dos quatro postos pluviométricos estudados referentes à série histórica de 1984 a 2013 e para os três decênios (Gráfico 1), verifica-se que as médias ficaram acima de 1300 mm. Os dados pluviométricos referentes a serie histórica mostraram



um decréscimo para os postos de Pombal e Itarumã do primeiro para o terceiro decênio estudado, enquanto os postos de Cachoeira Alta e Quirinópolis demonstraram o oposto com tendência de aumento do primeiro para o terceiro decênio.

Gráfico 1- Precipitação pluvial média para o período de 1984 a 2013 (30 anos)



Fonte: ANA (2017) Organização: Próprios autores (2018)

Esta redução, pode ser associada ao processo de expansão das fronteiras agrícolas para o estado de Goiás, pois de acordo com Mariano (2005) tais atividades contribuem para a retirada da cobertura vegetal levando a compactação do solo e diminuição da taxa de infiltração de água. Na pesquisa realizado por Mariano (2005) verificou-se decréscimo das médias anuais das precipitações em torno de 16% em mais de 30 estações pluviométricas estudadas.

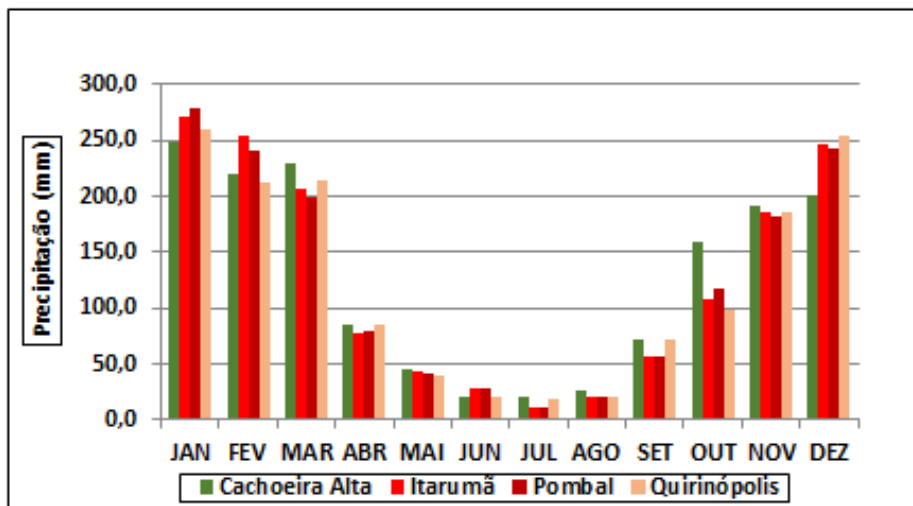
Ainda sobre o clima na área de estudo, Marcuzzo, Faria e Pinto Junior (2012), Lima e Mariano (2014), Lopes e Mariano (2018) descrevem que o estado de Goiás é caracterizado por um clima com duas estações bem definidas, sendo uma estação chuvosa e uma estação seca. A precipitação pluvial anual varia entre 1400 e 1600 mm, sendo que no

período chuvoso (outubro a abril) as precipitações variam entre 80 a 400 mm mensais, enquanto que no período seco (maio a setembro), os índices das precipitações pluviométricas mensais são caracterizados por uma redução que pode chegar à zero mm em julho e agosto.

As distribuições temporais das médias mensais das chuvas dos quatro postos pluviométricos, indicam a ocorrência de um período chuvoso que se estende de outubro a abril com as maiores concentrações das chuvas, diminuição das chuvas do mês de maio até o mês de setembro (gráfico 2). Ao se analisar os dados pluviométricos referentes à série histórica de 1984 a 2013 se verifica que o período chuvoso contribui com aproximadamente 85 % da precipitação e o período seco (maio a setembro) com até 15 %.

O ano hidrológico no Estado de Goiás começa em outubro, primeiro mês da estação úmida, e termina em setembro, último mês da estação seca. Em ordem decrescente, os meses com maior precipitação pluviométrica média são: dezembro (275,3 mm), janeiro (254,4 mm), fevereiro (217,8), março (210,8 mm), novembro (209,2 mm), outubro (116,9 mm), abril (98,6 mm), setembro (48,3 mm), maio (35,3 mm), junho (15 mm), agosto (13,1 mm) e julho (4,6 mm). Sendo assim, o mês de dezembro se apresentou como o mais úmido, enquanto o mês de julho foi diagnosticado como o mês mais seco. (CARDOSO, MARCUZZO e BARROS, 2014).

Gráfico 2- Precipitação pluvial média mensal no período de 1984 a 2013 (30 anos)



Fonte: ANA (2017)

Organização: Próprios autores, 2018

Machado et al (2014) em um estudo para região do Pantanal, verificaram valores semelhantes aos obtidos para a área de estudo em que os dados de precipitação demonstraram em relação às médias, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentaram maiores valores de pluviosidade média, respectivamente 211, 277 e 233 mm de chuva. Enquanto para os meses de junho, julho e agosto os valores de pluviosidade média mensal foram os menores, respectivamente 7, 26 e 20 mm de chuva.

Ao se analisar os valores de erosividade junto aos postos pluviométricos por decênio (gráfico 3) verificou-se que a média para os 30 anos ultrapassou 8.902 MJ, sendo classificada como alta para os quatro postos avaliados. Para o posto pluviométrico de Quirinópolis, a precipitação para o último decênio atingiu médias acima de 1500 mm e a erosividade 8.526 MJ, o posto de Pombal com erosividade de 8845 e a precipitação de 1400 mm e Cachoeira Alta também obteve médias de

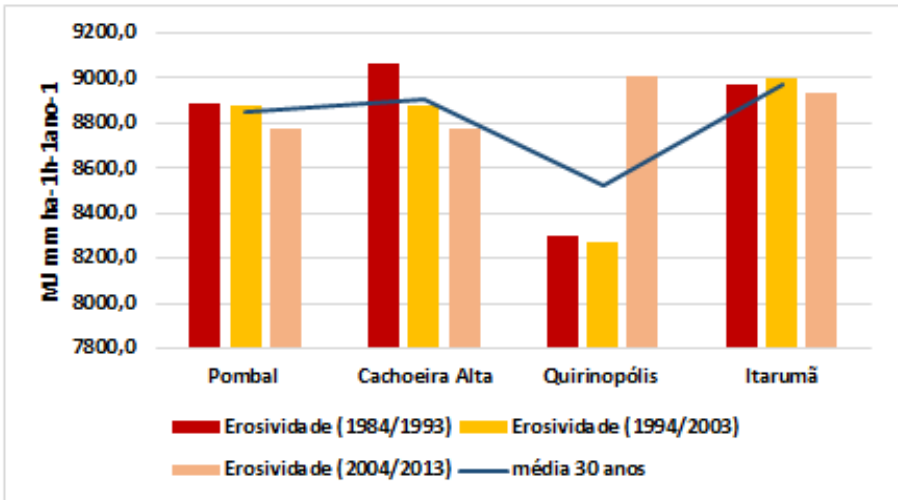
precipitação de 1500 mm para o último decênio e erosividade 8.845 MJ, podendo os elevados valores para a precipitação pluviométrica justificar os altos índices de erosividade para os postos estudados.

Outro fator que pode vir a influenciar as altas taxas de erosividade para os postos pluviométricos são as grandes áreas de monoculturas e pecuária no estado de Goiás, atividades que tem o momento de preparo de solos durante o início da estação chuvosa, o que propicia os índices tão elevados de erosividade para o período chuvoso.

O posto pluviométrico de Itarumã se manteve com os valores de erosividade próximos entre os três decênios avaliados, o EI30 classifica o posto com erosividade alta, observas-se também que a precipitação esteve acima de 1300 mm para os três decênios.

Nascimento (2016) avaliando a erosividade para o estado de Goiás verificou os maiores valores, entre 14.865 e 17.190 MJ mm.<sup>ha-1.mês-1</sup>, para as porções noroeste, oeste, central e sudeste de Goiás, especialmente, na calha topográfica formada pela Depressão do Rio Araguaia e pelos Relevos Residuais e Depressões Intermontanas, por onde entra e deslocam os principais sistemas atmosféricos produtores de chuva na região: a massa equatorial continental (mEc) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), oriundos da Região Norte, e a massa polar (mP), originada no Polo Sul.

Gráfico 3 – EI30 (1984 a 2013)



Fonte: ANA (2017)

Organização: Próprios autores (2018)

Ao se dividir o estudo em período chuvoso e seco para a série histórica (gráfico 4), é possível verificar que no período chuvoso a média anual de precipitação foi de 1300 mm e a erosividade foi acima de 8.000 (MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) enquanto para o período seco a precipitação obteve a máxima de 65 mm e a erosividade não atingiu 1.000 (MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

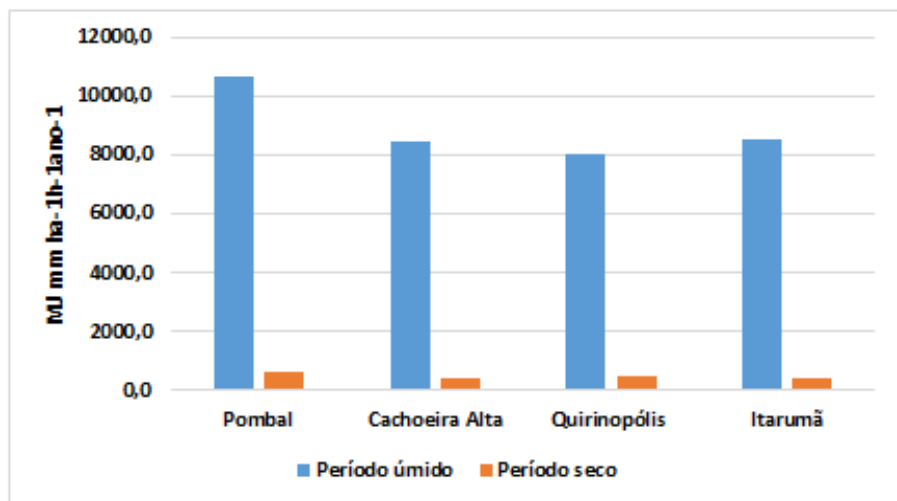
O maior índice de precipitação nas três décadas analisadas ficou acima 1300 mm, que representou 97,5% da precipitação no período chuvoso para os decênios avaliados, que quando aplicado ao EI 30 percebe se um índice erosivo acima de 8.000 a 10.000 (MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) classificando com erosividade alta.

Estes resultados vão de encontro a pesquisa realizada por Cabral et al (2007) no qual foi verificado que uma das principais características pluviométricas para regiões do Cerrado são a existência de duas estações bem definidas, sendo um inverno seco e verão chuvosos de acordo os

ciclo hidrológico, nos quais os períodos com as maiores precipitações coincidem com o período em que está ocorrendo o preparo dos solos que ficam desprovidos de cobertura vegetal favorecendo o processo de perdas de solos.

Ferreira (2017) verificou em pesquisa para região do Distrito Federal índices de erosividade mais elevados entre os meses de outubro e abril destacando os meses de novembro, março e abril, e em janeiro de 2016 também foi encontrado um alto índice de erosividade, equivalente a 50% do total anual do ciclo 2015/2016, já para os meses de março e abril de 2016 apresentaram valores bem abaixo dos outros anos medidos, representando apenas 1% do total anual de erosividade, resultados que coincidem para os encontrados para o presente estudo.

Gráfico 5: EI – 30 (1984/2013) período seco e úmido.



Fonte: ANA (2017)

Organização: Própria autora (2018)

No trabalho realizado por Back e Poletto (2017) para Florianópolis foi identificado valores de erosividade classificados como alta para o

período de dezembro a março, e para janeiro e fevereiro a erosividade foi classificada como muito alta (acima de 1.000 MJ mm. ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>), já os valores mais baixos encontrados ocorrem nos meses de junho a agosto, com erosividade inferior a 250 MJ mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, classificadas como muito baixas.

Galdino (2015) em estudo realizado para o estado de Goiás verificou que para o período de maior incidência de chuvas de outubro a abril ocorre 87% do índice pluviométrico anual total na região, sendo observado como esperado, a distribuição da precipitação média mensal, com ocorrência dos maiores valores de erosividade média mensal no período entre outubro e março onde a concentração da erosividade é de aproximadamente 94% do total anual da erosividade, sendo assim necessário uma atenção especial atenção o uso e o manejo agrícolas e a seleção das práticas conservacionistas, de modo a prevenir ou minimizar a erosão hídrica na região.

Em trabalho semelhante Colodro et al (2002), em Teodoro Sampaio SP, realizou estudo dos dados pluviométricos de 1976 a 1994, e detectou que no período seco ocorreu 27,87% do total da série histórica da precipitação e a erosividade correspondeu de aproximadamente 19% do total ocorrida.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível verificar que distribuição da precipitação média mensal coincidiu com os valores de erosividade com os períodos de maior incidência de chuvas em de outubro a abril, concentrando os valores de erosividade classificados como alta e muito alta.

No período chuvoso (outubro a abril) ocorre a maior concentração da precipitação média anual, da série histórica para os três decênios estudados, indicando que, nesse período, era esperada a maior parte das perdas anuais de solo por erosão. A erosividade neste intervalo de tempo, concentrou acima de 8.000 a 10.000 ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), classificando a área de estudo com erosividade alta.

Com base nos resultados obtidos o presente trabalho visa ressaltar e recomendar atenção para área de estudo, e manutenção das matas ciliares nativas para área estudada, pois estas tem o papel de minimizar a perda de solo e proteger a bacia hidrográfica.

Outra questão a ser ressaltada é a de respeito às limitações para os tipos de uso, para que seja utilizadas técnicas de manejo adequadas para proteger os recursos naturais, visto que para a área estudada o uso é predominante de pastagem que podem acarretar principalmente para o período chuvoso aumento do risco de erosões.

## 6. Lista de siglas

ANA - Agência Nacional de Águas

BR - Brasil

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Km - Quilômetro

$\text{Km}^2$  - Quilômetro quadrado

MEc - Massa equatorial continental



Mm – Milímetros

MJ – Megajoules

T°C - Temperatura

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

mP – Massa Polar Sul

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. A ANA na gestão das águas. Disponível em: < [http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf)> Acesso em: 04 março. 2017.

BACK, A. J; POLETO, C. Avaliação temporal do potencial erosivo das chuvas de Florianópolis-SC. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 13 – Vol. 21 – JUL/DEZ 2017

BERTONI; J; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. São Paulo: Ícone. 9º Edição. 2014.

CABRAL, J. B. P; BECEGATO, V. A; ASSUNÇÃO; H.F; NETO, S. L. R. Monitoramento da erosividade na área do reservatório da hidroelétrica de Cachoeira Dourada, GO/MG. Geosul, v. 22, n 44. 2007.

CABRAL, J. B. P.; WACHHOLZ, F.; BECEGATO, V. A.; NASCIMENTO, E. S. Diagnostico hidrossedimentológico do reservatório da UHE Caçu-GO. GeoFocus (informes y aplicaciones), nº 13-1, p. 25-37. 2013.

CABRAL, J. B. P; FERNANDES, L. A; SCOPEL, I; BECEGATO, V. A; FIORI, A. P. Avaliação do Estado de Assoreamento do Reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG). Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (1): 97-119, ABR. 2009

CAMARGO, L.J.; SANTOS, K.R. Erosão laminar em áreas de cultivo de cana-de-açúcar em Ceres (GO). REVISTA GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.98– 102, 2014.

CANASAT – Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação

da Terra. INPE – Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais. Disponível em: Acesso em 10 maio. 2018.

CARDOSO, M. R. D; MARCUZZO, F. FN; BARROS, J. R. Classificação climática de köppen-geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.8, n.16, jan./mar. de 2014. p.40-55, 2014.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. 2. Ed. rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência. 2008.

CARVALHO, M. DE; FERREIRA, M. E; BAYER, M. Análise integrada do uso da terra e geomorfologia do Bioma Cerrado: um estudo de caso para Goiás. Revista Brasileira de Geografia Física Recife-PE. V. 01 n. 01, Mai/Ago, 62-72. 2008.

COLODRO G; M. P. CARVALHO; C. G. ROQUE; R. M. PRADO. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). Revista Brasileira Ciências do Solo. 26:809-818. 2002.

FERREIRA, Á. Da S. Determinação da erosividade da chuva com base em dados medidos no Distrito Federal. Trabalho Teórico-Empírico – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília. Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental. 2017.

GALDINO, S. Distribuição espacial da erosividade da chuva no Estado de Goiás e no Distrito Federal. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015.

HERNANDO, D; ROMANA, M. G. Estimate of the (R)USLE rainfall erosivity factor from monthly precipitation data in mainland Spain.

Journal of Iberian Geology, v. 42, n. 1, p. 113-124, 2016.

LIMA, A. M; MARIANO, Z. F. De. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semidecíduais na área da bacia da usina hidrelétrica de Caçu-GO. Revista do Departamento de Geografia – USP, v. 27, p. 67-87. 2014.

LOPES, R. M.; MARIANO, Z. DE F. Análise dos Episódios de Verão e Inverno na Área de Influência dos Reservatórios Caçu e Barra dos Coqueiros-GO. GEOAMBIENTE ON-LINE Revista Eletrônica do Curso de Geografia - UFG/REJ. 2018.

LOMBARDI NETO, R. Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53 p. (Tese de Mestrado).

LOMBARDI NETO, F. & MOLDENHAUER, W.C. (1992) Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, v. 51, p. 189-96.

MACHADO, D. O; SOBRINHO, T. A; RIBEIRO, A. DA S; IDE, C. N; OLIVEIRA, P. T. S. Erosividade da chuva para o bioma Pantanal. *Eng Sanit Ambient* | v.19 n.2 | 195-202. 2014.

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; FILHO, R. DE F. P. Chuvas no estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. *ACTA Geográfica, Boa Vista*, v.6, n.12, mai./ago. pp.125-137, 2012.

MARIANO, Z. F. A Importância da variável climática na produtividade de soja no sudoeste goiano. Tese de Doutorado em Geografia (Instituto de Geociências e Ciências Exatas) Unesp Campus de Rio Claro. 253p. 2005.

MATOS, R. M. DE; SILVA, P. FE. DA; MEDEIROS, R. M. DE; SABOYA, L. M. F; BORGE, V. E; SOBRINHO, T. G. Erosividade da chuva no período de 1973 a 2013 no município de Barbalha – CE. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.3 (2017) 641-649.

NASCIMENTO, D. T. F. Mapeamento de erosividade do estado de Goiás e do distrito federal a partir de estimativas de precipitação por satélite. XII SBCG, Simpósio Brasileiro de climatologia Geográfica. 2016.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. Geografia do Brasil – Região Centro-Oeste. IBGE. Rio de Janeiro. 1989. V. 1, p. 23-34.

Nogueira, P. N.; Cabral, J. B. P.; Oliveira, S. O.; Rocha, R. I., 2015. Eutrofização no reservatório da UHE foz do Rio Claro (GO). Revista do Departamento de Geografia – USP 30, 19-33.

ROCHA, I. R; CABRAL, J. B. P. Alterações no Uso da Terra da Bacia Hidrográfica da UHE Salto do Rio Verdinho, Goiás, Brasil. Revista Ciencia & Natura, V. 39, Edição especial PROCAD/CAPES, 2017. disponível em: <HTTPS://peRiodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/27432> acesso em 10 agost. 2017.

ROSS, J. L. S. Análise e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. Geografia, Rio Claro, v.9, n.1, p.65-75. 1995.

SANTOS, C. N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Pelotas [tese]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas; 2008.

SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D.; MONTENEGRO, A.A.A. Temporal

variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of the Pernambuco State. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 1733-1741. 2010.

SILVA, L. C. DO N; LUCHIARI, A; CARVALHO, M. DE P. Potencial erosivo da chuva na bacia hidrográfica do córrego baguaçu no estado de São Paulo. *Geosul, Florianópolis*, v. 32, n. 64, p. 152-164, mai./ago. 2017.

TERASSI, P. M. DE B; SILVEIRA, H.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F DE. Variabilidade pluviométrica e a erosividade das chuvas na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – Paraná. *Revista RaeGa. Curitiba*, v.39, p. 76 -91. 2017.

WISCHMEIER, W. H; SMITH, D. D. Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, 537. USDA, Washington. 58 pp. 1978

# ESTUDO SAZONAL DA EROSIVIDADE DA CHUVA NAS BACIAS DE BARRA DOS COQUEIROS E CAÇU-GO NO ANO DE 2017

Ezequiel Pereira da Silva  
Fernanda Luisa Ramalho  
João Batista Pereira Cabral  
Regina Maria Lopes

## *1. Introdução*

A capacidade de erosividade das chuvas é um processo natural essencial para formação dos solos, liberação de minerais e nutrientes agregados às rochas, no entanto esse mesmo processo quando em demasia por natureza o por ação antrópica, representa riscos devido à formação da erosão hídrica que pode causar prejuízos há algumas atividades de nossa sociedade, como redução da produtividade agrícola, assoreamento de cursos de água e redução da capacidade de produção energética de usinas hidrelétricas.

Essa ação ocorre devido à exposição do solo proveniente da remoção da vegetação natural desses locais, sendo uma das características do modelo de produção agrícola, com o solo descoberto acelera o processo de erosão e perdas de nutrientes, conseqüentemente são carregados devido às águas pluviais, sob escoamento superficial para as baixas vertentes onde são depositados nas redes de drenagens.

Esse potencial de erosão vem da dispersão da energia cinética da gota de chuva, conhecida como efeito splash, ao atingir o solo provocando sua fragmentação liberando suas partículas, a capacidade de erosão pluvial se sujeita as características físicas como intensidade, altura de formação das nuvens e formato da gota, que influenciam a força cinética, além das características temporais como frequência e tempo duração que determinam o intervalo entre os impactos a atingir solo.

Essas características físicas da chuva podem ser avaliadas de acordo com índices de potencial de erosão. Para isso, Wischmeier & Smith (1978) concluíram que o produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em trinta minutos  $EI_{30}$  é a relação que expressa o potencial da chuva para provocar erosão.

Os valores mensais de  $EI_{30}$  quando somados por vinte ou mais anos de chuva resultara no denominado fator R da equação universal de perdas de solo, sendo ele um valor numérico na unidade  $MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm \cdot h^{-1}$ , capaz de expressar o potencial da chuva em provocar erosões em área de solos expostos. Esse método é apontado por muitos autores como melhor para calcular a capacidade da chuva de causar erosão.

Autores como Bertoni & Lombardi Neto (1999), Albuquerque et al (1994), Alves (2000), Cabral et al. (2005), entre outros autores, estudaram diversas características da chuva e consideraram o  $EI_{30}$  como o que melhor se adéqua a realidade intertropical.

Cabral et al. (2005), ressalta as observações realizadas por Lal (1976) e Streei et al. (2002), que o modelo de Wischmeier & Smith (1958), subestima a energia cinética das gotas de chuva nas regiões tropicais por não contemplar três características da mesma, como: velocidade dos ventos, à distribuição de gotas de diferentes tamanhos, e grande volume da precipitação. Com isso, devido à dificuldade pela falta de conhecimento das características físicas da chuva, a obtenção de melhor correlação entre



as perdas de solo é o índice de erosividade da chuva  $EI_{30}$ .

A partir do contexto, à falta de estudos detalhados no Brasil gera dificuldades para a aplicação do método de Wischmeier & Smith. Assim, os parâmetros para as condições climáticas do Brasil foram desenvolvidos por Wagner & Massambani (1988), por meio de 533 amostras da distribuição de gotas de chuva, chegando à conclusão o cálculo de energia cinética a partir dos dados observados, não apresentam significativa diferença tornando viável o método de Wischmeier & Smith (1978) no Brasil.

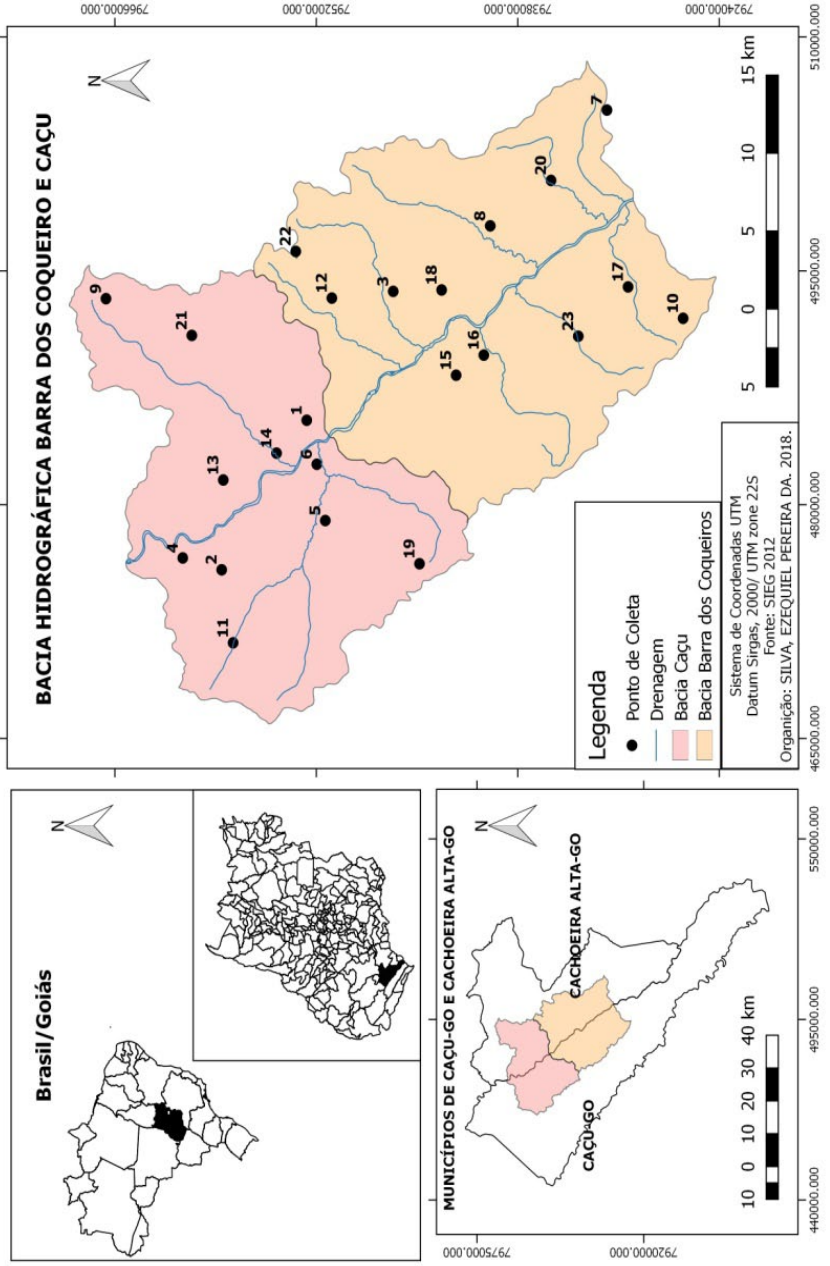
O estudo de precipitação é, portanto, relevante para as atividades socioeconômicas e a qualidade do meio ambiente em especial para bacias hidrográficas. Por todos esses aspectos o presente trabalho tem como objetivo avaliar a erosividade provocada pela chuva nas bacias hidrográficas das usinas hidroelétricas (UHEs) de Caçu e Barra dos Coqueiros, no ano de 2017 através do método de Wischmeier e Smith (1978).

## 2. Área de estudo

### 2.1. Localização da área de estudo

A área estudo esta localizadas na microrregião de Quirinópolis, no estado de Goiás, entre o limite dos municípios de Caçu e Cachoeira-Alta (Figura 1). Para obtenção dos valores de precipitação foram instalados 23 pluviógrafos em fazendas da região, sendo 11 pluviógrafos instalados nas da bacia Caçu e 12 Barra dos Coqueiros (Tabela 1).

Figura 1- Localização dos pluviômetros nas bacias de Barra dos Coqueiros e Caçu-GO.



Fonte: SILVA, E. P. (2018).

Tabela 1- Localização dos pontos de coleta.

Nº	Ponto	Long	Lat	Alt(m)	Bacia
1	Faz.Rib.dos Paula 3	485416	7952669	476	Caçu
2	Faz. 5 Estrela Princesa	475823	7958579	501	Caçu
3	Fazenda Pingo de Ouro	493683	7946659	535	Barra dos Coqueiros
4	Fazenda Caçada	476583	7961285	497	Caçu
5	Faz. Gabriela	478983	7951378	515	Caçu
6	Fazenda Elvis	482591	7951968	431	Caçu
7	Faz. Boa Vista	505312	7931804	668	Barra dos Coqueiros
8	Fazenda Matriz	497886	7939915	497	Barra dos Coqueiros
9	Fazenda Morro dos Bois	493214	7966622	632	Caçu
10	Fazenda Serra Negra	491955	7926512	691	Barra dos Coqueiros
11	Fazenda Reserva	471139	7957785	691	Caçu
12	Fazenda Pedra Branca	493252	7950924	531	Barra dos Coqueiros
13	Faz.Rib.dos Paula 1	481584	7958469	489	Caçu
14	Faz.Rib.dos Paula 2	483306	7954767	464	Caçu
15	Faz.S.J.Sucuri	488304	7942287	491	Barra dos Coqueiros
16	Faz. Sucuri	489594	7940363	452	Barra dos Coqueiros
17	Faz. Cervo da Guariroba	493968	7930338	495	Barra dos Coqueiros
18	Fazenda Rio Claro	493773	7943294	464	Barra dos Coqueiros
19	Morro do Mauro	476211	7944831	728	Caçu
20	Faz.Matriz Corre dos Coqueiros	500799	7935691	476	Barra dos Coqueiros
21	Fazenda Estancia JC	490858	7960655	632	Caçu
22	Faz.Zé Cristovão(Serra alta)	496244	7953430	561	Barra dos Coqueiros
23	Faz Santa Maria	490805	7933797	461	Barra dos Coqueiros

Fonte: SILVA, E. P. (2018).

## 2.2. Caracterização da área de estudo

Ambas as bacias se encontram no baixo curso do Rio Claro que é um dos principais tributários do rio Paranaíba que é um divisor de limite estadual tendo margem direita o estado Goiás e margem esquerda o estado de Minas Gerais.

Conforme o Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Sudoeste Goiano- EIBHSG (2005), o canal do Rio Claro apresenta áreas

intermitentes protegidas por matas ciliares fragmentados pela ampliação de pastagens ou lavouras, e formações naturais em porte de cerrado, com presença de Usinas Hidrelétricas UHE's no terço inferior, sendo, UHE's de Ari Franco, Pontal, Caçu, Barra dos Coqueiros, Itaguaçu e Foz do Rio Claro.

Segundo Lima (2013) a vegetação da região apresenta formações savânicas do tipo cerrado sentido restrito, caracterizado por árvores baixas, de caules, tortuosos e ramificações retorcidas, com algumas formações campestres. Essas vegetações são reduzidas devido aos impactos ambientais resultantes da prática agricultura e pecuária.

Essa vegetação é formada principalmente em Latossolo Vermelho Distrófico (61%); Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (1,3%); Latossolo Vermelho Perférico (12,3%); Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (7,1%); Neossolo Quartzarênico Órtico (0,7%), conforme descritos nos trabalhos de Lima (2013) e Lopes (2014) nas bacias da UHEs de Barra dos Coqueiros e Caçu. Para Latrubesse (2005), os solos identificados em relevos tabuliformes sobre basaltos da Formação Serra Geral, são os Nitossolo Vermelho Eutrófico (13%) e Cambissolo Háplico Tb Distrófico (4,6%).

Já o clima da área segundo estudos de Lima (2013), é caracterizado por duas estações bem definidas, sendo uma estação chuvosa e uma estação pouco chuvosa, com precipitação pluvial anual entre 1400 e 1500 mm, recebendo nos meses chuvosos a influencia das massas de ar provenientes da Amazônia e do Chaco registrando valores de umidade relativa do ar em média entre 68 a 85%, e nos meses menos chuvosos registrando valores entre 46 a 69%, com as temperaturas médias do ar variam entre 22 a 22,5 °C entre as estações do ano, essa característica climática apresenta relativa influência na aplicação do método, uma vez que ela é determinante para os valores de precipitação.

### 3. *Procedimentos metodológicos*

#### 3.1. *Coleta dos registros de precipitação*

Os valores de precipitação foram extraídos com o uso de pluviógrafos (Figura 2) modelo P300 do fabricante Irri Plus, pela equipe do Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Goiás Regional/Jataí (UFG), a escolha do local para instalação do equipamento ocorreu a partir da análise da área por meio das cartas topográficas, imagens de satélite e trabalho de campo, considerando os critérios de acessibilidade (rodovias principais e secundárias), características com relevo, vegetação, hidrografia, além das características do uso e ocupação das terras, conforme Sezerino e Monteiro (1990) e adotados por Mendonça (1995), Amorim (2005), Viana (2006) e Pinheiro e Amorim (2007), no qual foram adaptadas para bacias hidrográficas.

Figura 2- Pluviógrafo instalado no ponto P6.



Fonte: R. M. LOPES. (2014).

Os aparelhos foram calibrados e aferidos no Laboratório de Climatologia, sendo instalado em campo fixados em um poste

de madeira a uma altura de 1,5 metros do solo, durante instalação o aparelho é nivelado, pois sua inclinação pode causar alterações nos dados privilegiando a captação de chuvas provocada pela ação dos ventos, e levando em consideração se não há nem obstáculo em um ângulo de 45° graus, que possa bloquear a captação de chuva pelo funil do aparelho dando preferência para sua colocação em campos mais abertos.

Os valores da precipitação captados pelo aparelho são armazenados em arquivos digital em planilha Excel, esses dados são coletados pela equipe do projeto e são apurados após os campos de coleta para verificar possíveis erros cometidos pelo equipamento, em caso de eventual erro em um dos pontos esses dados são descartados, e a falha é coberta por meio de uma triangulação usando os valores de pontos circunvizinhos, extraíndo uma média que substitui o valor que apresenta o erro.

### 3.2. Cálculo do valor da erosividade

Os valores coletados em cada estação, foram usados na aplicação do método  $EI_{30}$  proposto por Wischmeier e Smith (1978), adaptado para as condições brasileiras por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), citados por Bertoni e Lombardi Neto (1999), Aquino, Oliveira e Sales (2006), Silva, Cabral e Scopel (2008), que propuseram a equação 1:

$$EI_{30} = 67,355 \cdot (r^2 / P)^{0,85} \quad (1)$$

Onde:

$EI_{30}$  = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h);

r = média dos totais mensais de precipitação, em mm;

P = média dos totais anuais de precipitação, em mm.

### 3.3. *Produção de mapas de erosividade.*

Para produção dos mapas de erosividade os dados foram organizados em uma planilha Excel, exportada para o software Quantum Gis 2.18.14 Las Palmas (QGIS) juntamente com os limites das bacias em formato Shapefile. A espacialização dos dados foi realizado usando a ferramenta de interpolação QGIS no método *Inverse Distance Weighting* (IDW).

## 4. *Resultados e discussões*

A capacidade de erosão está relacionada com o colisão direta da gota da chuva com o solo, com isso, libera suas partículas do mesmo tornando, assim a cobertura vegetal essencial para o amortecimento dessa energia cinética da gota de chuva no solo.

Esse efeito aliado a qualquer inclinação no terreno e eventos de precipitações de maior frequência ou intensidade, não possibilitam a absorção dessa água pelo solo, conseqüentemente produz enxurradas que levam os materiais desagregados. Para Dias (2017), o ponto inicial de interferência está relacionado com o tipo de solo da região, pois as características do solo de determinada região irão variar de acordo com as características de sua formação em um longo tempo geológico. Assim, determinado tipo de solo poderá ter maior ou menor propensão aos acontecimentos de erosões.

Dias (2017), ressalta ainda que além de fatores naturais, como pedológicos, os processos erosivos são potencializados com a ação humana, a impermeabilização do solo em alguns pontos causa o acúmulo de água em pontos de cotas mais baixas no terreno na medida em que a chuva se intensifica. Mas a supressão da vegetação é o fator preponderante para o seu agravamento e/ou redução no tempo de ocorrência, Bastos (1999)

Tabela 2- Resultados da aplicação do método em MJ. ha<sup>-1</sup>mm.h<sup>-1</sup>.

Fonte: SILVA, E. P. (2018).

PRECIPITAÇÃO ANO DE 2017														
N°	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	FATOR-R
1	165,7	139,6	133,3	113,7	70,4	4,3	0,7	55,3	0,0	29,8	90,6	93,4	896,9	5117,1
2	288,3	114,3	176,7	125,4	85,2	4,5	0,8	13,3	8,3	22,8	4,0	3,3	846,8	6760,0
3	93,3	159,3	144,3	119,3	42,0	9,6	0,7	55,3	0,0	42,3	84,0	43,3	793,4	4724,8
4	324,2	99,6	202,3	161,0	88,7	0,3	0,0	14,3	2,3	52,0	9,9	2,3	956,9	7495,6
5	277,6	146,3	153,0	104,7	84,7	3,3	0,0	9,3	2,7	49,7	187,0	227,3	1245,5	7415,0
6	81,2	90,8	91,4	110,7	83,3	3,2	0,2	18,4	0,9	17,0	28,3	15,3	540,8	3697,1
7	377,0	101,1	129,3	0,3	16,3	14,6	0,0	16,0	24,6	144,3	133,3	184,3	1141,3	7951,1
8	181,6	68,6	57,6	43,4	46,0	3,2	0,0	0,0	0,3	10,7	20,6	0,0	432,2	4163,8
9	108,3	55,6	0,0	55,9	71,1	0,0	0,1	3,2	2,1	27,0	98,4	66,7	488,5	3536,8
10	185,9	152,7	139,7	35,1	42,9	12,9	16,7	39,4	51,0	81,5	71,7	91,8	921,0	5027,7
11	7,7	34,0	10,6	107,0	98,9	1,2	0,0	0,0	0,0	4,0	1,0	0,7	265,1	3394,7
12	93,3	159,3	144,3	119,3	42,0	9,6	0,7	55,3	0,0	42,3	84,0	43,3	793,4	4724,8
13	219,5	77,7	138,4	96,8	68,8	13,0	3,0	29,7	28,0	14,1	3,6	5,0	697,5	5174,7
14	126,2	113,2	102,6	117,2	84,7	0,0	0,0	0,0	2,7	8,7	1,0	7,0	563,2	4549,9
15	0,7	0,0	0,0	0,0	22,0	0,0	0,3	18,4	0,0	0,0	0,0	3,7	45,1	907,1
16	25,4	33,7	14,8	23,1	35,5	6,1	0,0	0,3	0,7	0,3	44,0	245,0	428,8	5279,1
17	69,3	76,6	77,4	26,4	33,0	16,7	0,1	11,6	8,9	66,9	67,7	84,7	539,3	3174,7
18	93,3	159,3	144,3	119,3	42,0	9,6	0,7	55,3	0,0	42,3	84,0	43,3	793,4	4724,8
19	24,0	0,0	27,3	95,7	123,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	270,3	3702,9
20	373,6	90,3	235,6	79,5	44,1	20,2	0,0	18,7	2,0	55,0	56,0	63,5	1038,6	7749,1
21	2,3	0,0	0,0	0,3	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	41,3	1152,8
22	359,9	74,6	206,0	135,3	95,7	0,0	0,3	9,7	3,7	72,3	294,3	187,6	1439,3	8824,8
23	101,7	44,7	6,3	94,9	134,2	15,2	0,7	9,7	3,7	73,6	308,3	193,9	986,7	6933,2



afirma que ações antrópicas, principalmente a retirada de cobertura vegetal do solo interferem na ocorrência da chamada erosão hídrica.

O solo de maior influência da área de pesquisa são os Latossolos, principalmente o Vermelho Distrófico compondo 61% da área, esse tipo de solo e apontado por Beutler et al. (2001) em sua pesquisa sobre os sistemas de manejo na região dos cerrados, esses solos é composto por uma grande concentração de argila, os tornando solos argilosos. Para a EMBRAPA (2018) os latossolos argilosos após o preparo para o plantio correm o risco de erosão, pois sua estrutura é destruída e tem sua porosidade reduzida devido à formação de uma cama compactada (20 a 30 cm), o que dificulta a infiltração da água da chuva, e quando tratado com alta quantidade de calcário pode ocasionar na dispersão das argilas obstruindo os poros, desta forma o manejo do solo nas bacias durante o período chuvoso, pode provocar um aumento do escoamento superficial e a perda de solo devido o preparo para safra na região.

O tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas para as operações de preparo do solo e colheita tem resultado na compactação de solos, sobretudo quando tais operações são realizadas em condições de umidade inadequadas, como mencionado por Julião, et al. (2011).

A partir desse contexto Ayer, et al. (2015), lembram que o manejo da área pode intensificar esse processo de degradação do solo se realizado de maneira inadequada. Portanto, as perdas de solo nas bacias hidrográficas dos reservatórios refletem a quantidade, frequência e intensidade das chuvas com precipitação média de 193,4 mm ano<sup>-1</sup> e erosividade de 4727,8 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> como apresentado na Tabela 2.

Ezequiel Pereira da Silva, Fernanda Luisa Ramalho, João Batista Pereira Cabral e Regina Maria Lopes

A aplicação do método proposto por Wischmeier e Smith proporcionou os resultados encontrados na coluna FATOR-R, onde o maior valor de fator R encontrado foi de 8824,8 mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> no ponto 22, que está de acordo com os resultados da pesquisa de Galdino (2015) no estado de Goiás e Distrito Federal, encontrou-se valores de 7.425 MJ.mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 9.633 MJ.mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, sendo que a média anual foi mais alta comparada com esse trabalho, sendo de 8.359 MJ.mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

A figura 3 demonstra que a maior parte da área de estudo apresentação índices de erosão entre 4000 e 5000 MJ.mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, como o menor valor correspondendo ao ponto 15 com o valor 907,1 MJ.mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, e o maior no ponto 22 com 8804,8 MJ.mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, esse valores estão diretamente relacionados aos valores de precipitação nos pontos, uma vez que o ponto 15 recebeu 45,1 mm de precipitação no ano de 2017, enquanto o ponto 22 recebeu 1439,3 mm de precipitação, a relação entre erosividade e precipitação pode ser observada quando comparados na figuras 3, sendo que os pontos com maior precipitação são os com maior índice de erosão.

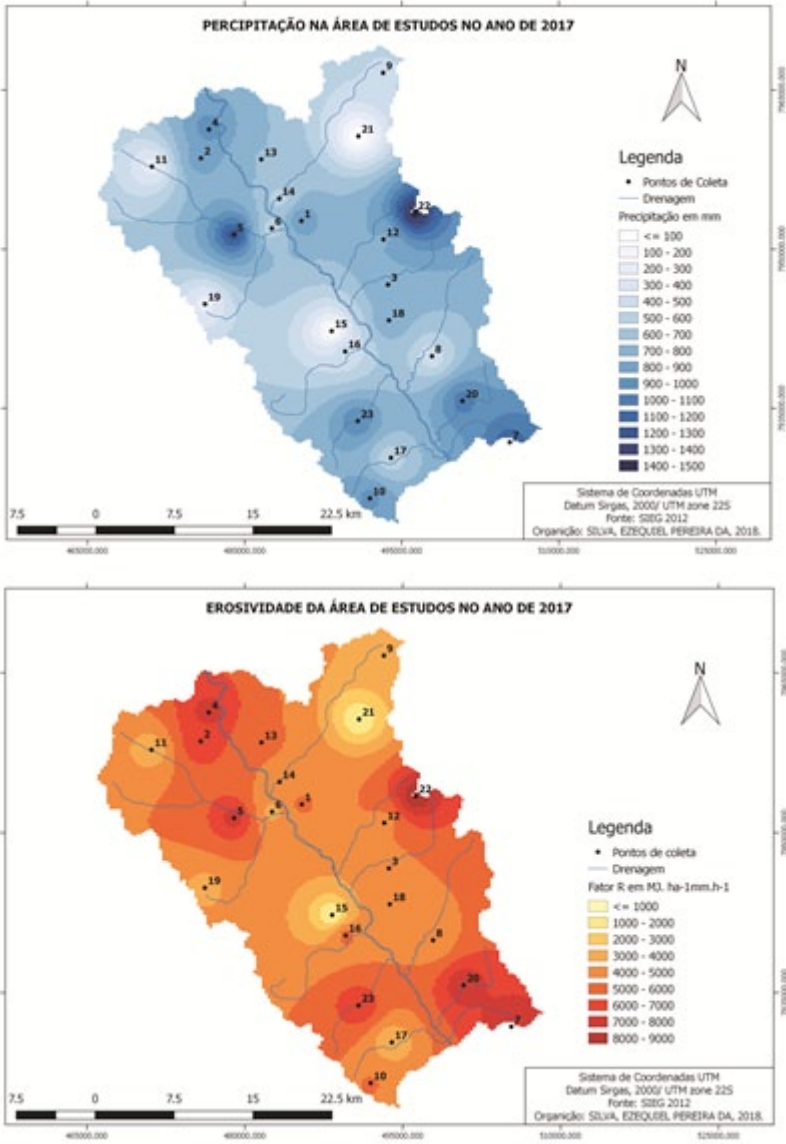
Esse fato é observado no trabalho de Silva et al. (2010), no qual, a estação de maior potencial de erosão corresponde ao verão, em que a média mensal do índice de erosividade foi maior no período de maior precipitação, os autores reforçam que nesse período a precipitação pluvial e a sua intensidade ocorrem de forma mais acentuada, características de chuvas convectivas, o que explica o maior valor de precipitação nas bordas do relevo e divisões de água.

O mesmo é observado no trabalho de Nascimento, Romão e Sales (2018), e identificou os maiores índices de erosividade no período chuvoso, devido ao predomínio de chuvas convectivas associadas às chuvas frontais, que, apesar de apresentarem menor intensidade, costumam ocorrer em praticamente todos os dias, o que implica na elevação do grau de

saturação do solo. Por sua vez, o solo com alto teor de saturação dificulta a infiltração e também favorece o escoamento superficial, aumentando a suscetibilidade do solo em ser transportado.

Sobre o assunto Lima (2013) comenta que no período chuvoso, grande parte do território brasileiro recebe atuação da massa de ar Equatorial continental (mEc) da região Amazônica, o que condiciona um período com maiores precipitações. Nascimento, Romão e Sales (2018), diz que a Floresta Amazônica está localizada numa área de baixa pressão, o que faz a massa de ar apresentar movimento ascendente e convergente, concentrando umidade fornecida pela evapotranspiração da densa vegetação e transportando essa umidade para outras regiões do país.

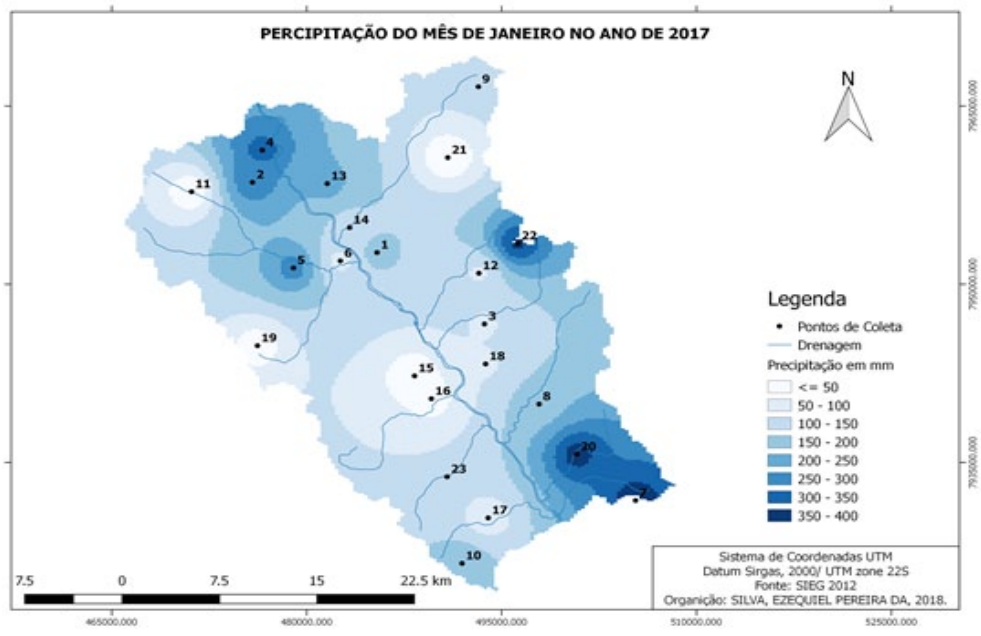
Figura 3- Espacialização da precipitação total (mm) e erosividade no ano de 2017 na área de estudo.



Org.: SILVA, E. P. (2018).

Para Mello e Viola (2013), as chuvas convectivas são formadas durante o verão em razão do calor e excesso de umidade, são caracterizadas por alta intensidade e ocorrem num curto intervalo de tempo, sendo responsáveis por inundações em pequenas bacias hidrográficas, por meio dessa perspectiva observou-se que o maior valor mensal de precipitação na maior parte do pontos ocorre em janeiro primeiro mês fechado do verão, observado a espacialização da precipitação do mês de janeiro (Figura 4), os pontos com maior precipitação são os mesmos com maior valor de R (Figura 3) revelando assim a importância desse mês para erosão nas bacias, para possibilitar essa visualização a Figura 4 adota intervalo de classe menor que a figura 3 por se tratar de um valor de precipitação mensal.

Figura 4- Espacialização da precipitação de janeiro de 2017.



Org.: SILVA, E. P. (2018).

Os estudos de índice de erosividade da chuva possibilita um melhor planejamento de uso e manejo solo, para evitar a erosão quanto no de minimizar os riscos de compactação e degradação de propriedades físicas do solo pelo excesso de umidade, sendo um fator constituinte do modelo de previsão de perdas de solo de Wischmeier & Smith (1978), fornecendo dados importantes para o planejamento sustentável dos recursos naturais, o solo.

No caso da pesquisa, essa conservação precisa-se ser analisada juntamente com diferentes usos do solo, principalmente nos pontos 4, 5, 7, 20 e 22 devido à incidência maior de precipitações nessas áreas, aliadas com maiores suscetibilidades a erosões, destacando para o mês de janeiro, período em que a região está sendo impactada principalmente com maquinários no período da safra.

## 5. Conclusão

Mesmo que o método proposto considera somente a precipitação pluvial em solo sem cobertura vegetal, ele ainda é a melhor forma de avaliar o risco de perda de solo, pois o contato da água com o solo mesmo com cobertura vegetal e inevitável, uma vez que água da chuva deverá escoar na superfície ou infiltrar na subsuperfície.

Assim, o método utilizado junto à espacialização dos dados aponta que a perda de solos no ano de 2017 nas bacias foram maiores especialmente no ponto 22. A precipitação do mês de janeiro é a que apresenta maior influência na erosão das bacias, devido seus maiores índices pluviométricos.

Os resultados sobre o processo de erosividade acelera devido à redução da vegetação na região com usos diversificados, sobretudo com

agricultura e pecuária causando maiores impactos ambientais. Aliados a isso, as bacias necessitam de um planejamento e manejo adequado. Ou seja, as bacias apresentam uma fragilidade média de perda de solos, e redução de sua propriedade, que pode ser impulsionada com manejo do solo próximo ao período chuvoso, principalmente em janeiro que apresenta a maior intensidade das chuvas.

Verificou-se com esse estudo que a intensidade da precipitação em janeiro acarreta a redução da capacidade produtiva no terreno, conseqüentemente todo material é carregado para o fundo de vale, tendo como destino final a deposição nos canais hídricos podendo resultar na diminuição do potencial de produção energética da UHEs Caçu e Barra dos Coqueiros. Concluímos que este estudo contribui com trabalhos que relacionem precipitação com índice de erosividade, ressaltando a importância de analisar essas variáveis, frente ao planejamento dos diferentes tipos de uso e manejo do solo.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Além do apoio ao PROCAD, também agradecemos à Universidade Federal de Goiás Regional/Jataí, instituição ao qual estão vinculados os membros do laboratório membros do laboratório de Climatologia, Ms. Thiago Rocha e Prof<sup>fa</sup>. Dr. Regina Maria Lopes, a equipe do laboratório de Geociências Aplicadas, sob coordenação do Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral e laboratório de Geoprocessamento, Prof. Dr. Alécio Perini Martins, Carlos Eduardo, Ms. Vilson Junior.

## 6. *Lista de siglas*

% - porcentagem;

EI30 - média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(há-1.h-1);

EIBHSG - Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Sudoeste Goiano;

IDW - Inverse Distance Weighting;

MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> d - megajoule por hectare ao ano;

n - número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó;

P - média dos totais anuais de precipitação, em mm;

QGIS - Quantum Gis 2.18.14 Las Palmas;

r - média dos totais mensais de precipitação, em mm;

R- potencial de erosão.



## Bibliografia

ALBUQUERQUE, A.W.; CHAVES, I.B. & VASQUES FILHO, J. Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num regolito eutrófico de Caruaru (PE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.18. p.279-283, 1994.

ALVES, M. Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento. p.33, 2000.

AMORIM, M.C.C.T. Ilhas de calor em Birigui/SP. *Revista Brasileira de Climatologia*. V. 1. N°. 1. – Dezembro 2005. p. 121-130. 2005.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 3, p. 287-291, 2006.

AYER, E. E. B. et al. Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. v.45, n.2, p.180-191. 2015.

BASTOS, C. A. B. Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados. 1999. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BERTOL, Ildegardis. Índice de erosividade (EI30) para Lages (SC) – 1ª aproximação.

*Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 28 n. 4. p. 515-521, 1993.

BERTONI, J. C. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo - SP, Icone. P.355, 1999.

Beutler, A. N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.25. n.1. 2001.

CABRAL, J. B. P. Análise da sedimentação e aplicação de métodos de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no Reservatório de Cachoeira-Dourada – GO/MG. 2006. 194 p. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba-PR, 2006.

CABRAL, J. B. P., Becegato, V. A., Scopel, I., & Lopes, R. M. . Estudo da erosividade e espacialização dos dados com técnicas de geoprocessamento na carta topográfica de Morrinhos-Goiás / Brasil para o período de 1971 a 2000. *GeoFocus (Artículos)*, nº 5, p. 1-18. 2005.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – RJ: Brasil. 372 p. 1994.

DIAS, R. D. Avaliação da influência das características do solo para ocorrência de processos erosivos no Norte e Noroeste do Paraná. 20f. 2017. Disponível em: < <http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/handle/123456789/362/Rodolfo%20Dantas%20Dias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

EIBH- Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Sudoeste Goiano, Goiânia, 2005. CD-ROM.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Brasília: EMBRAPA-SPI, 2018. Disponível em: < [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_96\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html) >. Acesso em: 14 nov 2018.

GALDINO, S. Distribuição da erosividade da chuva no Estado de Goiás e no Distrito Federal. Campinas: Embrapa Monitoramento por satélite, 2015.

JULIÃO, G. F. et al. Atributos mecânicos e erosão por salpicamento em amostras de latossolo vermelho-amarelo sob efeito de Vinhaça. *Ciência e Agrotecnologia*. v.35, n.1. 2011.

LAL, R. Soil erosion on alfisols in western Nigeria. III. Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, Amsterdam, v.16, p.389- 401, 1976.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia, GO: Secretaria de Indústria e Comércio e Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, 2005.

LIMA, A. M. Relação Clima e Vegetação na Área das Bacias das Usina Hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu - GO. 2013. p. 98. Dissertação (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Jataí-GO, 2013.

LOPES, R. M.; SILVA, C. A. A temperatura do ar na Bacia hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros, no Município de Caçu-GO. In: XI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2014, Curitiba. Variabilidade e mudanças climáticas globais: estado da arte e perspectivas para a interação sociedade-natureza, 2014.

LOMBARDI NETO, F. & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, v. 51, p. 189-96, 1992.

MENDONÇA, F. de A. O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1995. 381 p. Tese (Doutorado em Geografia) - USP-SP, São Paulo. 1995. Disponível em: <<https://docs.google.com/file/d/0Bxpb4dPwCfbJbjhPSFUxOWZ4eE0/edit?usp=sharing>>. Acesso em: 20 nov 2018.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [en linea] 2013. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180225736009>>. Acesso em 14 Nov. 2018.

NASCIMENTO, D. T. F.; ROMÃO, P. A.; SALES, M. M.. Erosividade e erodibilidade ao longo de dutovia cortando os estados de Minas Gerais e Goiás-Brasil. Ateliê Geográfico, v. 12, n. 1, p. 97-117, 2018.

PINHEIRO, M. G.; AMORIM, M. C. C. T.; Uma contribuição ao estudo da temperatura e da umidade relativa do ar em Euclides da Cunha Paulista/SP. Geografia em Atos, n. 7, v.2, Presidente Prudente, 2007.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. de. O campo térmico da cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. Revista Geosul, Florianópolis-SC: Editora da UFSC, 1990. N. 9, ano v, primeiro semestre, p. 4-56, 1990.

SIEG. Sistema Estadual de Estatísticas Informações Geografias de Goiás. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

SILVA, A. M. et al. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no vale do rio doce, região centroleste do Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.34, n.4, 2010.

SILVA, I. C. O.; CABRAL, J. B. P.; SCOPEL, I. Mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego da Onça em Jataí (GO), Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. Geoambiente On-line, n. 11, p. 01-30 pág., 2008.

SILVA, M. A. et al. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no vale do Rio Doce, Região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo [en línea] 2010. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18021587500>>. Acesso em 13 nov. 2018.

STREEI, M.V.; ABREU, S.L; GRASSI, J.L., et al. Índice EI30 calculado com dados de precipitação mensal para o município de Ouro Preto d' oeste – RO. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Cuiabá – MT. 2002. anais – CD-ROM.

VIANA, S. S. M. Caracterização do clima urbano de Teodoro Sampaio-SP. 2006. 116 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP, Presidente Prudente-SP. 2006. Disponível em:

<[http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bpp/33004129042P3/2006/viana\\_ssm\\_me\\_prud.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bpp/33004129042P3/2006/viana_ssm_me_prud.pdf)>. Acesso em: 20 nov 2018.

VIOLA, M. R. et al. Distribuição e potencial erosivo das chuvas no Estado do Tocantins. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 2, p. 125-135, 2014.

WAGNER, C.S.; Massambani, O. Análise da relação intensidade de chuva: energia de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v.12, p.197-203. 1988.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, United States Department of Agriculture, pp 58. (*Agriculture Handbook*, 537), 1978.

# O USO DE DADOS HISTÓRICOS NOS ESTUDOS DE INUNDAÇÃO

Rosangela do Amaral  
Jurandyr Luciano Sanches Ross

## 1. *Introdução*

As inundações constituem um dos desastres naturais que ocorrem com maior frequência no mundo, além de causar prejuízos humanos (mortos e desabrigados) e financeiros (EM-DAT, 2014). No século XX, as inundações representaram cerca de 60% dos desastres naturais ocorridos no país, dos quais 40% foram registrados na região Sudeste (Marcelino, 2007).

No Estado de São Paulo, os eventos relacionados às inundações representaram cerca de 60% dos atendimentos realizados pela Coordenadoria de Defesa Civil Estadual (CEDEC) no período entre 2000 e 2008. Cerca de 40% destes eventos ocorreram na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) Alto Tietê, que agrega a maioria dos municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Amaral e Ribeiro, 2009) e apresentam adensamento urbano e impermeabilização de solos.

Diversos estudos avaliaram que a combinação dos fatores naturais e antrópicos pode gerar um aumento de magnitude e frequência das inundações (Pereira e Ventura, 2004; Kobiyama et al. 2006, Tucci, 2008; Amaral e Ribeiro, 2009).

Mostra-se relevante para o planejamento e proposição de medidas para as políticas de prevenção e mitigação dos riscos, que os estudos em bacias hidrográficas realizem o levantamento e a análise do histórico dos

eventos anteriores, de forma a entender a evolução e dinâmica dos eventos atuais e sua relação com a precipitação, especialmente em áreas urbanas.

## 2. *Objetivo*

O objetivo deste trabalho é demonstrar como o levantamento de dados históricos de ocorrências de inundação em bacias hidrográficas pode contribuir para a avaliação do comportamento hidrológico e das possíveis influências da urbanização na magnitude dos fenômenos, tomando-se como estudo de caso a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

## 3. *Área de Estudo*

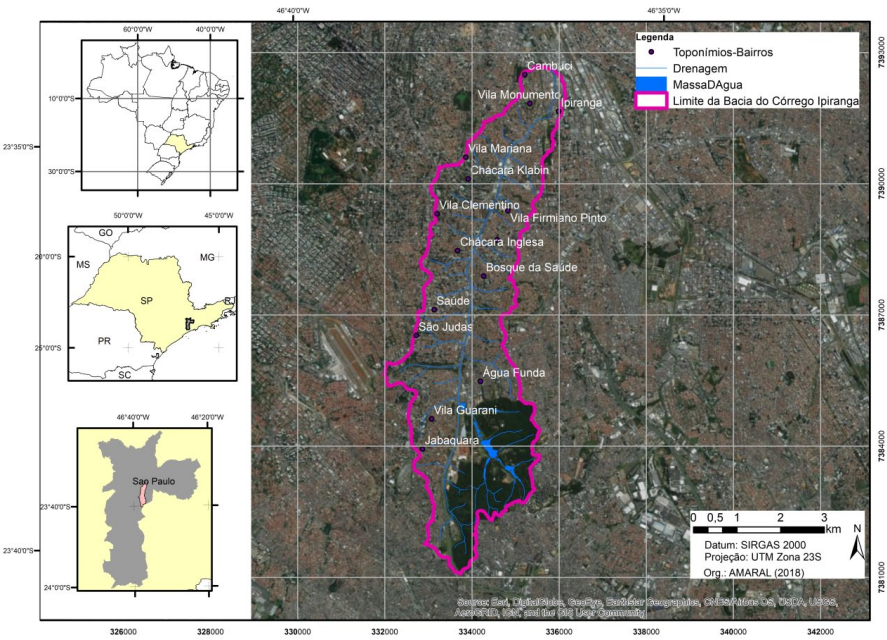
No município de São Paulo, a Bacia do Córrego Ipiranga, denominado historicamente de Riacho do Ipiranga, está localizada entre os Bairros da Água Funda e Ipiranga, na zona sul do Município de São Paulo, registra anualmente grandes inundações, que geram como consequência diversos transtornos, prejuízos sociais e econômicos.

Às margens do Córrego estão situadas as Avenidas Dr. Ricardo Jafet e Prof. Abraão de Moraes, vias que ligam a zona sul ao centro da cidade e estabelece uma das principais ligações com a Rodovia dos Imigrantes, importante acesso ao litoral. Esse sistema viário apresenta grande fluxo de veículos, além de abrigar infraestrutura de comércio e residências.

O Córrego Ipiranga é um dos principais afluentes do Rio Tamandateí, e tem passado por diversas intervenções em seu curso. A primeira intervenção que se tem registro ocorreu entre 1910 e 1920. Sua extensão aproximada é de 11 km e sua área de contribuição corresponde a 23 km<sup>2</sup>. Deste total, 82% estão urbanizados e os 18% restantes são representados pelo remanescente de Mata Atlântica do Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), onde estão as nascentes do córrego. (Figura 1).



Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga.



A urbanização se iniciou ao norte e se expandiu para o sul da bacia (centro-periferia), principalmente nas décadas de 1940 e 1950, auge das taxas de crescimento populacional na região.

#### 4. *Materiais e métodos*

Diversos autores têm buscado analisar os eventos históricos ocorridos em bacias urbanas que apresentam inundações recorrentes com o objetivo de entender o impacto das alterações na dinâmica do curso d'água ao longo dos anos e se esses fenômenos apresentam maior magnitude e frequência após a intensificação da urbanização.

Faccini et al. (2016) avaliaram os eventos ocorridos nos últimos três séculos em uma bacia hidrográfica na cidade de Gênova, Itália. O estudo mostrou que a bacia apresenta características climáticas e geomorfológicas que são condicionantes dos eventos de inundação. Entretanto, as recentes

mudanças no clima e no uso da terra têm causado aumento da quantidade de ocorrências de inundação nos eventos chuvosos de grande intensidade, causando, inclusive, inundações relâmpagos.

Cœur e Lang (2008) analisaram os eventos de inundação que foram catastróficos na Europa nos últimos séculos utilizando a avaliação de documentos históricos, com o objetivo de melhorar as políticas de prevenção e mitigação do risco. A partir da escala de magnitude dos eventos de inundação passados foi possível identificar quais as áreas mais vulneráveis nos eventos chuvosos extremos e planejar quais as medidas podem ser tomadas. Também foram avaliadas as características físicas da bacia, dados pluviométricos e fluviométricos, as mudanças de uso da terra e de intervenções realizadas ao longo do curso d'água, como barragens, pontes, canalizações, entre outras.

No Estado de São Paulo também foram desenvolvidos diversos trabalhos que demonstram a utilização de notícias de jornais como meio de levantamento de dados históricos, complementarmente aos dados oficiais. Podem ser citados como exemplos os trabalhos de Andrade et. al. (2010) e Fernandes da Silva; Andrade; Danna (2011) na Região do Vale do Paraíba, que foram desenvolvidos para subsidiar a caracterização e delimitação dos setores de perigo de inundação nos mapeamentos de risco dos municípios e os trabalhos de Gutjahr et. al. (2010) e IG (2009) na Baixada Santista, que elaboraram bancos de dados de eventos de inundação dos municípios dessa região e disponibilizaram a informação para fins de planejamento territorial.

Outros estudos utilizam mapas e documentos históricos para identificar as alterações morfológicas de áreas, desde seu estágio pré-perturbação antrópica até a atual fase de perturbação ativa, inseridas em regiões metropolitanas, para fins de diagnóstico e prognóstico em planejamento urbano e territorial, como proposto por Rodrigues (1997,

2005) e aplicado por Moroz-Caccia Gouveia (2010) na Bacia do Rio Tamanduateí e por Luz (2010) na Bacia do Rio Pinheiros, ambos em São Paulo/SP.

Para realizar o levantamento do histórico de inundações ocorridas na Bacia do Córrego Ipiranga, em São Paulo/SP, efetuou-se consulta aos meios de comunicação digitais, como jornais locais e regionais e órgãos institucionais, buscando dados do maior período possível, preferencialmente do último século.

Santos e Amaral (2017) realizaram consulta aos jornais Ipiranga e Jabaquara News, Folha de São Paulo e Estado de São Paulo. Foram ainda consultados dados do Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura do Município de São Paulo (CGE/PMSP). A organização desses dados visou constatar com que frequência as inundações ocorrem na bacia.

Em paralelo, Ferreira e Amaral (2017) buscaram correlacionar esses resultados com os dados pluviométricos da bacia. Os dados pluviométricos foram obtidos na Estação Meteorológica E3-035 do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), localizada próximo às cabeceiras da bacia e foram analisados com o objetivo de caracterizar alterações na pluviometria local ao longo do período compreendido entre 1933 e 2016 (IAG, 2016).

Em revisões bibliográficas encontram-se diversas conceituações para inundação. Para este trabalho optou-se por adotar que inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água atingindo a planície de inundação ou área de várzea (Carvalho, Macedo e Ogura, 2007; Amaral e Ribeiro, 2009). Não estão contempladas nessa análise as ocorrências de enchentes, que são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a

cota máxima do canal, porém, sem extravasar, ou os alagamentos, que representam um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.

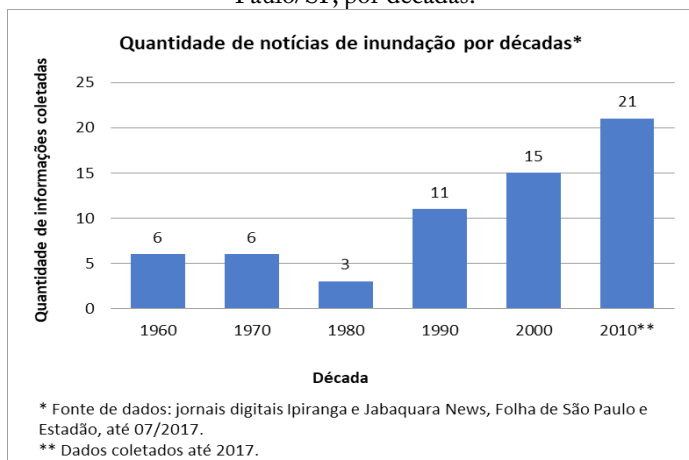
## 5. Resultados

### 5.1. Notícias e dados sobre a ocorrência de inundação na Bacia

Os dados coletados a partir das consultas às mídias de informação digitais mostraram que a quantidade de notícias relatando inundações na Bacia do Córrego Ipiranga vem aumentando nas últimas décadas (Figura 2).

No total foram registradas 62 ocorrências no período entre 1960 e 2017. Não foram encontradas informações anteriores a esse período.

Figura 2: Quantidade de notícias de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, por décadas.



Fonte: Modificado de Santos e Amaral (2017)

Esse fato pode estar relacionado com a impermeabilização dos solos e alterações no curso d'água, às alterações pluviométricas ou simplesmente à maior veiculação de notícias pela mídia devido ao impacto das inundações na dinâmica de circulação e economia local (Santos e Amaral, 2017).

Outro fator a ser considerado é que nas últimas décadas houve uma maior diversidade de fontes de dados sobre os fenômenos, o que possibilita melhores análises.

## 5.2. *Espacialização dos dados coletados*

Os dados coletados a partir das notícias foram tabulados buscando-se a especialização dos locais das ocorrências, para identificar frequência e magnitude dos fenômenos ao longo da bacia.

Entretanto, dados coletados a partir de notícias trazem informações em diferentes contextos e graus de detalhamento. Algumas notícias relatam nome das ruas, mas não outra referência, outras citam o Córrego Ipiranga, mas não em que parte ocorreu a inundação. Parte das notícias trazem informações sobre os danos e prejuízos constatados.

Dessa forma, do total de 62 registros coletados, alguns não puderam ser espacializados. Outros casos são de recorrências, ou seja, diversas notícias ou dado oficial citam inundações recorrentes nos mesmos locais, que ocorreram até mais de uma vez em cada ano.

Os dados foram organizados conforme a Tabela 1.

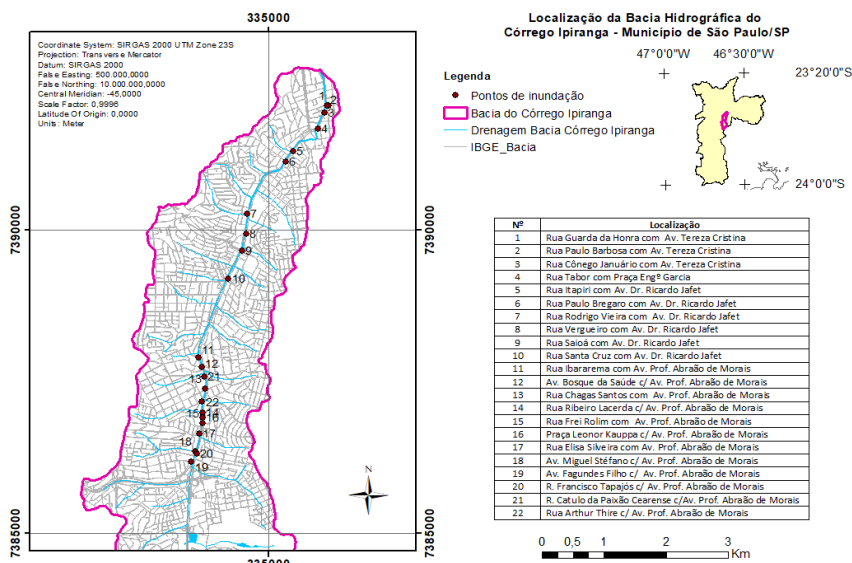
Tabela 1 – Ficha para tabulação e organização dos dados referentes a consulta aos meios de comunicação.

<b>EVENTO</b>	
Data da publicação _____	XX/XX/XXXX
Tipo _____	(Ex: Inundação, enchente, alagamento, enxurrada)
Nome do veículo _____	(Ex: Folha de São Paulo)
Título da matéria _____	(Ex: Inundações no Ipiranga causam problemas ao trânsito)
Área da Bacia _____	(Ex: Montante, Médio curso, Jusante)
<b>LOCAL</b>	
Endereço _____	(mesmo que referência, Ex: próximo ao cruzamento da Rua 1 com Av. 2)
Bairro _____	
Coordenadas _____	(obter quando possível localizar o endereço)
<b>VÍTIMAS</b>	
Mortos _____	
Feridos _____	
Desabrigados / Desalojados _____	
<b>NOTÍCIA</b>	
Resumo _____	(Ex: A situação é crítica, envolvendo 123 famílias atingidas, ...)
Nº de horas que permaneceu inundado _____	(Ex: a via ficou interditada por 3 horas)
Cota de atingimento _____	(Ex: a água atingiu cerca de 1 metro de altura)
Foto _____	

Fonte: Adaptado de IG (2009)

Os registros que permitiram a localização das ocorrências foram organizados e representados em base cartográfica. Pode-se perceber que grande parte dos pontos identificados localizam-se no médio curso da bacia, nos cruzamentos com a Av. Prof. Abraão de Moraes (Figura 3 – Pontos 11 a 22), e alguns pontos à jusante, nos cruzamentos com a Av. Dr. Ricardo Jafet (Figura 3 – Pontos 5 a 10) e com a Av. Tereza Cristina, próximo à foz do Córrego Ipiranga no Rio Tamanduateí (Figura 3 – Pontos 1 a 4).

Figura 3 – Pontos de inundação identificados por meio de dados oficiais e de notícias, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP



Fonte: Santos e Amaral, 2017

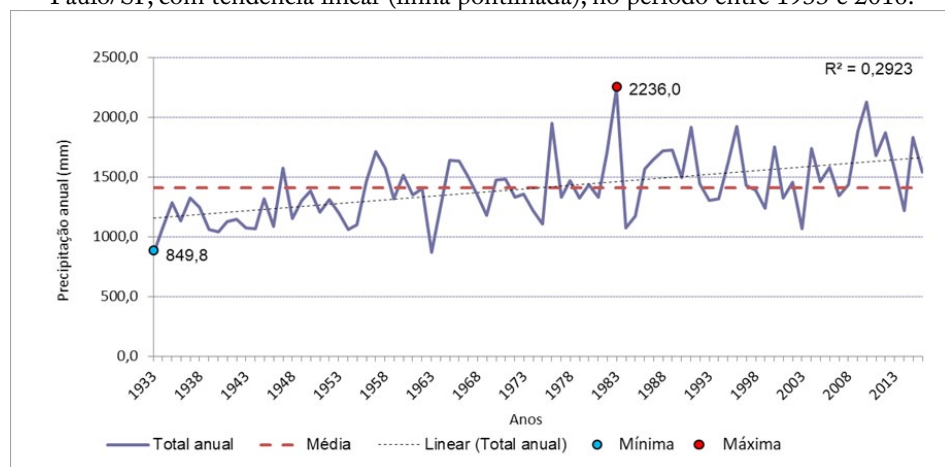
### 5.3. Avaliação de dados pluviométricos

A avaliação dos dados pluviométricos coletados na Estação Meteorológica E3-035 do IAG-USP, localizada à montante da bacia, mostra que, apesar de algumas variações ao longo do período de cerca de 80 anos de análise, a tendência foi de aumento da pluviosidade anual no intervalo de 1933 a 2016. A média anual foi de 1.409,5mm, e o valor máximo anual ocorreu em 1983, com 2.236 mm e o valor mínimo em 1933, com 849,8 mm (Figura 4).

As notícias e os dados do CGE consultados referem-se à

ocorrência de inundações em episódios de precipitação forte nas datas dos eventos. Para averiguar o comportamento dessas precipitações, Ferreira e Amaral (2017) analisaram os eventos chuvosos acima de 60 mm/24 horas no período entre 1933 e 2013 e constataram que há uma tendência de aumento das precipitações concentradas. Essas precipitações totalizaram 94 ocorrências em 80 anos de estudo e aumentaram de frequência na última década (Figura 5).

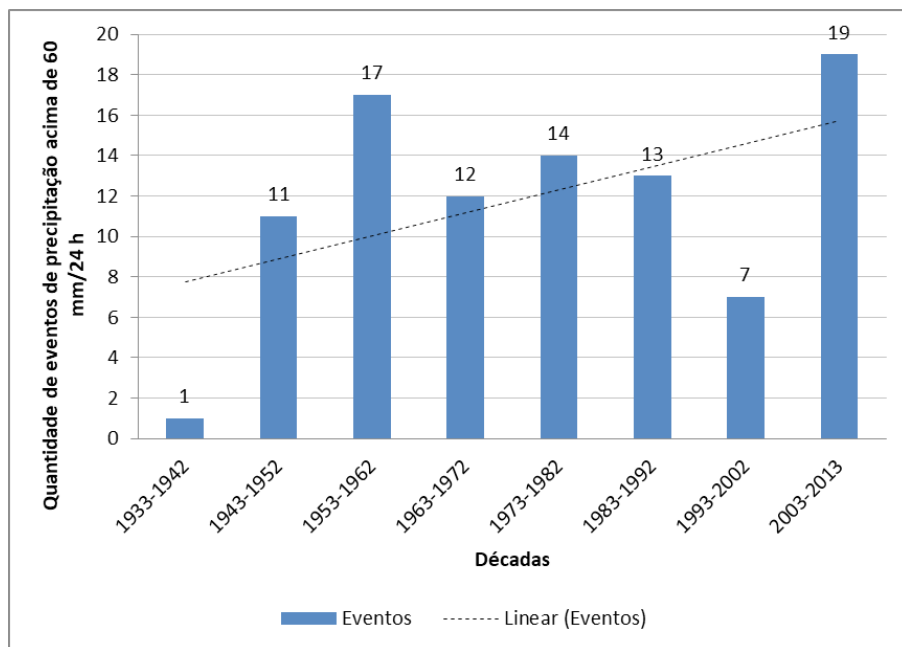
Figura 4: Avaliação dos dados pluviométricos anuais na Bacia Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, com tendência linear (linha pontilhada), no período entre 1933 e 2016.



Fonte dos dados: IAG/USP.



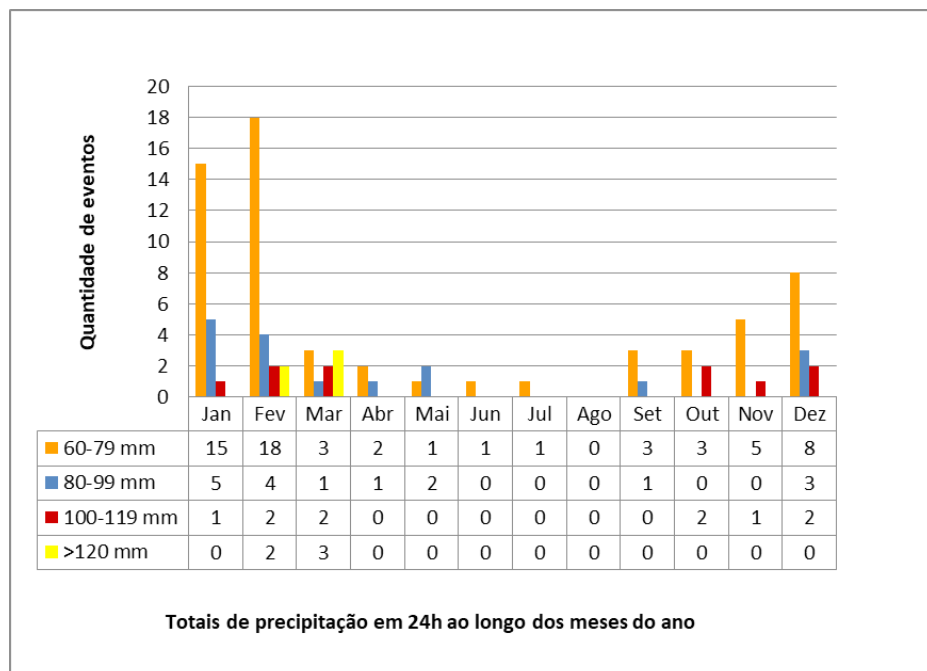
Figura 5: Quantidade de eventos de precipitação acumulada em até 24 horas acima de 60 mm, agrupados por décadas, entre 1933 e 2013.



Fonte: Modificado de Ferreira e Amaral (2017). Fonte dos dados: IAG/USP

De modo geral, a análise dos dados mostra que as chuvas se concentram nos meses de verão, como habitual. Observou-se que os eventos extremos, de volume igual ou superior a 120 mm/24h totalizaram cinco ocorrências no período avaliado e se concentraram no período chuvoso (Fevereiro e Março), conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6: Distribuição de totais de precipitação acima de 60 mm em 24 horas ao longo dos meses do ano, no período entre 1933 e 2013.



Fonte: Ferreira e Amaral (2017)

## 6. Considerações

A partir dos dados das notícias de jornal, pode-se constatar o aumento de notícias veiculadas sobre inundações na bacia do Córrego Ipiranga (São Paulo/SP) nas últimas décadas.

Esse resultado coincide com a avaliação dos dados pluviométricos, que constataram que a quantidade de chuvas, principalmente as chuvas acima de 60mm em 24 horas, também aumentaram nas últimas décadas.

Outros estudos avaliam que as causas das evoluções dessa

precipitação diária podem ter uma causa local, a urbanização e a formação de ilhas de calor, ou uma causa climática de escala global, como os fenômenos El Niño ou as ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul).

Entretanto, outros fatores podem ser agregados para melhorar a análise, como a evolução do uso da terra na bacia nesse período e a análise das características naturais da bacia.

O uso de dados históricos se apresenta como um fator relevante nas análises, de forma a contribuir com o planejamento ambiental, muitas vezes considerando a convivência com o risco, ou subsidiando estratégias para mitigação de danos, a construção de cenários ou estudos prospectivos, principalmente em áreas atingidas por recorrentes eventos de inundação.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

Às alunas do PIBIC/CNPq do Instituto Geológico, Aline Pamela dos Santos e Jussara de Brito Ferreira, pelo levantamento de dados.

## Bibliografia

ANDRADE, E.; DANNA, L. C.; SANTOS, M. L.; FERNANDES DA SILVA, P.C. Levantamento de ocorrências de inundação em registros de jornais como subsídio ao planejamento regional e ao mapeamento de risco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, Anais, v. 7, 2010.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. (2009) Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. D.; OGURA, A. T. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

CCEUR, D.; LANG, M. Use of documentary sources on past flood events for flood risk management and land planning. *Comptes Rendus Geoscience*, v. 340(9), p. 644-650, 2008.

EM-DAT (2014) The International Disasters Database, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), <http://www.emdat.be/>, acesso em 29/09/2014.

FACCINI, F.; PALIAGA, G.; PIANA, P.; SACCHINI, A.; WATKINS, C. (2016). The Bisagno stream catchment (Genoa, Italy) and its major floods: geomorphic and land use variations in the last three centuries. *Geomorphology*, 273, 14-27.

FERNANDES DA SILVA, P. C.; ANDRADE, E.; DANNA, L. C. Mapeamento de risco à inundação em municípios do Vale do Paraíba (SP): abordagem metodológica para delimitação e caracterização de setores de perigo. In: 13 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Anais, São Paulo: ABGE, 2011.

FERREIRA, J.B.; AMARAL, R. Análise dos dados pluviométricos da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, In: Caderno de Resumos do 7º Seminário de Iniciação Científica PIBIC-IG, São Paulo: Instituto Geológico, 2017. Disponível em: [http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS\\_7-SIC-IG\\_2016.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf)

GUTJAHR, M. R.; RABELLO, J. F. D.; GOMES, M. L. F.; JESUS, M. H. S. Estudos históricos de eventos climáticos extremos na Baixada Santista- SP Brasil. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Anais... Universidade de Coimbra, 2010.

IAG – USP – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP, Seção Técnica de Serviços Meteorológicos, v. 19, 2016. São Paulo: IAG/USP, 2016.

IG - Instituto Geológico – Banco de Dados Históricos de Desastres Naturais Relacionados a Eventos Climáticos na Baixada Santista, 2009. Disponível em: <http://200.144.28.233/dnbs/busca.php>, acesso em 16 fev. 2015.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading. 109 p., 2007. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/publicacoes.html>.

LUZ, R. A. Geomorfologia da planície fluvial do rio Pinheiros entre os bairros de Pinheiros, Butantã e Cidade Jardim, São Paulo (SP). 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARCELINO, E. V. 2007. Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos. Santa Maria: CRS/INPE. 20p. (publicação interna). Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/publicacoes.php>.

MOROZ – CACCIA GOUVEIA, I. C. Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, 2010.

PEREIRA, M.; VENTURA, J.E. (2004) As áreas inundáveis em meio urbano – A abordagem dos instrumentos de planejamento territorial. In: Anais do 7º Congresso da Água. Lisboa, LNEC. APRH – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.

RODRIGUES, C. Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros. São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 1997.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia, v. 17, p. 101-111, 2005.

SANTOS, A. P.; AMARAL, R. Levantamento histórico de dados de inundação do córrego Ipiranga – São Paulo/SP, In: Caderno de Resumos do 7º Seminário de Iniciação Científica PIBIC. São Paulo: Instituto Geológico, 2017. Disponível em: [http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS\\_7-SIC-IG\\_2016.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf)

TUCCI, C. E.M. (2008). Águas urbanas. Estudos Avançados, 22(63), 97-112.

# CARACTERIZAÇÃO HIDROSSEDIMENTOLÓGICA DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE CAÇU – GO

Celso de Carvalho Braga  
João Batista Pereira Cabral  
Susy Ferreira Oliveira  
Assunção Andrade de Barcelos

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Bigarella e Parolin (2010), sedimento é material originado por intemperismo e erosão de rochas e solos, transportados por agentes, como rio, vento, gelo, corrente marítima, entre outros, e acumulados em locais mais baixos que os de origem.

Então, por sedimento, entende-se que é a partícula derivada da fragmentação das rochas, por processos físicos ou químicos, que é transportada pela água ou vento do lugar de origem para veios de águas para deposição. Nesse sentido, entende-se hidrossedimentologia como o estudo do sedimento nos cursos d'água, enquanto por erosão entende-se como separação e remoção de partículas da rocha ou solo que são transportadas aos cursos d'água pela ação dos ventos e, principalmente, pelo escoamento da ação pluvial. O deslocamento e o transporte de sedimentos em meio aquático dependem da forma, tamanho e peso dos sedimentos e da energia exercida pela ação do escoamento (CARVALHO, 2008).

A utilização adequada do solo com a devida cobertura do mesmo e

a implementação de controle de enxurradas diminui os processos erosivos, visto que altera a exposição do solo às gotas de chuva, aumentando a infiltração e diminuindo, conseqüentemente, o escoamento superficial. A produção de sedimentos é uma das principais conseqüências da erosão hídrica, sendo a quantificação de sedimento efluentes, que são transportados pela água, uma importante ferramenta para conservação da boa qualidade da água e do solo da bacia. Quanto menor for a proteção do solo, devido à sua cobertura, mais intensa será a erosão do mesmo (GUERRA, 1994; CARVALHO, 2008).

Pesquisas hidrossedimentológicas em rios e reservatórios, para onde são transportados e depositados sedimentos oriundos de erosão hídrica, ajudam a compreender o comprometimento dos mananciais quanto a assoreamentos, transporte e deposição de metais pesados, limnologia dos corpus d'água, dentre outros, e correlacionar com a origem da produção de sedimentos e a cobertura do solo da bacia (BARROS, 2012).

O conhecimento da dinâmica dos processos erosivos em bacias hidrográficas é extremamente relevante para o gerenciamento dos recursos hídricos, em que a produção de sedimentos é utilizada como indicador dos impactos das atividades antrópicas da bacia (MINELLA et al, 2011; LACOMBE et al, 2008).

Com a cobertura do solo cada vez mais intenso e o conseqüente aumento da erosão das terras, o estudo dos sólidos em suspensão é cada vez mais necessário para se compreender o processo de sedimentação e qualidade das águas em reservatório e sua influência na geração de energia hidroelétrica.

O transporte de sedimentos em um rio depende de processos erosivos complexos produzidos na bacia hidrográfica. Todo processo erosivo depende da energia do fluxo de transporte, que varia no tempo



e no espaço, e tem como principal variância a ação antrópica na bacia. A evolução da paisagem, originada pelas formas geomorfológicas, é um processo natural originário do transporte de sedimentos (SANTOS et al, 2001).

O deslocamento e o transporte de sedimentos em meio aquático depende da forma, tamanho, peso e força exercida pela ação de deslocamento do sedimento (CARVALHO, 2008).

Quanto mais turva (barrenta) for a água, maior será o transporte de sedimentos da mesma, evidenciando que houve uma erosão na bacia contribuinte, de onde o sedimento está sendo transportado. Quanto maior a quantidade de material suspenso transportado na água, maior a turbidez e menor será a penetração de luz na água, diminuindo a zona Fotossintética e prejudicando a cadeia primária da vida aquática, além de aumentar a temperatura de superfície e diminuir a dispersão de oxigênio dissolvido nas regiões mais profundas da água (CARVALHO, 2008; ESTEVES, 2011).

As pesquisas de sólidos em suspensão são utilizadas em vários estudos, como planejamento, projetos, operação de obras de uso dos recursos hídricos para abastecimento de águas, geração de energia, navegação, estudos ambientais, controle de cheias, entre outros (CARVALHO, 2008).

Sólidos são partículas derivadas da erosão das terras, sendo transportados para os cursos d'água pelo escoamento das águas das chuvas (CARVALHO; HORA, 2014). Já concentração de sólidos em suspensão (CSS) é a razão entre o peso do material sólido seco contido em uma amostra em relação à quantidade da mistura água/sedimento dada normalmente em mg/L (PINTO, 2014).

A turbidez da água é a medida da capacidade da mesma em dispersar a radiação; pode ser considerada o oposto da transparência

da água. A turbidez avalia a dispersão da radiação na presença de material em suspensão. A turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público. Os principais fatores responsáveis pela turbidez da água são as partículas em suspensão (ESTEVEVES, 2011).

A transparência da água é medida pelo disco de Secchi, que é um disco dividido em quadrantes, pintados em preto e branco cada quadrante. Avalia, do ponto de vista ótico, a transparência. A profundidade da transparência é medida afundando o disco na água até o seu desaparecimento, que é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho ótico (ESTEVEVES, 2011).

A construção de empreendimentos hidráulicos em um curso d'água altera as características hidráulicas do trecho do rio à montante, com aumento da seção molhada e conseqüente diminuição da velocidade média. Desse modo, ocorre uma desaceleração de sólidos (em suspensão, arrasto ou saltos) na direção do escoamento, fazendo com que se depositem ao longo do reservatório, ocasionando a deposição das partículas de maior diâmetro na entrada deste, enquanto que as partículas mais finas irão se depositar em trechos mais abaixo ou permanecem em suspensão, podendo chegar às estruturas de descarga de água (CARVALHO, 2008).

O conhecimento do transporte de sólidos em suspensão e de fundo é fundamental para qualquer projeto hídrico, pois possibilita conhecer os padrões de erosão e depósitos ao longo de cursos d'água e reservatórios (SUGUIO, 1973; STEVAUX, 1993; GAMARO, 2014).

A carga sólida de um leito dá-se por partículas em suspensão, partículas saltitantes ou por arrasto. As partículas em suspensão são predominantemente finas e compostas de argila e silte, e quanto mais próximo ao leito, maior a quantidade de partículas e a granulometria. Os sólidos finos são transportados em suspensão, pela força da velocidade da

corrente, enquanto que o material mais grosso, que é transportado junto ao leito, sofre a ação de atrito (ICOLD, 1989; CARVALHO, HORA, 2014).

A descarga sólida em um rio é muito variável, tanto temporal quanto espacialmente, dependendo de vários fatores associados ao regime de escoamento. Quanto maior o período de observação, maior confiança se terá com os resultados e melhor será a média representativa (STEVANUX, 1993; MENDES, 2014).

A amostragem de sólidos em suspensão é variável no curso d'água, tanto na largura quanto na profundidade. Então, para uma boa amostragem, são necessárias amostragens de seções transversais, tanto na superfície quanto na vertical.

Segundo Carvalho (2008), a descarga sólida em suspensão corresponde normalmente de 80 a 96% da descarga total de sólidos. Essa variação depende das características geológicas, climáticas, posição de medidas ao longo do curso d'água, entre outros aspectos. A descarga sólida em suspensão é mais fácil de ser medida, de realizar análise e cálculos, e representa maior quantidade da carga sólida total transportada pelo curso d'água.

Um fator determinante na quantidade de transporte de sólidos é a quantidade e intensidade das precipitações na bacia, tendo em vista que, segundo estudos, de 70 a 90% do transporte de sólidos em um leito acontecem em período de cheias dos rios (GAMARO, 2014).

Os sólidos em suspensão aumentam a turbidez, reduzindo a penetração da luz na água, gerando, conseqüentemente, mudanças Fotossintéticas, alterando a cadeia primária e a alimentação dos peixes. Aumenta, ainda, a absorção do calor na superfície da água (CARVALHO, 2008).

A quantidade e qualidade dos sólidos em suspensão de uma

bacia hidrográfica dependem diretamente da ocupação antrópica da bacia. O desmatamento, as atividades agrícolas, a pecuária e a mineração contribuem normalmente para o aumento da quantidade de sólidos em suspensão dos veios d'água, enquanto que a construção de barragens contribui para retenção desses sólidos suspensos (LELI et al, 2010).

A determinação da quantidade de sólidos em suspensão em um curso d'água pode ser realizada por intermédio de três métodos: método da filtração, método da evaporação e com equipamentos Acoustics Doppler Current Profilers (ADCP).

O método de filtração pode ser utilizado em amostras com até 10.000 mg/L de sólidos, quando esse sedimento for, em sua maioria, porções de areia, e até 200 mg/L quando o sedimento for, principalmente, frações de argila. O método da filtração é mais rápido, quando utilizados em amostras com baixa concentração de sólidos em suspensão. O método da evaporação poderá ser utilizado para amostras com altas concentrações de sólidos, com concentrações superiores às indicadas para o método de filtração, pois, em amostras com grande concentração de sólidos, pode-se ocorrer a colmatação do filtro, dificultando o processo da filtração (CARVALHO, 2008; PINTO, 2014).

As ADCP estimam a quantidade de sólidos em suspensão pelo resultado do eco e do pulso acústico, aliado às diferentes frequências e tamanho das células, sendo ainda uma tecnologia em desenvolvimento e evoluções constantes dos equipamentos e da capacidade de processadores. Para determinar a concentração estimada pelo ADCP nas células de medição, precisa-se ter conhecimento do tempo de ida e volta do pulso acústico e da velocidade do som, bem como conhecer o comportamento dos sólidos na seção a ser medida, pois o pulso acústico emitido pelos transdutores do ADCP perde intensidade e varia de acordo com certos fatores, como a distância ao local onde é refletida a partícula, a concentração

e diâmetro das partículas em suspensão e a temperatura e salinidade da água (GAMARO, 2014).

O fluxo dos sólidos em um leito, ao encontrar águas com menor velocidade devido ao represamento, começa a depositar. A deposição inicia-se com partículas mais pesadas e vai diminuindo à medida que vai adentrando no ambiente lântico. À medida que o assoreamento vai aumentando no reservatório, a capacidade de armazenamento de água vai diminuindo e a influência do remanso vai intensificando para montante, as velocidades da água aumentam e maior quantidade de sólidos passam a escoar para jusante, diminuindo o poder de retenção de partículas em suspensão (STEVAUX, 1993).

A distribuição e a deposição de sólidos dependem da geometria dos reservatórios, do modo de operação, das características e propriedades dos sedimentos e da declividade de escoamento, entre outros.

Com a construção de barragens para o represamento de água em um leito, alteram-se as características hidráulicas do trecho à montante do barramento, diminuindo a velocidade da água e aumentando a área molhada. Com a desaceleração da velocidade da água, diminui também a velocidade de transporte de partículas em suspensão, aumentando o poder de deposição ao longo do reservatório, em que as partículas de maior diâmetro são depositadas na entrada do reservatório e as de menores diâmetros vão adentrando e se depositando nas regiões mais abaixo do reservatório (CABRAL et al, 2009).

A quantidade e qualidade dos sólidos transportados pela água em uma bacia hidrográfica dependem exclusivamente de vários fatores, quais sejam: geologia, geomorfologia, relevo, quantidade e intensidade das precipitações, dos sedimentos afluentes e, principalmente, a cobertura vegetal do solo e das ações antrópicas na bacia (CARVALHO et al, 2000).

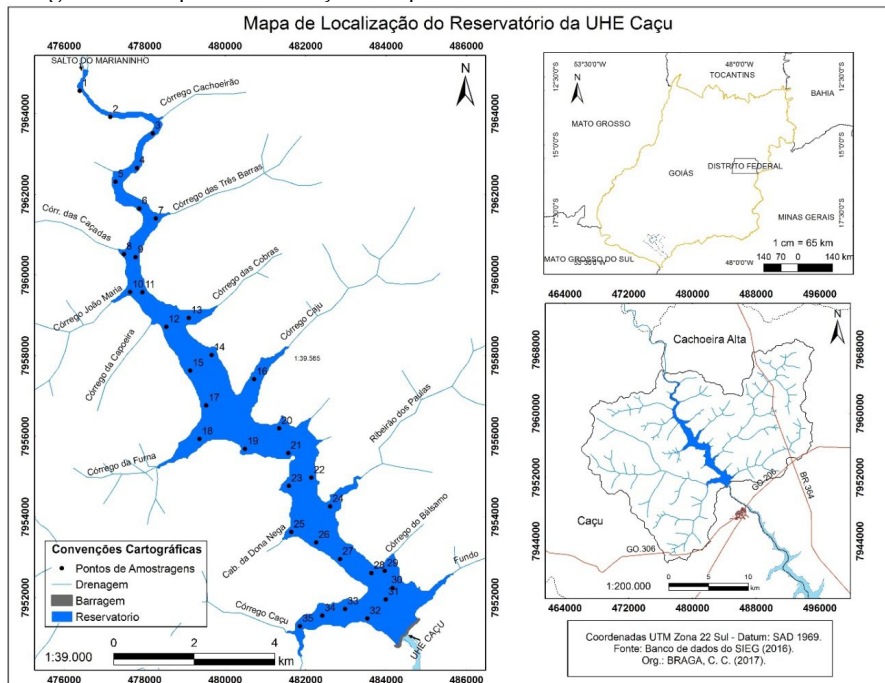
Assim, objetiva-se realizar uma análise espaço-temporal dos

parâmetros hidrossedimentológicos: concentração de sólidos em suspensão (CSS), transparência da água (SEC) e turbidez (TURB), no reservatório da usina hidrelétrica de Caçu, e detectar os principais locais de aporte.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para analisar a concentração de sólidos em suspensão, turbidez e transparência da água, foram realizadas as coletas de água em 6 períodos distintos, em 35 pontos do reservatório da UHE Caçu (Figura 1), de modo que esses pontos compreendessem todos os compartimentos aquáticos (setor rio, transição e lago).

Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta no reservatório da UHE Caçu



Fonte: Os autores (2017).

As coletas foram realizadas em 01 de agosto de 2014, 30 de julho de 2015 e 02 de agosto de 2016, referentes ao período menos chuvoso,

aqui considerado como período seco na região do Cerrado brasileiro, e em 27 de janeiro de 2015, 04 de fevereiro de 2016 e 23 de janeiro de 2017, referente ao período mais chuvoso na região.

Para coleta das amostras de água do reservatório, foram utilizados barcos (Fotografia 1A), com motor de popa de 15HP, GPS - modelo Garmin MAP 78S (Fotografia 1B), para o georreferenciamento dos pontos de coleta, e garrafa de Van Dorn (Fotografia 1C) para coleta de água.

Fotografia 1A - Coleta de amostras de água em campo



Fotografia 1B - GPS Garmin MAP 78S



Fotografia 1C - Garrafa de Van Dorn



Fonte: Os autores (2016).

Para determinar a concentração de sólidos em suspensão, foi utilizada a metodologia descrita por Wetzel e Likens (1991) e APHA



(1998). As amostras de águas foram coletadas nos primeiros 10 cm de profundidade (epilímnio) e filtradas (Fotografia 2) utilizando-se uma bomba de sucção a vácuo, com pré-filtros em microfibras de vidro, modelo AP20, com retenção nominal de 0,8 a 8 micrômetros e com 47 mm de diâmetro.

Fotografia 2 - Demonstração de como foi realizada a filtragem das amostras de água



Fonte: Os autores (2016).

Os filtros foram secos em estufa a 100° C, por uma hora (Fotografias 3 e 4) e pesados em balança analítica para ter o peso inicial. Posteriormente, com o auxílio de uma bomba de sucção a vácuo, foram filtrados 500 ml de água de cada amostra, após secar em estufa a 65° C por 24 h, obtendo-se o peso final, por diferença de pesagem, utilizando a seguinte equação:

$$CSS = \frac{(Pf - Pi)}{V} * 1000000 \quad (1)$$

Onde:

Pf = É o peso final do filtro (g)



Pi = É o peso inicial do filtro (g)

V = Representa o volume de água filtrada (mL).

Com o objetivo de aumentar a confiabilidade dos resultados e diminuir erros grosseiros, em cada ponto de coleta foram feitas em duplicatas e o resultado da CSS foi determinado pela média das duas amostras.

Fotografia 3 - Pré-filtros em microfibras de vidro modelo AP20 (período chuvoso)

Fotografia 4 - Pré-filtros em microfibras de vidro modelo AP20 (período mais seco)



Fonte: Os autores (2016).

As medidas de transparência de água foram realizadas com disco de Secchi, orientando-se na proposta de Preisendorfer (1986) e Esteves (1998), segundo a qual, a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho óptico. Esta medida é obtida mergulhando-se o disco de 20 centímetros de diâmetro pintado com dois quadrantes de preto e dois de branco na água, por meio de corda graduada, até a profundidade na qual a radiação refletida no disco não é mais visível ao olho humano (Fotografia 5).

Fotografia 5 - Transparência da água com o uso do disco de Secchi



Fonte: Os autores (2016).

A turbidez da água é a medida da capacidade desta em dispersar a radiação solar. É expressa por UNT (Nephelometric Turbidity Units), determinada pelo equipamento chamado turbidímetro (Fotografia 6). Em geral, a turbidez provém de partículas suspensas, que indicam a presença de materiais sólidos, como argila, silte e areia, e, ainda, bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos (ESTEVES, 2011).

Assim como a análise de CSS, as análises da turbidez foram realizadas em duplicidade e o resultado foi obtido por meio da média dos dois resultados.

Fotografia 6 - Equipamento utilizado para a leitura de turbidez



Fonte: Os autores (2016).

Os dados limnológicos, foram especializados utilizando o método interpolador IDW (Inverse Distance Weight), no Sistema de Informações

Geográficas (SIG), utilizando o software ArcGIS 10.1, através da extensão Geostatistical Analyst, conforme empregado por Chang (2006), Jha et al (2015) e Lobato et al (2015). O método de interpolação IDW analisa qual influência dos valores pontuais, sobre a região ao seu redor, que varia com uma potência do inverso da distância, estimando um valor da variável analisada para um local não amostrado.

Para avaliar os efeitos das chuvas no resultado dos parâmetros hidrossedimentológicos no reservatório da UHE Caçu, foram obtidos dados de um pluviógrafo instalado próximo ao reservatório na Fazenda Caçu, na coordenada 18° 31' 21,96"S e 51° 09'53,79"O. Pluviógrafo foi instalado na bacia pelo projeto "Análise do impacto da ação antrópica nas características hidrossedimentológicas-limnológicas da Bacia do rio Claro-GO", este pluviógrafo forneceu o volume precipitado nos 10 dias anteriores a todas as coletas de água.

### 3. *RESULTADOS E DISCUSSÕES*

Para estudos hidrossedimentológicos, a análise da periodicidade, quantidade e intensidade das chuvas é fundamental para entender como se dá o transporte de sedimentos em meios aquáticos. Nesse sentido, foram coletados dados de pluviometria dos dez dias que antecederam as coletas de dados para compreender a influência das precipitações nos mesmos (Tabela 1).

Tabela 1 - Totais pluviométricos (mm) na Fazenda Caçu dos 10 dias que antecederam as coletas de campo

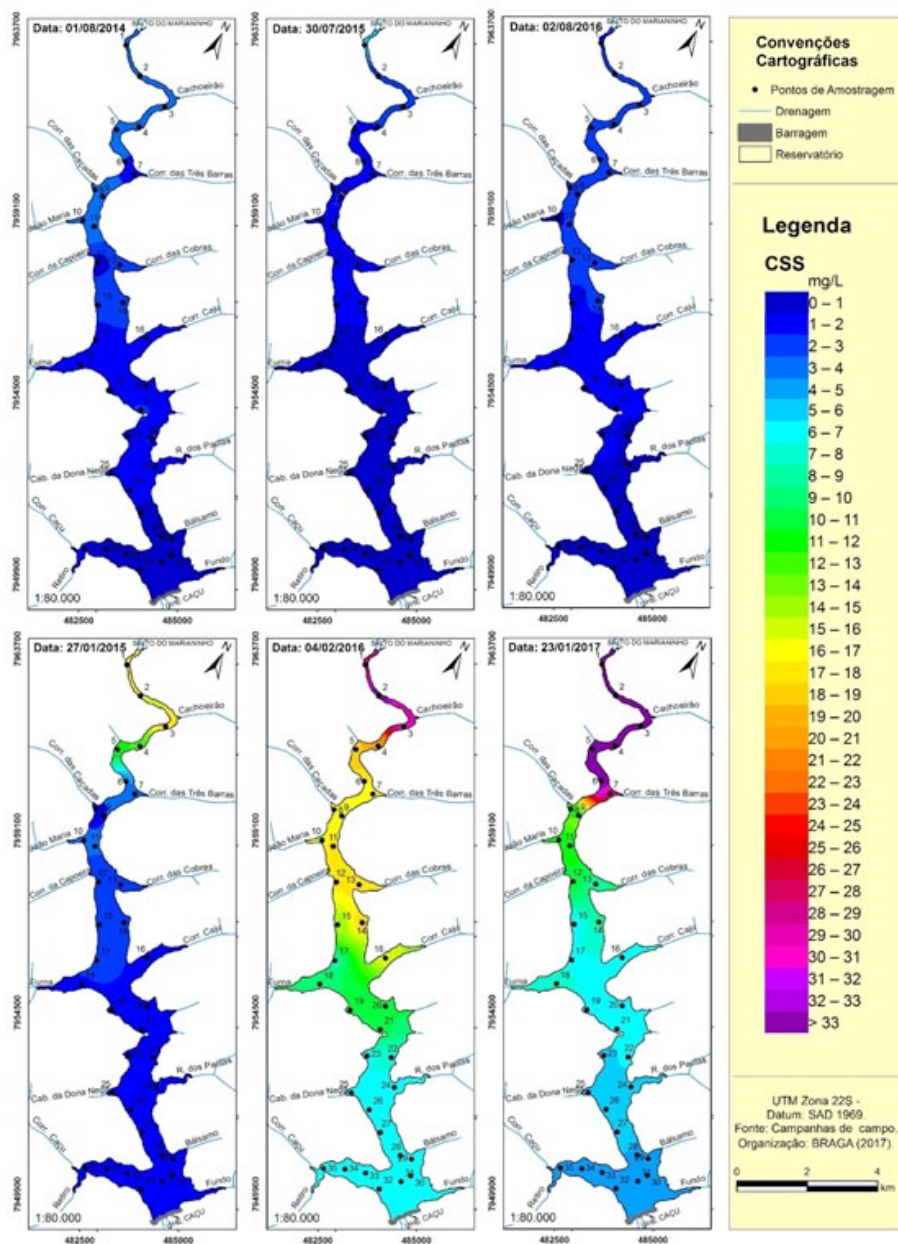
01/08/2014	30/07/2015	02/08/2016	27/01/2015	04/02/2016	23/01/2017
1,67	0	0,33	36,67	133,42	186,78

Organizado por: Os autores (2017).

A partir da análise espacial da concentração de sólidos em suspensão (Figura 2) e dados estatísticos no reservatório de Caçu (Tabela 2), no período menos chuvoso, ocorreram variações de 0,2 a 6 mg/L, sendo que a maior média encontrada no período seco foi de 2 mg/L, no dia 01/08/2014, não sendo possível destacar os principais locais de aporte de sólidos em suspensão no reservatório, devido à uniformidade dos resultados.

No período seco (ou período menos chuvoso), devido à falta de chuva na região, os índices de CSS encontrados são muito baixos, como pode ser observado pelos baixos valores de média e desvio padrão.

Figura 2 - Concentração de Sólidos em SuspensãoV



Fonte: Os autores (2017).

Tabela 2 - Dados estatísticos dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão

	01/08/ 2014	30/07/ 2015	02/08/ 2016	27/01/ 2015	04/02/ 2016	27/01/ 2017	Todas as coletas
CSS							
MAIOR CSS	4,50	6,00	3,80	18,83	34,80	45,00	45,00
MENOR CSS	0,17	0,02	0,40	1,00	5,80	4,33	0,02
MÉDIA CSS	2,00	0,97	1,51	3,94	12,97	13,30	5,78
Des. Padrão	1,34	1,11	0,84	4,99	7,63	13,62	8,51

Fonte: Os autores (2017).

No período chuvoso, os índices de CSS encontrados não tiveram a mesma uniformidade que os do período menos chuvoso, onde, nos pontos de entrada do reservatório, foram detectados os maiores índices, sendo que a maior concentração foi de 45,00 mg/L, encontrada em 27/01/2017. Tal fato pode ser associado ao maior volume de chuva registrado no período analisado, que teve uma média pluviométrica, nos dez dias que antecederam à coleta, de 186,78 mm.

Na área de entrada do reservatório, até as proximidades do Córrego das Três Barras, os índices de CSS foram mais altos, destacando o ambiente lótico ou zona de rio, onde o canal é estreito e com bastante velocidade da água. Os valores de CSS nesse setor do reservatório variaram de 1,8 mg/L, encontrado no dia 02/08/2016 (período seco), até 45,00 mg/L, encontrado no dia 27/01/2017 (período chuvoso).

Esses sólidos são oriundos do trecho inicial da bacia do rio Claro, possivelmente dos solos provenientes da composição do basalto da Formação Serra Geral e Arenitos das Formações Botucatu e Bauru, que dão origens aos Latossolos, Argissolos e aos Neossolos oriundos da formação Vale do Rio do Peixe (GUERRA, 1989; EMBRAPA, 2006; FERNANDES, 2004).

Esses resultados mostram que o lugar de maior aporte de sedimentos no reservatório, em todas as datas de coleta, é por intermédio do salto do Marianinho, onde os sólidos em suspensão têm origem na

bacia do rio Claro, acima do reservatório.

Resultado semelhante aos encontrados foram verificados em ambiente lótico por Barros (2006), no rio Ivaí-PR, em que o mesmo encontrou uma concentração de sedimentos em suspensão em torno de 30,00 mg/L em média, nos anos de 1996 a 2006.

Entre o córrego Três Barras, córrego do Caju e Furnas, os índices variaram de 0,02 mg/L, encontrado em 30/07/2015, e 18,60 mg/L, encontrado em 04/02/2016. Essa área é influenciada por solos oriundos da Formação Vale do rio do Peixe e que se encontram em áreas de declive entre 0 a 20 %, em que a fragilidade desta foi avaliada como de muito baixa à média potencialidade.

Do córrego Caju e Furnas até o barramento da UHE Caçu, os índices de CSS variam de 0,02 mg/L, encontrado em 30/07/2015, a 10,70 mg/L, encontrado em 04/02/2016. A baixa concentração de sólidos suspensos nesse setor pode ser justificada pela baixa velocidade de escoamento da água em relação aos setores anteriores, profundidade acima de 20 metros e largura entre 800 m e 1 km.

Os valores de CSS encontrados são semelhantes aos encontrados por Cabral et al. (2013), neste mesmo lago, isso comprova uma estabilidade de índices de assoreamento do reservatório, nos últimos anos. Baixos índices de concentração de sólidos em suspensão, que mostram as mesmas características dos resultados encontrados nesta pesquisa, também foram encontrados por Cabral et al. (2009) em pesquisa no reservatório de Cachoeira Dourada, no rio Paranaíba.

Silva et al (2009), em pesquisa realizada para o reservatório da usina hidrelétrica de Peti, em Minas Gerais, verificaram que no período chuvoso foram encontrados os maiores índices de CSS, sendo o principal local de aporte os pontos considerados como área de entrada do reservatório e índices variando entre 10,00 e 15,00 mg/L nos pontos



localizados no setor considerado como de transição do reservatório.

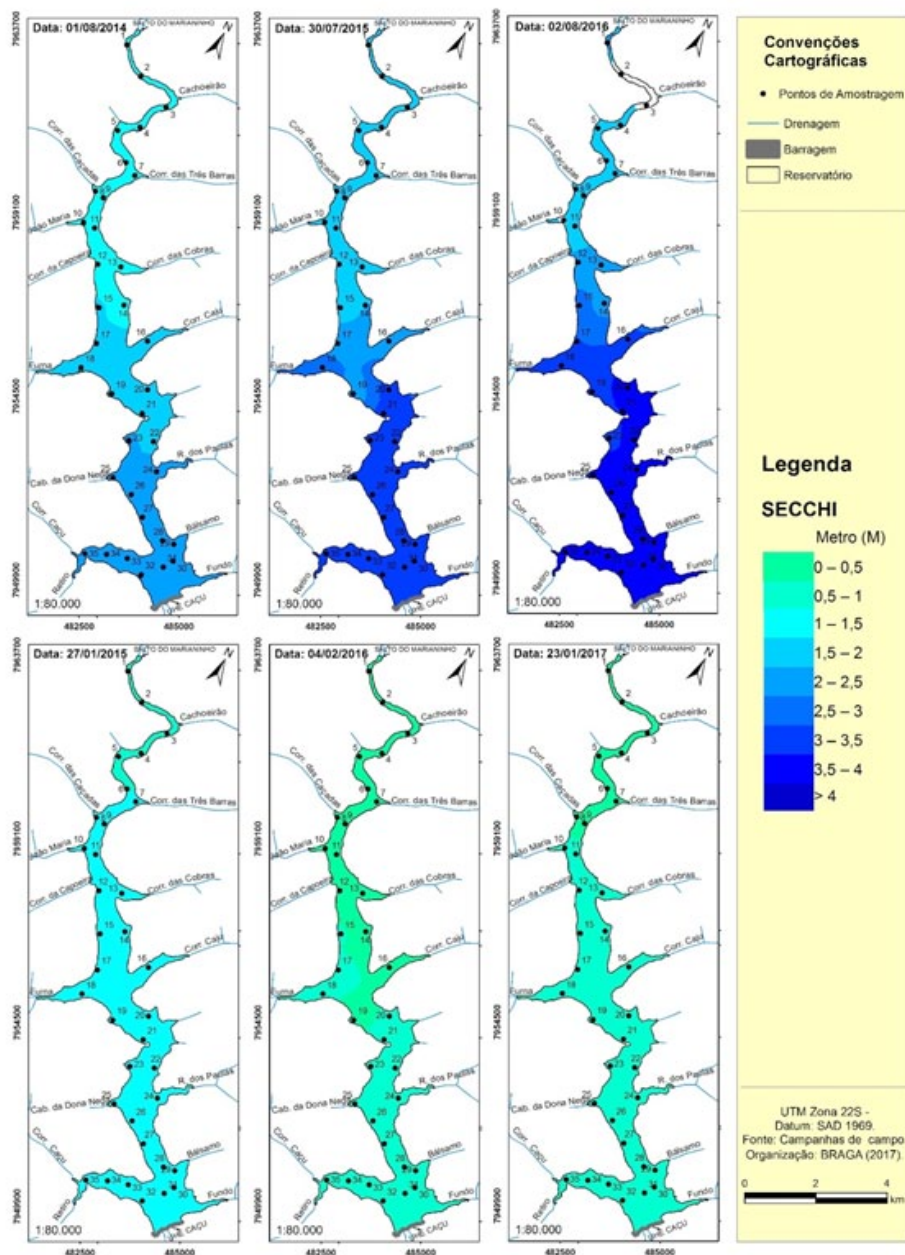
Montanher e Souza Filho (2010), em estudos de CSS no reservatório de Porto Primavera, no rio Paraná, também encontraram índices de CSS considerados baixos, com valor médio anual de 10,80 mg/L, encontrado no ano de 2000, sendo que os maiores índices sempre foram encontrados no período chuvoso na região. Enquanto Stevaux, Martins e Meurer (2009), em estudos no rio Paraná, a 100 km à jusante da barragem de Porto Primavera, observaram que, após o barramento do rio à montante, em 1999, a carga de sedimentos suspensos diminuiu em até dez vezes. Segundo os autores, o processo de barramento à montante causou a redução de CSS de 250,00 mg/L para 30,00 mg/L nos três primeiros anos após o barramento.

Baixas concentrações de CSS (índices abaixo de 20,00 mg/L) foram encontradas por Braga (2013), em ambientes lótico, nos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, primeira bacia hidrográfica à jusante dessa ora analisada.

Quanto à transparência da água obtida por intermédio do disco de Secchi, os índices encontrados comprovam uma certa homogeneidade em 27/01/2015, em todo o reservatório (Figuras 3). O menor índice encontrado foi de 0,27 m, em 27/01/2017, e o maior índice foi de 4,18 m, em 02/08/2016 (Tabela 3).



Figura 3 - Visibilidade de Secchi



Fonte: Os autores (2017).

Tabela 3 - Dados estatísticos dos resultados de Visibilidade de Secchi (m)

Visibilidade	01/08/	30/07/	02/08/	27/01/	04/02/	27/01/	Todas as coletas
	2014	2015	2016	2015	2016	2017	
MAIOR SECCHI	2,38	3,70	4,18	1,60	0,68	0,88	4,18
MENOR SECCHI	1,11	1,52	1,70	0,50	0,33	0,27	0,27
MÉDIA SECCHI	1,71	2,51	3,26	1,24	0,51	0,60	1,59
Desvio Padrão	0,47	0,79	0,92	0,33	0,11	0,19	1,06

Fonte: Os autores (2017).

A transparência da água evidencia a diferença entre os períodos menos chuvoso (seco) e chuvoso, em que a média de transparência para o período seco é de 2,39 m e para o período chuvoso é de apenas 0,78 m, destacando a maior homogeneidade da visibilidade no período chuvoso, quando foram encontrados os menores desvios padrões.

Se observado somente o resultado das análises da coleta realizada em 02/08/2016, em que basicamente não ocorreu nenhuma chuva nos 10 dias que antecederam a coleta, a média da transparência aumenta para 3,26 m, com a máxima encontrada de 4,18 m, no ponto 27, próximo à barragem, local de grande profundidade em ambiente lântico, e a mínima de 1,70 m, encontrada no ponto 11, ocasionado por gados bebendo água no reservatório, próximo a este ponto (Fotografia 7). Se comparada com os resultados das análises da coleta realizada em 27/01/2017, em que aconteceram os maiores índices pluviométricos nos 10 dias que antecederam a coleta, a maior transparência foi de 0,88 m, encontrada no ponto 33, próximo à barragem, enquanto a menor transparência foi de 0,27 m, encontrada nos pontos 3 a 5, área de remanso e transição de ambiente lótico para lântico.

Fotografia 7 - Gado bebendo água no reservatório



Fonte: Os autores (2015).

A maior transparência encontrada no período seco foi de 4,18 m, em ponto próximo à barragem, enquanto a menor transparência no mesmo período foi de 1,11 m, em ponto na entrada do reservatório. No período chuvoso, a maior transparência encontrada foi de 1,60 m e a menor foi de 0,27 m, nos mesmos pontos de maior e menor transparência do período seco. Tais resultados caracterizam bem a diferenciação da transparência da água entre os períodos avaliados. No período chuvoso, as águas do reservatório apresentavam uma tonalidade marrom (Fotografia 8A), enquanto que no período seco apresentavam uma tonalidade verde (Fotografia 8B), no momento da leitura com o disco de Secchi.

Fotografia 8A - Transparência de Secchi em período chuvoso



Fotografia 8B - Transparência de Secchi em período seco



Fonte: Os autores (2016).

Resultados similares aos obtidos nessa pesquisa foram verificados por Pinto Coelho et al. (2004), em estudo no reservatório de São Simão (localizado a aproximadamente 85 km da UHE Caçu), em que a variação da transparência da água ficou muito distinta entre os períodos chuvoso e período seco. Silva et al. (2009) também verificaram resultados similares no reservatório de Peti, em Minas Gerais, em que, em muitos pontos, a transparência atingiu 1,5 m no período seco e caiu para 0,5 m no período chuvoso, corroborando com a afirmação de que existe grande variação da transparência da água entre o período seco e o período chuvoso, devido à influência dos fatores climáticos e modelo de cobertura do solo nas bacias hidrográficas.

Os valores de concentração de turbidez (Figura 4) verificados nas coletas, de modo geral, podem ser considerados baixos quando comparados com os valores estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 1 e 2, demonstrando uma homogeneidade, principalmente, nas coletas realizadas no período seco (Tabela 4), em que o menor índice encontrado foi de 1,50 UNT, em 01/08/2014, em pontos localizados mais próximos à barragem da UHE Caçu, em ambiente lântico de maior profundidade e maior largura, enquanto o maior índice foi de 56,90 UNT, em 27/01/2017, encontrado no ponto 2 (próximo ao salto do Marianinho), em ambiente lótico, devido ao maior volume de chuva

ocorrido nos dias que antecederam a coleta, causando maior carreamento do solo e, conseqüentemente, maior transporte de sedimentos e maior turbidez.

Figura 4 - Turbidez Fonte: Os autores (2017).

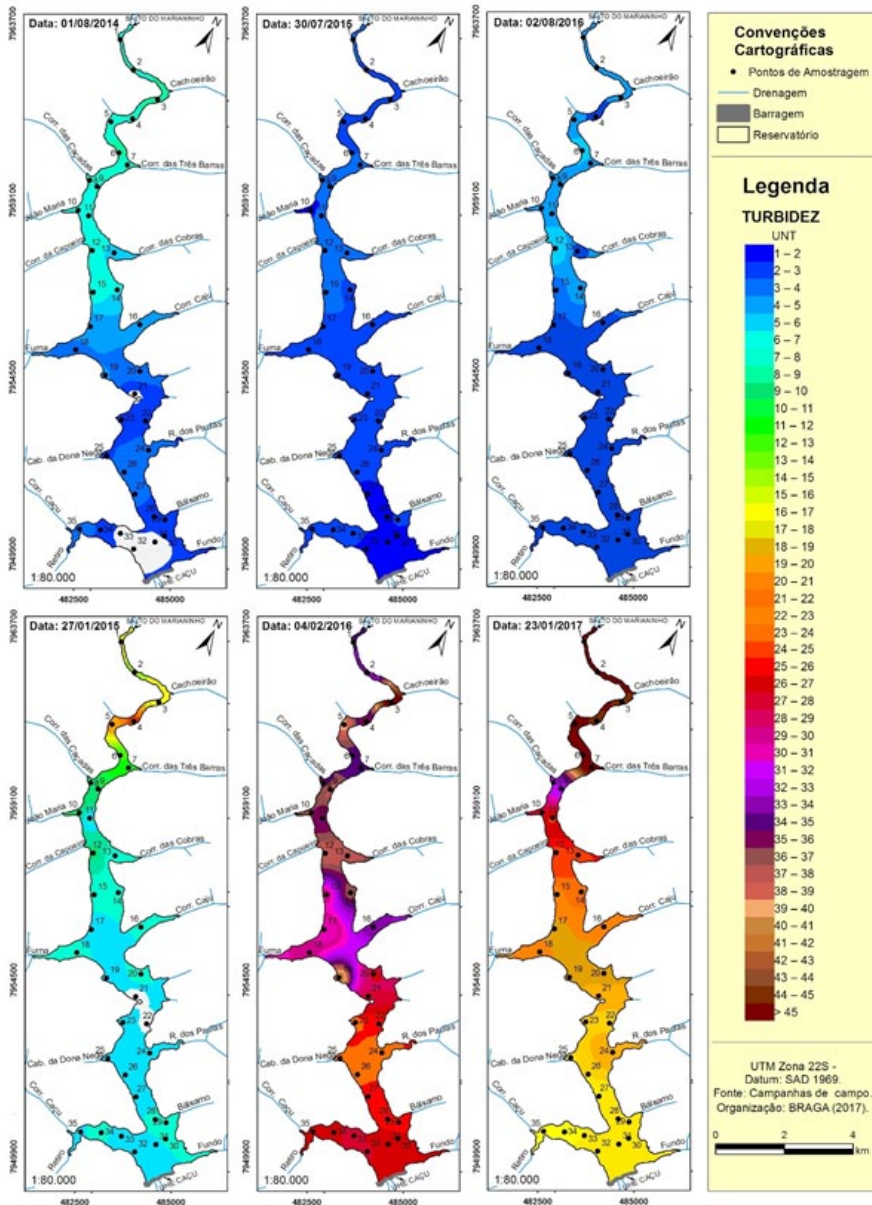




Tabela 4 - Dados estatísticos dos resultados de Turbidez (UNT)

Turbidez	01/08/	30/07/	02/08/	27/01/	04/02/	27/01/	Todas as coletas
	2014	2015	2016	2015	2016	2017	
MAIOR TURB.	9,81	4,10	6,67	23,67	48,00	56,90	56,90
MENOR TURB.	1,50	1,70	1,89	5,20	21,95	17,10	1,50
MÉDIA TURB.	4,70	2,61	3,26	9,08	30,65	27,11	12,90
Desvio Padrão	2,34	0,60	1,35	4,39	6,63	11,90	12,90

Fonte: Os autores (2017).

Segundo a classificação da Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, águas com índices de turbidez até 40 UNT podem ser classificadas como água doce de classe I, que podem ser utilizadas para o abastecimento do consumo humano, após tratamento simplificado, entre outras. Índices de turbidez maiores que 40 UNT somente foram encontrados nas coletas do período chuvoso de 2016 e 2017, sendo que, em 04/02/2016, esse índice foi encontrado somente no ponto 3 de coleta, com 48,00 UNT. Esta concentração mais alta de turbidez encontrada no ponto 3, localizado na entrada do reservatório, em que a energia hidráulica de transporte de sedimento ainda tem grande influência, está intimamente associada ao maior volume de precipitação que antecedeu ao dia desta coleta de dados.

Observando estatisticamente os resultados de turbidez, verifica-se a diferenciação entre os períodos chuvoso e seco, em que os menores índices encontrados no período chuvoso, em geral, são maiores que os maiores índices encontrados no período seco. Mostram os resultados, também, a boa qualidade da água, tendo como perspectiva a turbidez, em que a média encontrada em todas as coletas é de apenas 12,90 UNT.

Nos demais pontos, a concentração de turbidez foi inferior a 40 UNT. Já em 27/01/2017, concentrações maiores que 40 UNT foram encontradas entre os pontos 1 a 7 do reservatório. Tal fato pode ser justificado devido ao volume de chuva que ocorreu na região e também

por esses pontos de coleta se localizarem na área considerada como zona de rio ou ambiente lótico, conforme o estudo realizado por Cabral et al. (2013).

De acordo com a figura 16, os maiores valores de turbidez, em todas as coletas, ocorreram na parte inicial do reservatório (a partir do Salto Marianinho), até as proximidades da foz do Córrego das Três Barras, devido a menor largura, profundidade e maior velocidade de escoamento da água quando comparado com outros trechos do reservatório.

Esses elevados valores de turbidez são provenientes da carreamento do solo da bacia hidrográfica do rio Claro à montante, que são transportados pelas águas pluviais até o leito do rio e daí carreados pela correnteza das águas até ambientes lênticos. De modo geral, a turbidez vai diminuindo de montante à jusante dentro do reservatório, por isso os menores valores de turbidez sempre foram encontrados próximos ao barramento da UHE Caçu, local em que são verificadas as maiores profundidades, largura e menor velocidade de escoamento da água, proporcionando o processo de decantação dos sedimentos mais finos que ocorrem em ambientes considerados lênticos.

As variações na concentração de turbidez são mais nítidas no período chuvoso, mesmo resultado observado por Silva et al. (2009) no reservatório de Peti, em Minas Gerais.

Em análise da variação de sólidos em cursos d'água nos aproveitamentos hidrelétricos em operação no estado de São Paulo, Ottoni et al. (2011) encontraram resultados similares com os maiores valores de turbidez encontrados próximos à entrada dos reservatórios, e ainda baixos valores de turbidez no período seco.

Baixos índices de turbidez (variando entre 5,17 e 17,64 UNT) também foram encontrados por Danelon e Rodrigues (2014), em análise dos níveis de turbidez na bacia hidrográfica do córrego do Glória, em

Uberlândia-MG, em coletas realizadas em março, final do período chuvoso na região estudada.

Na tabela 5 é apresentado o resultado das análises de correlação entre os índices de Concentração de Sólidos em Suspensão, Visibilidade de Secchi e Turbidez, da média de todos os pontos coletados do reservatório da UHE Caçu.

Tabela 5 - Correlações entre CSS, Secchi e Turbidez

VARIÁVEL (UNIDADE)	PERÍODO SECO			PERÍODO CHUVOSO		
	01/08/ 2014	30/07/ 2015	02/08/ 2016	27/01/ 2015	04/02/ 2016	27/01/ 2017
CORRELAÇÃO CSS - SECCHI (r)	-0,80	-0,61	-0,83	-0,91	-0,85	-0,88
CORRELAÇÃO CSS -TURBIDEZ (r)	0,79	0,61	0,91	0,85	0,71	0,95
CORRELAÇÃO SECCHI - TURBIDEZ (r)	-0,89	-0,83	-0,88	-0,89	-0,80	-0,91

Org. Os autores (2017).

As correlações entre os índices de CSS e SEC, entre CSS e turbidez e ainda entre SEC e turbidez mostram que as maiores correlações aconteceram nos campos dos períodos chuvosos, destacando que a maior aconteceu entre CSS e turbidez e ainda entre SEC e turbidez, na coleta de 27/01/2017, com 0,95 e -0,91, respectivamente.

Somente as correlações entre os resultados de CSS e SEC e CSS e turbidez, encontradas em 30/07/2015, são consideradas moderadas, com índices de -0,61 e 0,61, respectivamente. Todos os outros índices têm correlações forte ou muito forte, todas as outras correlações são muito significativas e demonstram a forte relação entre as variáveis analisadas.



## 4. CONCLUSÕES

Conforme os resultados de CSS, SEC e turbidez, existe uma grande uniformidade dos índices em todo lago, com baixos níveis de CSS e turbidez, e grande visibilidade do disco de Secchi, principalmente no período seco, com maior variação dos índices acontecendo no período chuvoso, principalmente nos pontos de entrada do reservatório.

Observando a relação entre o índice pluviométrico e os índices de CSS, SEC e turbidez, verifica-se que as maiores médias pluviométricas, no período de 10 dias que antecederam as coletas, deram-se no período chuvoso de 2017 (ultrapassando 180 mm), período em que também foram encontrados os maiores índices de CSS e turbidez (45,00 mg/L e 56,90 UNT, respectivamente) e a menor visibilidade de SEC (0,27 m).

O maior aporte de sedimento para o reservatório é derivado do canal principal do rio Claro. Já o afluente do reservatório que mais contribui para sedimentação do mesmo é o Córrego Caçu, por possuir maior microbacia hidrográfica (ROCHA et al, 2015), com Argissolo Vermelho eutrófico, na parte baixa da microbacia, Latossolo Vermelho distrófico em sua grande maioria e uma pequena mancha de Neossolo Litólico eutrófico na região mais alta de toda bacia do reservatório. Estes solos são propícios à erosividade, principalmente quando não são observadas técnicas conservacionistas, como curvas de nível e preservação de matas ciliares, como acontece com toda a bacia, que tem como principal uso a pecuária extensiva, sem curvas de nível na maioria das pastagens e pouca preservação das matas ciliares.

Pela análise dos dados, pode-se concluir que as três variáveis observadas (css, sec e turbidez) têm boa relação entre si e que as variações dos parâmetros analisados dependem da precipitação pluviométrica na bacia do rio Claro, variando quanto à intensidade, frequência e duração das

pluviometrias e de acordo com a cobertura do solo, já que a caracterização diferenciada dos resultados encontrados se dá, principalmente, na entrada do reservatório, onde o mesmo recebe contribuição da área à montante.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

Agradecemos também ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, pela licença do primeiro autor e apoio, o que possibilitou realizar esta pesquisa.

## Bibliografia

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods. 20. For the examination of water and wastewater. Washington, DC. Edition. APHA, 1998.

BARROS, C. A. P. Comportamento hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica rural utilizando técnicas de monitoramento e modelagem. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2012.

BARROS, C. S. Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do Rio Ivaí com o Rio Paraná, município de Icaraíma - PR. Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BIGARELLA, J. J.; PAROLIN, M. Aspectos geográficos e geológicos do Estado do Paraná. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Org.). Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010. 158 p.v

BRAGA, C. C. Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes do reservatório da usina hidrelétrica Barra dos Coqueiros (GO). Boletim Goiano de Geografia (Online). Goiânia, v. 33, n. 2, p. 279-292, maio/ago., 2013.

BRAGA, C. C. Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros-GO. Jataí, 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí.

CABRAL, J. B. P. et al. Concentração de sedimentos em suspensão: Reservatório de Cachoeira Dourada -GO/MG, Brasil, Mercator, v. 8, n. 16, p. 233-253, 2009 A.

CABRAL, J. B. P. et al. Diagnóstico hidrossedimentológico do reservatório da UHE Caçu - GO. Geofocus (Madrid), v. 13, p. 25-37, 2013.

CARVALHO, N. O.; Hidrossedimentologia prática. 2. ed. rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CARVALHO, N. O. et al. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Brasília: ANEEL, 2000. 140p. Disponível em:<<https://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/GuiaAsso.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

CARVALHO, N. O; HORA, M. A. G. M. Hidrossedimentometria. In: POLETO, C. (Org.). Sedimentologia fluvial: estudos e técnicas. v. 1. Porto Alegre: ABRH, 2014. Cap. 1.

CHANG, K. T. Introduction to Geographic Information Systems. Third edition. Tata McGraw Hill, New Delhi, p. 325-327, 2006.

COELHO, C. V. S.; ROSELEN, V.; Caracterização morfológica, mineralógica e química dos níveis de alteração da Formação Marília (Membro Serra da Galga) do Neocretáceo da Bacia Bauru, no Triângulo Mineiro (MG). Pesquisas em Geociências, v. 43, n. 2, p. 139-151, 2016.

DANELON, J. R. B.; RODRIGUES, S. C. Análise dos níveis de turbidez na bacia hidrográfica do córrego do Glória, Uberlândia - MG. Revista Geonorte, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 123-126, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Editores Técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos et al. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVES, F. A.; CAMARGO, A. F. M. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. Boletim Paranaense de Geociências, 55, p. 53-66, 2004.

GAMARO, P. E. Estimando carga de sedimentos com medidores acústicos doppler. In: POLETO, C. (Org.). Sedimentologia fluvial: estudos e técnicas, v. 1. Porto Alegre: ABRH, 2014. Cap. 3.

GUERRA, A. J. T. (Org.). Um estudo do meio físico com fins de aplicação ao planejamento do uso agrícola da terra no sudoeste de Goiás. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

GUERRA, A. J. T.; Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Ed. Afilhada, 1994. p. 149-209.

ICOLD.; International Commission on Large Dams. Sedimentation control of reservoirs. Guidelines. Paris: Bulletin 67, 1989.

JHA, D. K. et al. Water quality assessment using water quality index and geographical information system methods in the coastal waters of Andaman Sea, India. *Marine Pollution Bulletin*. 100, p. 555-561, 2015.

LACOMBE, G.; CAPPELAERE, B.; LEDUC, C. Hydrological impact of water and soil conservation works in the Merguellil catchment of central Tunisia. *Journal of Hydrology*, v. 359, p. 210-224, 2008.

LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. Produção e transporte da carga suspensa fluvial: teoria e método para rios de médio porte. *Boletim de Geografia, Maringá*, v. 28, n. 1, p. 43-58, 2010.

LOBATO, T. C. et al. Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. *Journal of Hydrology*. 522, p. 674-683, 2015.

MENDES, A. B. Análise sinérgica da vida útil de empreendimentos hidrelétricos em cascata – o caso do Rio Araguaia. In: POLETO, C. (Org.). *Sedimentologia fluvial: estudos e técnicas*. v. 1. Porto Alegre: ABRH, 2014. Cap. 4.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; MAGNAGO, P. F. Análise qualitativa e quantitativa da histerese entre vazão e concentração de sedimentos durante eventos hidrológicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 12. Campina Grande, PB, p.1306 -1313, 2011.

MONTANHER, O. C.; SOUZA FILHO, E. E. Avaliação da alteração da concentração de sedimentos em suspensão em eventos de cheia do rio Paraná: O uso de imagens orbitais para avaliação de impactos provocados pela barragem de Porto Primavera. *Revista de Geografia, Recife: UFPE-DCG/NAPA*, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, p. 164-177, 2010.

OTTONI, A. B. et al. Análise da variação dos sedimentos dos cursos d'água nos aproveitamentos hidrelétricos em operação. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, Anais. ABRH, Maceió, AL. 2011.

OWENS, P.N. Conceptual models and budgets for sediment management at the River Basin Scale. *J. Soils & Sediments*, v. 5, n. 4, p. 201-212, 2005.

PINTO, M. C. F. Análises sedimentométricas. In: POLETO, C. (Org.). *Sedimentologia fluvial: estudos e técnicas*, vol. 1. Porto Alegre: ABRH, 2014. Cap. 2.

ROCHA, I. R. et al. Avaliação sazonal das águas do reservatório da usina hidrelétrica Caçu no Município de Caçu, Goiás. *Revista do Departamento de Geografia - USP*, v. 29, p. 137-160, 2015.

SANTOS, I. et al. *Hidrometria aplicada*. IDT, Curitiba, PR. 2001.

SILVA, A. P. S. et al. Qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. *Revista Arvore*, v. 33, n. 6, p. 1063-1069, 2009.

STEVAUX, J. C.; MARTINS, D. P.; MEURER, M. Changes in a large regulated tropical river: the Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. *Geomorphology*, Elsevier, v. 113 n. 3-4. 2009.

STEVAUX, J. C. O Rio Paraná: Geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária do seu curso superior (Região de Porto Rico, PR). São Paulo. Tese (Doutoramento) - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 1993.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1973. 317p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. Limnological analysis. 2. ed. New York: Springer Verlag, 1991. 391 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, United States Department of Agriculture, p. 58. (Agriculture Handbook, 537). 1978.

YANG, X. Manual on sediment management and measurement. Geneva: World Meteorological Organization, 2003.



# ANÁLISE TEXTURAL E CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS DE POSICIONAIS EM RESERVATÓRIO DE EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO

Susy Ferreira Oliveira  
João Batista Pereira Cabral  
Celso de Carvalho Braga  
Assunção Andrade de Barcelos  
Pollyanna Faria Nogueira

## 1. *Introdução*

Partículas desagregadas das rochas, são transportadas e depositadas em outro local, é denominada por Carvalho (2008), como sedimento. O referido autor conceitua ainda, que sedimentação, é o processo derivados de sedimento, tais como: erosão, transporte nos cursos d'água, relacionando ao processo de assoreamento de rios e reservatórios.

Sendo assim, a construção de barragem em um curso d'água altera o ambiente lótico (rio) para lântico (lago/reservatório), influenciando, assim, em toda a dinâmica hídrica a montante e a jusante da barragem, e ainda a vida útil do reservatório.

Dentro deste contexto, o assoreamento de um reservatório é algo inevitável, pois a deposição e compactação de sedimentos no reservatório é a última etapa de um processo que se inicia na erosão superficial da bacia hidrográfica. O material é erodido a partir da ação da água, vento

e gravidade. Uma parte desse material pode ficar retido em depressões naturais ou ser interceptado pela vegetação ou obstáculos existentes, outra parte acaba atingindo um corpo hídrico provocando a sedimentação ou assoreamento (ALBERTIN, MATOS, MAUAD, 2010).

O estudo do sedimento em reservatórios tem grande importância na identificação de alterações ambientais, pois a seleção dos grãos, o teor mineralógico, a estratificação das camadas remete à área fonte de origem. A granulometria do sedimento, além de se relacionar com a área fonte e com a capacidade de retenção de metais pesados, também remete à energia aplicada no seu transporte, caracterizando os modelos deposicionais (CRUZ et al., 2013; AMARAL, PIRES, FERRARI, 2014).

Esteve (2011) afirma ainda que os sedimentos depositados em um reservatório são um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais, pois integram todos os processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no meio aquático. Contudo, o conhecimento textural e da dinâmica deposicional dos sedimentos tem relevância para relacionar a outros fatores ocorrido no reservatório.

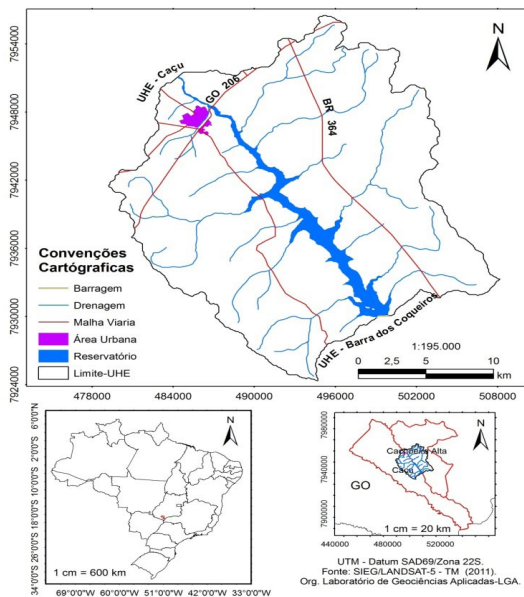
Seguindo esse pressuposto, o reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros e sua área de influência direta tornaram-se objeto desta pesquisa, visto que a usina é um empreendimento relativamente novo, no curso médio do rio Claro e de suma importância para a região, razão pela qual estudos de avaliação ambiental tornam-se relevantes para a gestão ambiental devido às alterações físico-ambientais provocadas em decorrência destes empreendimentos energéticos.

O estudo do material sedimentado no fundo dos reservatórios é de grande relevância, pois pode ser correlacionado às possíveis áreas fonte e ao tempo de vida útil do reservatório, assim como os modelos deposicionais vigentes, permitindo organizar medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento.

## 2. Localização da Área de Estudo e Procedimentos Metodológicos

O recorte espacial delimitado para realização desse estudo é a área de influência hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros (GO) (Mapa 1). O empreendimento hidrelétrico possui um potencial de 90 MW (implantado pela Empresa Gerdau Aços Longos S/A), e entrou em funcionamento no início do ano de 2010, com espelho d'água que possui área de 25,48 km<sup>2</sup>, tendo como seu principal curso o rio Claro. A área de influência da UHE Barra dos Coqueiros apresenta extensão de 518,2 km<sup>2</sup> e perímetro de 115,3 km<sup>2</sup>, nos municípios de Caçu e Cachoeira Alta, no Sudeste Goiano.

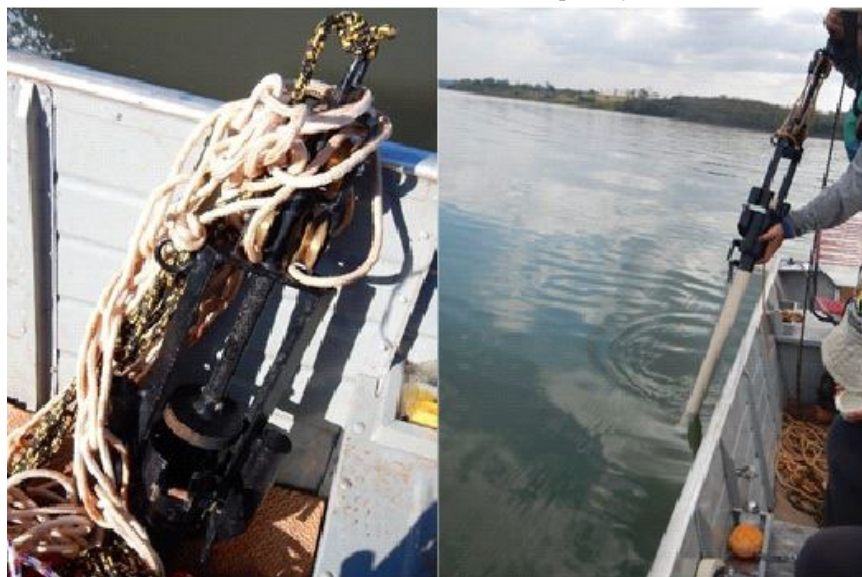
Mapa 1: Localização da área de influência da UHE Barra dos Coqueiros (GO).



Fonte: OLIVEIRA, 2018

Com o objetivo de especificar e classificar a granulometria dos sedimentos do reservatório e o processo deposicional e faciológico foram coletadas amostras de sedimento do fundo do reservatório, foi utilizado um coletor de sedimentos tipo KAJAC (Foto 1A), adaptado para acoplar tubo de PVC de 50 mm de diâmetro (Foto 1B), com 1 metro de comprimento. Com o auxílio de GPS para localização dos pontos previamente definidos, posicionou-se o barco nesses pontos, descendo o coletor até o fundo do reservatório com o auxílio de cordas para coletar amostras de perfil do fundo. As amostras, dentro dos tubos de PVC, foram retiradas do coletor e preservadas sempre na posição vertical, de modo que não se deformassem.

Foto 1: Coletor de sedimentos tipo Kajak<sup>1</sup>



Fonte: OLIVEIRA, S. F., 2015.

Dos perfis coletados, foram retirados aproximadamente 5 cm de cada amostra,

---

1 A esquerda da foto o Coletor de sedimentos (a) e a direita coletor de sedimentos com tubo de PVC (b)

da parte superior dessas, para análise textural em laboratório, com o objetivo de se obter a proporção relativa das frações argila, silte ou areia das mesmas.

A análise granulométrica foi realizada no laboratório de análises de solo da Universidade Federal de Goiás, Regional de Jataí, feita pelo Método do Hidrômetro ou Densímetro, proposto por Bouyoucos, (1926) apud Raij (1991), que se baseia no princípio de que a matéria em suspensão (silte e argila) confere certa densidade ao líquido. Com a ajuda de um densímetro, relacionam-se as densidades com o tempo de leitura e com a temperatura, calculando, com esses dados, a percentagem das partículas, em que as frações de solo (%) se dão pelas seguintes fórmulas:

% Silte =  $[(1^{\text{a}} \text{ leitura corrigida} - 2^{\text{a}} \text{ leitura corrigida}) \times 50] / \text{massa de TFSA};$

% Argila =  $[2^{\text{a}} \text{ leitura corrigida} \times 50] / \text{massa de TFSA};$

% Argila natural (argila dispersa na água) =  $[\text{leitura corrigida} \times 50] / \text{massa de TFSA};$

% Areia =  $100 - \% \text{silte} - \% \text{argila grau de flocculação} = (\text{argila total} - \text{argila natural}) \times 100 \text{ argila total.}$

Onde:

TFSA = Terra fina seca ao ar.

A análise da matéria orgânica foi baseada no método volumétrico pelo bicromato de potássio, em que o Carbono da matéria orgânica da amostra é oxidado a  $\text{CO}_2$  e o Cromo da solução extratora é reduzido da valência +6 (Cr+6) à valência +3 (Cr+3). Na sequência, faz-se a titulação do excesso de bicromato de potássio pelo sulfato ferroso amoniacal, em que a percentagem de Carbono orgânico existente na amostra é dada pela seguinte expressão:

$\text{g de carbono/kg de TFSE} = 0,06 \times V [40 - V_a \times (40 / V_b)] \times f$

Onde:

TFSE = terra fina seca em estufa;

V = volume de bicromato de potássio empregado;

$V_a$  = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

$V_b$  = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

0,06 = fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas;

f = fator de correção para TFSE.

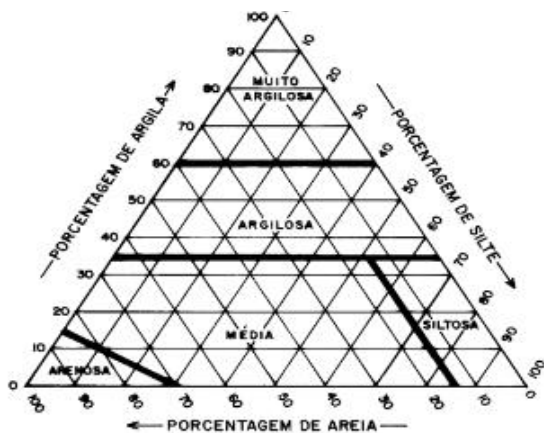
A quantidade de matéria orgânica existente na amostra é calculada pela seguinte expressão:

$\text{g de matéria orgânica/kg} = \text{g de carbono/kg} \times 1,724.$

O fator (1,724) é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média da matéria orgânica do solo, o Carbono participa com 58%.

Para classificação da classe textural, foi utilizado software livre Tipos de Solo (<http://gubianisolos.blogspot.com.br/2014/03/classe-textural-e-tipo-de-solo.html>). O software foi desenvolvido conforme Instrução Normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008, da Secretaria de Política Agrícola, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Esse software utiliza o diagrama triangular simplificado, que é utilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola (Embrapa) para classificação textural do solo (Figura 1).

Figura 1: Diagrama Triangular Simplificado.



Fonte: SUGUIO, K. (1973).

As amostras foram secas em temperatura ambiente para análise das fácies. Depois de abertas as amostras, foram realizadas as medidas de tamanho de cada amostra e a análise visual para descrição dos parâmetros cor, granulação, textura, seleção, estrutura.

A terminologia de fácies utilizada nesta tese foi adaptada do ambiente fluvial para lacustre por Cabral (2006), que estabelece códigos combinados de letras maiúsculas e minúsculas para designar as principais fácies verificadas em depósitos antigos ou atuais.

A partir de um código de combinação binária (Quadro 1), a classificação de fácies foi feita com base na adaptação da proposta de Miall (1996) e do trabalho desenvolvido por Cabral (2006) e Cabral et al (2009). Nas siglas utilizadas, a letra inicial maiúscula corresponde à granulação e as letras minúsculas seguintes às classes granulométricas e estruturas sedimentares, mantendo a nomenclatura em inglês.

Quadro 1: Siglas utilizadas para identificação textural e estrutural dos sedimentos, adaptado de Miall (1996) por Cabral (2009).

Siglas	Classificação granulométrica	Natureza da informação
F	Argila e silte	Granulométrica
S	Areia	
G	Grânulos	
(f)	Areia muito fina	Complemento da granulometria
(F)	Areia fina	
(m)	Areia média	
(g)	Areia grossa	
(G)	Areia muito grossa	
“S”	Estratificação	Outras

Fonte: Cabral et al, (2009)

Os modelos deposicionais adotados seguem a proposta apresentada por Cabral et al., (2009), sendo:

- Depósito de Corrente: o material é composto predominantemente por areia, podendo apresentar lentes de argila e silte;
- Depósito de Leito: depósitos predominantemente argilosos/siltosos. Pode ocorrer a presença de estratos de areia muito fina a fina, depositados abaixo da fácies Fm, que são as fácies características deste subambiente;
- Depósito de Delta: os modelos deposicionais de delta são compostos pelo material de leito (silto-argiloso) e pela fração arenosa, que são os primeiros a serem depositados ao entrar no reservatório ou na desembocadura do sistema fluvial com o lacustre.



### 3. Resultado e Classificação

#### *Análise da sedimentação e Modelos deposicionais*

Conforme descrito nos procedimentos metodológicos, a análise da sedimentação foi realizada, inicialmente, a partir da análise granulométrica do material amostrado, com o intuito de avaliar o uso de medidas de textura para a discriminação dos ambientes deposicionais. De acordo com os dados obtidos, foi possível verificar que, na camada superficial do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, predomina a classe textural de argila (Mapa 2), seguida de areia e rocha. Em determinados pontos do reservatório, não havia acúmulo de sedimentos, sendo detectado somente fundo rochoso, lembrando que o leito principal do rio Claro está sobre afloramento basáltico da Formação Serra Geral.

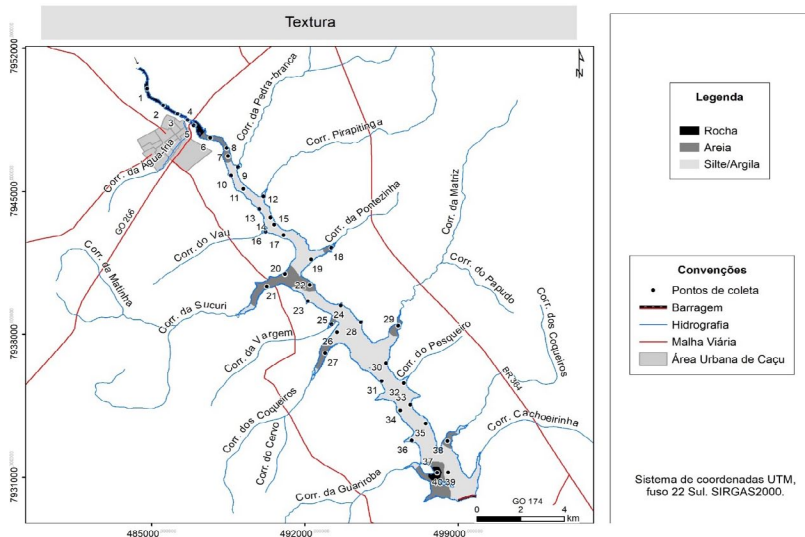
As frações de argila depositadas no reservatório podem ser associadas à decomposição das rochas basálticas da Formação Serra Geral, que deram origem aos solos mais argilosos como os Latossolos, cuja localização destes na paisagem de dá em áreas com menor declividade na bacia da presente pesquisa.

As frações de areia podem ser associadas à decomposição das rochas das formações Marília e Vale do Rio do Peixe, cujas formações são compostas por arenitos que possuem baixo nível de cimentação, têm estrutura muito fina, facilitando a desagregação e aos processos erosivos que ocorrem nos Neossolos da bacia, as principais áreas fontes ocorrem nas áreas com declive superior a 20%, sendo carregadas para o reservatório pelos córregos Sucuri, Coqueiros, Guariroba e Matriz.

A partir da análise espacial das texturas analisadas, as partículas de argila e silte foram transportadas e depositadas em locais onde a velocidade de escoamento da água é baixa, promovendo a decantação das partículas de montante para a jusante, as concentrações de partículas

arenosas foram detectadas nas desembocaduras de alguns córregos e do leito principal (Mapa 2).

Mapa 2: Espacialização das classes texturais dos sedimentos amostrados



Fonte: Oliveira, S, F, (2017)

A taxa de sedimentação refere-se à quantidade de material, orgânico e mineral, depositada pela ação da água do reservatório em determinado intervalo de tempo. A sedimentação é medida em termos de acumulação vertical ao longo do tempo ou a densidade de sedimentos por unidade de área ao longo do tempo (SHUCHUN et al., 2009).

A sedimentação passa por um processo que, ao atingir a linha do remanso, altera o equilíbrio do transporte sólido, sendo o carregamento de fundo o primeiro a ser afetado, visto que a tensão de arraste diminui de montante para jusante e o material sólido carregado passa a ser, conseqüentemente, depositado.

A caracterização do contexto deposicional dos sedimentos depositados no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros foi realizada a partir de associações faciológicas descritas a partir dos testemunhos

verticais. A análise dos testemunhos, apesar de não fornecer um registro contínuo de toda coluna sedimentada no reservatório, permite a obtenção de dados básicos necessários à investigação da estratigrafia e possível evolução dos processos de assoreamento que vêm ocorrendo no reservatório, conforme a proposta de Cabral et al., (2009).

Os modelos deposicionais descritos procuram demonstrar as fácies e suas associações para cada conjunto de depósito, sendo que as diferenças encontradas são frutos da própria dinâmica do meio.

Por meio da descrição dos perfis verticais e da caracterização das fácies, foi possível estabelecer, com base numa análise textural, três grupos de fácies no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, classificados da seguinte forma: fácies mistos, arenosos e pelíticos.

O modelo classificado como arenoso é composto por 4 tipos de fácies consideradas mais relevantes, permitindo, assim, a classificação dos modelos deposicionais com os seguintes aspectos de associações de fácies:

- S (F) – areia fina – é formada por estratos que variam de 9 a 22,5 cm, de estrutura maciça, variando de amarelo claro, amarelo avermelhado, marrom amarelado;
- S (F/f) F – areia fina e areia muito fina; silte/argila – estratos que variam de 5 a 17 cm, dos quais as areias variam entre as colorações amarelo e amarelo avermelhado, com granocrescência e seguido por uma granodecrescência, com estrato silte/argila identificado como material depositado antes do enchimento do reservatório;
- S (f) – areia muito fina – estrato maciço de 13 cm de coloração amarelo avermelhado, com característica de depósito de ambiente deltaico;
- S (f) F (MO) – areia muito fina e silte/argila com matéria orgânica – estrato de 2 e 3 cm de espessura, coloração amarelo

avermelhado, sendo a camada de silte/argila material original, antes do enchimento do reservatório com matéria orgânica (restos vegetais).

A associação de fácies mista é composta, predominantemente, com teor de silte/argila, mas, com presença de areia muito fina, com ocorrência ou não de matéria orgânica:

- F – S (f) – silte/argila e areia muito fina, com coloração marrom escuro, marrom amarelado, marrom avermelhado, com estratos de 5 a 15 cm;
- F (MO) – S (f/MO) – silte/argila e areia muito fina, com presença de matéria orgânica na forma de restos vegetais, principalmente presença de raízes, sendo que os estratos variam de 6 a 15 cm, com coloração em tons de marrom amarelado e marrom avermelhado, associações estas que estão caracterizadas em ambiente de depósitos de leito.

As associações pelíticas foram diagnosticadas em 6 testemunhos verticais do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, esta litofácies caracteriza-se por ser predominantemente composta por silte e argila – Fm (maciça), podendo ou não ter a presença de matéria orgânica (MO), restos vegetais como raízes, folhas, sendo que os estratos variaram de 18 a 47 cm.

Partindo da identificação das associações das litofácies, foi possível associá-las a três modelos deposicionais, conforme a proposta de Cabral et al., (2009), sendo: depósito de corrente, leito e delta, em cada modelo, foi possível caracterizar as fácies dominantes, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Modelos deposicionais e suas respectivas fácies

Modelos deposicionais	Associações relacionadas
Depósito de corrente	S(F)S(f), S(f), F, F(MO), S(f/MO), S(F/MO)
Depósito de delta	S(f/MO), S(f)F, S(F/MO)F(MO) , S(f)F, S(f)
Depósito de leito	F (MO)S(f) – F <sub>m</sub> – F (MO) - F

Org.: Oliveira, S, F, (2017)

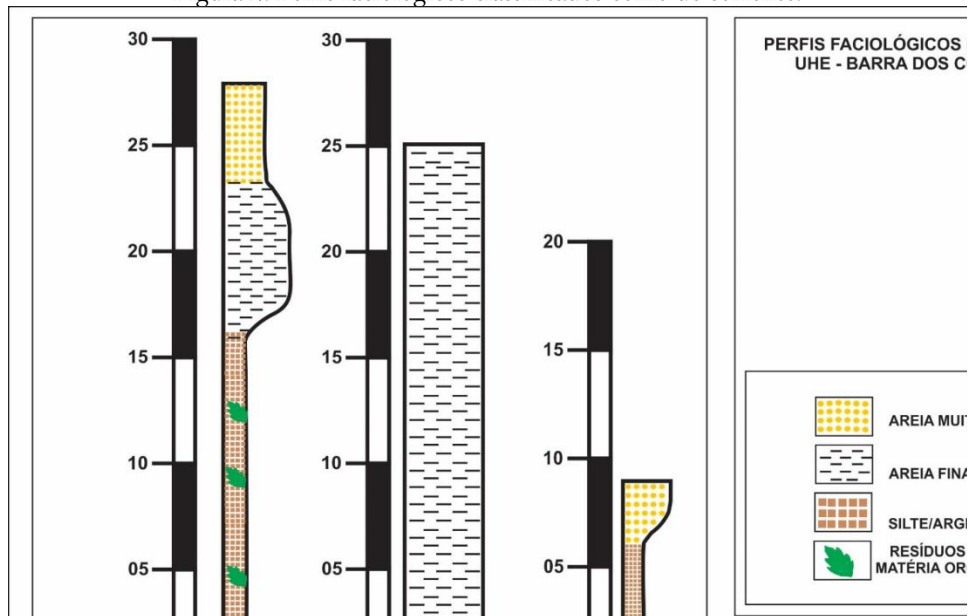
A associação de depósito de corrente ocorreu entre os pontos de amostragem 1 e 5, este trecho possui características de ambiente lótico, devido ter grande fluxo de energia, o que dificulta a deposição de argilas, siltes e areia, tal fato também pode ser associado à influência da UHE Caçu, que tem o barramento localizado logo acima, que regula a vazão de água da UHE Barra dos Coqueiros, motivo principal de não serem detectadas fácies com estratos de granulometria de areia média e grossa, cujo material fica retido com a redução de fluxo na barragem a montante.

As primeiras coletas de sedimentos de fundo com a presença de areias finas e muito finas foram detectadas a partir do ponto 6, localizado à jusante da ponte da GO 206 e à montante da confluência do córrego Pedra Branca, as amostras coletadas nesses pontos apresentavam maior teor de areia, sendo classificadas, conforme Cabral et al, (2010), como depósito de corrente, que devido à redução do fluxo de corrente, ocorreu a deposição de partículas maiores, mais densas, que podem variar em relação à granulometria, de acordo com a oscilação da velocidade de escoamento da água, o aumento da seção transversal, a regularização e eficiência de retenção do reservatório, enquanto o silte e argila detectados nestes testemunhos verticais são materiais de depósitos, anteriores ao enchimento do reservatório.

O perfil vertical obtido no ponto de amostragem 7 foi classificado como depósito de corrente, devido à deposição de material textural diferenciado, este perfil possui 28 cm, em que o depósito começa com 17

cm de material silte-argiloso, oriundo do preenchimento do reservatório, seguido de 5 cm de areia fina, havendo granocrescência, seguida de 4 cm areia muito fina S (f), configurando uma granodecrescência, (Figura 2).

Figura 2: Perfis faciológicos classificados como de corrente.



Fonte: OLIVEIRA, (2018)

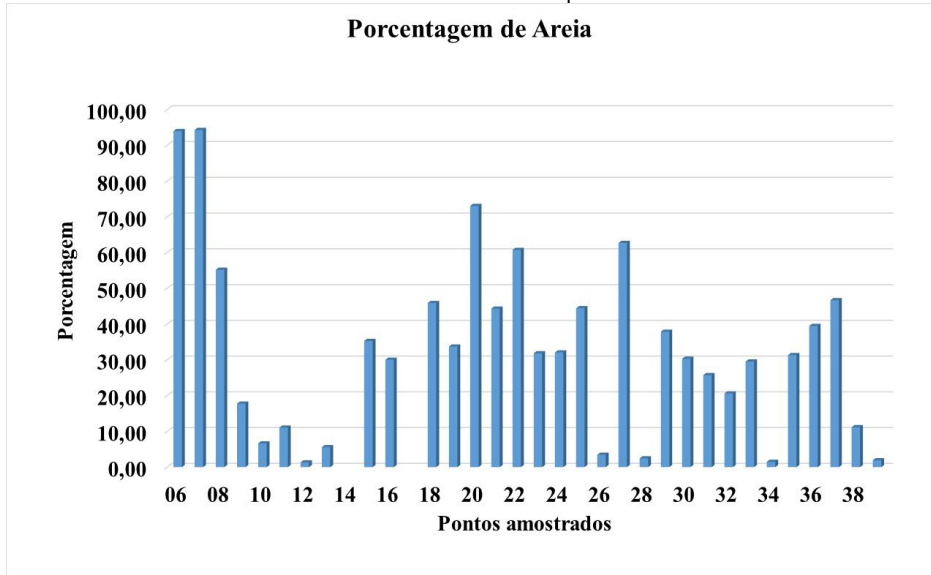
Quanto à granulometria dos primeiros perfis amostrados, mais de 90% é composto por areia, visto que, devido ao represamento, o material com maior granulometria é o primeiro a sedimentar com a redução da velocidade de fluxo.

A origem do material depositado nesse setor pode ser associada à formação Serra Geral, que dá origem aos solos localizados na parte baixa da bacia do rio Claro e da Formação Vale do Rio do Peixe, que originam os solos da parte mais alta da bacia, onde se encontram as nascentes dos principais afluentes do rio Claro, esta Formação é composta por arenitos, que têm estrutura muito fina e baixa cimentação carbonática, facilitando

a desagregação das partículas, transporte por suspensão e decomposição, sendo depositado nos leitos dos rios, principalmente quando encontram regiões com menor turbulência da água, como é característica de áreas de remanso.

Os depósitos de delta correspondem a estudo de fácies de areia e material silte/argiloso, um maior percentual de areia foi encontrado nas desembocaduras de alguns afluentes, como no caso do córrego Sucuri, que possui as nascentes em região de Neossolos, oriundos da decomposição das rochas da Formação Bauru e declividade superior a 20%. Este afluente é o que apresenta a maior área de bacia de captação. Os pontos de amostragem 20, 21 e 22 apresentaram percentuais de areia superiores a 73, 44 e 60%, respectivamente, como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Percentual de areia nos pontos de coleta



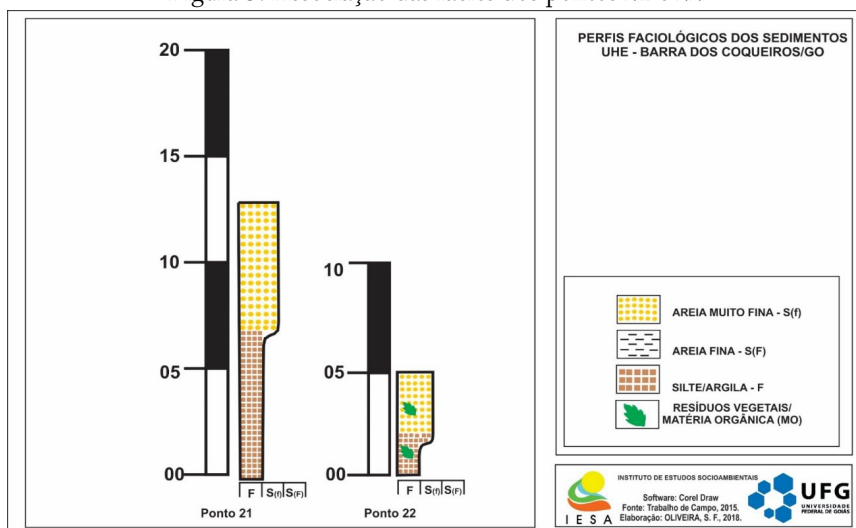
Org: Oliveira, S. F., (2017)

O perfil vertical do ponto 21 possui 12,5 cm de material amostrado, dos quais 4 cm são compostos por areia fina e 8,5 cm de material silte-argiloso, já o perfil do ponto 22 possui 5 cm, sendo que 3 cm é composto de areia e 2 cm de silte/argila.

A partir da análise das fácies dos perfis dos pontos 21 e 22 (Figura 3), observa-se uma granocrescência, com granulometria menor na base, sendo composta por material silte-argiloso, que corresponde ao material antes da fase de enchimento do reservatório (antiga área de planície fluvial), e granulometria maior, areias que foram carregadas após a construção do reservatório.

Nas desembocaduras dos córregos Pontezinha, Coqueiro (margem direita e margem esquerda) e Vargem, é possível identificar o depósito de delta, a sedimentação acontece devido à diminuição da velocidade do escoamento da água, aumento da seção transversal, regularização da vazão e eficiência de retenção do reservatório.

Figura 3: Associação das fácies dos pontos 21 e 22



Org: Oliveira, S. F., (2017)



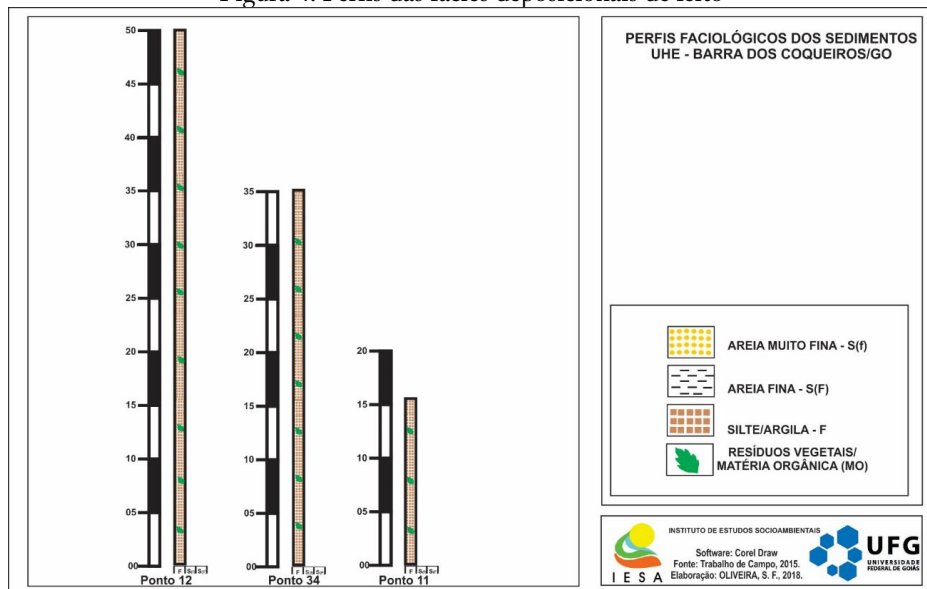
Os depósitos de leito ocorrem principalmente à jusante da desembocadura do córrego da Pedra Branca, local onde se inicia a zona/fase de transição, segundo Wachholz (2012). Portanto, é perceptível, na análise dos dados granulométricos dessa região, a redução do teor de areia, salvo alguns casos de confluência de afluentes com o reservatório.

Na zona/fase de transição, os percentuais de argila e silte são superiores ao de areia, ocorrendo uma elevação somente nas desembocaduras de tributários, no entanto a soma dos percentuais das partículas finas são superiores ao da areia, diante de tal fato este trecho caracteriza-se como depósito de leito, no qual se destacam a diminuição do teor de areia e o aumento do percentual de material silte-argiloso, caracterizando uma diminuição da granulometria do depósito, por se tratar de uma região de transição de ambiente lótico para ambiente lântico, este depósito já se caracteriza como de leito, em que a granulometria tende a diminuir de montante à jusante.

Nesse tipo de depósito, o material sedimentado é predominantemente argiloso/siltoso, podendo ocorrer a presença de estratos de areia muito fina a fina, conforme os trabalhos desenvolvidos por Cabral (2006) e Cabral et al, (2009), este processo de sedimentação ocorre porque as partículas de silte e argila são, geralmente, transportadas para o trecho mais baixo, em velocidade reduzida, depositando-se por decantação no trecho denominado zona/fase lago.

O modelo deposicional predominante no reservatório é o de perfis verticais (Figura 4), classificados como depósito de leito, em que ocorreram as feições silte-argilosas em aproximadamente 70% dos 33 perfis amostrados, a espessura do material amostrado variou de 5 a 47 cm de espessura.

Figura 4: Perfis das fácies deposicionais de leito



Org.: Oliveira, S. F., (2017)

Nos estudos realizados por Borges et al, (2007) em cinco reservatórios do rio Tietê Billings, Barra Bonita, Bariri, Promissão e Rasgão, foram coletados sedimentos em pontos próximos aos barramentos dos empreendimentos hidráulicos, ocorrendo o predomínio da fração silte-argilosa, fato semelhante ao dessa pesquisa, conforme demonstrado no Gráfico 2, localizado mais próximo da barragem teve o maior percentual de silte e argila. No ponto 40, não houve coleta de perfil, apesar das várias tentativas, caracterizando assim, não haver sedimento, o que se justifica possivelmente, pelo fato de o reservatório ser relativamente jovem e ter uma das maiores profundidades neste local, o que pode significar que o material, antes em suspensão, já havia sido depositado a montante no reservatório.

Considerando-se as análises realizadas, verifica-se que, mesmo na compartimentação zona/fase lago, nos pontos em que há confluência de

tributário, ocorre um aumento do teor de areia, como no caso do córrego Coqueiro (margem esquerda), cuja desembocadura ocorre na zona/fase lago, região em que o material mais fino (areia fina a muito fina, argila e silte) se sedimenta, como afirmam Leli, Stevaux e Nóbrega (2010), ao reiterarem que, quando a velocidade do fundo for inferior à velocidade crítica de erosão, a partícula não se movimenta e permanece depositada.

Um dos fatores que vem contribuindo para o processo de assoreamento do reservatório pode ser visto a partir do estudo do uso da terra na bacia do reservatório Barra dos Coqueiros, cuja atividade é a agropecuária, como a criação extensiva de gado que utiliza as águas do reservatório para a dessedentação dos animais, e com lavouras de monocultura; muitas vezes invadindo a área delimitada como área de preservação permanente (APP) - loteamento de chácaras às margens do reservatório (Fotos 1 A, B, C e D). A exploração intensiva do solo provoca processos erosivos, em que o material particulado é transportado e depositado no reservatório, provocando o assoreamento do mesmo.

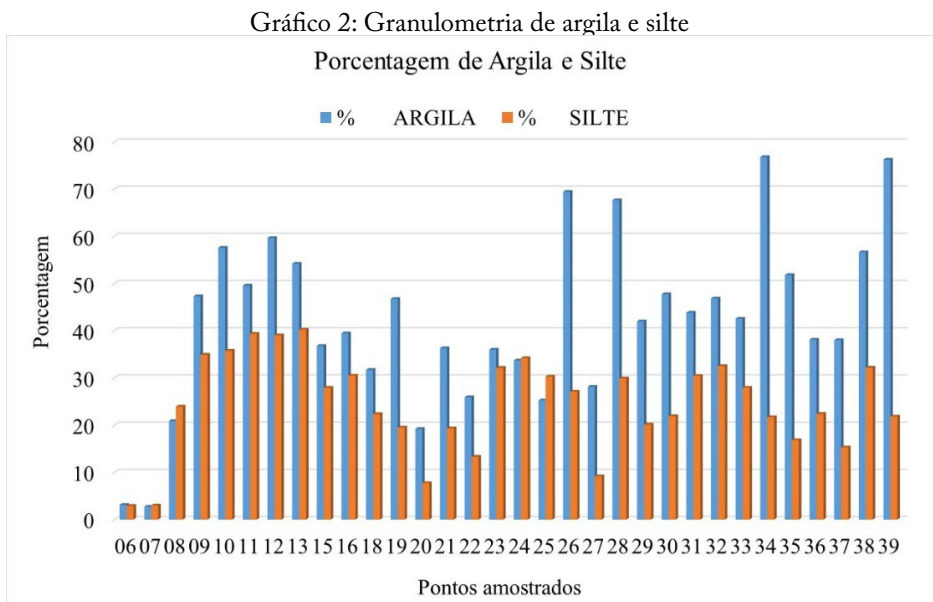
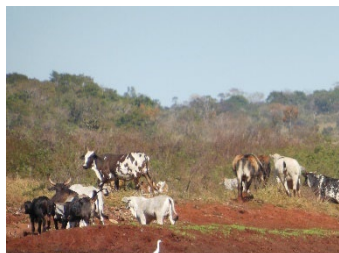


Foto 1: Uso e ocupação nas margens do reservatório e área de APP e entorno

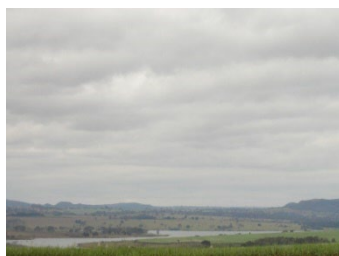
A: criação extensiva de gado



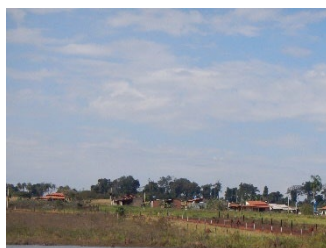
B: residência dentro da área de APP



C: monocultura de cana-de-açúcar



D: loteamento de chácaras de recreio



Fonte: Oliveira, S. F., (2015)

A recuperação/criação da área de preservação permanente das margens do reservatório foi de suma importância, mas é necessário que as autoridades competentes fiscalizem o respeito à área cercada, pois foi constatada a presença de animais dentro da mesma em todos os trabalhos de campo, o que nos leva a perceber que a principal medida a ser tomada seria o controle da produção e transporte de sedimento.

## 4. Conclusões

Os materiais coletados no reservatório são predominantes silte e argila, sendo encontrado material com maiores concentrações de areia nas áreas de influências dos principais córregos e entrada do reservatório.

A análise textural e de fácies detectadas no reservatório está diretamente relacionada ao processo erosivo da bacia, que, por sua vez, está

ligado à Geologia, ao tipo de solo, uso e ocupação da terra, sendo possível relacionar a área como fonte para possíveis medidas mitigadoras e/ou de recuperação, evitando-se o processo erosivo, transporte e deposição de material no ambiente hídrico.

Os modelos deposicionais com maior representatividade foram os depósitos de leito, os depósitos de delta foram encontrados nas desembocaduras de alguns afluentes; já os depósitos de corrente foram os detectados no trecho inicial do reservatório.

Avaliando os perfis verticais pela estratigrafia, foi possível identificar algumas predominâncias pelas características faciológicas, que estão relacionadas com a granulometria e os modelos deposicionais, Todas a fácies estudadas são de granulometria fina, variando de S(F/f) a F, sendo que, em algumas, ocorreu a presença de MO, podendo ser na forma de restos vegetais ou agregada aos minerais.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Bibliografia

ALBERTIN, L, L.,; MATOS, A, J, S.,; MAUAD, F, F, Cálculo do Volume e Análise da Deposição de Sedimentos do Reservatório de Três Irmãos, RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos v, 15, 2010,

AMARAL, A. A. do; PIRES, S. C.; FERRARI, J. L. Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo, Estado do Espírito Santo. Revista Agroambiente, 2014 Disponível em: [www.agroambiente.ufr.br](http://www.agroambiente.ufr.br) Acesso: 09 jun 2016.

BORGES, E. C. L.; MOZETO, A. A.; NEVES, E. F. A.; BORGES NETO, W.; BEZERRA, J. M. Estudo da capacidade de complexação e sua relação com algumas variáveis ambientais em cinco represas do rio Tietê/Brasil. Química Nova, v. 30, n. 7, 2007.

BOUYOUCOS, G. J. Estimation of the colloidal material in soils. Science, v.64, p.362, 1926.

CABRAL, J. B. P. Análise da sedimentação e aplicação de método de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG, Curitiba, Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CABRAL, J, B, P.; FERNANDES L, A.,; SCOPEL, I.,; BECEGATO, V,A.,; FIORI, A, P.,; Avaliação do estado de assoreamento do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), Sociedade & Natureza, Uberlândia 21 (1), 2009.

CARVALHO, N,O.; Hidrossedimentologia Prática. 2 ed. rev, atual, e ampliada, Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CRUZ, M. A. S., SANTOS, L. T. S. D. O., LIMA, L. G. L. M., & JESUS, T. B. DE CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS COMO SUPORTE PARA ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL EM NASCENTES DO RIO SUBAÉ. FEIRA DE SANTANA (BA). GEOCHIMICA BRASILIENSIS, 2013.

ESTEVES, F. de A.; Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

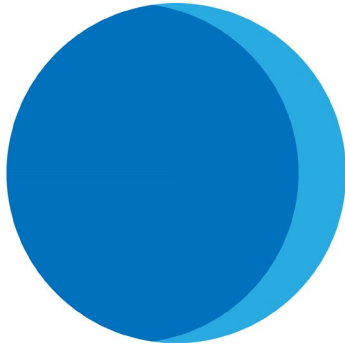
LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. da. Produção e transporte da carga suspensa fluvial: teoria e método para rios de médio porte. Boletim de Geografia, v. 28, n. 1. Maringá, 2010

MIALL, A. D. Principles of Sedimentary Basin Analysis. Ed. Springer. Berlin, 1996.

RAIJ, B, V, Fertilidade do solo e adubação, Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991.

SHUCHUN Y.; BIN X.; WEILAN X.; YUXING, S, Z, L, Lead pollution recorded in sediments of three lakes located at the middle and lower Yangtze River basin, China, Quaternary International, 208, p,145-150, 2009 Disponível em: [www.elsevier.com/locate/quaint](http://www.elsevier.com/locate/quaint), Acesso em: jan/2016

WACHHOLZ, F, Alterações espectrais nas imagens de satélite nos reservatórios das usinas hidrelétricas Caçu e Barra dos Coqueiros – GO. Revista Geonorte, v. 2, n. 4, 2012.





# IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DE DADOS PARA PESQUISA EM GEOPROCESSAMENTO

Waterloo Pereira Filho

Rafael Dezordi

Gisieli Kramer

A diversidade de situações encontradas em trabalhos de geotecnologias consiste em importante fator para um estudo preciso da natureza, mas por outro lado abre uma série de situações possíveis de geração de erros que podem dificultar a correta análise do tema pesquisado. Nesta perspectiva, a preocupação com a qualidade dos dados significa um importante aspecto a ser considerado em pesquisas que envolvem a natureza para que se obtenha um diagnóstico mais fiel a realidade. O conteúdo apresentado neste documento não aborda todas as possíveis dificuldades que podem surgir em relação a trabalhos que envolvem geotecnologias, mas prioritariamente aspectos relacionados ao sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto permite um levantamento sinótico das mudanças das condições dos alvos da superfície terrestre. Entre eles destacam-se os temas relacionados a água, solos e vegetação, o quais são mais detalhadamente avaliados aqui. Entre as diversas situações em que se pode cometer erros na obtenção de dados destaca-se a etapa que consiste no registro dos dados de campo e que pode ser realizado em papel ou diretamente em um sistema digital, mas em ambos os casos pode haver falhas humanas no momento da transcrição do dado. Há de se considerar que estas etapas são, muitas vezes, realizadas em condições climáticas

adversas (calor, frio, vento entre outros) e diante destas condições a concentração e realização destas atividades podem ser eventualmente comprometidas. Outro momento vulnerável a erro consiste na tabulação de dados, não raro pode haver erro de digitação do dado e o valor pode ser registrado equivocadamente. Talvez não haja uma solução definitiva para evitar este tipo de problema, mas alguns procedimentos podem contribuir para localizar erro e possivelmente corrigi-lo. As fichas de campo devem ser guardadas sempre, muitos erros são identificados somente por ocasião da análise de dados e, neste caso, o documento original pode viabilizar sua correção. Nesta etapa, o uso de gráficos normalmente destaca algum dado diferente do conjunto amostral, o que pode ser representativo de uma situação real ou por erro de registro (digitação). Um número atípico é considerado como outlier e, portanto, o pesquisador deve analisar com muito cuidado esta situação. Muitas vezes a experiência do pesquisador e/ou uma análise mais detalhada pode esclarecer a natureza da anomalia.

A seguir são apresentados alguns exemplos de erros relacionados a pesquisas realizadas no laboratório de Geotecnologias da Universidade Federal de Santa Maria. Estes exemplos destacam erros provenientes de diversas origens, desde digitação equivocada até o uso incorreto de equipamentos que produzem dados mais complexos. Os temas estão relacionados com a água, solos e vegetação.

Inicialmente uma situação em que se observou erro de digitação é mostrado e uma análise de sua origem é realizada (Figura 1). O erro de digitação somente foi observado por ocasião da elaboração de gráfico. O exemplo refere-se a um exercício com a temperatura da coluna da água. Este trabalho consistiu em obter a temperatura em três profundidades distintas com uso de garrafa de Van Dorn e observou-se que uma determinada amostra mostrou dados muito atípicos. A Figura 1 mostra a temperatura da água obtida na coluna de água em três profundidades

específicas, uma na subsuperfície (código 00), outra na profundidade do disco de Secchi (I) e a última em três vezes a profundidade de Secchi (II).

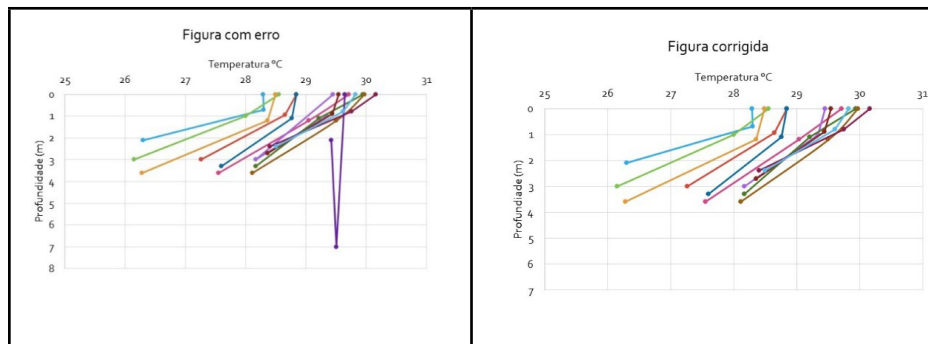
Figura 1 – Temperatura da água em diferentes profundidades em três estações amostrais.

Estação amostral	Profundidade	Temperatura °C
1-S	Subsuperfície	30,16
1-DS	0,8	29,75
1-3DS	2,4	28,40
2-S	Subsuperfície	29,64
2-DS	7	29,50
2-3DS	2,1	29,42
3-S	Subsuperfície	29,82
3-DS	0,8	29,61
3-3DS	2,4	28,50

Inicialmente não é observado nada anormal com os dados. Entretanto, na construção de uma figura para análise da temperatura em relação a profundidade observa-se que uma estação amostral apresenta um padrão diferenciado. Na Figura 2a observa-se que uma amostra apresenta um padrão muito diferente das demais. Como consta na Figura 1 há um registro na profundidade de sete metros, o que, a princípio, não deve ser real, uma vez que, para todas as demais amostras obtidas na profundidade do disco de Secchi, é em torno de um metro. Neste caso, verificando-se os dados do quadro (Figura 1) observa-se que a amostra 2-DS mostra o número 7 como profundidade do disco de Secchi e imediatamente o dado 2-3DS como 2,1 metros. Portanto, em uma análise observa-se que o dado 2-DS deve ser 0,7 m uma vez que três vezes o Secchi foi 2,1 m conforme registrado no quadro. A Figura 2b mostra a temperatura da coluna da água sem a amostra 2-DS. A figura permite avaliar de que há diminuição da temperatura com a profundidade e que é mais intensa no segundo segmento de profundidade, entre a profundidade Secchi e três

vezes o Secchi.

Figura 2 – Distribuição gráfica da temperatura na coluna de água para um conjunto de dados com erro (2-a) e com a eliminação de amostra comprometida (2-b).



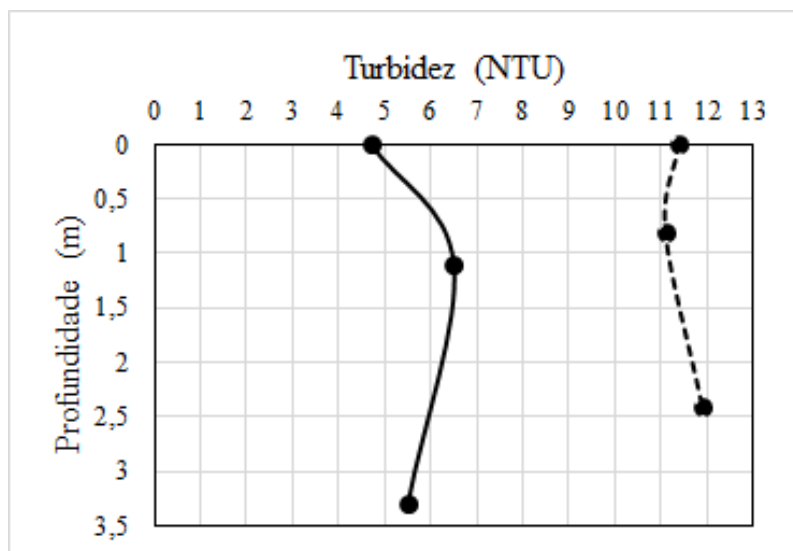
Outro problema parecido com o descrito anteriormente é o de sintaxe, que consiste na forma de representar o dado. Na área de geoprocessamento são comuns duas principais fontes de erros desta natureza, uma associada a cartografia e outra a processos computacionais. Problemas relacionados a cartografia consistem na forma de representar coordenadas e uso de projeções cartográficas. Como as coordenadas podem ser escritas de diversas formas para indicar um ponto, muitas vezes, isto pode proporcionar uma situação equivocada. Por exemplo, a coordenada geográfica pode ser indicada em graus, minutos e segundos, bastante empregado no Brasil como uso de um sistema sexagesimal, mas também pode ser recurso decimal com representação em uma das seguintes formas: em graus, minutos e décimos de minutos, ou em graus e décimos de grau. Um exemplo é de uma coordenada ser indicada em um dos seguintes formatos como  $29^{\circ}30'$  ou como  $29,5^{\circ}$ . Porém, um dos problemas associado a projeções consiste no uso de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator). Muitos usuários não indicam a zona ou o meridiano central referente a esta projeção e, eventualmente, observa-

se a indicação de meridiano equivocado. A ausência desta informação implica em não se saber qual dos sessenta fusos de projeção a que se refere a coordenada no globo terrestre.

O outro erro de sintaxe está relacionado a programação de computadores. Como muitos programas e linguagens de programação são desenvolvidos em outros países a notação de números decimais consiste em ponto. No Brasil estes números devem expressos com vírgula. Isto pode gerar um grande problema nas grandezas absolutas dos dados. 300,000 hectares é muito diferente de 300.000 hectares. No Brasil o primeiro número indica 300 hectares. Este problema muitas vezes promove uma sub-bacia hidrográfica maior do que sua bacia hidrográfica, o que é um cenário impossível de acontecer.

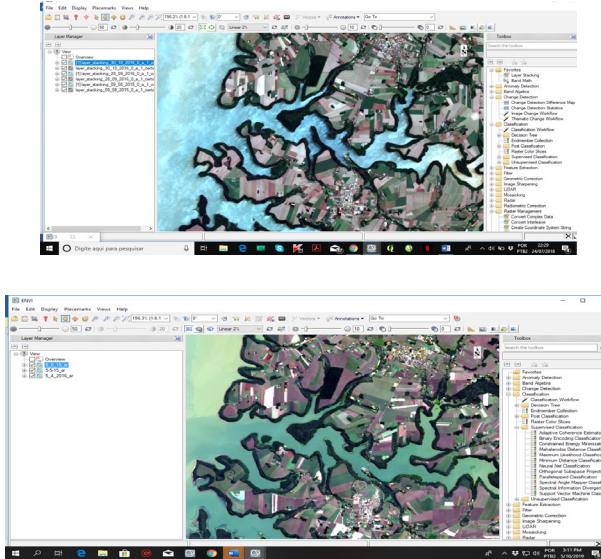
No estudo de reservatórios é necessário observar a coerência dos dados, atenção extra de seu contexto e consistência podem indicar a robustez do banco de dados. Um exemplo relacionado com a turbidez ilustra a importância desta observação. Um padrão errático foi pensado inicialmente em relação à turbidez de alto, médio e baixo curso de um compartimento aquático em um reservatório. Nesse caso, observou-se a ausência de um padrão na distribuição desta variável ao longo do compartimento, o que pode ser um indicador de falha na aquisição dos dados, mas em uma interpretação mais detalhada verificou-se que o fluxo da água oscila em função da vazão do rio abastecedor, da cota e vazão do reservatório. A Figura 3 mostra o aumento da turbidez na profundidade intermediária (disco de Secchi) na amostra de baixo curso (traço contínuo) e menor nesta mesma profundidade em alto curso. Este efeito foi em decorrência do fluxo de água dentro do compartimento aquático e, portanto, a observação de um padrão errático foi descartada. A turbidez é indicada em Nephelometric Turbidity Unit (NTU) (APHA, 2012).

Figura 3 – Variação da turbidez ao longo de reservatório amostrado em três profundidade no alto e baixo curso



Ainda no ambiente aquático é apresentado outro problema no que se refere a qualidade do dado. Neste caso, registra-se o efeito do vento na superfície aquática como determinante da qualidade da imagem de satélite. O estabelecimento de relações com dados obtidos na água fica comprometido. A Figura 4 ilustra duas situações em que se tem imagens com efeito de rugosidade da superfície da água devido ao vento (em “a”), conforme registrado em campo, e sem este efeito (em “b”). A rugosidade da superfície da água proporciona aumento na reflexão especular da água chamado de *sunlint*. Este efeito é registrado em imagens de radar, principalmente devido a polarização da luz, mas dependendo da intensidade também pode ser observado em imagens de satélite produzidas a partir da faixa ótica do espectro eletromagnético. Destaca-se que o efeito *sunlint* não registra informação do volume aquático em imagens de satélite.

Figura 4 – Efeito do vento na superfície aquática registrado em imagens de satélite.



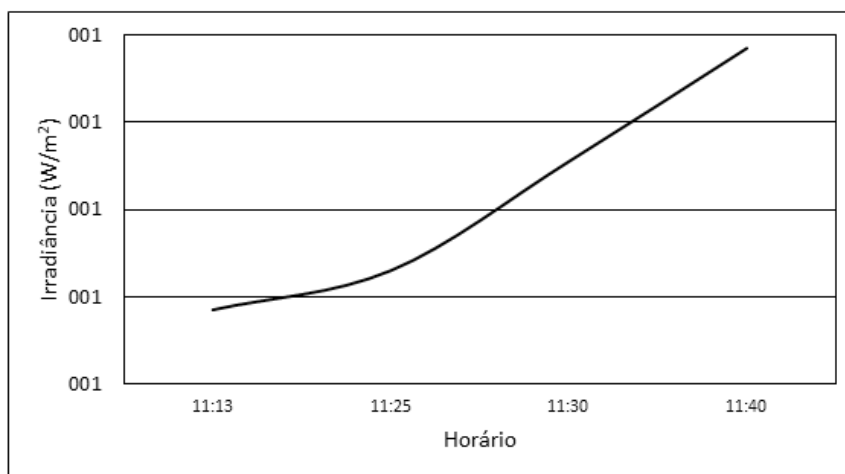
Outra fonte de erro em dados de radiometria consiste no uso de uma referência para obtenção de reflectância. Um mecanismo de se obter a reflectância de alvos terrestres consiste no uso de um radiômetro para a leitura da radiância de uma superfície de referência, normalmente branca, e também para a leitura da radiância do alvo em análise. Neste procedimento é necessária a leitura em dois momentos distintos. Se o procedimento for realizado em laboratório onde se tem o controle de iluminação com uma fonte que não apresenta variação da irradiância sobre a referência e sobre o alvo o tempo transcorrido entre a leitura das duas situações (referência e alvo) não consiste em um problema, mas se realizado em céu aberto diferenças de irradiância entre as duas leituras pode configurar em um problema no dado gerado.

Medidas realizadas em um experimento entre 11h:12min e 11h:42min a céu aberto e em condições de dia sem nuvens foi observado aumento gradual de 60 mW/m<sup>2</sup> neste intervalo de tempo. Esta situação,

considerada como adequada para radiometria, implica em um aumento de  $2 \text{ mW/m}^2$  por minuto. Embora estas condições sejam recomendadas para trabalhos de radiometria observa-se que a condição de irradiância não é exatamente a mesma em cada processo de obtenção dos dados radiométricos. Como o procedimento consiste em realizar uma razão entre a radiância da referência e a radiância do objeto radiometrado, variações nos valores podem estar associadas ao tempo entre as duas leituras. Portanto, quanto menor o tempo entre as duas leituras as condições de irradiâncias mais próximas serão entre si e com isto se tem melhor resultado.

Experimentos realizados no turno da manhã tendem a aumentar a irradiância no decorrer do tempo. No entanto, sutis variações podem ocorrer se houver variação nas condições atmosféricas. Na Figura 5 pode-se observar o efeito de aumento da irradiância no período registrado e que o aumento não foi linear apesar do intervalo de tempo ser de aproximadamente de meia hora. A taxa de aumento foi menor na fase inicial em relação a segunda fase. Estas variações são imperceptíveis ao ser humano, porém importante na correta produção de dados.

Figura 5 – Irradiância no intervalo de tempo de realização de radiometria.

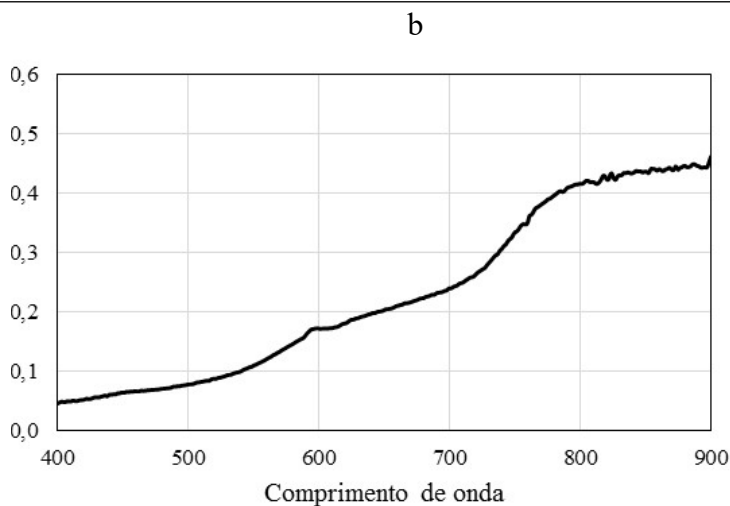
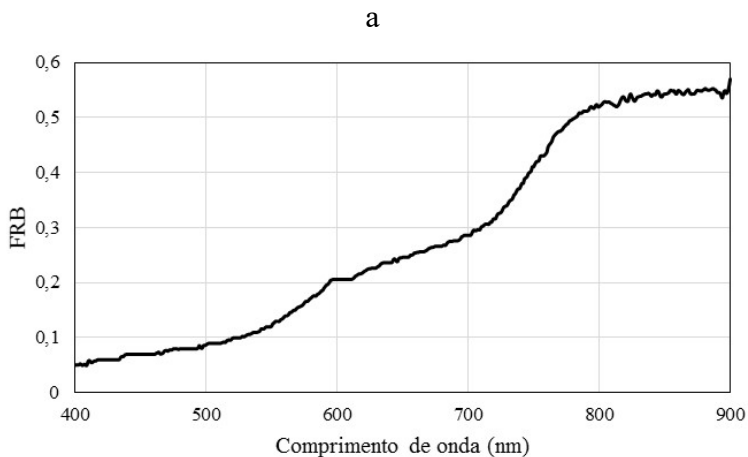




A reflectância de sensoriamento remoto consiste na razão entre a radiância pela irradiância (unid.: sr<sup>-1</sup>) (Barbosa 2019). A reflectância obtida com o uso de dois sensores que medem a radiância da referência e a radiância do alvo simultaneamente também evitam diferença nas condições atmosféricas entre as duas leituras. Estes recursos, de leituras simultâneas evitam o lapso de tempo de leituras dos aparelhos, por outro lado, é necessária uma calibração muito rigorosa entre os aparelhos para que não se tenha distorções oriundas de calibração, além da necessidade de dois radiômetros. Procedimentos técnicos com o uso de um radiômetro desde que bem realizados proporcionam espectros de reflectância semelhantes entre os dois procedimentos abordados, com um ou dois radiômetros.

Os dois ângulos envolvidos com a posição da fonte e a posição do sensor formam o Fator de Reflectância Bidirecional (FRB) (MILTON, 1987). O FRB pode-se configurar como a forma mais barata de se obter a informação de um alvo pelo fato de ser possível o uso de somente um sensor. A Figura 6a mostra a reflectância espectral obtida com a leitura da referência com vários minutos entre a referência e o solo. Esta situação pode gerar espectros de reflectância anômalos. Na Figura 6b com o mínimo de tempo entre estes dois registros. Observa-se que houve diferenças no albedo e na forma da curva de reflectância, na segunda situação o valor foi menor. Observa-se que no comprimento de onda de 600 nm o FRB correto é inferior a 0,2 (Figura 6b). O efeito de menor reflectância é ainda mais acentuado à medida que aumenta o comprimento de onda. Em 800 nm a diferença entre os dois espectros é de aproximadamente 0,1.

Figura 6 – refletância de um alvo com diferentes tempos entre a radiação da referência e do solo. Em “a” maior tempo e em “b” menor tempo.



Outro exemplo oriundo da não observação das diferenças de irradiância entre a referência e alvo é ilustrado na Figura 7 referente a água. Este alvo possui a característica de alta absorção da radiação eletromagnética na faixa do infravermelho próximo. Esta condição faz com que a reflectância nesta faixa espectral seja muito baixa, portanto,

pequenas nuances de irradiância podem proporcionar valores negativos de reflectância, conforme mostra a figura. Este efeito é principalmente observado na faixa do infravermelho próximo. Valores negativos de reflectância é naturalmente impossível de ocorrer na faixa do espectro visível e infravermelho próximo. Isto significa que o valor (energia) refletido é maior do que o valor (energia) incidente. Para esta situação não há outra decisão a não ser descartar a amostra.

Figura 7 – Reflectância com valores negativos.

NAO TEM DADOS NO GRAFICO

Outra análise de dados que requer atenção é referente a geração de estimativas da temperatura de superfície da água (TSA) a partir de imagens de satélite do infravermelho termal que, normalmente, são validados com dados da TSA em campo. Para que a correlação entre os dados estimados e coletados apresentem qualidade confiável é preciso atentar para a diferença entre o horário de observação in situ e o horário de passagem do satélite, pois os dados apresentarão melhor desempenho quanto menor for esse intervalo de tempo. Imagens do satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI) apresentam horário local de passagem aproximadamente às 10h:30min. Coletas realizadas in situ, distinto deste horário, certamente comprometerão a precisão nas estimativas da TSA (HANDCOC et al., 2012).

Como considerações finais destacam-se alguns pontos importantes para o melhor desempenho de uma pesquisa. O tempo gasto no planejamento do banco de dados, nos procedimentos técnicos em campo, na tabulação de dados e de sua revisão consistem em procedimentos que impactam diretamente na qualidade dos dados e, conseqüentemente, proporciona uma análise mais próxima da realidade. Neste sentido, destaca-se que o planejamento em termos de logística de campo, período mais representativo da variável, resolução temporal e espacial da amostragem

podem representar expressivos ganhos na pesquisa.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. A segunda autora agradece a CAPES - Código de Financiamento 001 e da CAPES/FAPERGS - Nº Processo: 8888.162068/2017-00 (Bolsa de Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria). O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por bolsa de produtividade em pesquisa.

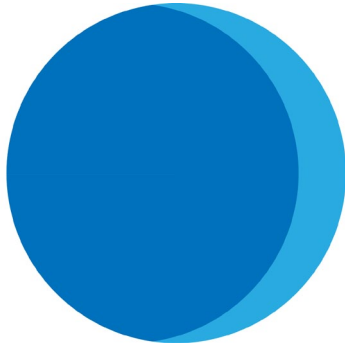
## Bibliografia

APHA (2012). Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22th ed. Washington.

HANDCOC, R. N.; TORGERSEN, C. E.; CHERKAUER, K. A.; GILLESPIE, A. R.; TOCKNER, K.; FAUX, R. N; TAN, J. Thermal Infrared Remote Sensing of Water Temperature in Riverine Landscapes. In: CARBONNEAU, P. E.; PIÉGAY, H. (Orgs). Fluvial Remote Sensing for Science and Management, John Wiley & Sons, Ltd. 2012. P. 85-113

BARBOSA, C. C. F. Princípios físicos do sensoriamento remoto aquático. In: BARBOSA, C. C. F.; Novo, E. M. L M.; Martins, V. S. (Orgs.). Sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019. P. 23- 54

MILTON, E. J. Principles of field spectroscopy. International Journal of Remote Sensing. v. 8, n. 12, p 1807-1827, 2010.



# ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE BACIAS DERIVADAS DE MDEHC, UTILIZANDO IMAGENS ASTER, SRTM e ALOS, PARA O MUNICÍPIO DE SANTA MARIA – RS

Marcos Augusto Gomes Dos Santos  
Waterloo Pereira Filho  
Tatiana Mora Kuplich  
Yesica Ramirez Flores  
Alessandra Aparecida da Luz Moraes

## 1. INTRODUÇÃO

Cada bacia hidrográfica forma uma unidade geográfica ideal para o delineamento composto dos bens naturais no ecossistema por ele incluído (Brasil, 1987), na realidade é uma área cujo perímetro é definido por divisores de água e envolve toda a área de captação natural da precipitação pluviométrica que apresenta fluxo superficial para um canal principal (MARQUES, 2011). Segundo Villela e Mattos (1975) o conhecimento das propriedades físicas de bacias hidrográficas, como região de drenagem, arquitetura da bacia, processo de drenagem e propriedades do relevo são de fundamental aplicação, que possibilita estabelecer a variação no espaço dos elementos do sistema hidrológico. Um dos primeiros e mais gerais processos realizados em pesquisas hidrológicas ou ambientais é a definição de bacia hidrográfica.

No método de delineamento automático de bacias hidrográficas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), são inseridas informações de relevo, que podem ser representadas por um sistema numérico de dados adequado à disposição espacial da elevação e da superfície do terreno, nominada Modelo Numérico de Terreno (MNT), o qual pode ser obtido por recursos de interpolação de curvas de nível, extraídas por uma carta topográfica ou por meio de imagens de sensores remotos (Alves Sobrinho et al., 2010). A utilização de MNTs, enquanto modelos digitais de elevação (MDEs), no delineamento de bacias encontram-se hoje em dia como a forma mais padrão, imediata e pouco específica.

Os radares desempenham um importante papel na coleta de dados sobre a superfície terrestre, apesar de serem menos conhecidos que os outros sensores imageadores, distinguem-se pelo seu comprimento de onda de 1mm-1m e por terem um comprimento diferente dos sensores orbitais, ultrapassam alguns anteparos que normalmente impedem os sensores orbitais de interagir com alvos terrestres, e fazer a leitura de suas feições (Meneses, 2001).

No objetivo de melhorar a fornecimento de informações altimétricas dos continentes terrestres, a Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) gerou um conjunto de informações topográficas obtidas a derivadas de plataforma orbital, permitindo um fundamental desenvolvimento científico e tecnológico em análise do ambiente físico. Este sistema de radar atuou apoiando-se na técnica de interferometria a fim de obter informações para desenvolver um Modelo Digital de Elevação em escala praticamente mundial. Os dados SRTM, no modo em que foram disponibilizados com relação a nosso continente, apresentam resolução espacial de 3 arcos de segundo (~30m) e resolução vertical de 1m. O SRTM pode ser obtido em muitos graus de tratamento, como no site do USGS Earth Explorer.



O sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) é um dispositivo a bordo da plataforma orbital TERRA, em atividade a partir de 1999, isso representa três subsistemas de sensores: VNIR (Visible and Near Infrared), SWIR (Shortwave Infrared) e TIR (Thermal Infrared). As imagens contêm 14 bandas ou canais espectrais, permitindo cobertura radiométrica a partir do espectro visível e inclui o espectro do infravermelho térmico (Leivas et al. 2007). Possui uma obtenção de informações de média resolução espacial e habilidade de visualização estereoscópica para a elaboração de MDE. Seu oferecimento gratuito se iniciou em Junho de 2009, sugerindo capacidade de espacialização de redes de drenagem com melhor nível, devido à sua superior resolução espacial em comparação aos dados SRTM (Andrades Filho, 2009).

O satélite ALOS é um programa composto por Japan Aerospace Exploration Agency (EORC/JAXA, 2007) e Japan Resources Observation System Organization (JAROS). Foi concebido tendo como uma das metas, fornecer informações para o estudo da Terra e que contribuam ao desenvolvimento sustentável, cartografia topográfica, vigilância do meio ambiente, catástrofes e alterações climáticas no globo terrestre. Além de possuir de três equipamentos, o satélite possui dois instrumentos ópticos, PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) e AVNIR-2 (Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer type 2) e um radar polarimétrico de abertura sintética de banda larga PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) (Oliveira, 2017).

O SRTM, tal como sensor ASTER, atingiu fundamental importância por dispor de uma lente estereoscópica along-track, ou seja, tem a possibilidade de fornecer duas imagens da mesma área simultaneamente, evitando desigualdades radiométricas (Steinmayer, 2003).

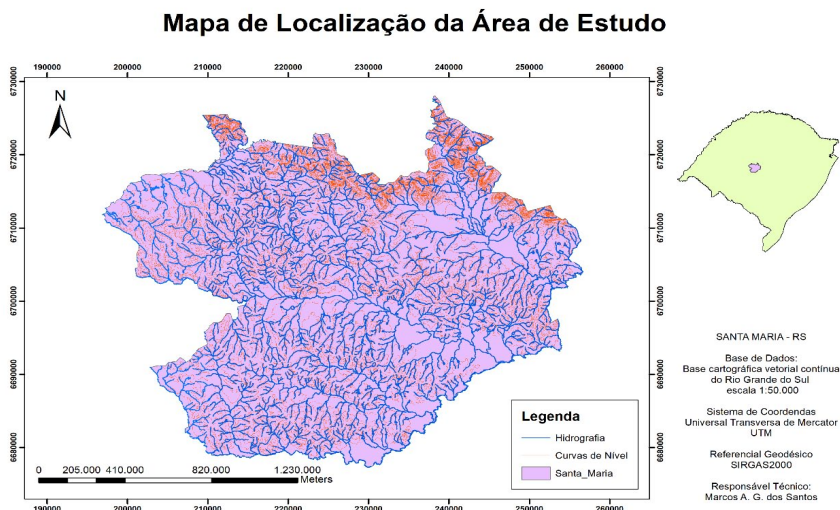
Os Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistente

(MDEHC) são uma importante ferramenta para a geração de informações morfométricas, os quais são muito utilizados para modelagem hidrográfica, assim este trabalho verifica a conformidade da delimitação automática de bacias hidrográficas usando três modelos oriundos de imagens SRTM, ASTER e ALOS.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Santa Maria foi escolhido como objeto de estudo por localizar-se na região central do Estado do Rio Grande do Sul, região está caracterizada pela província geomorfológica da Depressão Central junto a transição para o Planalto Meridional Brasileiro. Nesse contexto a área de estudo apresenta encostas íngremes, predominando modelados de dissecação forte e muito forte, porém também apresenta predominantemente modelados de dissecação média, característica da Depressão Central. Associado a esse modelado destaca-se a forte influência das condições litológicas com a presença de nichos de nascentes. A área de estudo está localizada na Bacia Hidrográfica Vacacaí–Vacacaí Mirim, região Hidrográfica do Guaíba. As feições hidrográficas e curvas de nível são importantíssimas para a caracterização e delimitação de bacias hidrográficas, a partir destas é possível com ferramentas de SIGs (sistema de informações geográficas) a geração de áreas de bacias hidrográficas para a área em estudo (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo.



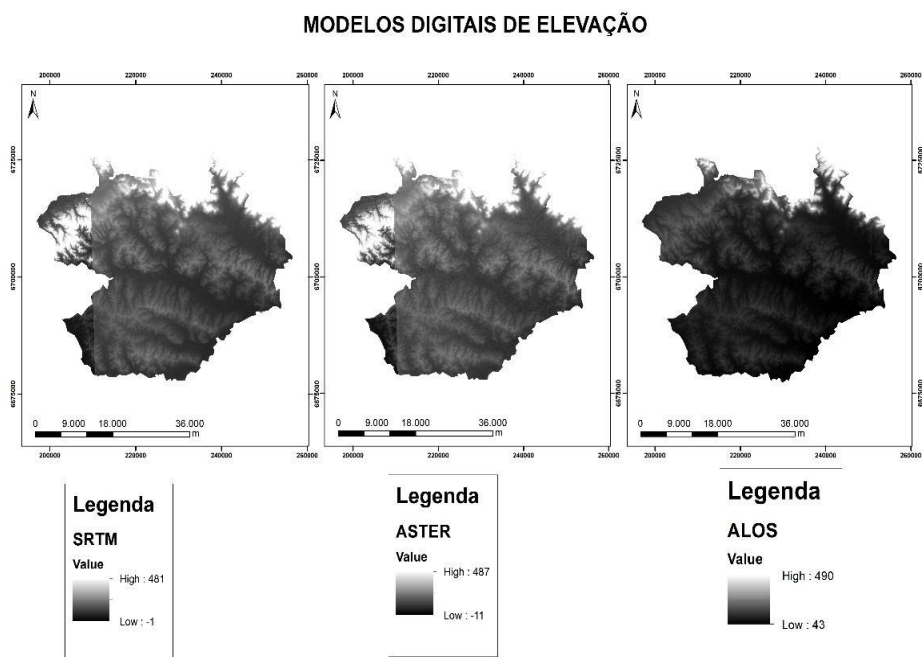
Fonte: Autores (2018).

As bases utilizadas para elaboração do estudo, foram disponibilizadas pelos sites USGS (*United States Geological Survey*), onde foram obtidas as imagens dos sensores SRTM (30m), e ASTER (30m), enquanto as imagens ALOS Palsar foram adquiridos por meio do site UAF (*Alaska Satellite Facility*). Utilizando as ferramentas da **Toolbox hidrology** no software ArcGIS 10.5 para a geração dos dados, foi testado o limiar fator 5 para a geração dos dados, comparando assim a compatibilidade das bacias geradas com as bases hidrográficas Ottocodificadas, oriundas da ANA nos níveis 5 e 6.

### 3. RESULTADOS

A partir das imagens SRTM, ASTER e ALOS (Figura 2) foram obtidos os dados para a comparação das áreas geradas pelo sistema automático das ferramentas Hidrology.

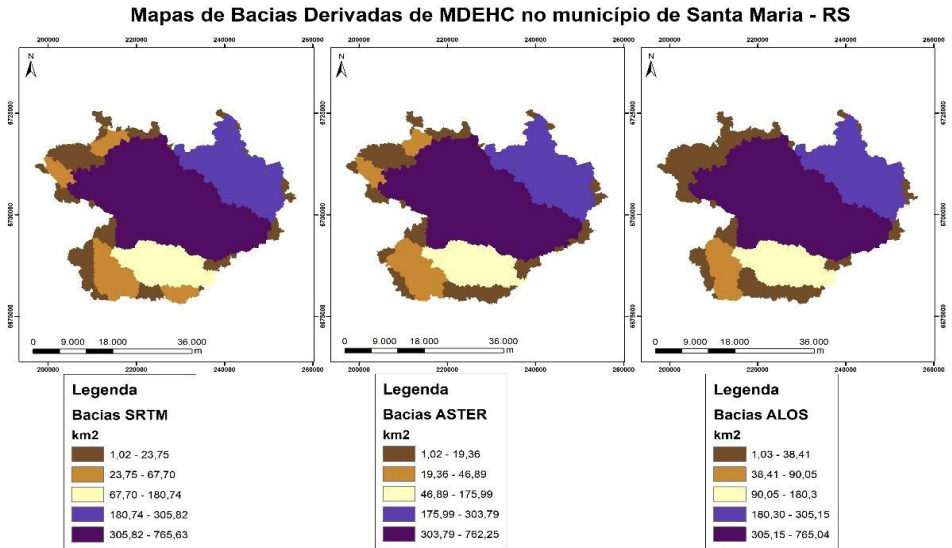
Figura 2 – Imagens dos MDEs utilizados no estudo



Fonte: Autores (2018)

As drenagens resultantes da aplicação do modelo de superfícies derivadas da aplicação do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente foram aqui definidas como sub-bacias e microbacias classificadas por sua superfície de drenagem (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de Bacias Derivadas de MDEHC – Áreas



Fonte: Autores (2018)

Os modelos foram comparados tanto quantitativamente, quanto qualitativamente, sendo que a comparação quantitativa baseou-se na subtração das áreas derivadas dos MDEHC. Já, a comparação qualitativa foi realizada de forma visual analisando as características e formas geradas dos três modelos comparando os resultados considerando a área do Município de Santa Maria. Na comparação quantitativa de área todos modelos ASTER, SRTM e ALOS quantificaram áreas semelhantes, 1689,81 Km<sup>2</sup>, 1694,92 km<sup>2</sup> e 1685,21 km<sup>2</sup> respectivamente, resultado este que chama a atenção devido a diferença entre esses valores ser muito pequena, isto levando em consideração a utilização de modelos com resolução espacial diferentes.

Para o total de bacias geradas, os modelos SRTM e ALOS quantificaram uma área semelhante para a bacia de maior área, 765,63 km<sup>2</sup> e 765,04 km<sup>2</sup> respectivamente, a mesma bacia no modelo ASTER

quantificou área de 762.25 km<sup>2</sup>.

As áreas geradas pelos modelos também não foram de valores muito distintos. o modelo ASTER gerou 66 áreas, o modelo SRTM gerou 64 áreas e o modelo ALOS gerou 57 áreas, estas áreas correspondem a sub-bacias e microbacias hidrologicamente consistentes.

O modelo ASTER, além de oferecer possibilidades de espacializações de redes de drenagem com melhor nível em comparação aos dados SRTM, foi o que apresentou maior confusão ao criar o divisor de bacia, definindo de forma deficiente as linhas de escoamento superficial, visto que não destacam distintas bacias. Já o modelo SRTM se revelou mais correto no delineamento e geração das Bacias, mostrando - se mais compatível junto as bases hidrográficas Ottocodificadas (ANA) nos níveis 5 (Figuras 4) e 6 (Figuras 5).

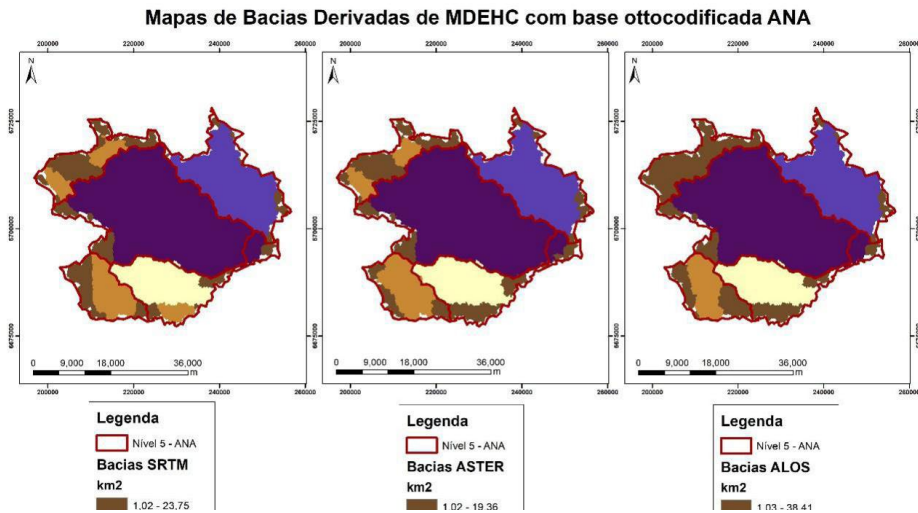
O modelo ALOS por possuir uma resolução espacial melhor, foi o que melhor representou a realidade do terreno, embora possua maior detalhamento não apresentou grande diferença na geração de grandes polígonos em comparação com os outros modelos, a diferença foi para polígonos menores.

Devido a diferença espacial dos modelos, a geração dos polígonos deu-se de forma discrepante, onde os modelos com mesma resolução apresentaram uma quantificação de polígonos semelhantes aproximadamente 9.600 e o modelo ALOS gerou 26.572 polígonos, o que demonstra a alta resolução do modelo e a confiabilidade dos dados gerados já que a área de estudo conta com uma rede hidrográfica abundante. Desta forma foram desconsiderados polígonos com área inferior a 1 km<sup>2</sup> em função da confusão ocasionada pela diferença de altitude na região norte da área de estudo.

A capacidade de usos dos modelos está associada à sua resolução espacial, horizontal e vertical, o que estabelece a escala e área para a qual

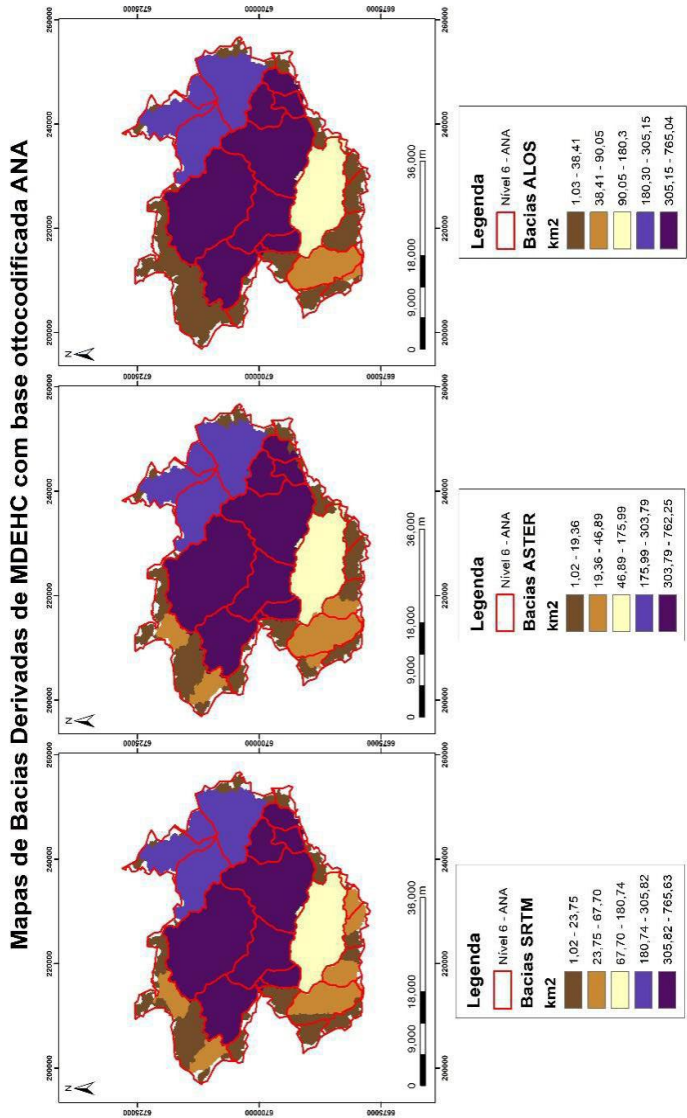
devem ser utilizados. O MDE ASTER com mesma resolução espacial, possui irregularidades em algumas áreas, além de supostamente subestimar altitudes das regiões mais elevadas.

Figura 4 - Mapa de Bacias Derivadas de MDEHC – Bases Ottocodificadas da ANA – Nível 5



Fonte: Autores (2018).

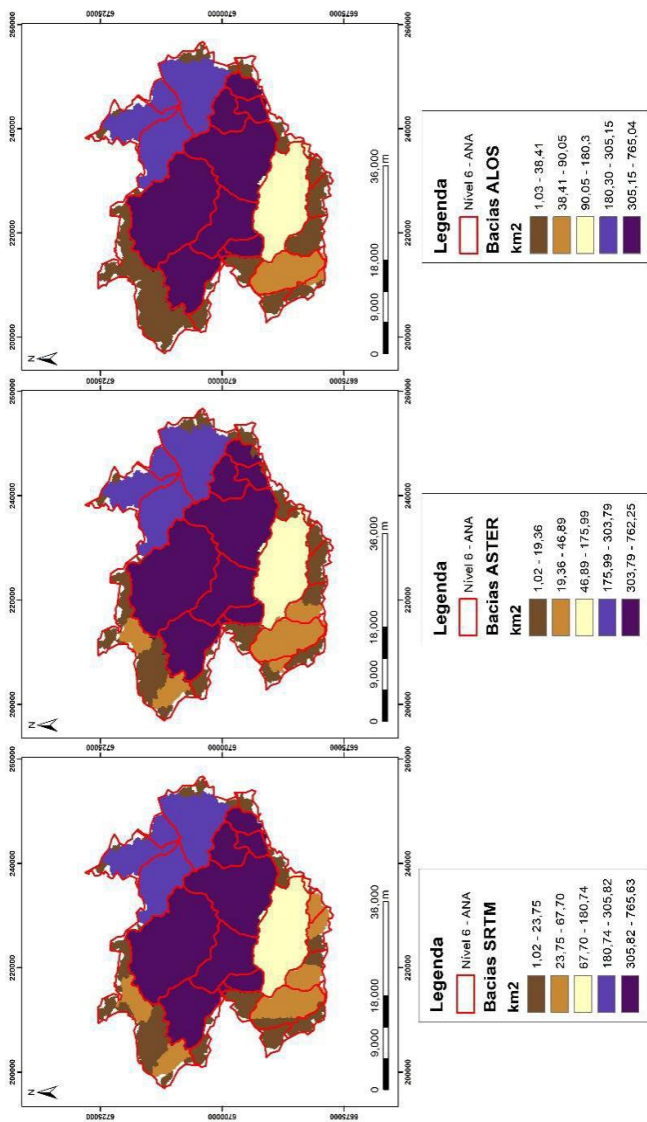
Figura 5 - Mapa de Bacias Derivadas de MDEHC – Bases Ottocodificadas da ANA – Nível 6



Fonte: Autores (2018).



## Mapas de Bacias Derivadas de MDEHC com base otocodificada ANA



Fonte: Autores (2016).

## 4. CONCLUSÃO

Os MDEs relacionados discordam em diferentes aspectos, mostrando benefícios e insuficiências. O MDE ASTER possui descontinuidades em algumas regiões, além de supostamente subestimar altitudes de locais mais elevados. O MDE SRTM indica maior coerência das informações do que o modelo ASTER. Em função da resolução desses modelos, ambos possuem deficiências para aplicação em áreas reduzidas, adequando-se melhor em áreas mais amplas. O MDE ALOS mostrou maior confiabilidade com a verdade do terreno, por ter melhor resolução espacial.

Levando em consideração a precisão e detalhamento dos trabalhos, estes modelos respondem de forma satisfatória para a geração de grandes áreas, embora o modelo ASTER gerou maior confusão na delimitação das áreas das bacias, ele apresentou uma geração satisfatória para a delimitação de áreas maiores correspondentes na classificação como sub-bacias hidrográficas, para um detalhamento maior o uso dos modelos SRTM e ALOS são viáveis tanto para a delimitação de sub-bacias como microbacias hidrográficas.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## 5. LISTA DE SIGLAS

ALOS - **A**dvanced **L**and **O**bservation **S**atellite

ASTER - **A**dvanced **S**paceborne **T**hermal **E**mission and **R**eflection **R**adiometer

ANA – Agência Nacional das Águas

MNT – Modelos numérico de terreno

MDE – Modelo digital de elevação

MDEHC – Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes

SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission

SIG – Sistema de Informações Geográficas

## Bibliografia

Alves, S, T.; Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B.; Ayres, F.M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. Engenharia Agrícola, v.30, n.1,2010.

Andrades F.; Zani, C.O.; Gradella, F.S. Compatibilidade da rede de drenagem obtida através de dados SRTM, ASTER e carta topográfica DSG: estudo de caso no Pantanal de Aquidauana. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009, Corumbá, MS. Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. v. 1. p. 51-61.

BRASIL. Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas – Doc30. p65 60 28/04/04, 16:22 Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas 61 manual operativo. Ministério da Agricultura, Comissão Nacional de Coordenação do Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas. 1987. 60p.

Leivas, J. et al. Estimativa do balanço de radiação na superfície a partir de imagens do satélite ASTER. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis–SC. Anais, 2007.

Marques, H. G.; et al. Comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER na delimitação automática de rede de drenagem e limite de bacia hidrográfica. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, v. 15, p. 1863-1870, 2011.

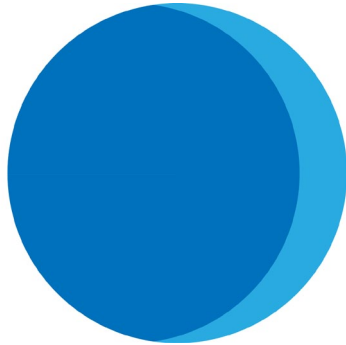
Meneses, P. R.; Netto, J. S. M. Sensoriamento Remoto Reflectância dos alvos naturais. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.260p.

Oliveira, H. P. V. 2017. Tutorial para obtenção, correções e interpolação (opcional) do Modelo Digital de Elevação (sensor PALSAR) do Satélite ALOS-1 de 2006 a 2011. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/352325754/TutorialMDE-ALOS-1-Huascar-Vidal-v1> >. Acesso em 28 set. 2017.

Steinmayer, M. Extração de Modelos Digitais de Terreno com o sensor ASTER. Revista InfoGEO, v. 30, p. 38-39, 2003.

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. F.; Albuquerque, P. C. G. TOPODATA: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 25, p. 30, 2009.

Villela, S. M.; Mattos, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245pp.



# CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL E A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO RESERVATÓRIO PASSO REAL

Felipe Correa dos Santos  
Waterloo Pereira Filho

## 1. *Introdução*

A contínua interferência das atividades humanas em sistemas aquáticos continentais produz impactos diretos ou indiretos, com consequência para a qualidade da água, a biota aquática e o funcionamento de lagos, rios e represas. Dessa maneira, a necessidade de estudos para melhor utilização racional dos recursos hídricos torna-se mais evidente (WETZEL, 2001). Diante destes fatos, a limnologia tem papel central no mundo contemporâneo, pois os estudos limnológicos são fundamentais para a implantação de medidas de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, somadas a um melhor acompanhamento de ações de conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos continentais.

As pesquisas que envolvem ecossistemas aquáticos continentais possibilitam o conhecimento da estrutura do ecossistema através de investigações das variáveis limnológicas, tais como: cor da água, total de sólidos em suspensão, total de sólidos dissolvidos, turbidez, transparência, temperatura da água, potencial Hidrogeniônico, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e clorofila-a. Dentre estas

variáveis, os sólidos em suspensão e a clorofila-a geram características ópticas em um reservatório pois estão ligadas diretamente com a radiação solar refletida pelo volume de água em subsuperfície. A análise da turbidez e da transparência da água auxilia na caracterização do reservatório por estarem relacionadas a presença das variáveis ópticas.

Os sólidos em suspensão são partes naturais de todos os ambientes de água doce. Alguns habitats são naturalmente turvos, mas as atividades humanas podem aumentar estes níveis (DODDS; WHILES, 2010). Daraigan et al (2007), consideram a presença de sólidos em suspensão no ambiente aquático como indicador de poluição na água por alteração física, o que acarreta aumento da turbidez e em seu estudo utiliza métodos óticos para análise de qualidade da água. Em pesquisa realizada por Kzar et al (2013), os autores acrescentam que além da estimativa de dados limnológicos se torna importante também a sua espacialização para melhor monitoramento da dinâmica do reservatório.

O fitoplâncton é um grupo heterogêneo composto principalmente por algas fotossintetizantes que se distribui por grande parte dos ambientes marinhos e continentais. Nestes ambientes, é o principal responsável pela captação de energia eletromagnética, produzindo oxigênio durante o processo fotossintético. Diversos pesquisadores estimaram e monitoram a distribuição de clorofila em ambientes aquáticos (JIZONG et al, 1991; KAGAWA; HIROTANI, 1995; LI et al, 2006; LONDE et al, 2016). Sendo a clorofila um dos principais responsáveis pela fotossíntese, o conhecimento de sua concentração pode dar indicações da biomassa do fitoplâncton (MINEEVA et al, 2008).

A turbidez é a medida da capacidade da água em dispersar a radiação solar e é causada pela presença de matéria orgânica e inorgânica em suspensão, plâncton e outros organismos. Este material em suspensão provoca a dispersão e absorção da luz e absorvida em vez de transmiti-la. O



aumento de turbidez tem uma variedade de influências na biota aquática, características que afetam tais como a situação ecológica, a disponibilidade de recursos e interações entre espécies (HART, 1990; POLLARD et al, 1998. HUR; JUNG, 2009). A turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de um ambiente aquático (ESTEVES, 1988; CETESB, 2009).

A transparência da água por ser uma variável de fácil obtenção, no qual ocorre com submersão de um disco branco com 25 cm de diâmetro suspenso horizontalmente por uma corda graduada (BARTRAM; BALANCE, 1996; WETZEL; LIKENS, 2000) é utilizada como variável principal em programas de monitoramento da qualidade da água (MCCULLOUGH, 2012). A transparência da água está fortemente relacionada a outras variáveis limnológicas, como os sólidos em suspensão e indicadora de estado trófico da água quando analisada em conjunto com a clorofila-a e dados de fósforo total (CARLSON, 1977; LAMPARELLI, 2004).

O monitoramento limnológico pode ser considerado um instrumento para o planejamento de atuações tanto preventivas, ao detectar precocemente tendências prejudiciais, quanto corretivas, ao possibilitar o diagnóstico da efetiva degradação ecológica e sanitária (MAROTTA et al, 2008). A ação do homem no ambiente terrestre interfere no sistema aquático, especialmente em áreas de intensa ocupação agrícola e/ou urbana, caso da bacia hidrográfica do rio Jacuí. Isto pode ser verificado pelas alterações de algumas variáveis limnológicas da água como: potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, transparência, turbidez, sólidos em suspensão, compostos orgânicos, clorofila-a, entre outras.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo é caracterizar e verificar

a relação entre variáveis limnológicas físicas, químicas e biológicas do reservatório Passo Real.

## 2. *Materiais e Métodos*

Para a realização da presente pesquisa no reservatório Passo Real foram utilizadas metodologias distribuídas em duas etapas: coleta de água e obtenção de dados limnológicos em campo e determinação de variáveis em laboratório de limnologia. Salienta-se que a presente pesquisa está relacionada a um projeto financiado pelo CNPq nº 478961/2010-3 (Variação espectral e limnológica nos reservatórios em cascata no rio Jacuí - Rio Grande do Sul).

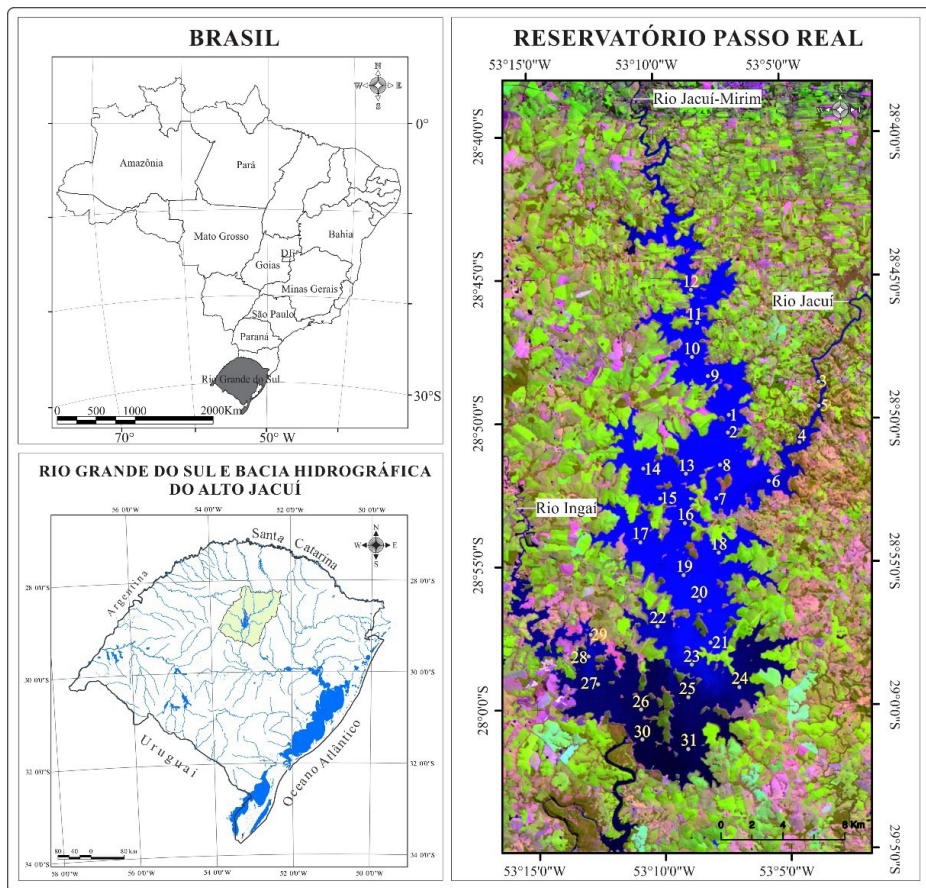
### 2.1. *Área de Estudo*

No Rio Grande do Sul foram construídas cinco usinas hidrelétricas no alto curso do rio Jacuí, com intuito de aproveitar seu potencial hidráulico. A Usina Hidrelétrica (UHE) Ernestina foi a primeira a ser concluída (1954). Para atender a demanda energética ainda foram construídas a UHE Jacuí (1963), Passo Real (1973), Itaúba (1978) e Dona Francisca (2000). O maior reservatório do Sistema Jacuí é o da Usina Hidrelétrica Passo Real com 233,4 Km<sup>2</sup> (COAJU, 2010).

Para a realização dos trabalhos de campo no reservatório Passo Real, Pereira Filho et al (2010) estabeleceram 31 estações amostrais equidistantes que contemplam as diferenças espectrais encontradas no reservatório (Figura 1), porém se ressalta que nem todos os pontos foram coletados em campo nos meses analisados nesta pesquisa. Em 15 de setembro de 2012 foram coletados os pontos 8, 10, 12, 16, 20, 28, 29 e 30 e em 23 de janeiro de 2013 foram coletados os pontos 4, 5, 8, 10,

12, 16, 20, 28, 29, 30 e 31.

Figura 1 - Localização do reservatório Passo Real e das estações amostrais (a imagem do reservatório corresponde a uma composição colorida do sensor Thematic Mapper na composição RGB543 do dia 26 de agosto de 2009).



Fonte: TONIOLO et al (2012).

A Usina Hidrelétrica Passo Real possui uma potência instalada de 158.000 kW distribuídos em 2 geradores de 79.000 kW e sua localização

geográfica fica no município de Salto do Jacuí. Com um perímetro de 578 Km, o reservatório atinge áreas territoriais na sua margem direita dos Municípios de Selbach, Ibirubá, Quinze de Novembro, Fortaleza dos Valos e Salto do Jacuí e margem esquerda: Alto Alegre, Campos Borges, Jacuizinho e Salto do Jacuí. A barragem é do tipo gravidade/enrocamento com núcleo de argila com extensão de 3.800 metros (COAJU, 2009).

## 2.2. *Obtenção de dados de precipitação pluviométrica*

Com o intuito de complementar as análises dos dados limnológicos relacionados com as datas que ocorreram as coletas foram considerados os dados de precipitação na área do reservatório com 30 dias de antecedência à data do trabalho de campo. Os dados foram obtidos no endereço eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde são disponibilizados valores das leituras de precipitações diárias.

Em função da grande área ocupada pelo reservatório abrangendo mais de um município foram utilizados os dados de precipitação de dois municípios que estão localizados as margens do reservatório, sendo Cruz Alta e Passo Fundo. A partir dos dados coletados compreendendo 30 dias anteriores a data do trabalho de campo, calculou-se a média de precipitação diária dos dois municípios para cada mês.

## 2.3. *Coletas in situ de dados limnológicos*

As coletas de dados em campo foram realizadas durante o ano de 2012 e 2013 (Quadro 1), o que permitiu a caracterização temporal das variáveis dos ambientes aquáticos. Para a distribuição das estações amostrais nos reservatórios foram consideradas as diferenças espectrais

de acordo com os distintos compartimentos aquáticos visualizados por classificação de imagens LANDSAT 5 TM.

Quadro 1 - Datas dos trabalhos de campo e número de estações amostrais

<b>Datas de campo e número de estações amostrais</b>			
Campo 1	Amostras	Campo 2	Amostras
15.09.2012	8	23.01.2013	11

Para a realização das coletas de dados em campo foi utilizada a infraestrutura pertencente ao Laboratório de Geotecnologias da Universidade Federal de Santa Maria, que dispõe de automóvel, barco e motor de popa, entre outros equipamentos e materiais para coleta e análise da amostra de água em laboratório. Para a localização precisa das estações amostrais do reservatório foi utilizado um aparelho GPS Garmin Etrex de precisão de 5 metros, com as coordenadas geográficas das estações previamente armazenadas no aparelho. A transparência da água foi medida em campo com a utilização de um Disco de Secchi (30 cm). Os valores de turbidez e oxigênio dissolvido foram obtidos com o mergulho da sonda multiparâmetros Horiba modelo U-53. Para a caracterização de cada ponto amostral a temperatura da água foi verificada com termômetro digital; temperatura, umidade do ar e velocidade do vento com um termo-higro-anemômetro-luxímetro digital; realização de fotografias digitais do ponto amostral e das margens e anotação do horário da coleta. Também foram observadas de forma empírica: a cor da água, direção do vento, rugosidade da superfície da água e cobertura de nuvens.

Para as variáveis determinadas em laboratório foi realizada a coleta da água em cada ponto amostral em sub-superfície, na profundidade aproximada de 30 cm, com a utilização de recipientes numerados e com um litro de capacidade, que após a coleta foram mantidos em recipientes térmicos e escuros até a chegada ao Laboratório de Limnologia. Em laboratório foram determinadas as variáveis: potencial hidrogeniônico

(pH), Condutividade Elétrica (CE), Total de Sólidos em Suspensão (TSS) e concentração de clorofila-a (Chl-a) que proporciona uma estimativa de biomassa fitoplactônica.

A determinação dos valores de TSS em laboratório foi realizada conforme apresentado em APHA (2005). Para a filtração foram utilizados bomba de vácuo e filtros de celulose com 0,45 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro. Os filtros são secados previamente por 24 horas em estufa a uma temperatura de 50°C, a fim de eliminar a umidade. Posteriormente à secagem, pesam-se os filtros em balança analítica para obtenção do peso inicial. Após a filtração da água, os filtros retornam à estufa, onde permanecem por 24 horas a 50°C novamente. Após a secagem, obteve-se o peso final com a pesagem dos filtros na mesma balança e determinou-se a concentração de total de sólidos em suspensão em mg/L. O TSS na unidade mg/L foi determinado com base na equação:

$$TSS = \left( \frac{Pf - Pi}{V} \right) \cdot 1000$$

Onde:

*TSS* = Total de Sólidos em Suspensão

*Pf* = Peso Final (mg)

*Pi* = Peso Inicial (mg)

*V* = Volume filtrado (L).

A clorofila-a foi determinada em laboratório conforme método apresentado por Yunes e Araújo [s/d] com base em Mackinney (1941), Paranhos (1996) e Chorus (1999). Para a determinação de clorofila-a os procedimentos de filtração e extração de pigmentos foram realizados sempre sob fraca iluminação, para inibir a realização da fotossíntese. Para a filtração foram utilizados filtros de fibra de vidro. Na sequência o filtro foi removido e colocado sobre um papel absorvente para retirar a umidade,

enrolados em papel alumínio e congelados, para posterior extração dos pigmentos. Para a extração dos pigmentos os filtros foram colocados dentro de frascos com 10 ml de metanol absoluto e depois de tampados foram deixados em refrigeração (4° C) por 24 horas. Para a leitura no espectrofotômetro foram retirados os filtros da refrigeração, retirado o sobrenadante com uma pipeta e colocadas as amostras nas cubetas do espectrofotômetro. Mackinney (1941) explica que a absorbância da clorofila-a ocorre em 663 nm e a turbidez das células das cianobactérias em 750 nm. Para o cálculo da concentração de clorofila-a em µg/L foi levado em consideração as medições do espectrofotômetro, o volume de pigmentos extraídos e o volume filtrado. A equação utilizada para a determinação da Chl-a foi a seguinte:

$\text{Chl } \alpha = \frac{\text{Abs}(663 - 750) \times 12,63 \times VE \times 1000}{VF}$	<p>Onde:</p> <p><math>A</math> = Absorbância em 663 e 750 nm</p> <p>12,63 = Constante</p> <p><math>VE</math> = Volume Extração (mL) - metanol</p> <p><math>VF</math> = Volume Filtrado (ml) – água</p>
--	--

Para a espacialização das variáveis limnológicas, os dados limnológicos foram inseridos no banco de dados geográfico do software SPRING versão 4.3.3, na forma de Modelo Numérico do Terreno (MNT). Para cada data e variável limnológica foi gerada uma grade retangular (interpolador por média ponderada), que posteriormente foi utilizada no fatiamento em classes temáticas. Para as variáveis clorofila-a e transparência foram definidas classes ponderadas de acordo com os estados tróficos (CARLSON, 1977; LAMPARELLI, 2004) e às demais variáveis foi verificada a amplitude dos dados e definidos intervalos, tendo

como limite 20 classes.

A última etapa metodológica correspondeu à análise integrada dos dados limnológicos. Para tanto, foi realizada a análise estatística para verificar a relação entre os dados. A matriz de correlações foi utilizada para a análise estatística entre as variáveis limnológicas e posterior análise de regressão entre as variáveis que apresentaram as correlações significativas mais fortes.

### 3. *Resultados e Discussão*

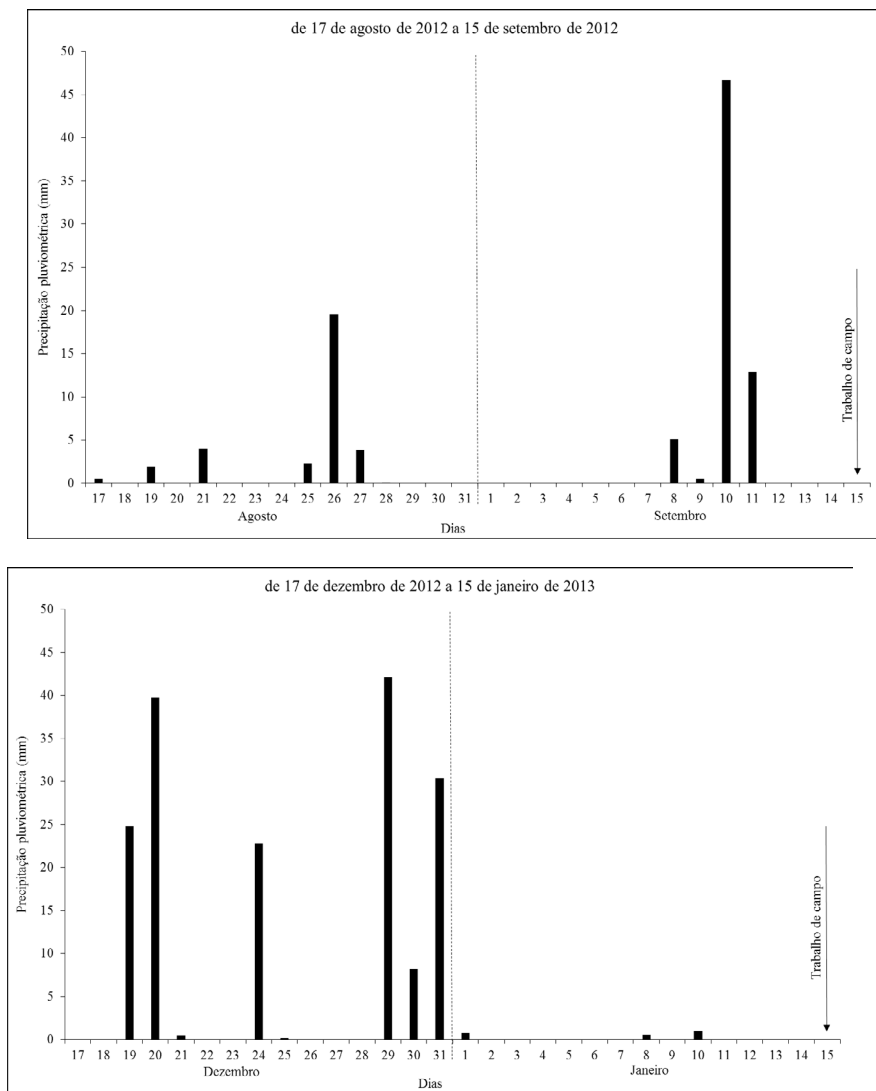
#### 3.1. *Dados pluviométricos*

O registro de chuvas em 30 dias anteriores a coleta de dados (Figura 2) para municípios limítrofes do reservatório Passo Real foi realizado com o intuito de auxiliar na análise limnológica e verificar possíveis interferências no resultado das variáveis.



Figura 2 - Precipitação pluviométrica diária em trinta dias anteriores aos trabalhos de campo nos meses de setembro de 2012 e janeiro de 2013.

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO RESERVATÓRIO PASSO REAL



No mês de setembro de 2012 o trabalho de campo ocorreu no dia

15, portanto os dados observados na Figura 2 apresentam as médias diárias dos dados de precipitação ocorrida a partir do dia 17 de agosto até o dia 15 de setembro. A ocorrência de chuvas significativas mais próxima da data de trabalho de campo foi no período de 8 a 11 de setembro, quatro dias antes. O acúmulo dos 30 dias anteriores à coleta foi de 97 mm. A ocorrência de chuvas em dias próximos que antecederam a coleta de campo pode ter influenciado as medidas limnológicas da água, principalmente o TSS devido ao transporte de solo e outros materiais do entorno para o interior do reservatório, conseqüentemente ocorre a redução da transparência da água.

No mês de janeiro de 2013 o trabalho de campo foi realizado no dia 15, então os dados apresentados no gráfico correspondem à média diária desde o dia 17 de dezembro. O mês de janeiro apresentou um valor muito baixo de precipitação pluviométrica registrando 2,3 mm em quatorze dias anteriores a coleta em campo. As ocorrências mais significativas de chuva ocorrem no mês de dezembro em intervalo de tempo longo em relação à data de trabalho de campo. O acúmulo médio de precipitação no período de 30 dias anteriores a coleta foi de 171 mm, mesmo sendo um acúmulo superior ao mês de setembro, possivelmente não apresentou influência significativa nas variáveis limnológicas e espectrais na água do reservatório.

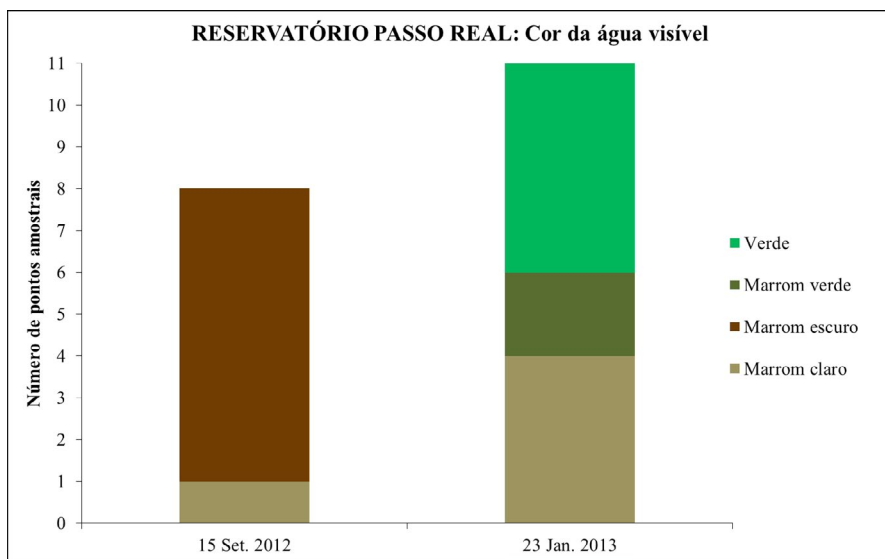
### 3.2. *Variáveis físicas da água*

As variáveis físicas dentre suas diversas características são as que estão relacionadas principalmente com o aspecto estético da água e seu estudo tem importância devido os efeitos que elas provocam na energia eletromagnética que interage com a superfície do ambiente aquático. As variáveis físicas estudadas nesta pesquisa são: Cor, Total de Sólidos em Suspensão, Total de Sólidos Dissolvidos, Turbidez, Transparência e Temperatura da água.

### 3.2.1. Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão e algas. É importante ressaltar que a coloração, realizada na rede de monitoramento, consiste basicamente na observação visual do técnico de coleta no instante da amostragem, denominando-se assim como cor aparente da água (CETESB, 2009). Embora o parâmetro cor da água seja subjetivo, ela foi identificada para estabelecer possíveis relações com os constituintes da água. O número de ocorrência de cores no reservatório em cada mês analisado é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Cores da água do reservatório Passo Real em 15 de Setembro de 2012 e 23 de Janeiro de 2013.



A cor da água visualizada em campo forneceu algumas informações dos constituintes opticamente ativos presentes no reservatório. As cores: marrom claro, marrom escuro, marrom verde e verde foram observadas na água do reservatório Passo Real.

A cor marrom escuro da água deve-se a forte influência do sistema lótico e esteve presente em quase a totalidade do reservatório em setembro de 2012. Provavelmente a visualização desta cor na água é decorrente da ocorrência de chuvas nos dias que antecederam a coleta em campo, o que ocasionou uma alta entrada de material em suspensão. Neste mesmo período foi observada a cor marrom claro apenas em uma estação amostral localizada próxima ao dique. No mês de janeiro de 2013, a entrada das águas do rio Jacuí proporcionou que a cor do reservatório fosse marrom claro e entrada do rio Jacuí-Mirim uma cor marrom verde. A cor verde predominou no restante do reservatório até o dique.

### 3.2.2. *Total de Sólidos em Suspensão*

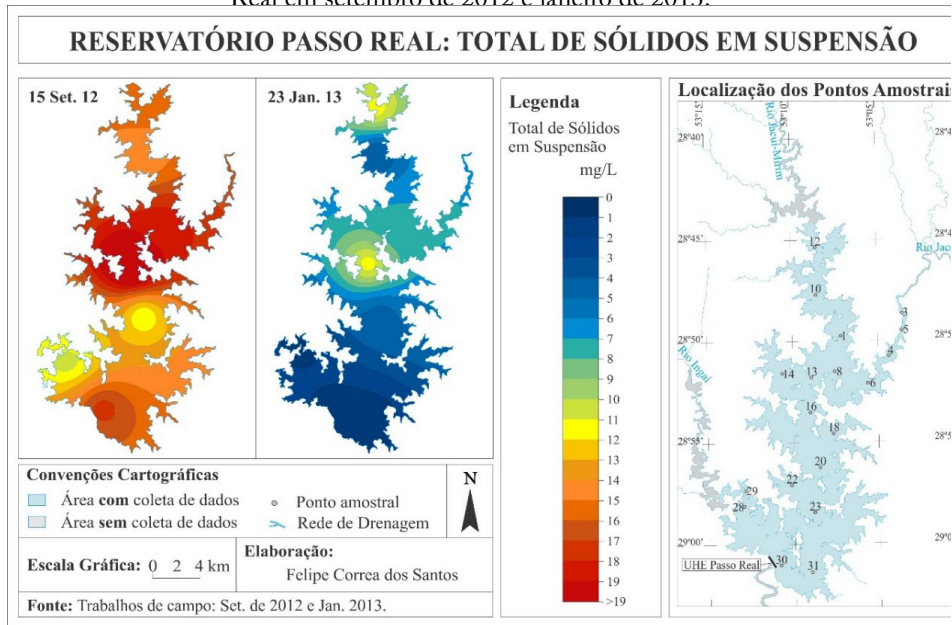
A presença de sólidos em suspensão foi observada em todo reservatório, ocorrendo apenas variações de acordo com as particularidades de cada porção da área e o período estudado. Em dados registrados no reservatório Passo Real em setembro de 2012 verificou-se concentrações elevadas de total de sólidos em suspensão, atingindo valores superiores a 20 mg/L enquanto que em janeiro de 2013, a maior parte das estações apresentaram valores baixos, menores do que 5 mg/L. De acordo com a espacialização o padrão de localização é semelhante com influência dos rios tributários, apenas diferenciando-se em relação à concentração maior no mês de setembro de 2012 em relação ao mês de janeiro de 2013 (Figura 4).

As maiores concentrações de TSS estão presentes na porção central do reservatório e nas águas vindas do rio Jacuí nos dois períodos analisados.

O rio Jacuí–mirim também apresenta contribuição na entrada de sólidos em suspensão ao reservatório em ambos os períodos. Em setembro de 2012 os sólidos em suspensão atingem todo o reservatório em altas concentrações, exceto em alguns compartimentos aquáticos associados às altas concentrações de clorofila-a. Na proximidade do dique a presença de sólidos em suspensão é menor, provavelmente por caracterizar-se como um ambiente lântico de maior volume de água, o que favorece a deposição dos materiais que são transportados pelos afluentes.

As diferenças entre os meses analisados podem estar vinculadas a distintas utilizações do entorno do reservatório em cada período do ano, principalmente relacionados a agricultura. O mês de setembro corresponde ao mês de preparo e plantio de culturas de verão, período em que o solo fica mais vulnerável ao processo de lixiviação pela água da chuva. Em setembro de 2012 foram registradas as maiores ocorrências pluviométricas em dias próximos da coleta de amostras em campo comparadas ao mês de janeiro de 2013. A ocorrência de chuvas auxiliam o transporte de sedimentos ao interior do reservatório.

Figura 4 – Distribuição espacial dos total de sólidos em suspensão do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.



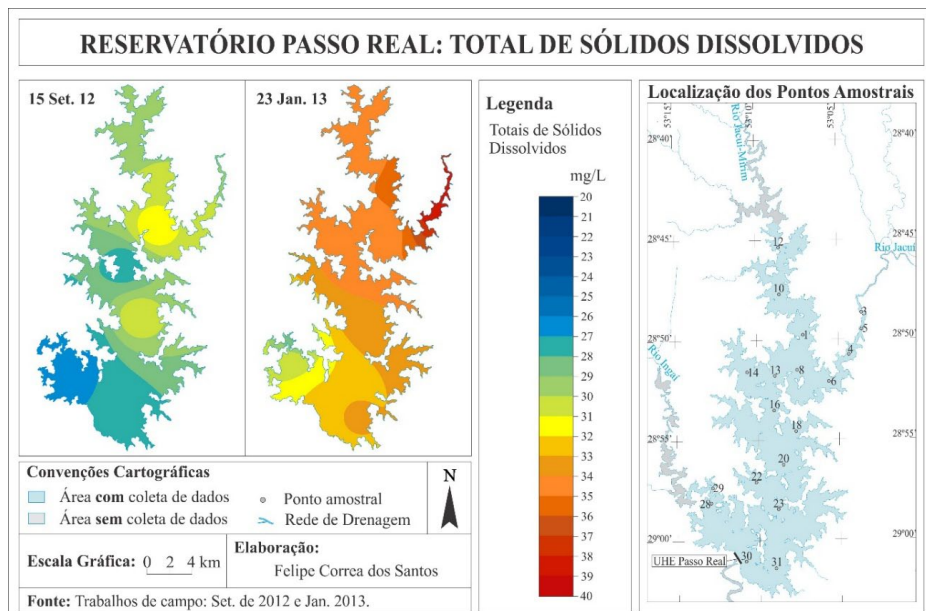
### 3.2.3. Total de Sólidos Dissolvidos

De acordo com o dados a média de total de sólidos em suspensão foi maior em janeiro de 2013 (34 mg/L) do que em setembro de 2012 (29 mg/L). Os menor valores registrado desta variável foi no setor de entrada do rio Ingaí e os maiores valores foram observados na entrada do rio Jacuí em ambos os períodos analisados (Figura 5). O uso e ocupação do solo pela agricultura no entorno do reservatório aliada a ocorrência de chuvas pode influenciar diretamente na concentração de sólidos dissolvidos na água.

Segundo a resolução n° 357/2005 do CONAMA (CONAMA, 2005), destina-se ao consumo humano águas doces com até 500 mg/L de TDS. Mesmo considerando o limite máximo deste parâmetro, a água

do setor de amostragem do reservatório Passo Real referente a entrada do Rio Jacuí apresentou valor inferior ao estipulado pela resolução em vigor, o que demonstra que esses dados estão em consonância com a resolução CONAMA nº375/2005.

Figura 5 – Distribuição espacial dos total de sólidos dissolvidos do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.



### 3.2.4. Turbidez

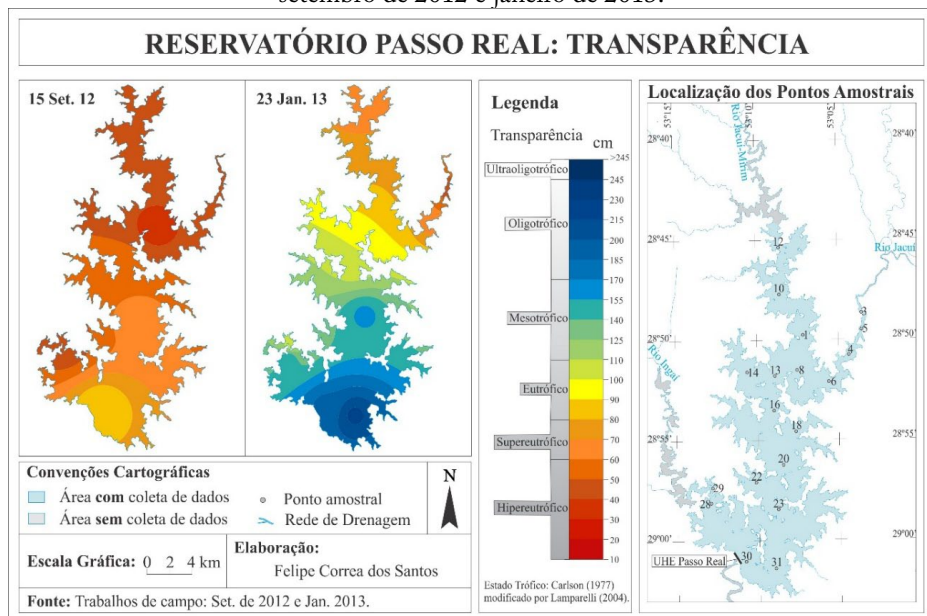
O reservatório Passo Real apresentou maior turbidez da água em setembro de 2012 se comparado com o mês de janeiro de 2013 (Figura 6).





e são classificados como supereutróficos e em algumas áreas como hipereutrófico, considerando unicamente esta variável como indicadora de estado trófico. Os referidos setores correspondem aos maiores registros de concentração de clorofila-a e TSS neste período. Os valores de maior transparência da água em setembro de 2012 foram encontrados em pontos localizados na porção central do reservatório e próximo ao dique. Em de janeiro de 2013 os dados apontam para maior transparência e neste período há um maior gradiente longitudinal desta variável.

Figura 7 – Distribuição espacial da transparência da água do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.



Nos meses analisados a variável transparência tem distribuição semelhante nos Rios Jacuí e Jacuí Mirim variando o valor médio para cada mês, sendo que o mês de janeiro de 2013 apresentou as menores transparências nestes setores. Nota-se que no mês de setembro de 2012 a baixa transparência constituiu-se em um padrão em todo o reservatório,

exceto em alguns pontos na zona de transição do rio Ingaí para um ambiente lântico que ocorreu uma leve elevação da transparência, ocasionado principalmente por pontos localizados próximo ao dique. Já no mês de janeiro de 2013 o diferencial ocorreu ao observar que os três rios, Ingaí, Jacuí e Jacuí-Mirim contribuíram para uma menor transparência nestes setores em relação à porção central do reservatório.

Explicações plausíveis para a menor da transparência da água do reservatório no mês de setembro de 2012 foram as elevadas precipitações que proporcionaram o transporte de material para o corpo hídrico, pois neste período de entressafra e início do plantio das culturas de verão os solos encontram-se menos protegidos. Novamente, é observado a partir desta variável o efeito de maior vulnerabilidade do solo na época de seu preparo, mês de setembro.

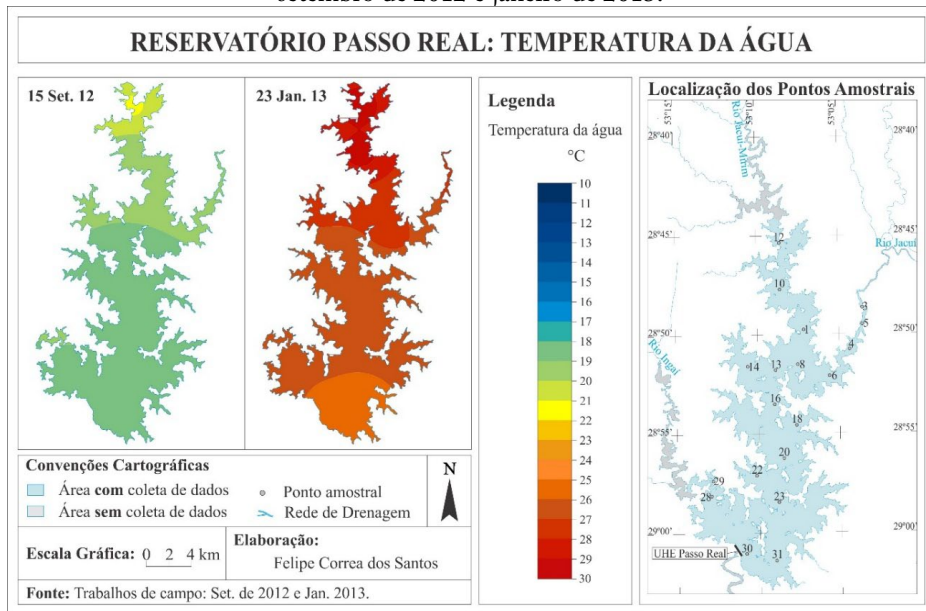
### 3.2.6. *Temperatura*

A média dos valores de temperatura da água no mês de setembro de 2012 foi 19°C ocorrendo mínimas variações em torno da média em todos os pontos amostrais. No mês de janeiro de 2013, a média de temperatura foi de 27°C, e neste período novamente em relação ao desvio padrão da temperatura houve pouca variação dos dados. A diferença nas temperaturas da água nos períodos analisados está associada à maior incidência de radiação solar no corpo da água em janeiro de 2013, período de verão, comparada a setembro de 2012, período de inverno com advento do anticiclone polar provoca a queda da temperatura do ar e, conseqüentemente dos corpos d'água.

Apesar da homogeneidade espacial dos dados de temperatura da água (Figura 8), nota-se uma diminuição longitudinal dos dados do setor

de entrada do rio Jacuí-Mirim (maiores temperaturas) até o dique do reservatório (menores temperaturas). Ao observar os dados de temperatura da água do norte ao sul do reservatório nota-se uma amplitude dos dados de 2,6 °C em setembro de 2012 e 3,7 °C em janeiro de 2013.

Figura 8 – Distribuição espacial da temperatura da água do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.



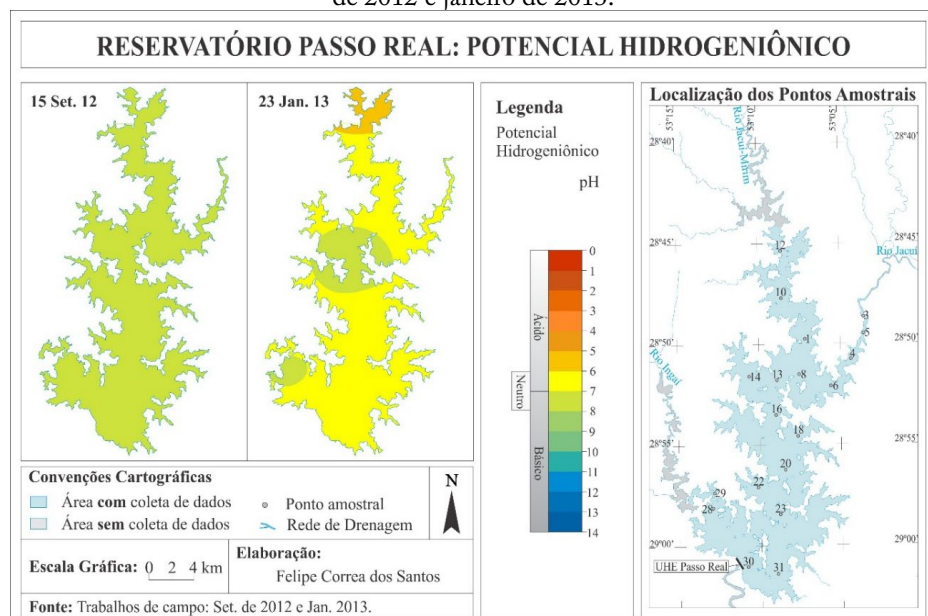
### 3.3. Variáveis químicas da água

As variáveis químicas devem ser conhecidas para verificar a necessidade de tratamentos na água em caso de uso da água para fins domésticos ou alertar para desequilíbrios ambientais e sobrevivência de diversas espécies que tem como habitat o ambiente aquático. As variáveis químicas estudadas nesta pesquisa são: Potencial Hidrogeniônico, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido.

### 3.3.1. Potencial Hidrogeniônico

Os valores de pH obtidos não demonstram variações acentuadas ao longo do eixo longitudinal do reservatório, entretanto, observou-se diferença entre os meses amostrados (Figura 9). A média dos valores de pH no mês de setembro foi 7 ocorrendo mínimas variações em torno da média em todos os pontos amostrais. No mês de janeiro a média de pH também foi 7 porém, com ocorrência de pontos de no mínimo 6,28 no setor de entrada do rio Jacuí-Mirim, 7,98 no setor de entrada do rio Ingaí e a ocorrência máxima no período de 8,23 no setor intermediário do reservatório, tendendo a pH mais alcalino.

Figura 9 – Distribuição espacial do pH da água do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.

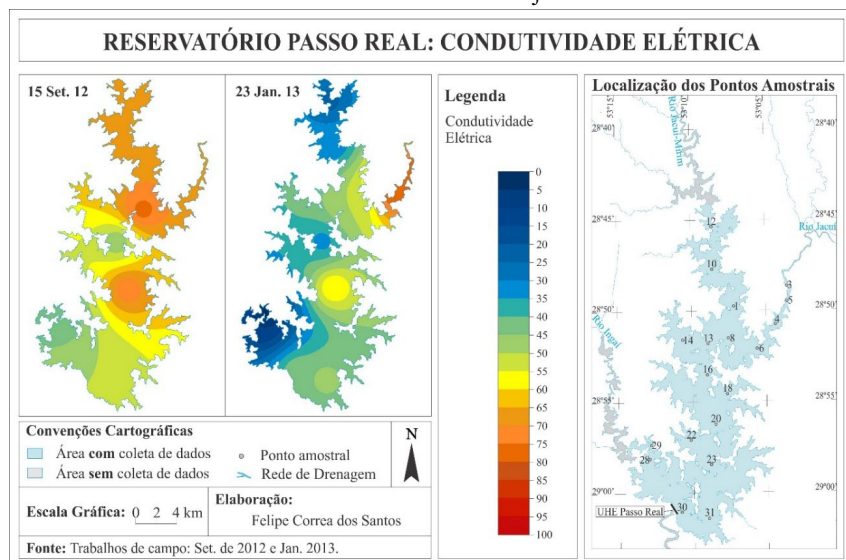


### 3.3.2. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica dos pontos de amostragens variou de 41  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 64  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ambos os valores registrados em janeiro de 2013. Os menores valores de CE foram registrados no setores de entrada do rios Jacuí-mirim e Ingaí e os maiores valores foram detectados nos pontos de amostragens referentes ao setor de entrada do rio Jacuí (Figura 10). Verifica-se, ainda, que o desvio padrão deste ponto de amostragem foi o maior, caracterizando alta variação das medidas, ou por episódios isolados da CE obtidas em campo.

Apesar de a legislação em vigor não apresentar limites para a variável condutividade elétrica os valores registrados no reservatório Passo Real não se enquadram como inadequados, conforme é apresentado por Couto et al (2006) em que para serem consideradas de boa qualidade, águas naturais devem apresentar CE até 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Figura 10 – Distribuição espacial da condutividade elétrica da água do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.

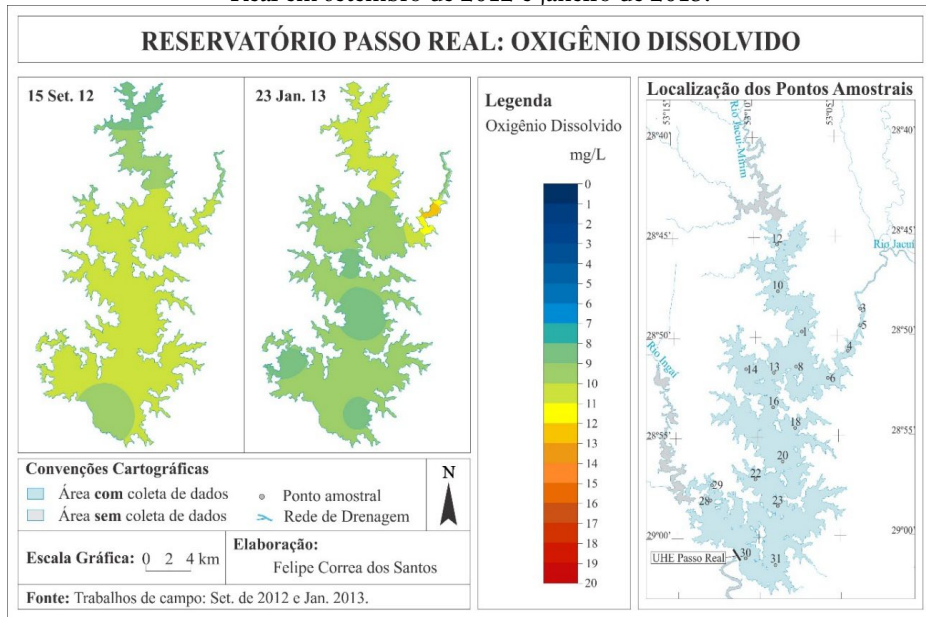


### 3.3.3. Oxigênio Dissolvido

O valor mínimo obtido foi de 8 mg/L em setembro de 2012, e o máximo de 12,5 mg/L em janeiro de 2013 (Figura 11). Não houve grande oscilação de oxigênio dissolvido ao comparar os dois períodos analisados, a média em ambas as datas foi a mesma (10 mg/L), porém ocorreu variação espacial ao comparar as duas coletas. As estações amostrais com maior concentração de oxigênio dissolvido foram as referente ao setor de entrada dos rios Jacuí e Jacuí-mirim e no setor próximo ao dique do reservatório. Em janeiro de 2013 o setor de entrada do rio Jacuí-mirim foi o que registrou os valores mínimos, enquanto que os valores máximos foram distribuídos no restante do reservatório. O valor máximo de 12,5 mg/L em janeiro de 2013 foi registrado no setor de entrada do rio Jacuí.

De acordo com as análises realizadas, o oxigênio dissolvido apresentou valores que se enquadram nos limites aceitáveis em todas as classes de águas doces previstas pela resolução CONAMA nº 357/2005. Conforme a resolução CONAMA, as amostras não podem conter valores inferiores a 6 mg/L para a classe 1; 5mg/L na classe 2; 4mg/L na classe 3; 2 mg/L na classe 4.

Figura 11 – Distribuição espacial do oxigênio dissolvido da água do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.



### 3.4. Variável hidrobiológica

Entre o material em suspensão na água inclui-se a porção orgânica ou seja, os organismos presentes que também constituem impurezas, que em alguns casos tóxicos, causam desequilíbrio ambiental.

#### 3.4.1. Clorofila-a

Em praticamente 50% da área do reservatório Passo Real foram encontradas concentrações superiores a 40  $\mu\text{g/L}$  de clorofila-a nas coletas de Setembro de 2012 e Janeiro de 2013 (Figura12). Embora os dados Janeiro de 2013 apresentem maiores médias de concentração de clorofila-a (média de 60  $\mu\text{g/L}$ ) do que em relação aos dados de setembro de 2012 (média de 51  $\mu\text{g/L}$ ), ambos os períodos foram registradas altas concentrações de clorofila-a em distintos compartimentos aquáticos do



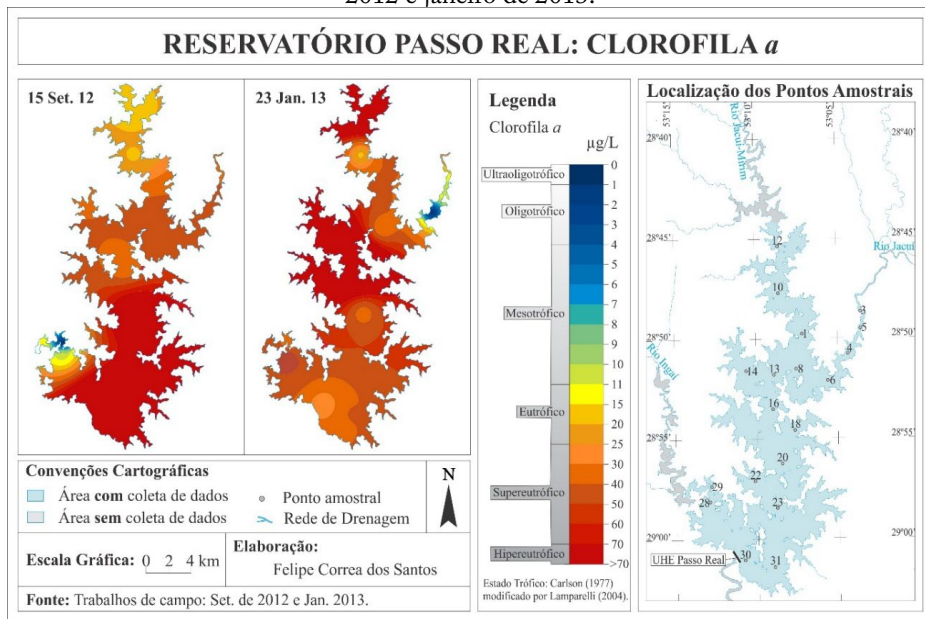
reservatório.

No mês de setembro de 2012 foram registrados episódios de altas concentrações de clorofila-a, atingindo valores de 102  $\mu\text{g/L}$  na estação amostral 20 e 179  $\mu\text{g/L}$  na estação 30. Em relação a área de ocorrência espacial, observa-se que estes valores de alta concentração ocorreram nos compartimentos aquáticos centrais até o dique do reservatório. Neste período também se observa o compartimento de entrada do rio Ingaí referente a estação amostral 29 com registro de clorofila-a de 1,26  $\mu\text{g/L}$ , sendo um valor baixo em relação as demais estações amostrais do reservatório. Este mesmo compartimento aquático já foi descrito como local de ocorrência de florações de algas em Santos (2012) no mês de outubro de 2009 em que foram registrados valores de clorofila-a superiores a 400  $\mu\text{g/L}$ .

Dentre os motivos para a ocorrência de valores elevados de clorofila-a é o fato de o meses de setembro e outubro serem correspondentes à fase de preparo do solo para culturas de verão e o uso de calagem e outros processos de ajuste nutricional do solo são aplicados. Este processo somado a lixiviação do solo proporciona eutrofização do sistema aquático, registrado pelo crescimento anômalo de algas (PEREIRA FILHO et al, 2010). Santos (2012) aponta que também deve ser levado em conta o índice de temperatura ser mais elevado neste período do ano e a maior ocorrência de chuvas leva uma alta carga de material para o reservatório, condições que favorecem o desenvolvimento de algas.



Figura 12 – Distribuição espacial clorofila *a* do reservatório Passo Real em setembro de 2012 e janeiro de 2013.



As concentrações de clorofila-*a* registradas no reservatório em Janeiro de 2013 foram mais elevadas que as de setembro de 2012 e de maior variação entre os dados. Os registros apontam desde episódios de baixas concentrações, 1,68  $\mu\text{g/L}$  no compartimento de entrada do rio Jacuí, a altas concentrações atingindo valor de 232,4  $\mu\text{g/L}$  de clorofila-*a*. Os compartimentos aquáticos com maiores concentrações correspondem ao centro do reservatório e a entrada do rio Jacuí-Mirim.

Utilizando exclusivamente a clorofila-*a* como indicadora do estado trófico encontraram-se ambientes de oligotrófico a hipereutrótico no reservatório Passo Real (PEREIRA FILHO et al, 2010).

### 3.5. Correlação entre variáveis limnológicas

Em um ambiente aquático como um reservatório, diversos

fatores internos e externos influenciam as características limnológicas, mas também é relevante considerar que há interferências entre algumas variáveis limnológicas. Na Tabela 1, são apresentadas as correlações de Pearson entre os valores das variáveis limnológicas de todos os pontos amostrados, nos dois períodos de coleta (n=19). Estão em destaque as correlações estatisticamente significativas com 95% de confiança (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Tabela 1 – Matriz de correlação das variáveis limnológicas do Reservatório Passo Real.

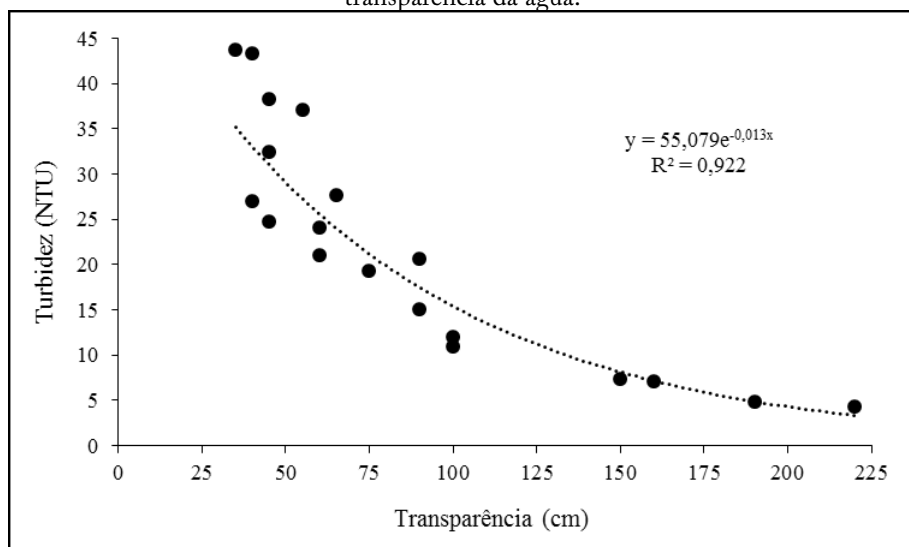
Variáveis	Chl-a	TSS	TSD	Transp.	Turb.	Temp.	pH	CE	OD
Chl-a	1,00								
TSS	0,24	1,00							
TSD	0,03	-0,41	1,00						
Transp.	0,07	<b>-0,66</b>	0,17	1,00					
Turb.	-0,23	<b>0,78</b>	-0,35	<b>-0,85</b>	1,00				
Temp.	0,07	<b>-0,72</b>	<b>0,72</b>	0,41	<b>-0,69</b>	1,00			
pH	-0,04	0,00	0,09	-0,07	0,05	0,07	1,00		
CE	-0,25	0,37	0,32	-0,33	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	0,19	1,00	
OD	-0,18	0,22	0,04	<b>-0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	0,23	0,25	1,00

Legenda: Chl-a – Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ); TSS – Total de sólidos em suspensão ( $\text{mg/L}$ ); TSD – Total de sólidos dissolvidos ( $\text{mg/L}$ ); Transp. – Transparência (cm); Turb. – Turbidez (NTU); Temp. – Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ); pH – Potencial Hidrogeniônico (pH); CE – Condutividade elétrica; OD – Oxigênio dissolvido ( $\text{mg/L}$ ).

Dentre as correlações significativas destacam-se a correlação negativa da transparência da água com a turbidez (-0,85), o que indica que a transparência da água diminui com o aumento da turbidez. A Figura 13 apresenta a dispersão dos dados de turbidez e transparência da água em que se obteve um valor de coeficiente de determinação de 0,92 com ajuste exponencial, demonstrando que esta relação é estatisticamente significativa. O gráfico de dispersão dos dados apresenta dois grupos, o

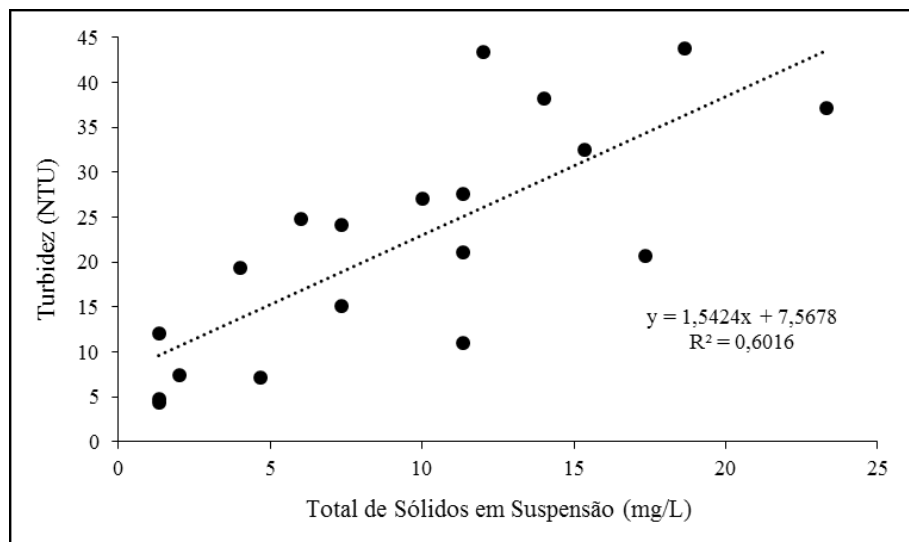
primeiro com transparências até 100 cm, correspondente as estações amostrais do setor intermediário do reservatório (setor de mistura das entradas dos rios Jacuí e Jacuí-Mirim) em que foram observados os dados de turbidez mais elevados e o segundo grupo, com transparências acima de 150 cm, correspondente ao setor próximo ao dique com turbidez mais baixas.

Figura 13 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas turbidez e transparência da água.



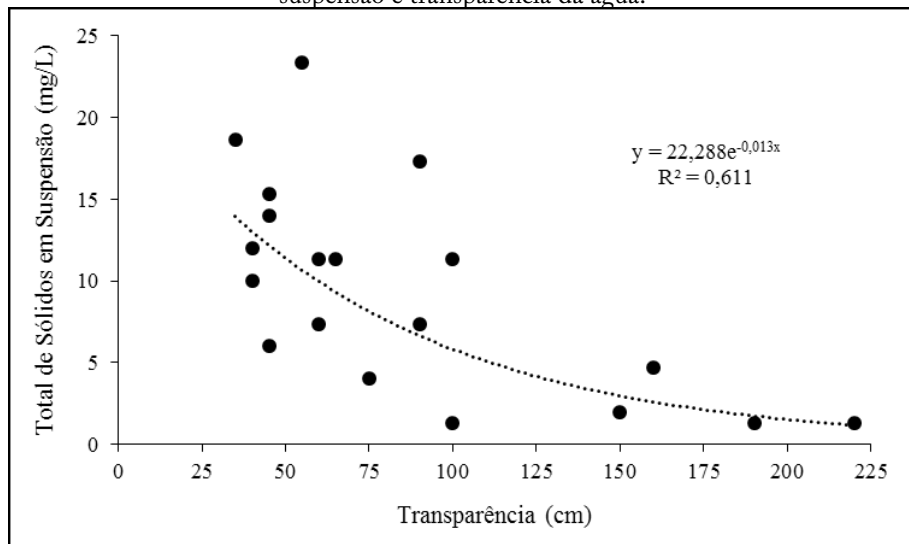
O total de sólidos em suspensão por sua vez apresentou correlação significativa positiva com a turbidez da água (0,78), o que indica que a turbidez da água se eleva de acordo com o aumento do TSS. A Figura 14 apresenta a dispersão dos dados de turbidez e total de sólidos em suspensão em que se obteve um valor de coeficiente de determinação de 0,60 com ajuste linear, demonstrando que esta relação é estatisticamente significativa.

Figura 14 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas turbidez e total de sólidos em suspensão.



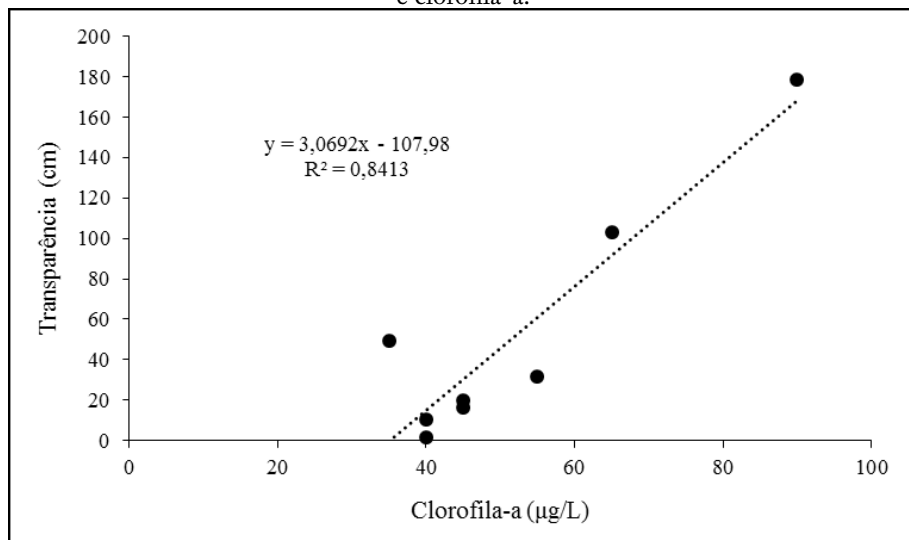
O total de sólidos em suspensão também apresentou correlação significativa com a transparência (0,78), desta vez uma correlação positiva, o que indica que a transparência da água reduz de acordo com o aumento do TSS. A Figura 15 apresenta a dispersão dos dados de turbidez e total de sólidos em suspensão em que se obteve um valor de coeficiente de determinação estatisticamente significativo de 0,61 com ajuste exponencial.

Figura 15 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas total de sólidos em suspensão e transparência da água.



Além da correlação entre todos os valores das variáveis limnológicas foi realizada a correlação das variáveis a cada mês. O valor mais pertinente para a pesquisa foi a correlação de 0,92 encontrada entre a transparência da água e a clorofila-a para setembro de 2012 o que demonstra a influência da Chl-a na transparência da água. A Figura 16 apresenta a dispersão dos dados de transparência da água e a clorofila-a em que se obteve um valor de coeficiente de determinação estatisticamente significativo de 0,84 com ajuste linear.

Figura 16 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas transparência da água e clorofila-a.



Dentre as demais variáveis analisadas no reservatório Passo Real, a temperatura apresentou correlações com o total de sólidos em suspensão, total de sólidos dissolvidos, turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Os resultados obtidos para temperatura superficial da água apresentaram-se bastante uniformes em toda a extensão do reservatório. Esteves (1998) enfatiza que este é um parâmetro de grande importância para a comunidade aquática, já que influencia a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na coluna d'água.

## 4. Considerações

A água do reservatório apresentou consideráveis variações temporais e espaciais de suas características limnológicas durante o período estudado. A espacialização dos dados limnológicos indicam que as principais alterações correspondem aos setores dos tributários do reservatório Passo Real. A análise dos dados limnológicos do reservatório Passo Real proporcionou um melhor entendimento da dinâmica superficial do ambiente aquático. A análise da relação entre variáveis limnológicas apresentaram correlações significativas entre as variáveis físicas, podendo considerar também a variável biológica estudada, desde que analisada dentro das características do período estudado.

As diferenças entre os meses analisados podem estar vinculadas a distintas utilizações do entorno do reservatório em cada período do ano, principalmente relacionados a agricultura, que aliadas as elevadas precipitações proporcionaram o transporte de material para o corpo hídrico, pois neste período de entressafra e início do plantio das culturas de verão os solos encontram-se menos protegidos. Com estes fatores levados em consideração se compreende o registro concentrações elevadas de total de sólidos em suspensão em setembro de 2012 se comparados com os dados de janeiro de 2013. A forte correlação entre os dados de total de sólidos em suspensão com a transparência da água e com a turbidez reforça a importância da análise integrada das variáveis óticas do ambiente aquático.

A ocorrência de valores elevados de clorofila-a se deve ao fato de o mês de setembro ser correspondente à fase de preparo do solo para culturas de verão. Este processo somado a lixiviação do solo proporciona eutrofização do sistema aquático, registrado pelo crescimento anômalo de algas (PEREIRA FILHO et al, 2010). Também deve ser levado em conta

o índice de temperatura ser mais elevado neste período do ano e a maior ocorrência de chuvas leva uma alta carga de material para o reservatório, condições que favorecem a proliferação de algas.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.



## Bibliografia

APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. 21 ed. Springfield: Byrd Prepress, 2005.

BARTRAM, J; BALANCE, R. Water Quality Monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. London: E & FN SPON, 1996.

BINDING, C. E., et al. Spectral absorption properties of dissolved and particulate matter in Lake Erie, Remote Sensing of Environment, v. 112, n. 4, 2008. p. 1702-1711.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. Limnology Oceanography, v. 22: p. 361-80, 1977.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. Série Relatórios. Secretaria do Meio Ambiente: São Paulo, 2009.

COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí: consolidação das informações existentes sobre os recursos hídricos da bacia. Relatório Temático – RT 2, 2009, Passo Fundo, 2009.

COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. História do Sistema Jacuí. Disponível em: <[www.upf.br/coaju/download/](http://www.upf.br/coaju/download/)

Historia\_Sistema\_Jacui\_1.ppt> Acesso em: 11 de outubro de 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 357, 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 17 de Março de 2005.

COUTO, T. C. et al. Análise das variáveis físico-químicas da água do rio Javaés, ilha do bananal, entorno do Parque Nacional do Araguaia, Tocantins Brasil. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, 30., 2006, Punta Del Leste - Uruguai. Anais..., Punta Del Leste, 2006.

DARAIGAN, S. G. et al. Multispectral absorption algorithm for retrieving TSS concentrations in water. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007. Anais... IGARSS. IEEE International. 2007.

DOODS, W. K., WHILES, M. Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications. 2nd ed. San Diego, Academic Press, 2010.

ESTEVEES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

HART, R. C. Zooplankton distribution in relation to turbidity and related environmental gradients in a large subtropical reservoir: patterns and implications. Freshwater Biology. v.24, n.2, 1990. p. 241–263.

HUR, J.; JUNG, M. C. The effects of soil properties on the turbidity of catchment soils from the Yongdam dam basin in Korea. Environmental Geochemistry and Health, v.31, n.1, 2009, p.365-377.

JIZONG, W. et al. Estimate of the chlorophyll contents in Yuqiao Reservoir from remote sensing. Chinese Journal of Oceanology and Limnology. v.9, n.4, 1991, p. 306–318.

KAGAWA, H.; HIROTANI, H. Predicting the summer chlorophylla concentration in a reservoir based on the environmental conditions of the preceding spring. *Hydrobiologia*. v. 310, n.1, 1995, p. 59–70.

KIRK, J. T. O. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. 2ed. Cambridge University Press: New York, 1994.

KZAR, A. A. et al. Modified Hopfield Neural Network Algorithm (MHNNA) for TSS Mapping in Penang Strait, Malaysia. In: IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications, 2013, Nilai – Malaysia. *Anais...*, Nilai – Malaysia, 2013.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 238f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2004.

LI, C. et al. Distribution of nutrients and chlorophyll a in the Three-Gorges Reservoir, China. *Chinese Journal of Geochemistry*. v.25, n.3, p.295-300, 2006.

LONDE, L. R. et al. Water residence time affecting phytoplankton blooms: study case in Ibitinga Reservoir (São Paulo, Brazil) using Landsat/TM images. *Brazilian Journal of Biology*, v.76, n.3, 2006.

MACKINNEY, G. Absorption of light by chlorophyll solutions. *The Journal of Biological Chemistry*. v. 140, 1941. p. 315 – 322.

MAROTTA, H. et al. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e gestão urbano-ambientais. *Ambiente & Sociedade*. v.6, n.1, jan-jun. 2008, p. 67-79.

MCCULLOUGH, IAN M. Remote Estimation of Regional Lake Clarity with Landsat TM and MODIS Satellite Imagery. 90f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Ciências Ambientais) - The University of Maine, Orono, 2012.

MINEEVA, N. M. et al. Chlorophyll Content and Factors Affecting Its Spatial Distribution in the Middle Volga Reservoirs. *Inland Water Biology*. v.1. n.1, 2008, p. 68–77.

NOH, J. et al. Turbidity control in downstream of the reservoir: the Nakdong River in Korea. *Environmental Earth Sciences*.v.71, n.4, 2014.

PEREIRA FILHO, W. et al. Caracterização espectral e limnológica de ambientes lentos e lóticos no Rio Grande do Sul, com abordagem espaço-temporal. Relatório Técnico apresentado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processo nº 484712/2007-1 como comprovante das atividades referentes ao projeto, 2010.

POLLARD, A. I. et al. Effects of turbidity and biotic factors on the rotifer community in an Ohio reservoir. *Hydrobiologia*, v. 387-388, 1998. p.215-223.

SANTOS, F. C. Influência dos constituintes opticamente ativos na reflectância espectral da água do reservatório Passo Real, RS. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

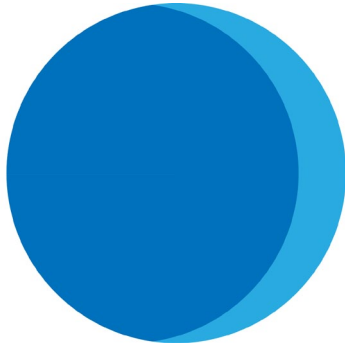
TONIOLO, G. R. et al. Análise temporal da relação entre a reflectância da água e o uso e cobertura da terra no reservatório Passo Real no Alto Jacuí – RS. Relatório Técnico apresentado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processo GAP/

UFSM nº 032117 como comprovante das atividades referentes ao projeto PIBIC/CNPq/UFSM, 2012.

WETZEL, R. G. Limnology: Lakes and River Ecosystems. 3 ed. San Diego, CA: Academic Press, 2001.

WETZEL, R. G; LIKENS, G. E . Limnological analyses. 3rd. ed. New York, NY: Springer, 2000.

YUNES, J. S.; ARAÚJO, E. A. C. Protocolo para análise de clorofila-a na água. Rio Grande: Unidade de Pesquisa em Cianobactérias da Fundação Universidade Federal de Rio Grande. [s/d].



# RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E O USO E COBERTURA DA TERRA SOBRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Janderlei Velasque Dal Osto  
Waterloo Pereira Filho  
Rafael Dezordi  
Cristiano Niederaurer da Rosa

## 1. *Introdução*

Limnologia é o estudo ecológico das massas d'água continentais, sendo assim, diversos tipos de corpos d'água são objetos de estudo da limnologia, como exemplo é possível citar rios, lagos, açudes, sangas, represas, entre outros, sendo de grande importância uma vez que a água é de grande importância para a manutenção de vida dos seres vivos (ESTEVEZ, 1998).

O despejo de material orgânico no corpo hídrico, resultado das atividades antrópicas, como esgoto doméstico, resíduos poluidores, entre outras, acabam caracterizando o processo de eutrofização bem como a degradação da qualidade das águas (HADLICH e SCHEIBE, 2007).

Outra atividade antrópica que tem grande influência nas características limnológicas da água é o uso e cobertura da terra. A retirada da cobertura vegetal do solo possibilita o aumento do escoamento

superficial e consequente transporte de sedimentos para o leito fluvial, por sua vez influenciando nas características físicas, químicas e ecológicas da água.

A condução de materiais para dentro de um reservatório através do escoamento superficial acaba por influenciar diretamente em sua Condutividade Elétrica (CE), que por sua vez, depende das composições iônicas dos corpos d'água (ESTEVES, 1998).

O Total de Sólidos Dissolvidos é uma variável limnológica importante para o metabolismo dos ecossistemas aquáticos, também de grande importância para o consumo humano, pois quando a água apresenta valores elevadas de TDS, ela acaba apresentando um sabor desagradável. Levando-se em conta a classificação mundial da água, a água que apresenta teor de TDS inferior a 1000 mg/L é considerada água doce (BRANCO e ROCHA, 1977; TUNDISI et al., 1999).

Já o Total de Sólidos em Suspensão (TSS) é considerado como todo o material particulado em suspensão na água e que não passa por um filtro de 0,45  $\mu\text{m}$ . (TCHOBANOGLIOUS e SCHROEDER, 1987). É compreendido pelos sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão, onde a fração orgânica é representada principalmente pelo fitoplâncton e substâncias húmicas, e a fração inorgânica é constituída principalmente por silte e argila. (TODESCHINI, 2004; ESTEVES, 1998).

O sensoriamento remoto apresenta-se como uma técnica importante para o conhecimento da superfície, de modo que, considera sua variação espacial. A utilização de imagens de satélite, para o mapeamento do uso e cobertura da terra, tem a vantagem de poder ser atualizado de forma periódica, atendendo assim, as necessidades dos estudos que se utilizam desta técnica (ANDERSON et al., 2005). Contudo, ainda é possível destacar, que as informações obtidas são de extrema importância para diversas atividades, como o monitoramento dos recursos hídricos,



gestão urbana, previsão e gerenciamento agrícola, entre outras.

A área de estudo é a microbacia hidrográfica da Sanga do Padre localizada dentro da área urbana do município de São Borja na porção oeste do Rio Grande do Sul. A escolha desta microbacia como área de estudo levou em consideração o fato da mesma apresentar características agrícolas predominantes juntamente com características urbanas com o processo de urbanização que ocorre em sua região leste. Diante disso, o objetivo geral consiste em identificar a influência da precipitação e do uso e cobertura da terra nas variáveis limnológicas da Sanga do Padre no município de São Borja/RS.

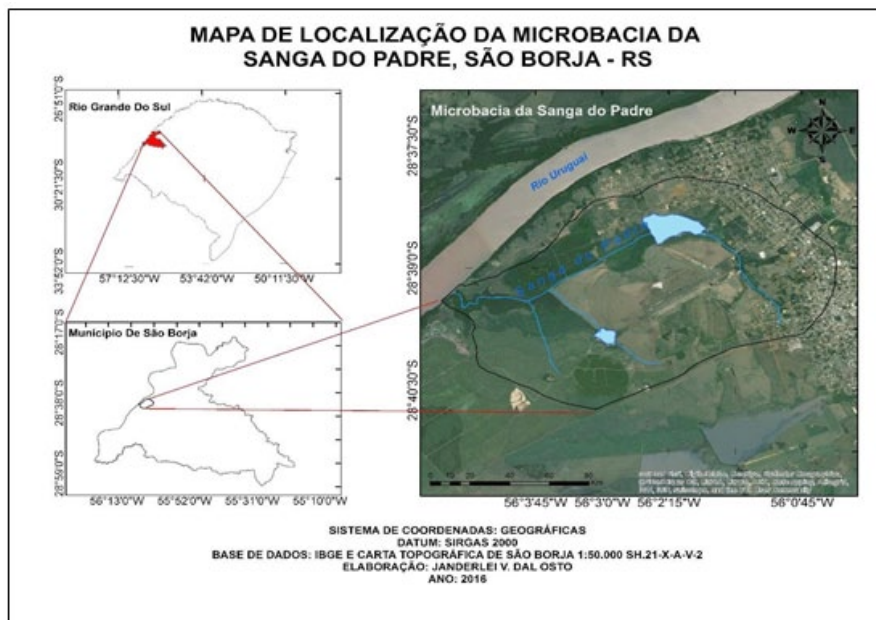
## 2. Metodologia

A microbacia hidrográfica da Sanga do Padre está localizada dentro da área urbana do município de São Borja localizado na porção oeste do Rio Grande do Sul, abrangendo uma área de 23,4 km<sup>2</sup>, nas coordenadas O 56° 00' 14" e S 28° 39' 39", conforme a Figura 1.

A Sanga do Padre é um afluente direto do Rio Uruguai, e em conjunto com os demais afluentes diretos inseridos na bacia hidrográfica apresentam uma área de 1.259,3 km<sup>2</sup> e estão localizadas ao norte e ao centro oeste do município (ROBAINA et al., 2007).

A área da unidade territorial do município compreende a 3.616,691 km<sup>2</sup>, com uma população de aproximadamente 61.671 habitantes (IBGE,2016).

Figura 1: Mapa de localização da microbacia da Sanga do Padre



O clima da região é classificado como Temperado Subtropical, com temperatura média anual no município de aproximadamente 20°C. Temperatura média superior a 20°C (26,9°) nos meses de janeiro, e temperatura média inferior a 20° (15,6°C) registrada nos meses de julho (ROBAINA et al., 2007).

A microbacia hidrográfica da área de estudo tem como características a presença de reservatórios para irrigação agrícola, principalmente do arroz que é um dos fortes movimentos econômicos do município, além disso, é um dos afluentes diretos que desaguam no Rio Uruguai.

As variáveis limnológicas avaliadas neste trabalho foram a Condutividade Elétrica (CE), o Total de Sólidos Dissolvidos (TDS) e o Total de Sólidos em Suspensão (TSS). Essas variáveis foram avaliadas em função da precipitação pluviométrica e do uso e cobertura do solo a partir da realização das seguintes atividades.

a) Coleta da água in loco para determinação das variáveis limnológicas em

laboratório.

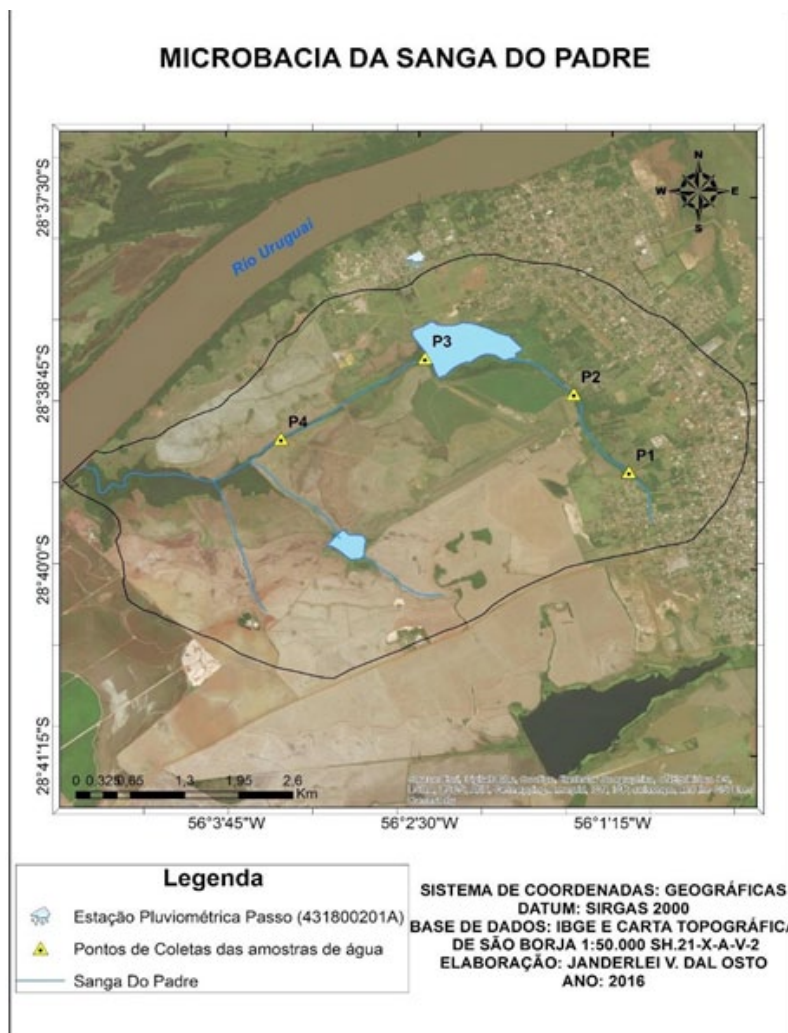
b) Análise das precipitações pluviométricas nas datas anteriores as coletas de

amostras de água.

c) Classificação das imagens do sensor OLI do satélite Landsat 8 para a distinção das classes de uso e cobertura da terra.

Foram determinadas quatro estações amostrais ao longo do curso da Sanga do Padre para a realização das coletas em campo. Para a delimitação dessas cinco estações amostrais considerou-se como ponto importante a localização dos pontos, bem como, o acesso até a sanga para realizar a coleta. O primeiro ponto é localizado próximo a nascente, o ponto 2 se localiza em meio a área urbana da cidade, o ponto 3 fica um pouco mais afastado próximo a uma barragem que é utilizada para a irrigação das áreas agrícolas. Por fim, o ponto 4 que fica próximo a região em que a sanga deságua no Rio Uruguai. As estações amostrais podem ser melhor visualizadas através da (Figura 2).

Figura 2: Localização dos pontos amostrais e da estação pluviométrica



Os dados referentes a precipitação pluviométrica foram adquiridos através do site do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) provenientes da estação Passo (431800201A). Os dados referem-se aos 30 dias anteriores de cada coleta de campo que foram realizadas nos dias 28/05/2016, 26/08/2016 e 30/10/2016. As datas referentes aos trabalhos de campo foram escolhidas

conforme as condições climáticas. A estação pluviométrica se localiza dentro do perímetro urbano do município de São Borja, próximo à estação amostral 3 (Figura 2).

Para a aquisição dos valores de Condutividade Elétrica e do Total de Sólidos dissolvidos em cada uma das amostras, foi utilizado o condutivímetro ORION 815, calibrado com solução 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  disponível no Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Para a obtenção dos valores de Totais de Sólidos Suspensos (TSS) foi utilizado o método de filtração da água conforme apresentado em APHA (2012). O processo consiste na filtração da água com a utilização de uma bomba de vácuo. O filtro utilizado para a filtração é composto por celulose (indicado para análises microbiológicas, Marca Milipore-HAWG04700) constituído por membranas HA em Ester de celulose com porosidade certificada de 0,45  $\mu\text{S}$  e diâmetro de 47 mm (Milipore, 2008). O volume de água que foi utilizado no processo de filtração correspondia a 150 ml. O procedimento teve início com a secagem dos filtros durante 24 horas em uma estufa a 50°C de temperatura para anular a presença de umidade, resultando assim no  $P_i$  (Peso Inicial). Após isso, os filtros são pesados em balança analítica da marca Bel<sup>®</sup> Engineering (acurácia de 0,0001 g) e logo após encaminhados para a filtração das amostras de água. Por fim os filtros foram novamente conduzidos a estufa sobre as mesmas condições de tempo e temperatura, e pesados posteriormente, para que se tivesse a obtenção do  $P_f$  (Peso Final).

O TSS ( $\text{mg}/\text{L}$ ) é determinado através da equação:

$$(1) \quad \text{TSS} = [(P_f - P_i) / V] \times 1000$$

Onde:

TSS - Total de Sólidos em Suspensão

Pf - Peso Final (g)

Pi - Peso Inicial (g)

V - Volume (L)

Para avaliar o uso e cobertura da terra, foi utilizado a base cartográfica através da carta topográfica de SÃO BORJA 1:50.000 (Folha: Sh.21-X-A-V-2) digitalizada no software ArcGIS® 10.2.2 (ESRI,2014). Também foram utilizados dados em arquivos no formato shapefile disponibilizados pelo site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e dados da base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul em escala 1:50.000, desenvolvido por Hasenack e Weber (2010) que são disponibilizados pelo LABGEO-UFRGS (Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Para a verificação do uso e cobertura da terra, foram adquiridas três cenas do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat-8 da órbita-ponto 224/80 com resolução espacial de 30 metros. As cenas referem-se as datas de 23/05/2016, 18/08/2016 e 30/10/2016, sem a presença de nuvens e mais próximas com as datas dos trabalhos de campo que foram realizados. Essas imagens utilizadas, são disponibilizadas gratuitamente pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) através do site do Serviço Geológico Norte Americano (U.S Geological Survey) (USGS) <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.

A classificação das imagens foi feita pelo tipo supervisionada com o emprego do algoritmo Máxima Verossimilhança. Este algoritmo considera a ponderação das distâncias médias, utilizando-se de parâmetros estatísticos de distribuição dos pixels dentro das classes determinadas (CRÓSTA, 1993). O mesmo autor ainda diz que para se obter um bom resultado através deste tipo de classificação é necessária a escolha de um

número razoavelmente elevado de pixels para cada amostra de treinamento de classe, e que esses tenham uma certa distribuição estatística que seja próxima da distribuição normal.

Para a obtenção das amostras, sobre a imagem de satélite, foi levado em consideração alguns fatores, como por exemplo o tamanho, cor, tonalidade, textura, forma, entre outros. Também se levou em consideração a data da cena, juntamente com o conhecimento da área através dos trabalhos de campo, para que dessa forma a classificação conseguisse sair o mais próximo da realidade. As classes que foram determinadas para a classificação do uso e cobertura da terra dentro da microbacia foram: Solo Exposto, Floresta, Campo, Agricultura e Água. Sendo que a Área Urbana foi vetorizada manualmente através da carta topográfica e da interpretação visual da imagem de satélite.

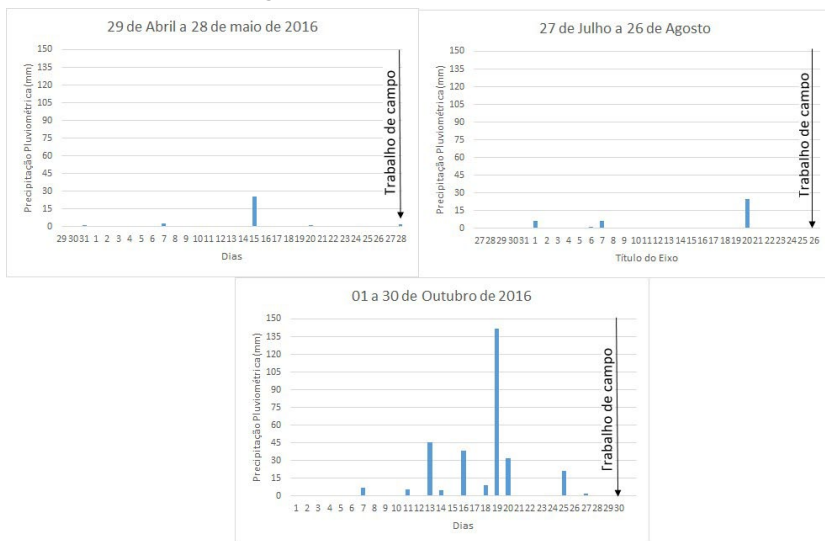
### 3. *Resultados e discussão*

#### 3.1 *Precipitação Pluviométrica*

A Figura 3 apresenta os dados referentes as precipitações pluviométricas observadas nos dias que antecederam cada trabalho de campo. O primeiro campo refere-se ao mês de maio de 2016 e o segundo ao mês de agosto. Nesses meses foi possível verificar a ocorrência de pequenos índices de precipitação pluviométrica nos 30 dias anteriores aos trabalhos de campo (33,6 mm e 40,6 mm respectivamente).

No entanto o último trabalho de campo realizado no mês de outubro de 2016, apresentou um índice pluviométrico muito maior que os demais, chegando a 308,6 mm de chuva acumulada, isso acarretou em mudanças nas variáveis limnológicas que foram analisadas nos diferentes pontos localizados dentro da microbacia.

Figura 3: Dados de precipitação pluviométrica a partir das datas de coleta dos dados limnológicos e até 30 dias anteriores



### 3.2 Uso e Cobertura da Terra

Através dos três trabalhos de campo realizados nos meses de maio, agosto e outubro de 2016 para coletar as amostras d'água, foram realizadas observações a respeito do uso e cobertura da terra próximo aos locais de coleta, desta forma, foi possível utilizar esse conhecimento de campo como base para a classificação das imagens de satélite.

O uso da terra dentro da microbacia é predominantemente agrícola, com algumas zonas de campo e uma parcela que está inserida dentro da área urbana do município. Dos 4 pontos amostrais localizados dentro da microbacia, dois estão inseridos dentro da área urbana, tendo em suas margens despejos de resíduos domésticos e com um certo nível de poluição devido as ações antrópicas. Já os outros dois pontos, ficam mais afastados e são envolvidos por áreas de campo e de agricultura.

Com relação aos mapas de uso e cobertura da terra é necessário



salientar que embora tenha sido realizada a classificação de toda a extensão territorial do município de São Borja, foram utilizados para análise e quadro de áreas apenas os dados que estão inseridos dentro da microbacia da Sanga do Padre.

Para realizar a classificação do uso e cobertura da terra referente ao mês de maio foi utilizada a imagem do sensor OLI do dia 23 de maio de 2016. Com a análise desta classificação foi possível perceber uma grande área de solo exposto no entorno da Sanga, principalmente próximo aos pontos 3 e 4 (Figuras 3 e 4), isso deve-se ao fato de que a área agrícola localizada no entorno destes pontos amostrais tem como uso predominante lavouras de arroz, cuja colheita é nos meses de Fevereiro e Março segundo a EMBRAPA, caracterizando desta forma o mês de Maio como o período entre safra, desta forma, na classificação de uso da terra, foi denominada a área apenas como “solo exposto”, totalizando desta forma 5 classes temáticas no mapa de uso e cobertura da terra.



Figura 3: Estação amostral n° 3.



Figura 4: Estação amostral n° 4

Já os pontos amostrais 1 e 2 (Figuras 5 e 6) foram classificados como “área urbana” dessa forma não apresentando grandes diferenças com relação ao uso e cobertura da terra, porém apresentaram variações

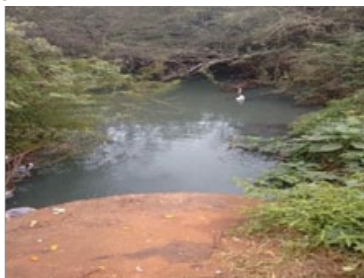
em suas características limnológicas que serão discutidas posteriormente



com relação aos dados de precipitação.

Figura 5: Estação amostral nº 1 em 05/2016.

Figura 6: Estação amostral nº 2 em 05/2016



Para o mapa de uso e cobertura da terra do mês de agosto foi utilizada a imagem do sensor OLI referente ao dia 11 de agosto de 2016. Desta forma foi observada uma diminuição nas áreas de solo exposto, e um aumento nas áreas de campo quando comparado ao mês de maio. Isso ocorre devido ao surgimento de algumas “zonas de pastagens” que se criam antes da plantação do arroz, com destaque para as margens dos pontos 3

e 4 (Figuras 7 e 8). Outra modificação foi a inserção da classe temática “agricultura”, pois no mês de agosto foi possível verificar o cultivo do trigo em estágio avançado, pois o mesmo tem seu plantio entre os meses de abril e junho e colheita a partir do mês de agosto (MAPA, 2015).

Figura 7: Estação amostral nº 3 em agosto.



Figura 8: Estação amostral nº 4 em agosto.



No dia 30 de outubro de 2016 foram verificadas condições de

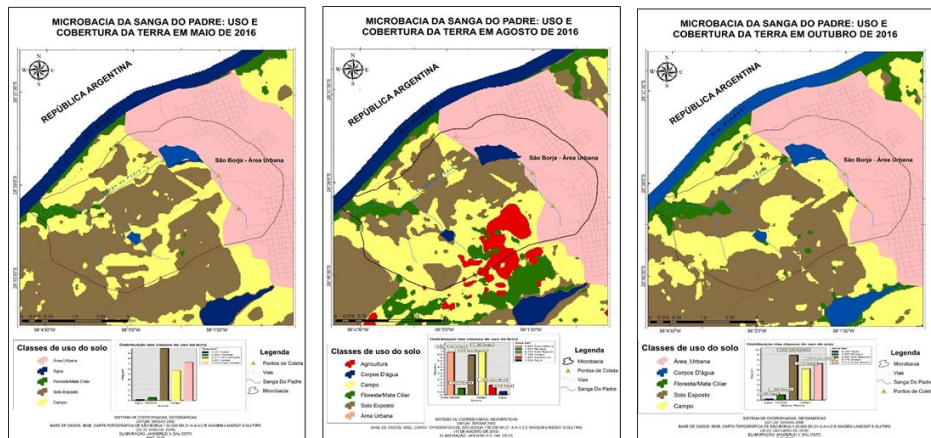
uso e cobertura da terra similares as do mês de maio, onde o solo exposto se apresenta como a classe de uso da terra com maior área. O campo tem uma diminuição pois as “zonas de pastagens” presentes no mês de agosto já foram suprimidas para que o arroz fosse plantado, pois o mesmo tem o seu plantio entre os meses de agosto e dezembro (MAPA, 2015). Desta forma, a classe temática com maior área no mês de agosto foi o solo exposto (Figura 9). Para uma melhor análise com relação a agricultura, sabe-se que na área em que foi realizado o trabalho o plantio do arroz ocorre no mês de setembro para que seja colhido entre os meses de fevereiro e março.

Figura 9: Solo Exposto no mês de outubro.



A Figura 10 apresenta a comparação entre os 3 mapas de uso e cobertura da terra que foram gerados para a área de estudo nos meses de maio, agosto e outubro de 2016.

Figura 10: Comparação entre os mapas de uso e cobertura da terra para cada campo realizado.

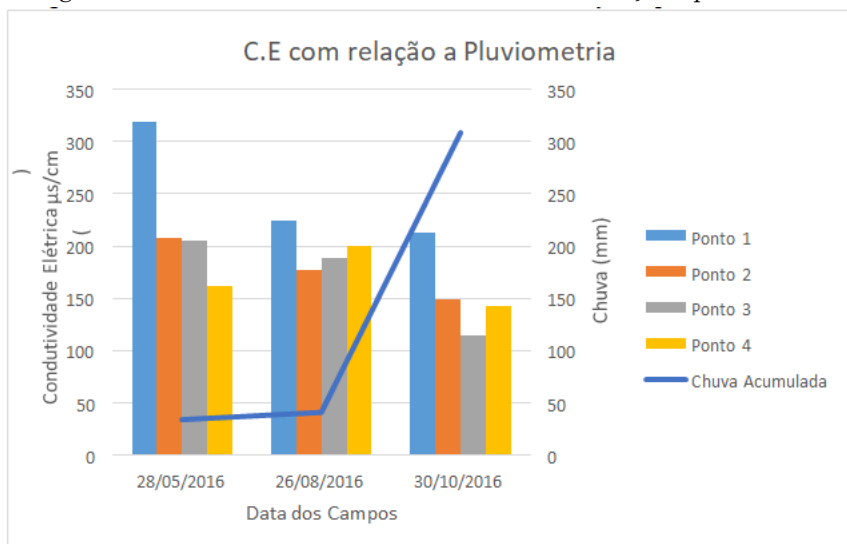


## 2.1- Variáveis Limnológicas

### 2.1.1- Condutividade elétrica

Através das análises em laboratório, chegou-se aos resultados da Condutividade Elétrica referente aos 4 pontos de coleta d'água. Os resultados são apresentados a seguir na Figura 11 fazendo uma correlação com os dados de chuva acumulada antes do trabalho de campo. Desta forma, relacionando os resultados referentes a condutividade elétrica com os dados pluviométricos, é possível perceber a influência da chuva nessa variável, pois assim como afirma Esteves (1998) quanto maior o índice pluviométrico, menor será o valor da condutividade elétrica.

Figura 11: Medidas de Condutividade Elétrica com relação a pluviometria



Os pontos 1 e 2 apresentam um maior valor de condutividade pelo fato de se localizarem dentro da área urbana, e serem influenciados diretamente pela ação antrópica. A exceção são os dados referentes as amostras do dia 26/08/2016 que conforme foi possível observar no mapa de uso do solo daquela data, as margens da sanga próximas aos pontos 3 e 4 foram enquadradas na classe solo exposto, o que pode ter influenciado de alguma forma no aumento da condutividade, se relacionado com os pontos 1 e 2. Outro fator de importância é o fato de que no mês de agosto existia uma área agrícola inserida dentro da microbacia, podendo ser outro fator de influência nessa variável.

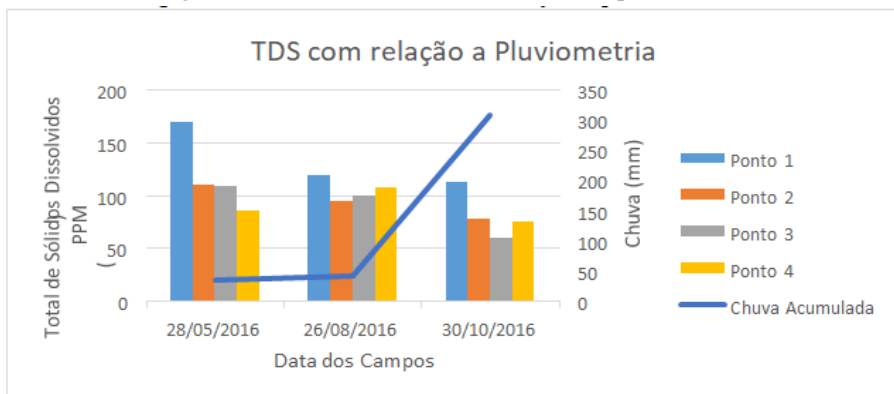
### 2.1.2- Total de sólidos dissolvidos

O Total de Sólidos Dissolvidos (TDS) se constitui de minerais essenciais presentes na água. De modo geral, os valores do TDS (Figura

12) se mantiveram entre 120 mg/L e 80 mg/L. Por ser uma variável relacionada com a Condutividade elétrica, também apresentou uma diminuição dos seus valores conforme o aumento das chuvas.

Assim como a CE os pontos 1 e 2 apresentaram os maiores valores, com exceção do mês de agosto em que o ponto 2 teve o menor valor se comparado com os outros pontos nesse mês. Como comentado anteriormente, pode se ter alguma influência relacionada ao uso do solo do mês de agosto, principalmente com relação ao uso agrícola.

Figura 12: Medidas de TDS com relação a pluviometria

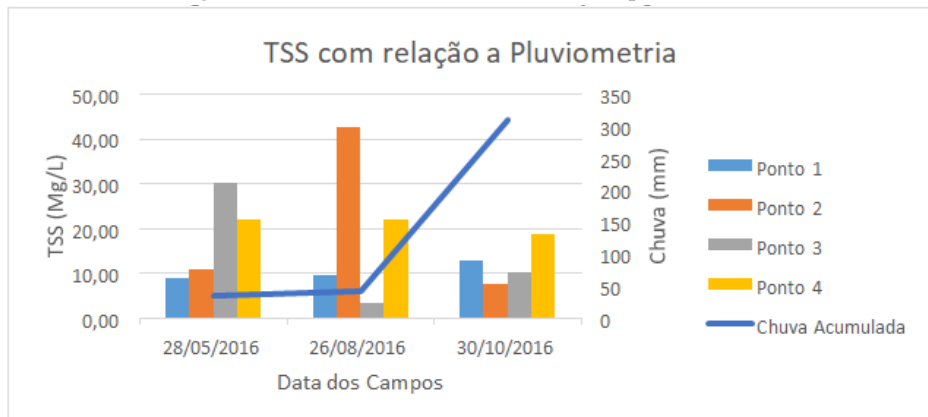


### 2.1.3- Total de sólidos em Suspensão

Conforme Tchobanoglous e Schroeder (1987) o TSS é todo material particulado em suspensão na água que não pode passar por um filtro de 0,45 µm. Está diretamente relacionado com a ocupação do entorno da sanga, pois a carga de sedimentos é facilitada pelo tipo de ocupação. A Figura 13 apresenta os valores do TSS.



Figura 13: Medidas de TSS com relação a pluviometria



Com relação aos valores do TSS, é possível notar que no campo do dia 28/05/2016 os maiores valores estão relacionados aos pontos 3 e 4. Isso se explica pois ambos os pontos são a jusante do reservatório que se encontra em meio a sanga e no mês de maio o mesmo estava com o seu nível de água abaixo do normal (Figura 14). Isso ocorreu, pois, o registro da barragem foi fechado, fazendo com que o fluxo de água entre os pontos 3 e 4 diminuísse, resultando assim em uma maior concentração de sedimentos nesses pontos.

Figura 14: Barragem com nível abaixo do normal no mês de maio de 2016



Já no campo do dia 26/08/2016 a maior concentração de TSS foi

no ponto 2 que fica localizado dentro da área urbana. Esse valor muito acima dos demais, pode ter relação com o despejo de resíduos domésticos inseridos diretamente no curso d'água. Ainda neste campo, é possível notar a baixa do valor do TSS relativo ao ponto 3, se comparados aos resultados do mês de maio, isso ocorre pois neste campo o registro da barragem havia sido reaberto, do mesmo modo que a barragem já apresentava seu volume d'água considerado normal novamente (Figura 15).

Figura 15: Barragem com nível normal no mês de agosto de 2016.



Por fim, com relação ao último trabalho de campo os valores do TSS se apresentaram menores em sua média se comparado aos outros 2 trabalhos de campo. Isso tem relação com o expressivo aumento da precipitação pluviométrica no mês de agosto, acarretando dessa forma em valores de TSS menores em média. Comparando os 4 pontos nesse mês, observa-se que o ponto 4 apresentou um maior valor de TSS se comparado aos demais. Isso pode ter relação com o uso e cobertura do solo no mês de outubro, sendo que o ponto 4 está diretamente rodeado pelo solo exposto da área agrícola em suas margens (Figura 16).

Figura 16: Solo exposto da área agrícola as margens do ponto 4 em outubro.



#### 4. *Considerações finais*

Esta pesquisa teve como objetivo identificar a influência da precipitação pluviométrica e do uso e cobertura da terra nas variáveis limnológicas da Sanga do Padre no município de São Borja/RS. O objetivo foi alcançado através de coleta e análise dos dados de precipitação do município pelo site do CEMADEN. Com a classificação de uso e cobertura da terra foram gerados três mapas temáticos mostrando as características dos usos dentro da microbacia que foi trabalhada nos meses de maio, agosto e outubro de 2016. Os resultados demonstram alta influência dos índices de precipitação e uso e cobertura da terra nas variáveis limnológicas da região de estudo. Dentre as variáveis estudadas a condutividade elétrica e o TDS foram as mais suscetíveis a variação devido a alterações no uso e cobertura da terra juntamente com a precipitação pluviométrica.

No que se refere as variáveis limnológicas, o TSS teve suas variações

diretamente ligadas a transição de lugar entre os pontos amostrais, sendo que os pontos 1 e 2 foram afetados pelos despejos urbanos que os cercavam, e os pontos 3 e 4 pela forma de utilização da barragem que os antecedem, bem como, o uso da terra em suas margens.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Também agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Nº Processo: 131222/2018-0 (Bolsa de Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria).

## Bibliografia

ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E; CRUZ DE ARAGÃO, L. E. O.; VALERIANO, D. M. Monitoramento da resposta fenológica através da utilização de imagens fração derivadas do sensor MODIS. In: SIMP. BRAS. DE SENS., 12., Goiânia, Brasil, 16-21 abril. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 2811-8

APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. 22 ed. Springfield: Byrd Prepress, 2012.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. Poluição, proteção e usos múltiplos de represas. São Paulo: Edgard Blücher, CETESB, 1977.

CRÓSTA, A. P, Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto, Campinas, SP, UNICAMP, ed. rev., 1993.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

HADLICH, G. M. E SCHEIBE, L. F. (2007): "Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do rio Coruja-Bonito, município de Braço do Norte, SC", *Geochimica Brasiliensis*, v. 21, n.3, p. 245 – 260.

Hasenack, H.; Weber, E.(org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE. (19 de Novembro de 2016). IBGE Cidades. Fonte: IBGE Cidades: <http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/4318002>.

MAPA - Ministério da Agricultura, p. e. (07 de Abril de 2015). [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/calendario\\_plantio\\_20150407.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/calendario_plantio_20150407.pdf).  
Fonte:

Ministério da Agricultura: [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/calendario\\_plantio\\_20150407.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/calendario_plantio_20150407.pdf)

ROBAINA, Luiz Eduardo de Souza et al. Atlas Geoambiental de São Borja. Santa

Maria: Editora Ufsm, 2007. 59 p. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/lageolam/arquivos/ATLAS\\_SAO\\_BORJA.pdf](http://coral.ufsm.br/lageolam/arquivos/ATLAS_SAO_BORJA.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2016.

TCHOBANOGLIOUS G. & SCHROEDER E.D. 1987. Water Quality Management. Addison-Wesley Publishing Company .Ed. Volume I Longman. 768 p.

TODESCHINI, M. L. Dinâmica espacial e temporal das características físicas e químicas do rio Cubatão e distribuição espacial da bacia hidrográfica – litoral do Paraná. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TUNDISI, J. G.; et al. Limnologia de águas interiores: Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 195- 225.

# ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE VARIÁVEIS DE TSS, CLOROFILA<sub>a</sub>, NDVI E TRANSPARÊNCIA

Juliane Beatriz Lissner  
Waterloo Pereira Filho

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de monitoramento contínuo e do manejo adequado dos recursos hídricos torna necessária a busca por métodos de pesquisa inovadores e eficientes que proporcionem o acompanhamento de forma prática e de longa duração. A demanda crescente pelo uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto na análise de parâmetros de qualidade da água amplia e agiliza essas possibilidades de gestão dos recursos hídricos. Mesmo assim, de acordo com Londe et al (2005), há poucos estudos voltados para a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em águas interiores, comparando-se a outros ecossistemas.

Estudos que integram ferramentas de sensoriamento remoto e de análise de séries temporais de imagens de satélite mostram-se extremamente úteis para a compreensão da evolução ambiental devido a disponibilidade de dados espaço-temporais facilitando o monitoramento de parâmetros de qualidade de água. No entanto, necessita-se realizar testes de validação dos dados para apurar a acurácia entre os valores obtidos in situ e os valores adquiridos através do processamento das imagens de satélite.

A resposta espectral da água está diretamente relacionada aos COAs (Componentes Opticamente Ativos) que são representados pelos

sedimentos inorgânicos (areia e silte) e sedimentos orgânicos (organismos fitoplanctônicos) (LISSNER, J. B, GUASSELLI, L. A., 2013). Os sedimentos inorgânicos são os maiores responsáveis pelo espalhamento da luz incidente na água, e em segundo lugar os sedimentos orgânicos, mais especificamente o fitoplâncton.

A cor, a turbidez, os Totais de Sólidos em Suspensão (TSS) entre outros parâmetros indicadores da qualidade da água têm sido utilizados com sucesso em muitas aplicações (Pereira et al., 2007; Anjos et al., 2005; Arraut et al., 2005; Lopardo, 2002; Renó et al., 2009). Assim, algumas das características da água podem ser detectadas pelos sensores remotos, como a presença de algas e macrófitas aquáticas, concentrações de clorofila, quantidade de sólidos suspensos e transparência da água, visto que estas variáveis alteram a cor da água.

Estudos de Novo et al. (2009) realizados em um reservatório comprovaram que os índices de vegetação tradicionalmente aplicados no estudo de ecossistemas terrestres podem ser adaptados para o monitoramento do estado trófico de sistemas aquáticos. Os resultados obtidos indicaram que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi sensível à presença de florações de clorofila nos corpos de água.

No estudo realizado foi possível estabelecer um padrão de dinâmica da Lagoa Itapeva através de uma série temporal de imagens, no entanto, busca-se analisar a correlação, o coeficiente de determinação e nível de significância entre variáveis de TSS, Clorofila<sub>a</sub>, NDVI e transparência utilizando dados in situ e imagens de satélite, para avaliar a relação entre tais variáveis e como o número de amostras responde ao tratamento estatístico.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

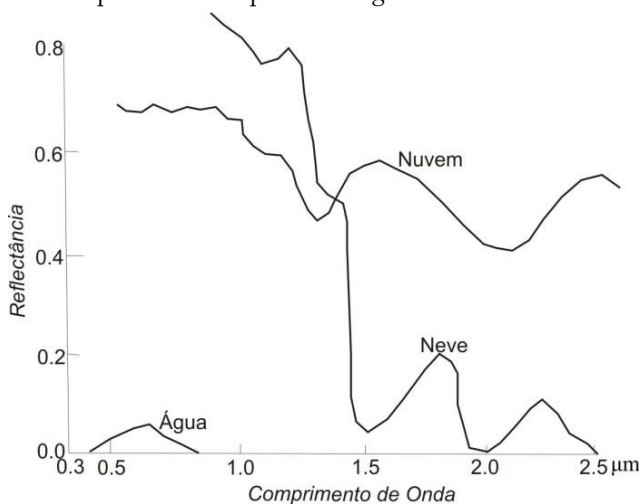
### 2.1 Comportamento espectral da água

A luz que incide sobre os corpos de água se atenua rapidamente, sendo absorvida e espalhada pelos constituintes da água. O que se observa através dos sensores remotos é a radiância emergente captada pelo sensor, resultante do espalhamento causado pelo material em suspensão na zona eufótica, conforme Pereira (1993).

A água possui comportamento espectral distinto de acordo com seu estado físico; líquida, sólida ou gasosa (Figura 1). A água em estado líquido apresenta baixa reflectância, em torno de 10%, em comprimentos de onda na faixa do visível (entre 0,38 - 0,7  $\mu\text{m}$ ). Nas demais regiões do espectro eletromagnético ocorre a absorção da radiação incidente.

Desta forma, os estudos da qualidade da água em corpos hídricos são limitados às bandas espectrais do visível, região que ocorre os principais picos de reflectância da água, e no infravermelho próximo.

Figura 1 – Comportamento espectral da água em diferentes estados físicos.



Fonte: Adaptado de Novo (1998) *apud* Bowker *et al* (1985).

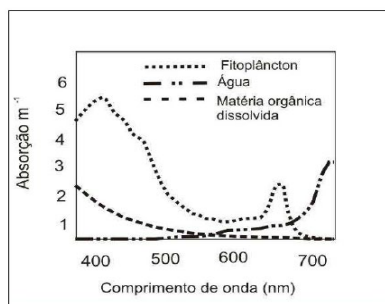
Conforme Novo (2008) quanto mais pura a água, isto é, sem matéria suspensa ou dissolvida, mais baixa a sua reflectância devido ao pequeno coeficiente de espalhamento e elevada transmitância.

No entanto, todo corpo hídrico apresenta certa quantidade de sedimentos em suspensão, estes podem ser inorgânicos ou orgânicos. Este fato é o que possibilita a intercepção da radiação refletida pelos corpos de água pelos sensores remotos.

Essas variáveis que integram o comportamento espectral da água no seu estado natural variam ao longo do tempo e do espaço, pois estão relacionadas com eventos climáticos e características morfométricas, físicas e de ocupação humana na bacia hidrográfica. (Londe et al., 2005; Wachholz, 2007).

A variação do coeficiente de absorção é influenciada pela capacidade de absorção da própria molécula de água e pelos chamados Componentes Ópticamente Ativos (COAs) e podem ser formados por organismos vivos; partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão e substâncias orgânicas dissolvidas. As curvas de absorção dos componentes opticamente ativos podem ser vistos na Figura 2 em comparação a absorção da água.

**Figura 2** – Coeficientes totais de absorção da água e dos componentes opticamente ativos.



Fonte: Adaptado de Rudorff (2006)

Os componentes opticamente ativos conferem uma coloração à água, sendo que algumas variáveis responsáveis por essa coloração são passíveis de detecção pelos sensores remotos. Dentre estas substâncias destacam-se os pigmentos fotossintéticos, como a clorofila, substâncias inorgânicas suspensas provenientes da bacia de captação e rios afluentes, assim como substâncias orgânicas dissolvidas resultantes da decomposição da matéria orgânica.

## 2.2 Variáveis analisadas

Os resultados obtidos pelos trabalhos de Novo et al., 2009; Arraut et al., 2005; Pereira et al., 2007, demonstraram a existência de correlação significativa entre os dados orbitais do satélite Landsat e as variáveis de concentração de clorofila, teor de sólidos suspensos e a profundidade dada pelo Disco de Secchi.

O estabelecimento de correlações significativas entre a reflectância e os valores da concentração de clorofila-a, transforma o sensoriamento remoto em uma ferramenta muito útil para o monitoramento das modificações ecológicas das lagoas, baseado na densidade do fitoplâncton (Pereira, 2007). No entanto, busca-se estabelecer um padrão entre as quantidades de TSS, clorofila\_a e a transparência visando estabelecer correlações significativas com os dados obtidos nas imagens de satélite.

### 2.2.1 Totais de Sedimentos Suspensos (TSS)

Os Totais de Sólidos em Suspensão (TSS) constituem-se de detritos orgânicos e inorgânicos e possuem relação direta com a cor e a turbidez da água. O TSS é representado pela seguinte equação:

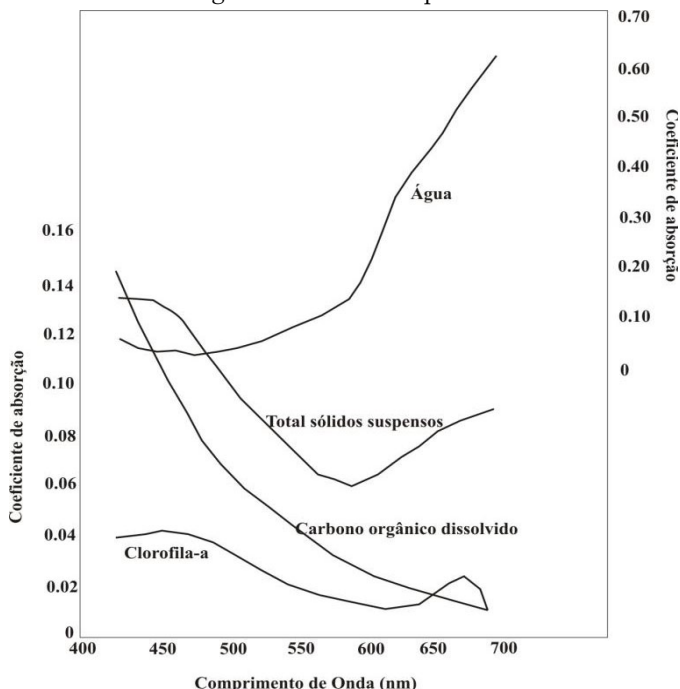
$$\text{TSS} = \text{SOS} + \text{SIS}$$

Onde: SOS são os Sólidos Orgânicos em Suspensão e;  
SIS os Sólidos Inorgânicos em Suspensão.

O material orgânico suspenso em decomposição é originário do crescimento e desenvolvimento de bactérias, fitoplâncton e zooplâncton, e o material inorgânico em suspensão tem origem no intemperismo e erosão das rochas e dos solos, sendo estes carreados através do escoamento superficial, e pelas sub-bacias hidrográficas até o corpo hídrico.

O gráfico da Figura 3 apresenta os coeficientes de absorção dos principais componentes presentes na água em comparação com a água pura de acordo com Bukata et al (1991).

Figura 3 – Coeficiente de absorção da água, TSS, Clorofila\_a para os comprimentos na região do visível do espectro.



Fonte: Bukata *et al* (1991)

O coeficiente de absorção do TSS apresenta maiores valores em comprimentos de onda menores, no entanto, decresce até um pico mínimo próximo a menor 570 nm e após volta a aumentar novamente.

No entanto, o aumento da concentração de TSS na água resulta no deslocamento do pico de reflectância, ocasionando um aumento da reflectância da água na região do infravermelho. O aumento na reflectância da água ocorre devido às maiores concentrações de material suspenso na faixa de comprimento de onda entre 400 e 550 nm. O decréscimo da reflectância na região entre 700 e 740 nm ocorre devido ao forte aumento da absorção da radiação pela água nesses comprimentos de onda.

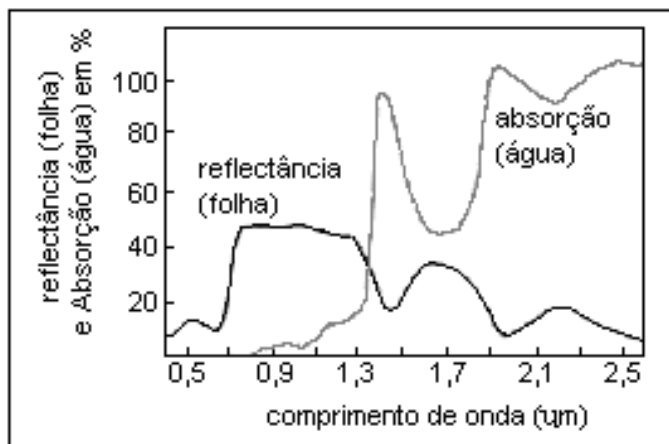
De acordo com Rudorff (2006), a relação entre a concentração de sólidos em suspensão e a reflectância da água tem sido amplamente utilizada em estudos de sensoriamento remoto para estimar a distribuição espacial de concentração de TSS nas águas costeiras e continentais, oferecendo subsídios ao gerenciamento da qualidade da água, ao monitoramento da poluição e a modelagem da taxa de transporte de sedimentos.

### 2.3.2 Clorofila<sub>a</sub>

O coeficiente de absorção da clorofila<sub>a</sub> é baixo, apresentando maiores valores em menores comprimentos de onda, decrescendo suavemente. A vegetação apresenta picos de absorção nas faixas espectrais do azul e do vermelho devido aos pigmentos fotossintetizantes (clorofila). Portanto, o contraste entre a água e a vegetação é menor nessas faixas espectrais diminuindo o poder de discriminação entre esses alvos.

Conforme a Figura 4, a água passa a absorver maior parte da radiação a partir de 0,7  $\mu\text{m}$ . Já a clorofila (representada no gráfico pela folha verde) passa a refletir a radiação no intervalo dos comprimentos de onda do infravermelho (0,7 a 1,3  $\mu\text{m}$ ).

Figura 4 – Absorção da água e reflectância da vegetação.



Fonte: Swain e Davis (1978)

No caso da detecção da clorofila através de imagens de satélite, admite-se que esta se torna perceptível de acordo com o aumento da concentração de algas na água, o que implica principalmente na redução da reflectância da água na região espectral do azul (Novo, 2008), e um aumento na reflectância da água na região do infravermelho próximo.

Assim, entre os comprimentos de onda 0,38 µm e 0,7 µm, a vegetação possui uma baixa reflectância, no entanto, grande quantidade de biomassa fitoplanctônica ocasiona um aumento da reflectância da água em todos os comprimentos de onda, mas principalmente na região do infravermelho próximo, pois o espalhamento celular supera o efeito da absorção pela água.

No caso da detecção da clorofila, esta se deve ao aumento da concentração de algas na água. Diversos estudos comprovaram correlações satisfatórias entre a reflectância obtida pela banda do sensor Landsat correspondente ao comprimento de onda do infravermelho próximo e

a absorção da clorofila, estimando a sua concentração como Hedger et al. (2002); o comportamento espectral da clorofila (Arraut et al., 2007); o comportamento espectral do fitoplâncton (Londe et al, 2005); e o monitoramento do estado trófico de lagoas costeiras (Pereira et al., 2007).

Em corpos de água, os principais pigmentos que elevam a reflectância da água estão associados aos organismos fotossintetizantes, estes são as clorofilas, os carotenóides e as ficobilinas. A clorofila-a é o pigmento primário e está presente em todas as classes de algas (Martini et al., 2006) e é o pigmento mais importante na verificação da presença de organismos fotossintetizantes na água.

A interpretação dos espectros de reflectância e absorção de clorofila<sub>a</sub> possibilitam, através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e de ferramentas como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), estabelecer relações entre a concentração de clorofila e a resposta espectral obtida pelo satélite.

### 2.2.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um tipo específico de transformação radiométrica (linear ou não) dado pela subtração dos comprimentos de onda do infravermelho próximo e o vermelho pela razão entre a soma dos comprimentos de onda do infravermelho próximo e vermelho do espectro eletromagnético. Esse índice pode relacionar a quantidade e o tipo de vegetação existente no terreno, com a finalidade de se reduzir o número de parâmetros presentes nas medidas multiespectrais.

Um estudo realizado por Novo et al. (2009) buscou integrar dados in situ e de sensoriamento remoto para mapear a distribuição espacial de florações de cianobactérias no reservatório da UHE Funil, que se localiza

no médio curso do rio Paraíba do Sul, comprovando que o índice NDVI permite estender a área de abrangência de florações fitoplanctônicas do reservatório a partir de imagens de satélite coincidentes com episódios de alta concentração de clorofila-a medidos em campo. Os resultados obtidos por Londe (2008) mostraram um excelente desempenho do NDVI na previsão da concentração de clorofila a partir de dados radiométricos de campo adquiridos no reservatório eutrofizado de Ibitinga (SP).

Conforme análise de Novo (2008), o NDVI gerado a partir de imagens Landsat TM indicou sensibilidade à presença de florações de clorofila conforme previsão de seu modelo empírico. Com base nestes resultados formulou a hipótese que o índice de NDVI permite estender a área de abrangência de florações fitoplanctônicas em corpos de água a partir de imagens de satélite, integrando os dados *in situ* e de sensoriamento remoto para mapear a distribuição espacial de florações de fitoplâncton.

Os valores de NDVI sob as imagens oscilam entre -1 e +1. Os valores negativos correspondem a presença de água (lagos, rios, etc) e os valores positivos representam uma vegetação exuberante e grande quantidade de biomassa.

#### *2.2.4 Transparência do Disco de Secchi*

A transparência da água, sob o ponto de vista óptico, é considerada o inverso da turbidez. A medição da transparência da água é realizada de uma maneira simples através de um disco branco, denominado disco de Secchi, que é mergulhado na água através de uma corda ao lado do barco, a leitura da profundidade é realizada através de uma régua graduada que acompanha a corda.

A leitura da profundidade é realizada quando o disco de Secchi desaparece ao olho humano, isto é, a profundidade de desaparecimento do disco corresponde àquela profundidade na qual a radiação de 400-700



nm (faixa visível), refletida pelo disco não é mais sensível ao olho humano, também chamada de zona eufótica, correspondendo a porção iluminada da coluna d'água.

A medida da profundidade obtida é dada em metros, e conforme Esteves (1998) pode ser denominada de profundidade do disco de Secchi ou transparência do disco de Secchi.

A Profundidade do disco de secchi –  $Z_{sd}$  corresponde grosseiramente a 10% da luz da superfície. A disponibilidade desses dados viabiliza o desenvolvimento de modelos analíticos que permitem não só estimar as concentrações dos constituintes das massas de água, mas também determinar a profundidade da zona eufótica e os coeficientes de atenuação difusa que são essenciais para compreensão de processos como a produtividade primária nos ecossistemas aquáticos.

## 2.3 Equações estatísticas

### 2.3.1 Correlação

Os coeficientes de correlação são métodos estatísticos que medem as relações entre variáveis e o que elas representam. A correlação visa compreender como se relacionam duas ou mais variáveis, sendo uma destas variáveis dependente de outra variável independente, isto é, identificar se existe alguma relação entre a variabilidade de ambas. Embora essa relação não implique em causalidade, o coeficiente de correlação exprime em números essa relação, ou seja, quantifica a relação entre as variáveis.

Os coeficientes de correlação são muito utilizados para se traçar panoramas em estudos com muitas variáveis relacionadas, pois assim é possível entender como a variabilidade de uma afeta a outra. No entanto, podemos calcular a correlação entre variáveis de acordo com o seu

comportamento, assim, pode ser utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson ou o Coeficiente de Spearman.

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), também chamado de correlação linear ou  $r$  de Pearson, é um grau de relação entre duas variáveis quantitativas e exprime o grau de correlação através de valores situados entre  $-1$  e  $1$ .

Quando o coeficiente de correlação se aproxima de  $1$ , nota-se um aumento no valor de uma variável quando a outra também aumenta, ou seja, há uma relação linear positiva. Quando o coeficiente se aproxima de  $-1$ , também é possível dizer que as variáveis são correlacionadas, mas nesse caso quando o valor de uma variável aumenta o da outra diminui. Isso é o que é chamado de correlação negativa ou inversa. Um coeficiente de correlação próximo de zero indica que não há relação entre as duas variáveis, e quanto mais eles se aproximam de  $1$  ou  $-1$ , mais forte é a relação.

Ao contrário do coeficiente de Pearson, o coeficiente de Spearman não exige a suposição de que a relação entre as variáveis seja linear, nem requer que as mesmas sejam quantitativas, pode-se inclusive utilizá-lo para verificar a relação entre variáveis medidas no nível ordinal.

### *2.4.2 Coeficiente de Determinação*

O coeficiente de determinação, também chamado de  $R^2$ , é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear, em relação aos valores observados. É um indicador usado para medir a qualidade do justamento de uma linha de regressão, isto é, mede em que porporção a variável  $x$  explica a variável  $y$ .

O  $R^2$  varia entre  $0$  e  $1$  ( $0 < R^2 < 1$ ) indicando o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior ou mais próximo

de 1, mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra.

O  $R^2$  pode ser dado através de porcentagem, indicando quantos porcentos a variável  $y$  (dependente) consegue ser explicado pela variável  $x$  (independente) presente no modelo. Nunca será um número negativo, pois é elevada ao quadrado <sup>(2)</sup>.

### 2.3.3 Nível de Significância

O nível de significância pode ser encontrado através do cálculo do valor  $P$ , e é uma medida estatística que visa determinar se as hipóteses estão ou não corretas. Esses valores são usados para determinar se os resultados das pesquisas estão dentro do intervalo normal de valores para os eventos que estão sendo observados. Geralmente, se o valor  $P$  de um conjunto de dados estiver abaixo de uma quantia pré-determinada, a hipótese será rejeitada como «hipótese nula» da pesquisa, isto é, a hipótese será descartada, pois as variáveis da pesquisa não possuem nenhum efeito significativo sobre os resultados. Os valores  $P$  são encontrados em tabelas de referência, calculando primeiramente um valor de qui-quadrado.

## 3. Materiais e Métodos

Para o estudo foram utilizados dados da dissertação de Lissner, J. B. (2011), onde foram adquiridas uma série de 42 imagens multiespectrais do Landsat TM e ETM+ correspondentes a órbita-ponto 220-80, a partir do banco de imagens disponível no endereço eletrônico do DGI/INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDRS>).

A imagem da data 04/09/00 foi georeferenciada através de interpolação de pontos utilizando como base nas cartas da Diretoria do Serviço Geográfico de Três Cachoeiras, projeção UTM (Transversa Universal de Mercator) e Datum Córrego Alegre, na escala de 1:50.000.

As demais imagens foram georeferenciadas de imagem para imagem, utilizando como base a imagem do dia 04/09/00.

Para minimizar os efeitos atmosféricos nas imagens, foi realizada a correção atmosférica, aplicando-se o método Dark Object Subtraction (DOS) desenvolvido por Chávez (1989) e a conversão dos valores para reflectância.

Posteriormente, foi gerado um polígono limite da área da lagoa Itapeva utilizado como máscara de recorte.

Após o pré-processamento das imagens, aplicou-se a equação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). A equação de NDVI (Equação 1) segundo Rouse et al (1973):

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IV.P.} + \text{V}}{\text{IV.P.} - \text{V}}$$

onde IV.P = comprimento de onda do infravermelho próximo;  
V = comprimento de onda do vermelho.

Os dados in situ foram coletados no dia 18 de outubro de 2010, coincidente a data de passagem do satélite Landsat, foram coletadas amostras de água em subsuperfície em seis pontos amostrais para clorofila\_a, Totais de Sólidos Suspensos e de transparência através do Disco de Secchi na lagoa Itapeva. As amostras foram analisadas pelo laboratório na UFRGS, utilizando metodologia adequada para obtenção dos dados. Os resultados da análise da coleta de dados in situ foram realizados com o objetivo de cruzar os dados e analisar se as variáveis estabelecem uma relação com os valores de NDVI da imagem de satélite.

Para avaliar se as variáveis analisadas possuem relação, foram utilizadas as seguintes fórmulas: coeficiente de correlação de Pearson,

coeficiente de determinação e realizado o teste de nível de significância.

Assim, o coeficiente de correlação é calculado através da equação:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2)(\sum (y_i - \bar{y})^2)}}$$

Onde:  $\Sigma$  é a somatória;

$X_i$  valor da variável  $x$ ;

$\bar{x}$  média dos valores de  $x$ ;

$Y_i$  valores da variável  $y$ ;

$\bar{y}$  média dos valores da variável  $y$ .

Já o coeficiente de determinação pode ser calculado através do resultado do coeficiente de correlação elevado ao quadrado, assim:  $r^2$

O cálculo para se descobrir o nível de significância entre as variáveis foi realizado primeiramente através do cálculo do Qui-quadrado, dada através da equação abaixo:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Onde:  $\Sigma$  é a somatória;

$o_i$ : valor da variável  $y$ ;

$e_i$ : valor estimado de  $y$ ;

Para análise das variáveis, os valores obtidos através da coleta in

situ foram tabelados, posteriormente foi realizada uma inspeção visual nos valores das amostras, e em seguida, realizado os cálculos para análise.

#### 4. Resultados e discussões

Os valores obtidos através da análise das amostras coletadas in situ e os dados obtidos através das imagens de satélite são apresentados na Tabela 1. A análise de clorofila\_a do ponto dois (2) apresentou valor de clorofila\_a não detectado (ND) para a amostra. Sendo assim, foram aplicados as equações para os dados com o valor 0 (zero-ausente) para o ponto 2 no quesito de clorofila\_a e também realizados as equações sem o valor, isto é, a amostra foi excluída da análise e das correlações de clorofila\_a com os outros parâmetros analisados, pois é provável que tenha ocorrido algum erro na amostragem da coleta ou mesmo durante o transporte da amostra, sendo que o valor encontrado ficou abaixo da sensibilidade da técnica aplicada.

Tabela 1. Resultados das amostras coletadas em 18/10/2010, lagoa Itapeva – RS.

Pontos de coleta	Sólidos Totais (mg/L)	Clorofila_a (ug/L)	Transparência do Disco de Secchi (cm)	Valor médio dos pixels
1	46	3,37	42	-0,397787
2	106	ND	26	-0,489904
4	111	15,63	32	-0,402215
5	87	14,4	29	-0,456952
6	47	4,84	49	-0,407884
7	67	3,45	35	-0,448613

Na Tabela 2, são apresentados os resultados dos cálculos para obtenção do qui-quadrado. Os dados da tabela são referentes às variáveis TSS e Transparência dada pelo Disco de Secchi.

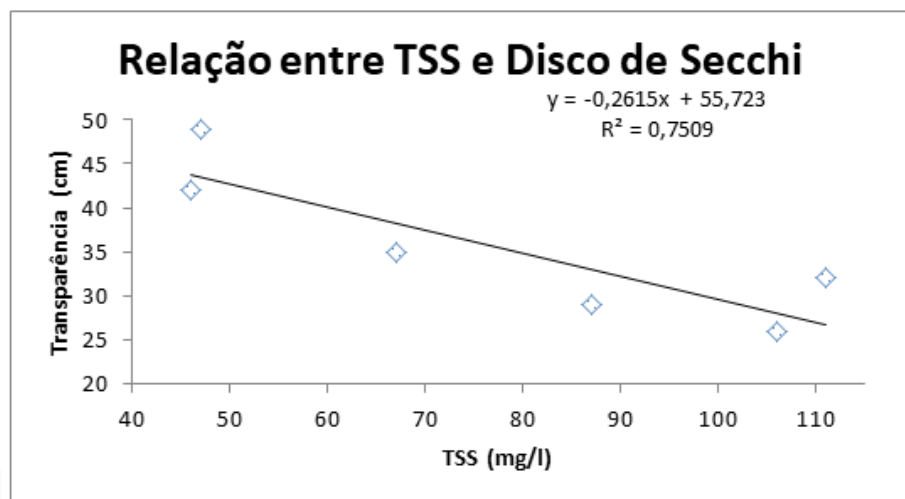
Tabela 2. Cálculos de Correlação, Coeficiente de Determinação e Qui-quadrado da relação entre TSS e Transparência do Disco de Secchi

Pontos	TSS (mg/l)	Transparência (cm)	(Yest-ym) <sup>2</sup>	(Yi-Ym) <sup>2</sup>	Valor esperado (y)	Qui-quadrado
1	46	42	67,141636	42,25	43,694	0,065675745
2	106	26	56,190016	90,25	28,004	0,143408656
4	111	32	77,50161225	12,25	26,6965	1,053588008
5	87	29	6,38825625	42,25	32,9725	0,478603571
6	47	49	62,92455625	182,25	43,4325	0,713683446
7	67	35	7,30350625	0,25	38,2025	0,268464269
	<b>Média:</b>	35,5	Σ 277,449583	Σ 369,5		Σ 2,723423695
						n-1=5

Conforme a Tabela 2, a somatória dos valores do qui-quadrado foi 2,72 indicando através da Tabela de distribuição do Qui-quadrado que a significância entre essas duas variáveis foi de apenas 25%, correspondendo a um nível de confiança muito baixo. Esse índice de significância baixo deve-se provavelmente as poucas amostras coletadas e analisadas, pois de acordo com outros estudos já realizados há uma correlação significativa entre tais variáveis e o nível de significância está dentro dos níveis de confiança.

O gráfico 1 apresenta os dados de TSS e os valores de transparência do Disco de Secchi em uma gráfico de dispersão. Nota-se que há uma correlação inversa entre as duas variáveis, apesar dos poucos dados coletados. A transparência da água está inversamente correlacionada a quantidade de Totais de Sólidos em Suspensão. Observa-se no Gráfico 1 que, quando ocorre aumento dos Totais de Sólidos em Suspensão, a transparência diminui, e vice-versa. Os pontos 1 e 6 de coleta apresentam os valores mais elevados de transparência, conseqüentemente menores valores de Totais de Sólidos em Suspensão.

Gráfico 1: Dispersão dos dados de TSS e Transparência do Disco de Secchi





Os maiores valores de transparência encontrados na lagoa Itapeva foram 42 e 49 centímetros de profundidade. Esses valores são compatíveis com os encontrados por Pereira et al. (2007) em lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. As variações na transparência dos corpos de água estão associadas à incidência e inclinação da luz solar, a profundidade das lagoas e ao tipo de material em suspensão.

A transparência do disco de Secchi e os Totais de Sólidos em Suspensão apresentaram correlação negativa ( $r = -0,86$ ), correspondendo a 75% ( $r^2 = 0,75$ ) a variância explicada.

As correlações estabelecidas entre as variáveis disco de Secchi e Sólidos Totais em Suspensão ( $r = -0,82$ ), e disco de Secchi e clorofila\_a ( $r = -0,71$ ), foram negativas, indicando que a transparência da água diminui com o aumento da concentração de Totais de Sólidos Suspensos e da clorofila\_a.

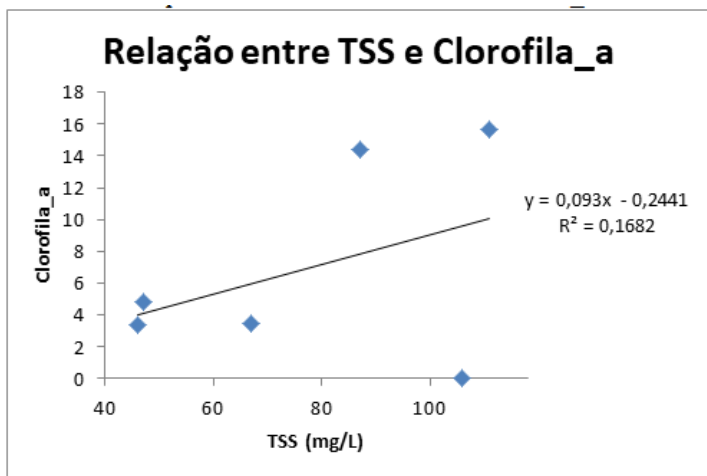
Na Tabela 3 são apresentados os cálculos entre as variáveis de TSS e Clorofila\_a:

Tabela 3. Cálculos de Correlação, Coeficiente de Determinação e Qui-quadrado da relação entre TSS e Clorofila<sub>a</sub>

Pontos	TSS (mg/l)	Clorofila <sub>a</sub>	$(Y_{est}-y_m)^2$	$(Y_i-Y_m)^2$	Valor esperado (y)	Qui-quadrado
1	46	3,37	8,49392165	12,80446944	4,0339	0,109264783
2	106	0	7,10524565	48,27933611	9,6139	9,6139
4	111	15,63	9,80044765	75,37133611	10,0789	3,05734864
5	87	14,4	0,80742205	55,52733611	7,8469	5,47262226
6	47	4,84	7,96048605	4,445069444	4,1269	0,123218786
7	67	3,45	0,92435405	12,23833611	5,9869	1,074990665
	Mé- dia	6,948333333				$\Sigma 19,45134513$
			$\Sigma 35,0918771$	$\Sigma 208,6658833$		

Conforme a Tabela 3, a clorofila<sub>a</sub>, apresentou baixas concentrações na lagoa Itapeva nesta data, com valores de concentração abaixo de 16 ug/L. As variáveis analisadas não estabeleceram uma correlação significativa ( $r = 0,41$ ) e o coeficiente de determinação foi de  $R^2 = 0,16$ , isto é, 16% da variável explicada, conforme podemos observar no Gráfico 2:

Gráfico 2: Dispersão de dados entre TSS e Clorofila<sub>a</sub>



De acordo com o Gráfico 2, as variáveis não estabeleceram correlações significativas. Observa-se que os pontos 2, 4 e 5 não seguem a linha de tendência da regressão linear. Comparando os resultados de concentração de clorofila<sub>a</sub> da lagoa Itapeva à outras lagoas e reservatórios estudados no Brasil, nota-se que os valores médios apresentados se aproximam. Estudos realizados por Corazza (2010) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca apresentaram valores semelhantes, inferiores a 12 ug/L.

A Tabela 4 apresentada os cálculos de correlação, coeficiente de determinação, valor esperado e qui-quadrado excluindo-se a amostra do ponto 2 (dois) de coleta dos dados, pois não foi detectado a presença de clorofila<sub>a</sub> nesta amostra. Assim, após a inspeção visual dos valores das amostras e realizados os cálculos prevendo a amostra com o valor 0 (zero), não obtendo resultados razoáveis, decidiu-se excluir tal resultado da amostra para os cálculos de correlação, coeficiente de determinação e qui-quadrado para o nível de confiança. Justifica-se a exclusão do dado devido a probabilidade da ocorrência de algum erro na amostragem da

coleta ou mesmo durante o transporte da amostra, sendo que o valor encontrado ficou abaixo da sensibilidade da técnica aplicada, não sendo confiável para análise.

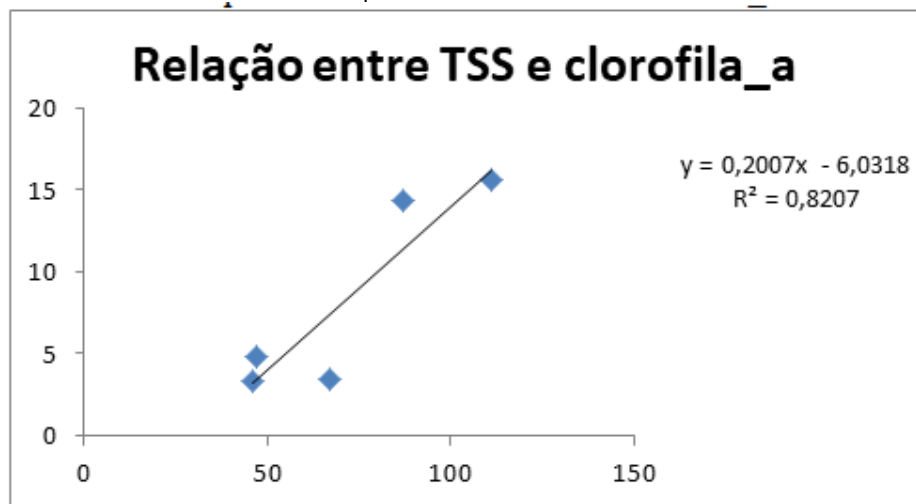
Tabela 4. Tabela de valores das amostras e cálculo do Qui-quadrado

TSS (mg/l)	Clorofila-a	Valor esperado (y)	Qui-quadrado
46	3,37	3,2004	0,008987677
111	15,63	16,2459	0,023349449
87	14,4	11,4291	0,772260879
47	4,84	3,4011	0,608753994
67	3,45	7,4151	2,12027053
			$\Sigma 3,533622529$

Após realizar os cálculos para as variáveis de TSS e Clorofila\_a sem considerar o ponto 2, ficou estabelecido uma correlação mais significativa entre as variáveis, sendo que o número de amostras diminuiu, no entanto, os dados são mais confiáveis. A correlação estabelecida entre as variáveis foi de  $r = 0,90$ ; e o coeficiente de determinação  $R^2 = 0,82$ , isto é, 82% da variável y (clorofila\_a) é explicada pela variável x (TSS).

No Gráfico 3 nota-se que os dados aproximam-se da linha de tendência e as variáveis possuem uma correlação crescente.

Gráfico 3: Dispersão dos dados de TSS e Clorofila\_a



Há um aumento dos sólidos suspensos na água após eventos de chuva devido a descarga de sedimentos na Lagoa Itapeva por seus afluentes e margens, ocasionado períodos de florações do fitoplâncton, aumento o volume de clorofila\_a na água.

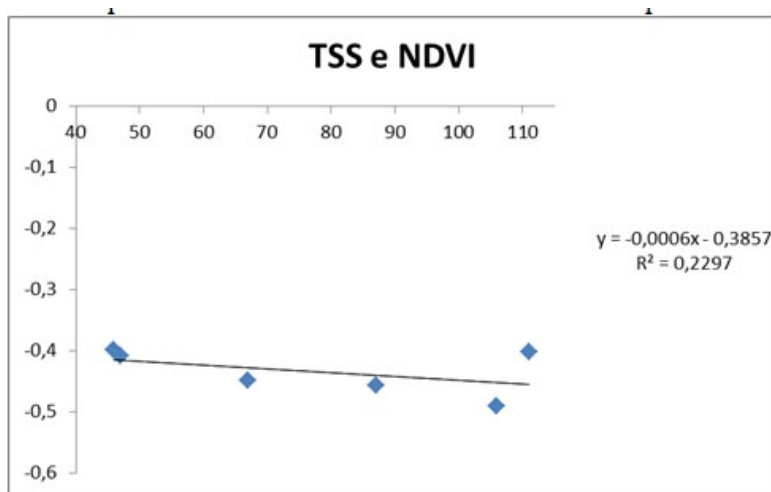
Assim, na Tabela 5 são apresentados os valores de TSS e os valores médios dos pixels obtidos através das imagens de satélite convertidas em NDVI.

Tabela 5. Tabela de valores das amostras TSS e valores médios dos Pixels (NDVI)

Pontos	Totais de Sólidos Suspensos (mg/L)	Valores médios dos pixels
		NDVI
1	46	-0,397787
2	106	-0,489904
4	111	-0,402215
5	87	-0,456952
6	47	-0,407884
7	67	-0,448613

Conforme a Tabela 5, os valores médios de NDVI obtidos através das imagens de satélite foram todas negativas e a correlação entre as variáveis foi baixa ( $r = -0,47$ ) não estabelecendo uma correlação significativa entre as variáveis, pois a variável  $y$  (valores de NDVI) não são explicados pela variável  $x$  (TSS),  $R^2 = 0,22$ , isto é, apenas 22%.

Gráfico 4: Dispersão dos dados TSS e valores médios dos pixels de NDVI



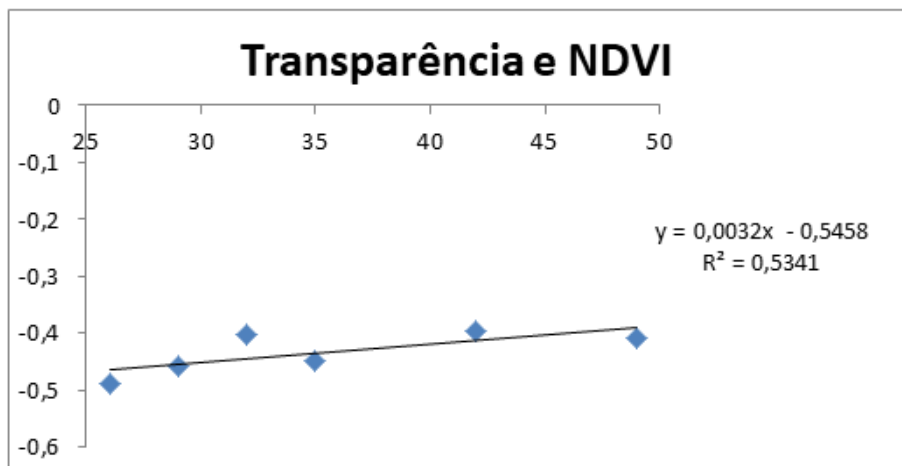
O Gráfico 4 apresenta os dados de TSS e os valores de NDVI. Os valores não apresentaram uma correlação significativa, pois o NDVI é um índice indicado para análise da vegetação, e no caso dos ambientes aquáticos, detecção de clorofila<sub>a</sub> identificando e compreendendo a dinâmica do corpo hídrico, assim, os ambientes aquáticos apresentam muitos fatores internos e externos que influenciam nas características e nos parâmetros limnológicos. Outro fator relevante é a existência de interferências mútuas entre algumas variáveis.

Tabela 6. Tabela de valores da transparência dada pelo Disco de Secchi e valores médios dos Pixels (NDVI)

Pontos	Transparência do Disco de Secchi (cm)	Valores Médios dos pixels de NDVI
1	42	-0,397787
2	26	-0,489904
4	32	-0,402215
5	29	-0,456952
6	49	-0,407884
7	35	-0,448613

A Tabela 6 apresenta os valores de transparência do Disco de Secchi e os valores de NDVI. As correlações entre as variáveis estabeleceram melhor relação, apresentados no Gráfico 5:

Gráfico 5: Dispersão dos dados Transparência dada pelo Disco de Secchi e NDVI



A correlação estabelecida entre o disco de Secchi e os valores de NDVI da imagem de satélite foi positiva ( $r = 0,73$ ) para o dia da expedição de campo na lagoa Itapeva, correspondendo a 53% da variância explicada. Estudos realizados por Pereira et al. (2007) encontraram valores bastante diferentes em lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, estabelecendo valores de correlações negativas entre  $r = -0,4$  e  $-0,6$ .

Na Tabela 7 são apresentados os valores obtidos para Clorofila<sub>a</sub> e os valores de NDVI obtidos através da imagem de satélite.

Tabela 7. Tabela de valores das amostras de Clorofila<sub>a</sub> e valores médios dos Pixels (NDVI)

Pontos	Clorofila <sub>a</sub> (ug/L)	Valores médios dos pixels de NDVI
1	3,37	-0,397787
2	0	-0,489904
4	15,63	-0,402215
5	14,4	-0,456952
6	4,84	-0,407884
7	3,45	-0,448613

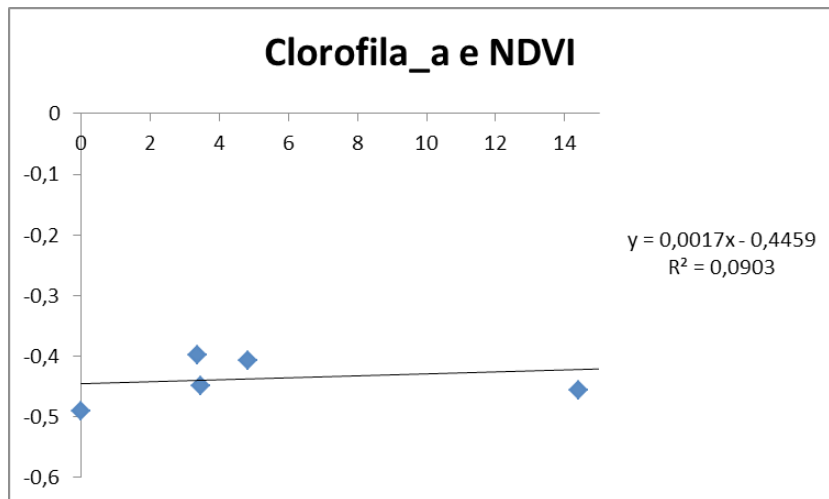
Conforme a Tabela 7, os valores de concentração de clorofila<sub>a</sub> encontrados para a água na lagoa Itapeva foram baixos, e os valores de NDVI correspondentes, obtidos através da imagem do dia 18/10/10 foram negativos (inferiores a zero). Esses valores negativos de NDVI podem ser explicados por dois fatores: a presença de Totais de Sólidos Suspensos na água, que aumenta o espalhamento na região do vermelho; e principalmente pela baixa concentração de clorofila<sub>a</sub>. Geralmente a baixa concentração de clorofila<sub>a</sub> está associada a limitação de incidência da luz e a turbulência das águas.

Segundo Arraut et al. (2005) *corpos d'água com dominância espectral dos Totais de Sólidos Suspensos dificultam a análise da clorofila<sub>a</sub> a partir de dados de imagens de satélite. Assim, o Gráfico 6 apresentada como se comportam*



as variáveis de *Clorofila\_a* e *NDVI* e como estas se relacionam.

Gráfico 6: Dispersão dos dados de *Clorofila\_a* e valores médios dos pixels de *NDVI*



De acordo com o Gráfico 6, a baixa correlação entre *clorofila\_a* e *NDVI* mostra que outros parâmetros devem ser levados em consideração para um melhor entendimento da dinâmica da lagoa Itapeva. Um dos fatores limitantes para essa correlação foi a realização de apenas uma coleta *in situ* (18/10/2010), mostrando-se pouco significativo estatisticamente.

Outro fator foi a utilização do ponto 2 onde não foi detectado *clorofila\_a* na amostra, sendo a correlação  $r = 0,30$  e o coeficiente de determinação  $R^2 = 0,09$  não apresentando resultados significativos entre as variáveis analisadas.

Estudos realizados por Londe (2008) demonstraram também um excelente desempenho da utilização do *NDVI* na previsão da concentração de *clorofila a* a partir de dados radiométricos obtidos em campo para corpos hídricos com concentrações de *clorofila* variando entre 20  $\mu\text{g/L}$  e 140

ug/L.

Valores maiores de concentração de clorofila<sub>a</sub> são mais fáceis de serem estimados a partir de imagens de NDVI. Entretanto, Pereira (1993) enumera uma série de dificuldades inerentes a esse processo relativos às concentrações de matéria inorgânica que interferem e diminuem a contribuição da resposta da biomassa fitoplanctônica, pois os pigmentos fitoplanctônicos têm uma resposta espectral muito tênue quando comparada às respostas dos outros elementos.

Segundo Arraut et al (2005) *corpos d'água com dominância espectral de Totais de Sólidos Suspensos dificultam a análise da clorofila<sub>a</sub> a partir de dados de imagens de satélite.*

## 5. CONCLUSÕES

É complexo estabelecer correlações significativas entre variáveis difíceis de serem detectadas e analisadas através de imagens de satélite, principalmente tratando-se de corpos hídricos. Outro fator limitante é a coleta de dados in situ realizada somente em uma ocasião. Realizou-se a tentativa de correlacionar os dados das variáveis e avaliar quais métodos e técnicas podem melhorar tanto a coleta de dados, análise das imagens de satélite e índices mais aplicáveis a cada estudo de caso.

Assim, conclui-se que as variáveis analisadas estabelecem um padrão para a distribuição sazonal do NDVI na lagoa Itapeva, observada através da análise de uma série temporal de imagens. Observou-se que podem ocorrer picos inesperados de espécies dominantes ou raras e alterar o comportamento predominante na lagoa. A análise a partir de uma série temporal de imagens permitiu obter informações sobre a dinâmica da distribuição espaço-temporal do NDVI na lagoa Itapeva.

As correlações mais significativas para os parâmetros analisados nesta data foram estabelecidas entre os Totais de Sólidos Suspensos e a

clorofila<sub>a</sub>, e os Totais de Sólidos Suspensos e a transparência do disco de Secchi.

A correlação estabelecida entre as variáveis clorofila<sub>a</sub> e TSS foi altamente significativa ( $r = 0,9$ ) correspondendo a um nível de confiança de 82,1% da variância ( $r^2 = 0,82$ ) da clorofila<sub>a</sub> explicada. Embora estas variáveis tenham apresentado correlações significativas, o aumento da quantidade de Sólidos Totais em Suspensão na água pode ter sido ocasionado pela ação de ressuspensão dos sedimentos do fundo da lagoa e aumento da disponibilidade de nutrientes para os organismos fitoplanctônicos.

Ao analisar diversas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Pereira et al. (2007) também não encontrou correlações significativas para as variáveis de clorofila<sub>a</sub> e reflectância da superfície. As correlações negativas entre essas variáveis foram de -0,01 e -0,02. Os autores atribuíram a falta de correlação entre os dados às imagens de satélite e as possíveis falhas no sistema de operação do satélite CBERS utilizado neste trabalho.

Um elemento a ser considerado na lagoa é a presença de baixas concentrações de clorofila<sub>a</sub>. Pereira (1993) encontrou baixos valores de concentração de clorofila-a em seu estudo, no entanto, estabeleceu correlações entre a resposta espectral do sensor Landsat e a concentração de clorofila<sub>a</sub> e feofitina, obtendo uma correlação positiva de 0,48. As correlações estabelecidas por Corazza (2010) entre as variáveis de disco de Secchi e Totais de Sólidos em Suspensão foi  $r = -0,54$ , e entre a

clorofila\_a e disco de Secchi  $r = -0,37$ , este último corresponde a apenas 14% da variância explicada.

De acordo com os objetivos da pesquisa, que é avaliar se ocorreu uma correlação entre as variáveis através dos cálculos de correlação, coeficiente de determinação e nível de confiança, conseguimos estabelecer algumas correlações mais significativas. A utilização da ferramenta de Análise de Séries Temporais (TSA) foi de extrema importância para a compreensão da dinâmica espaço-temporal da lagoa Itapeva possibilitando estabelecer padrões que se repetem temporalmente e sazonalmente apesar das variáveis analisadas não estabeleceram correlações altamente significativas, foi possível estabelecer um padrão de dinâmica da Lagoa Itapeva. O entendimento dessa dinâmica espaço-temporal só é possível quando da análise de um grande conjunto de dados de NDVI. O uso dessas ferramentas propiciou o estabelecimento de padrões recorrentes de distribuição, destacando a ocorrência dos padrões sazonais.

Assim, os resultados das variáveis obtidos através da análise das coletas de água e a imagem de NDVI não foram satisfatórias devido ao pequeno número de amostras coletadas e analisadas, no entanto, a série temporal de imagens do satélite Landsat processadas e convertidas em valores de NDVI foram satisfatórios estabelecendo padrões de dinâmica e comportamento da Lagoa Itapeva, quanto a distribuição dos sólidos suspensos na lagoa e florações de fitoplâncton, assim, como padrões sazonais.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Referências

ANJOS, H. O. DE; SILVA JÚNIOR, M. C. da. Uso do sensor thematic mapper (Landsat-7) na análise da qualidade da água nas Lagoas Formosa (Goiás) e Bonita (DF). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 2439-2446.

ARRAUT, E. M.; RUDORFF, C. de M. et al. Estudo do comportamento espectral da clorofila e dos sólidos em suspensão nas águas do lago grande de Curuai (pará), na época da seca, através de técnicas de espectroscopia de campo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 2447-2456.

BUKATA, R. P. et. al. Estimation of organic and inorganic matter in inland waters: optical cross sections of lakes Ontario and Ladoga. *Journal Great Lakes Research*, v. 17, n. 4 p. 461-469, 1991.

CHÁVEZ, P. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 55, p. 1285-1294, 1989.

CORAZZA, R. Relações entre variáveis espectrais e limnológicas no reservatório da usina hidrelétrica Dona Francisca-RS. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

DGI/INPE : <http://www.dgi.inpe.br/CDRS>. Acesso em: mar/2010.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1998.

FERREIRA, A. B., PEREIRA FILHO W. Avaliação da reflectância

espectral de corpos d'água em Santa Maria-RS por meio de espectrorradiometria de campo. *Geoambiente On-line*: Jataí: 194-207. n.º 13. jul/dez/2009.

HEDGER, R. D.; OLSEN, N. R. B.; MALTHUS, T. J. & ATKINSON, P. M. Coupling remote sensing with computational fluid dynamics modeling to estimate lake chlorophyll-a concentration. *Remote Sensing of Environment*, v. 79, p. 116 – 122, 2002.

LISSNER, J. B. Variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na lagoa Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil, a partir de análise de séries temporais. 2011. 120f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LISSNER, J. B., GUASSELLI, L. A. Variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na lagoa Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil, a partir de análise de séries temporais. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 25, n. 2 p. 427-440, mai/ago/2013.

LONDE, L. R.; NOVO, E. M. L. M.; CALIJURI, M. C. Avanços no estudo do comportamento espectral do fitoplâncton e identificação remota de algas. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 389-396.

LONDE, L. R. Comportamento espectral do fitoplâncton de um reservatório brasileiro eutrofizado – Ibitinga (SP). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.

MARTINI, L. C. P.; MATTOS, D. S.; BARBOSA, D. F. P.; RECH, A. L. B. Uso de sensoriamento remoto orbital para avaliação da distribuição espacial de Clorofila<sub>a</sub> na Lagoa da Conceição - Florianópolis, SC. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.11, n. 4 p. 318-324, 2006.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 3 ed., 2008.

NOVO, E. M. L. de M.; STECH1, J. L.; LONDE, L. R.; ASSIREU, A.; BARBOSA, C. C.; ALCÂNTARA, E. H.; SOUZA, A. F. de; Integração de dados do sistema automático de monitoramento de variáveis ambientais (SIMA) e de imagens orbitais na avaliação do estado trófico do Reservatório da UHE Funil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 4797-4804.

PEREIRA, M. D. B., Dificuldades no uso de dados espectrais orbitais para inferir ou estimar concentração de clorofila em ecossistemas lênticos tropicais. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: INPE, 1993. p. 109-114.

PEREIRA, R.; SCHÄFER, A. E. et al. Aplicabilidade de métodos de Sensoriamento Remoto na avaliação e monitoramento do estado trófico de lagoas costeiras do Rio Grande do Sul (RS). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE, 2007. p. 3513-3520.

RENÓ, V. F.; MORAES, L. E. de S. et al. Caracterização espectral das águas da Planície do Rio Paraná a partir de imagens Landsat TM. In:

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 4821-4828.

ROUSE, J. W.; HASS JR., R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING. D. W. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station, 1973. 93p.

RUDDORF, C. DE M. Estudo da composição das águas da Planície Amazônica por meio de dados de sensor Hyperion/EO-1 e de reflectância de campo visando a compreensão da variação temporal dos seus constituintes opticamente ativos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.

SWAIN, P. H.; DAVIS, M. S. Remote sensing: The quantitative approach. Pardue University – USA. McGraw-Hill, p. 396. 1978.

WACHHOLZ, F. Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva-RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais. 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

WACHHOLZ, F.; BREUNING, F. M. et al. Identificação de compartimentos aquáticos com imagens CBERS-2 CCD, Landsat TM5 e dados de campo no Reservatório de Rodolfo Costa e Silva-RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2007. p. 3607-3614.



# ANÁLISE ESPACIAL DA TURBIDEZ NO COMPARTIMENTO AQUÁTICO DO RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO - ITAIPU

Rafael Dezordi  
Waterloo Pereira Filho  
Gisieli Kramer  
Cristiano Niederauer da Rosa  
Janderlei Velasque Dal Osto

## 1. *Introdução*

As águas continentais representam a grande maioria dos reservatórios de água potável disponível sob a superfície terrestre. Devido a isso, sua preservação e gerenciamento adequado são indispensáveis para a otimização do uso dos recursos hídricos disponíveis. Entretanto, o uso descontrolado deste recurso aliado a falta de tratamento de esgotos e uso excessivo de inseticidas em áreas agrícolas, vem acarretando graves problemas relacionados à baixa qualidade dos recursos hídricos.

As principais causas da degradação da qualidade da água são classificadas em pontuais e difusas. As causas pontuais são caracterizadas pelos efluentes domésticos e industriais. Já as causas difusas, são provenientes de resíduos da agricultura tal como fertilizantes, herbicidas e inseticidas transportados até os corpos de água por meio do escoamento

superficial. Um dos impactos desta degradação é observado a partir dos valores de turbidez, pois, seu aumento acarreta a necessidade no acréscimo de produtos químicos nas estações de tratamento, além de afetar a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação. (ANA, 2009). Segundo Oliveira et al. (2008) isto é causado pelo fato de que em locais com elevados índices de turbidez, as partículas tendem a acomodar uma maior quantidade de poluentes e até microrganismos patogênicos.

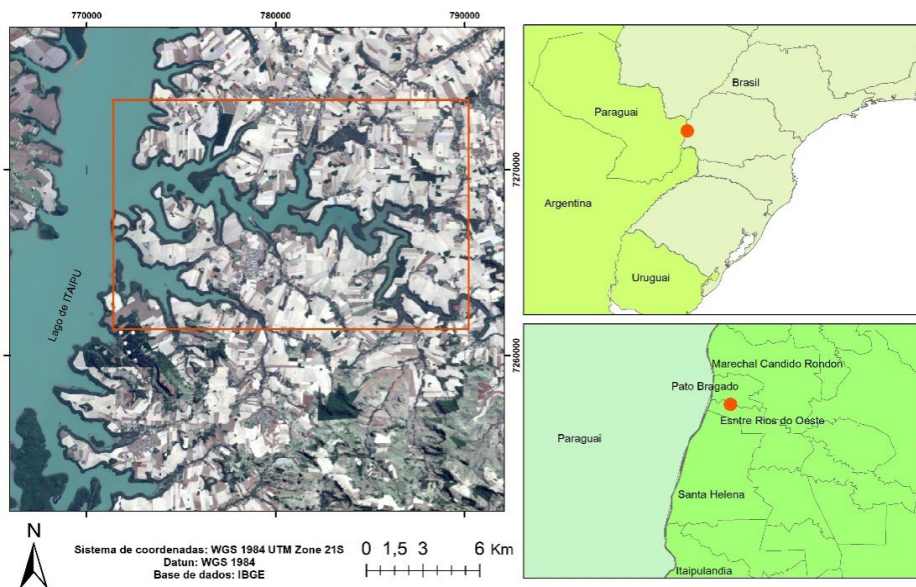
A turbidez faz parte de um conjunto de variáveis limnológicas consideradas opticamente ativas, que podem ser relacionadas com o espalhamento e absorção da luz, por partículas e moléculas presentes na água (DALL'OLMO et al., 2003). Esta variável é composta por fatores como quantidade de matéria suspensa, partículas em estado coloidal, matéria orgânica e inorgânica, providas de diversas fontes como solo, esgoto, mineração e indústria (EPA, 1999).

Neste contexto o objetivo do presente estudo é de estimar a partir de imagens de satélite do sensor Landsat 8, sensor OLI, os valores de turbidez encontrados no compartimento aquático denominado São Francisco Verdadeiro (SFV), afluente do Lago artificial da hidroelétrica de ITAIPU.

## 2. *Materiais e métodos*

A área de estudo compreende o compartimento aquático São Francisco Verdadeiro (SFV), localizado na margem esquerda do reservatório de ITAIPU, entre os municípios de Entre Rios do Oeste e Pato Bragado, oeste do estado do Paraná (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo.



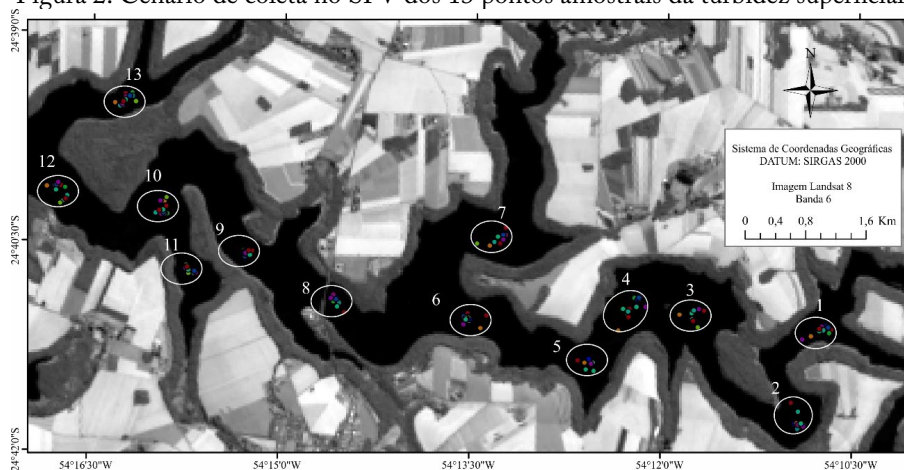
O SVF apresenta uma superfície aproximada de 21,5 km<sup>2</sup>, largura mínima de 0,2km e máxima de 1km e extensão de 23 km. O clima da região é do tipo temperado úmido com verão quente (cfa) e maior concentração de precipitações pluviométricas no verão (IAPAR 2018). As atividades desenvolvidas na área são predominantemente rurais com o cultivo da soja, milho e trigo. Em menor escala são desenvolvidas as atividades da bovinocultura, suinocultura e avicultura (IBGE, 2018).

Os dados de turbidez foram disponibilizados pelo setor de análises ambientais da ITAIPU, com uso da sonda multiparamétrica Horiba. As missões de campo ocorreram concomitantemente às passagens do satélite em 10 datas, a saber: 09/08/15, 05/04/16, 08/06/16, 11/08/16, 27/08/16, 28/09/16, 30/10/16, 11/06/17, 13/07/17 e 29/07/17. Para cada missão de campo foram selecionados 13 pontos amostrais, devidamente

georreferenciados e distribuídos de forma equidistante ao longo do SFV, seguindo conforme sugerido em Pereira Filho et al. (2005). Devido a situações de logística de campo algumas estações amostrais não puderam ser amostradas, portanto, obteve 130 amostras. A Figura 2 indica a distribuição espacial das estações amostrais. Sequencialmente, os dados coletados em campo foram tabelados e armazenados em banco de dados geográfico.

A avaliação dos dados se deu, inicialmente, com a relação da turbidez superficial medida em campo com as respostas espectrais obtidas para cada ponto amostral nas imagens do sensor OLI do Landsat 8, bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Posteriormente, com a aplicação da técnica de razão de bandas selecionou-se a razão de bandas com maior correlação para gerar o modelo matemático. Tais imagens foram adquiridas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos da América (USGS), em reflectância, órbita/ponto 224/77, os erros atmosféricos e geométricos foram previamente corrigidos.

Figura 2: Cenário de coleta no SFV dos 13 pontos amostrais da turbidez superficial.



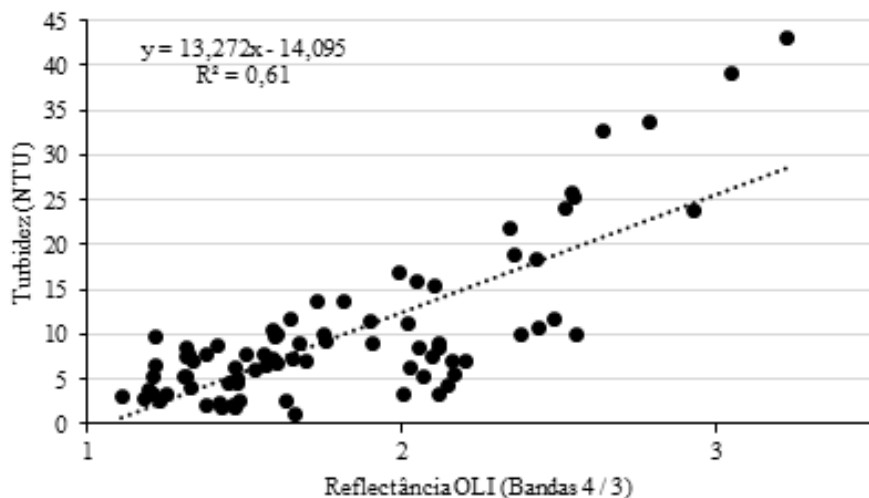
A fim de investigar a relação entre os dados de turbidez superficial estimados e o observado gerou-se um modelo de regressão linear com 70% das amostras, sendo os 30% restantes utilizados para a validação. Para avaliar estatisticamente o desempenho do modelo, o conjunto de amostras da validação foi submetido aos indicadores de coeficiente de correlação ( $r$ ); coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro médio quadrático (REMQ) no portal estatístico do Action 3.3.2, tal como na metodologia proposta por Moreno-Madrinan et al. (2010).

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas e quanto mais próximo de 1 seu valor, melhor o desempenho de correlação entre as variáveis. A raiz do erro médio quadrático (REMQ) mostra o grau de similaridade entre os dados medidos e os estimados, tendo em vista o valor ideal igual a zero. Os dados foram avaliados quanto a sua normalidade por meio do método de Kolmagorov-Smirnov (LEVINE et al, 2000; SPRENT, 1989).

### 3. *Resultados e discussão*

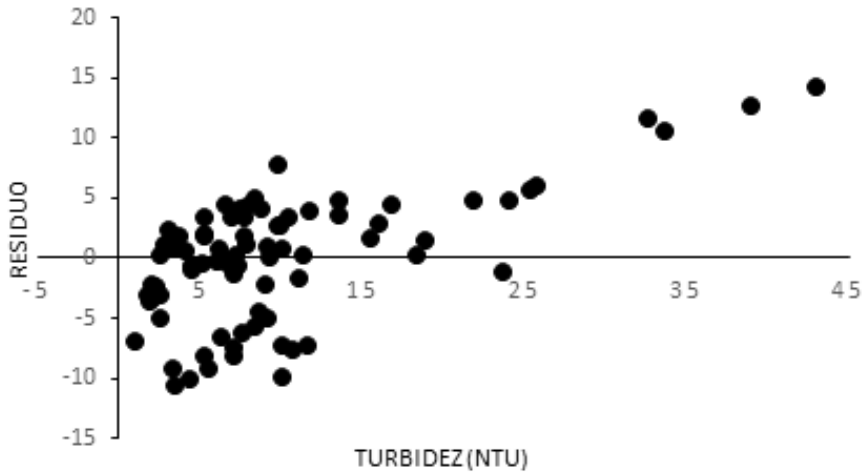
Inicialmente, a fim de gerar o modelo matemático selecionou-se a razão de bandas 4 e 3 que correspondem aos comprimentos de onda do infravermelho próximo e vermelho, respectivamente. Tal seleção apresentou a correlação mais alta, ou seja, de 0,79 entre as bandas testadas do sensor OLI. Sequencialmente, foi gerado o gráfico de dispersão e o modelo matemático. O desempenho do modelo revelou um coeficiente de determinação de 0,61 (Figura 3). Destaca-se que os dados apresentaram distribuição normal.

Figura 3: Modelo para a estimativa da turbidez superficial.



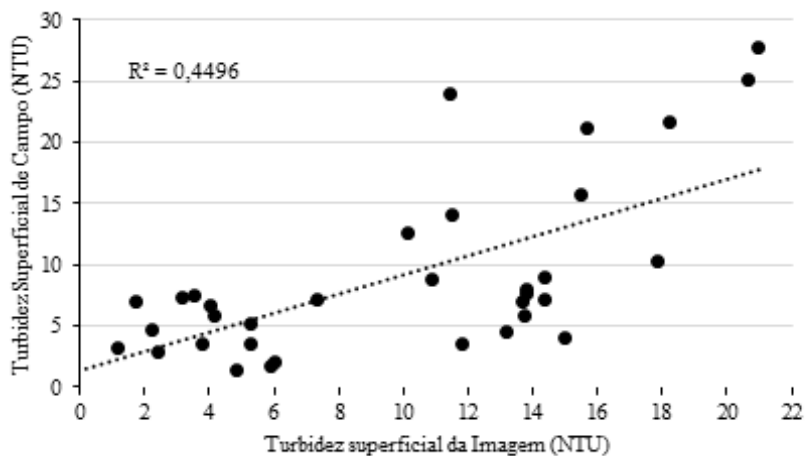
No gráfico dos resíduos, dado a diferença entre a turbidez superficial observada em campo e a turbidez superficial estimada nas imagens, observou-se que não ocorre um aumento sistemático evidente conforme o aumento ou diminuição da variável. Além disso, a maior parte dos resíduos são distribuídos aleatoriamente próximos do zero e entre -10,65 e 14,27. Ainda, 70,3% dos resíduos concentram valores de 0 a 5 NTU, de modo que 22,3% apontam valores entre 5 e 10 NTU e 7,4% acima de 10 NTU (Figura 4).

Figura 4: Gráfico dos resíduos.



Para validar o modelo de regressão aplicou-se a fórmula nos 30% das amostras pareadas e aleatórias. A partir disso, obteve-se um desempenho fraco com o  $R^2$  (0,4496) (Figura 5). No entanto, o REMQ foi de 0,61 (NTU). Nesse sentido, os valores de Turbidez Superficial da água em campo foram subestimados em 43,2% e superestimadas em 56,8% das amostras (expresso na Figura 4).

Figura 5: Validação dos modelos para quantificação da concentração das variáveis limnológicas turbidez superficial.



Notou-se uma oscilação dos valores de turbidez entre 0,9 a 43 NTU, entre os dados medidos em campo e os estimados. Constata-se a dinâmica em que a turbidez superficial está inserida no SFV, os valores mais altos da variável oscilam entre o alto (pontos de 1 a 4) e o baixo curso (pontos 10 a 13). Em contrapartida, houve tendência em algumas missões de campo dos valores mais baixos se localizarem junto ao médio curso do rio (pontos de 6 a 9).

Tendo em vista o conjunto de dados o resultado de 0,61 NTU encontrado no presente estudo, pode ser considerado aceitável, pois, 70,3% das amostras do modelo concentraram valores menores ou iguais a 5 NTU.



## 4. Conclusão

A maior correlação encontrada entre variável e a refletância das imagens do sensor OLI plataforma Landsat 8 foi a razão das bandas 3/4 que proporcionaram coeficiente de correlação de 0,79. Por meio da razão de bandas foi implementado o modelo matemático ( $Y = 13,272x - 14,095$ ) para a estimativa da turbidez superficial da água, desenvolvido sobre 70% dos dados amostrados nas imagens, apresentando um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,61.

O modelo, de modo geral, superestimou os valores de turbidez obtidos em campo (56,8%), no entanto, destaca-se que a turbidez modelada por sensoriamento remoto permitiu a verificação de suas variações na área do SFV. Este recurso apresenta-se como uma ferramenta válida na estimativa de turbidez. Entretanto, sugere-se que em trabalhos futuros considere-se um maior número de amostras, a fim de testar de maneira mais eficaz o desempenho do modelo desenvolvido.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

Os autores agradecem também a ITAIPU binacional pelo apoio financeiro oferecido por meio de bolsa e custeio das missões de campo e apoio irrestrito no desenvolvimento do trabalho. Os autores agradecem o apoio fornecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processo 310758/2016-5.

## Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas. ANA - Agência Nacional de Águas, 2009:<<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> >. Acessado em: 08 Nov 2018.

DALL'OLMO, G. GITELSON, A. A. (2005). Effect of bio-optical parameter variability on the remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters: Experimental results. *Applied Optics*, 44(3),412– 422.

LEVINE D.M.; BERENSON M. L.; STEPHAN D. Estatística: teoria e aplicações. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC Livros técnicos e científicos editora S.A. 2000.

EPA. EPA Guidance Manual: Turbidity Provisions. United States Enviromental Protection Agency, Viçosa, abril 1999. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acessado em: 08 Nov. 2018.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Cartas Climáticas do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

LOPES, F. B.; Barbosa, C. C. F.; Novo, E. M. L.; Andrade, E. M.; Chaves, L. C. G. Modelagem da qualidade das águas a partir de sensoriamento remoto hiperespectral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 13 – 19, 2014.

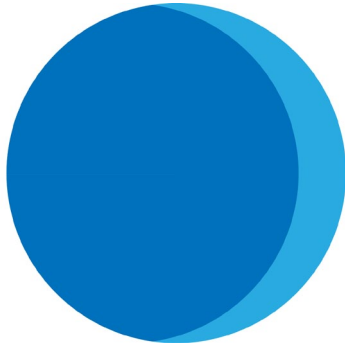
MILTON, J. S. Statistical methods in the biological and health sciences. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1992. 526p.

MORENO-MADRINAN, M. J.; AL-HAMDAN, M. Z.; RICKMAN, D. L.; MULLER-KARGER, F. E. Using the Surface Reflectance MODIS Terra Product to Estimate Turbidity in Tampa Bay, Florida. *Remote Sensing*, v. 2, n. 12, p. 2713–2728, 2010.

OLIVEIRA, V. D. M. et al. Avaliações Físicas, Químicas e Biológicas da Microbacia do Córrego Modeneis em Limeira - SP. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v. 5, n. 1, p. 86-96, jan/abr 2008.

P. SPRENT. *Applied Nonparametric Statistical Methods*, 1edição, Chapman and Hall. 1989.

PEREIRA FILHO, W; BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M. Influência das condições do tempo em espectros de reflectância da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. p. 415-422.



# AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E CLOROFILA-*a* NAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DE ESPORA

Assunção Andrade de Barcelos  
Fernanda Luisa Ramalho  
Patrícia da Silva Gomes  
João Batista Pereira Cabral  
Michaela Andréa Bette Camara

## 1. *Introdução*

O aumento da urbanização e das atividades antropogênicas das últimas décadas estão interferindo cada vez mais nos ecossistemas aquáticos (reservatórios, lagos, córregos e rios), por meio da degradação e qualidade das águas, causado pelos crescentes impactos dessas atividades (WENGRAT; BICUDO, 2011; BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

A disponibilidade de água, quantidade e qualidade tem gerado, cada vez mais, discussões em todo mundo. Os principais tipos de uso das águas estão envoltos ao abastecimento público, produção de energia, irrigação, pesca, recreação e dessedentação animal (ESTEVES, 1998). Para Von Sperling (2007), os fenômenos naturais e antrópicos de uma bacia hidrográfica acabam determinando a qualidade das águas.

Com o objetivo de classificar os corpos d'água em diferentes níveis de trofia, tendo como base o levantamento das concentrações de nutrientes, limitando-se ao Fósforo Clorofila-*a* e transparência da água,

foi proposto o Índice do Estado Trófico-IET (Carlson, 1977), que é um registro das atividades humanas em diversas bacias hidrográficas e que busca fornecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, visando à sustentabilidade dos recursos hídricos, garantindo os múltiplos usos das águas a médio e longo prazos (Toledo et al, 1983; Lamparelli, 2004; Nogueira et al 2015).

O IET é utilizado para determinar o grau de trofia de ecossistemas aquáticos, por representar a quantidade de nutrientes que chega em um curso d'água, dentre os quais se destacam os efluentes de esgotos domésticos, industriais e escoamentos superficiais, vindo principalmente da agricultura e pastagens. As características eutróficas de cada curso d'água dependem de alguns fatores: regime hidrológico, tempo de retenção da água e uso e ocupação da bacia hidrográfica. Esses fatores servirão de base para planejamento e controle da eutrofização.

De acordo com Esteves (1998) e Lamparelli (2004), os primeiros estudos sobre o Índice do Estado Trófico tiveram início com Naumann (1919 e 1929) e Thienemann (1925 e 1931), que classificavam os corpos d'água em três níveis de variações de eutrofização: Oligotrófico, Mesotrófico e Eutrófico.

A eutrofização representa o crescimento de maneira especial do fósforo e nitrogênio. Esse aumento está relacionado com os usos múltiplos ao longo de toda bacia hidrográfica. Bucci e Oliveira (2014) em sua pesquisa na represa Dr. João Penido em Juiz de Fora-MG, observam que os afluentes do reservatório, foram as áreas que demonstraram maiores sensibilidades e vulnerabilidades aos impactos das águas pluviais se comparados ao reservatório. Os afluentes contribuem diretamente para o transporte de partículas e contribuem com o desequilíbrio, principalmente dos ambientes lênticos.

A bacia hidrográfica do Rio Corrente, onde se localiza a UHE-

Usina Hidrelétrica de Espora, caracteriza-se pelos múltiplos usos como: agricultura de milho, de soja, de cana-de-açúcar e, principalmente, a pecuária. Tais atividades contribuem para intensificar a degradação da qualidade da água no reservatório de Espora. Neste sentido, é essencial a realização de estudos que caracterizem e classifiquem a qualidade das águas deste reservatório, visando, assim, a uma melhor segurança para a população. A escolha do reservatório de Espora como área de pesquisa, justifica-se, principalmente, pela indisponibilidade de dados sobre o reservatório, tanto com relação ao uso e ocupação no seu entorno, quanto à qualidade de suas águas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o IET das águas do reservatório da UHE Espora, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Corrente, em dois períodos distintos, aplicando a metodologia proposta por CUNHA, CALIJURI E LAMPARELLI (2013).

## 2. *Material e Métodos*

### 2.1. *Área de estudo*

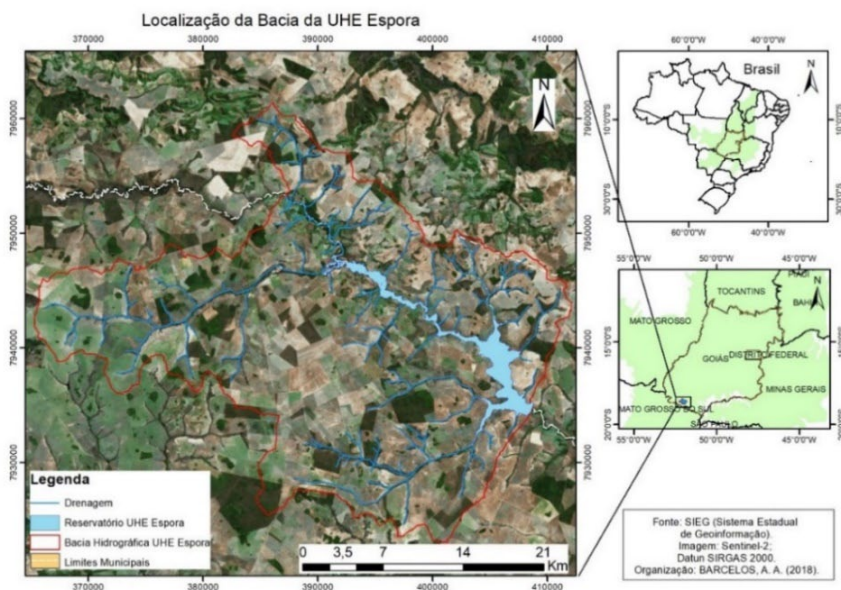
O reservatório da UHE Espora está inserida na bacia hidrográfica do Rio Corrente, no Sudoeste do estado de Goiás, nas coordenadas 18°40' de latitude sul e 51°51' de longitude oeste, com duas nascentes no interior dos limites do Parque Nacional das Emas (PNE), uma das maiores unidades de conservação do Cerrado brasileiro, abrangendo partes dos municípios de Mineiros, Chapadão do Céu e Serranópolis, no Estado de Goiás.

No terço médio do Rio Corrente, a 225 km do rio Paranaíba, localiza-se o reservatório da UHE Espora (Figura 1), ocupando uma área de aproximadamente 30,66km<sup>2</sup>, com capacidade de produzir 32 MW de

energia (SOUSA JÚNIOR, 2005). A área de recorte abrange parte dos municípios de Serranópolis e Aporé, e a jusante do reservatório estão os municípios de Itarumã e Itajá.

Segundo Köppen, a área de estudo apresenta classificação climática tipo Aw (tropical úmido e seco). A estação chuvosa ocorre de outubro a abril, com precipitação média anual em torno de 1400 a 1600 mm (Marcuzzo, Faria e Pinto Junior, 2012). De acordo com os estudos realizados por Lima e Mariano (2014), Lopes e Mariano (2018), os meses que apresentam maior pluviosidade vão de dezembro a março, com temperatura média anual variando entre 22,0 a 24,0°C

Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do reservatório Espora no rio Corrente-GO.



Organização: BARCELOS, A. A. (2018).



## 2.2 Índice de Estado Trófico

Para compreender a distribuição espacial e temporal do Fósforo e Clorofila-a no reservatório da UHE Espora, foram determinados 34 pontos de coleta de água em todas a extensão lago, de modo a abranger os compartimentos do reservatório (rio, transição e lago), conforme proposta de Kimmel, Lind & Paulson (1990). As coletas foram realizadas em agosto de 2017 (período seco) e janeiro de 2018 (período úmido).

As coletas foram realizadas com garrafas plásticas, conforme os procedimentos de American Public Health Association-APHA (1998), nos primeiros 20 cm de profundidade, que segundo Esteves (1998) e Tundisi (2008), correspondente ao epilímnio (camada mais superficial do corpo d'água), onde ocorrem as temperaturas mais elevadas da água, que contribui com maior aporte de nutrientes, aumentando a produção de organismos nas camadas mais superficiais do corpo d'água.

Para determinar a concentração de Fósforo-PT, utilizou-se o método Vanadomolibdico Fotocolorímetro, com o equipamento multiparâmetros de bancada AT100 da Alfakit, conforme proposta metodológica sugerida pela APHA (1998).

A extração da Clorofila-a seguiu a proposta de Mackinney (1941), Chorus e Bartram (1999). Filtrou-se 200 ml de água com a utilização da bomba de sucção à vácuo e filtros de fibra de vidro AP20, Millipore de 47 mm de diâmetro, com retenção nominal de 0,8 a 8.0 micra. Após filtrar a água, com baixa intensidade de claridade (luz fraca), os filtros foram colocados sobre papel toalha para retirar o excesso de umidade, acondicionados em envelopes de papel alumínio e levados à geladeira até o momento da extração da Clorofila-a.

A extração da Clorofila-a, foi realizada no Laboratório de Geociências Apicadas da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

Para extrair a Clorofila-a, os filtros foram colocados em recipiente (copo) com 10 ml de Metanol 99.8%, por 14 horas em refrigerador. As leituras foram realizadas com Espectrofotômetro modelo UV-2000A, com faixa de operação de 320 a 1100 nm, da Instrutherm. Para este trabalho, foram utilizadas as faixas entre 663 e 750 nanômetros (nm). Para determinar a Chl-a, utilizou-se a equação 1.

$$\text{Chl-a}(\mu\text{g/L}) = (A(663-750) \times 12,63 \times \text{Vol. Extração} \times 1000) / \text{VL} \quad (1)$$

Onde:

A = Absorbância em 663 e 750 nm

12,63 = Constante

VE = Volume Extração (mL) – metanol

VL = Volume Filtrado (mL) – água.

O IET têm recebido novas adequações quanto ao seu cálculo ao longo dos anos, mas, sempre utilizando-se das variáveis transparência da água, clorofila-a e fósforo (ESTEVEZ, 1998). Essas modificações vêm com Toledo et al. (1983), que propuseram modificações na fórmula matemática do IET, proposta por Carlson (1977), visando adaptá-lo às condições do clima tropical, modificando-o de três para cinco classes. Lamparelli (2004) utilizou-se do modelo modificado por Toledo e apresentou melhor adequação para ambientes tropicais. Por fim, Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013) apresentaram uma nova metodologia para o IET, usando clorofila-a e fósforo.

Esse índice tem afinalidade de classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, isto é, classificar a água de acordo com a concentração de nutrientes. Com isso, adotou a metodologia proposta por Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013). usando as fórmulas 2, 3 e 4.

$$TSI(Chla)_{tsr} = 10 \left[ 6 - \left( \frac{-0.2512 \ln Chla + 0.842257}{\ln 2} \right) \right] \quad (2)$$

A clorofila-a (CL) é expressa em µg/L

$$TSI(TP)_{tsr} = 10 \left[ 6 - \left( \frac{-0.27637 \ln TP + 1.329766}{\ln 2} \right) \right] - \quad (3)$$

O Fósforo (PT) é expresso em µg/L

$$TSI_{tsr} = \frac{TSI(TP)_{tsr} + TSI(Chla)_{tsr}}{2} \quad (4)$$

O quadro 1, apresenta as classificações de estado trófico segundo o IET estabelecidos por Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013).

Quadro 1 - Equivalência do IET para as medidas das variáveis de Fósforo e Clorofila-a em reservatório, segundo Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013)

Índice do Estado Trófico (IET)	Média geométrica anual de Clorofila (mg/L)	Média geométrica anual de Fósforo total	Ponderação por Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013)
Ultraoligotrófico	≤2.0	≤15.9	≤51.1
Oligotrófico	2.1-3.9	16,0 – 23.8	51.2-53.1
Mesotrófico	4.0 – 10.0	23.9 – 36.7	53.2-55.7
Eutrófico	10.1 – 20.2	36.8- 63.7	55.8-58.1
Supereutrófico	20.3 – 27.1	63.8 -77.6	58.2-59.0
Hipereutrófico	≥27.2	≥77.7	≥59.1

Fonte: Cunha; Calijuri e Lamparelli (2013). Organizado: BARCELOS. A. A. (2018).

### 3. Resultados

#### 3.1 Fósforo (PT)

Segundo Esteves (1988) e Wetzel (2001), o Fósforo, pode ser derivado de fontes naturais (na composição das rochas, transportado pelo escoamento superficial das águas de chuva, resultante da remodelação dos organismos alóctone) e artificiais (de efluentes industriais, domésticos, fertilizantes agrícolas e material particulado contido na atmosfera).

De acordo com Tundisi & Tundisi (1976), a presença de Fósforo nos ecossistemas aquáticos, dá-se por ações como lixiviação do solo, intemperismos de rochas fosfáticas, por ação humana, lançamento de efluentes domésticos, industriais e agrícolas. Além de fertilizantes agrícolas, aglomerações urbanas (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008). Quando dissolvido na água, o Fósforo, é considerado limitante na produção primária fitoplanctônica em ambientes aquáticos, principalmente quando não há um tratamento adequado dos efluentes.

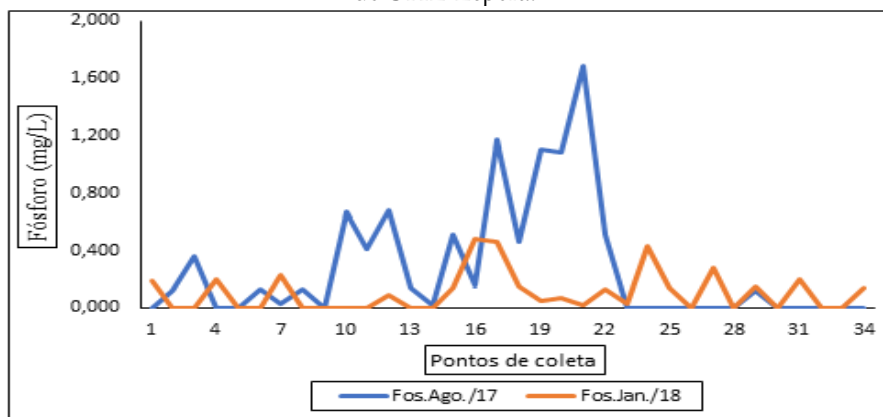
Conforme Tundisi e Matsumura Tundisi (2008), o Fósforo é um nutriente encontrado em fertilizantes agrícolas, esgoto doméstico com aglomerações urbanas e industriais, principalmente quando não há um tratamento adequado dos efluentes.

De acordo com os dados avaliados (Gráfico 1), a concentração do (PT) no reservatório da UHE Espora no mês de agosto de 2017 (período seco), apresentou valores mais elevados em relação ao mês de janeiro de 2018 (período úmido), tal fato pode ser associado o efeito diluidor provocado pelas precipitações atmosféricas conforme a pesquisa realizada por Buzelli e Cunha-Santino (2013), no reservatório de Barra Bonita-SP, que apresentou maior concentração de Fósforo no período seco em relação ao período chuvoso, sendo o inverso aos resultados da pesquisa desenvolvida por Nogueira et al. (2015), no reservatório de Foz do Rio

Claro, que detectou que o PT apresentou-se mais elevado no período chuvoso, devido ao maior carreamento de sedimentos da bacia.

As maiores concentração de fósforo no período seco foram verificado entre os pontos 17 a 22, possivelmente pode estar relacionado com uso e ocupação da terra. No mês de janeiro de 2018, (período úmido) os pontos 16, 17 e 24 apresentaram valores um pouco mais elevados em relação aos outros pontos.

Gráfico 1 – Valores de Fósforo nos meses de agosto/2017 e janeiro/2018 no reservatório de UHE Espora.



Fonte: Barcelos, A. A. (2018).

Os resultados de Fósforo do presente trabalho evidenciam que o ecossistema aquático é um elemento primordial para compreensão do processo de eutrofização e fundamental para a manutenção dos processos biológicos e da composição dos organismos causados pela entrada de nutrientes. Segundo Salles et al. (2008) e Vargas (2012), o excesso de esgoto não tratado, a ausência de vegetação em áreas de preservação permanente em grandes áreas agrícolas são impactos que podem ser observados. Essas constatações também foram verificadas no reservatório de Itupararanga, por Carvalho (2003) e Cunha & Calijuri (2011).

De acordo com Calson (1977), Lamparell (2004) e Cunha et al. (2013), outros fatores ambientais, como a baixa transparência da água, maior intensidade de luminosidade, baixa concentração de partículas em suspensão e temperatura, podem impor certa limitação ao crescimento fitoplanctônico. Estes fatores são encontrados no reservatório da UHE Espora, o que pode justificar uma maior concentração de Fósforo em relação à Clorofila-a. Diante dos resultados, a CETESB (2013) adverte que existe potencialidade para uma crescente aumento da Clorofila-a.

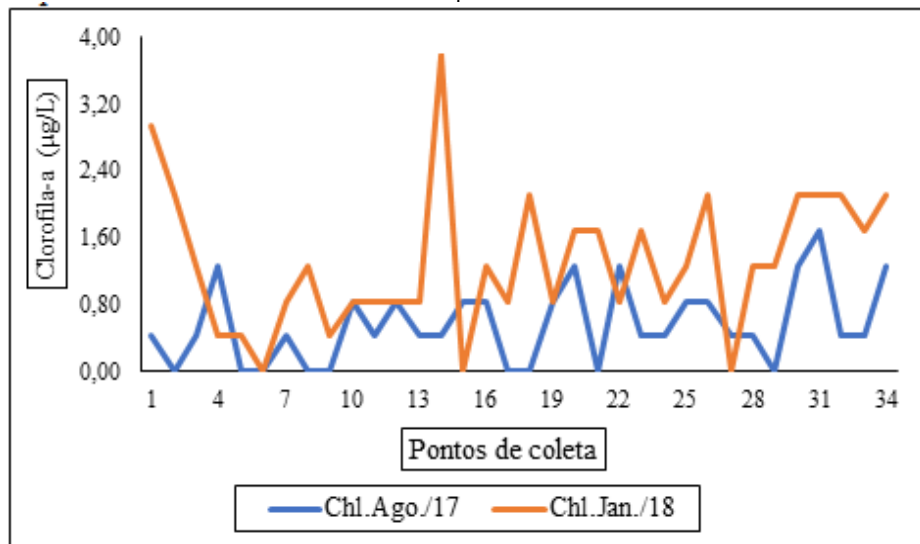
A alteração do nutriente por falta de vegetação nativa foram observados em trabalhos de Salles et al. (2008) e Vargas (2012), e no reservatório de Itupararanga, por Carvalho (2003) e Cunha & Calijuri (2011).

### 3.2 Clorofila-a

Segundo a CETESB (2009), a Clorofila-a é uma das principais variáveis na indicação do estado trófico em ambientes aquáticos, pelo processo de fotossíntese das plantas. Fatores como esse, levam à eutrofização natural, porém, esses elementos antrópicos e atividades humanas impactam águas continentais. Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013) salientam que a maioria dos impactos na qualidade da água é originada por descargas industriais, águas paradas e por escoamentos superficiais de áreas agrícolas.

Os dados de clorofila-a (Gráfico 2) para águas do reservatório da UHE Espora, demonstram que no mês de agosto de 2017 (período seco para a região), ocorre uma certa homogeneidade dos dados. No mês de janeiro de 2018 (período úmido), houve uma maior concentração de clorofila-a, com destaque para o ponto 14, que apresentou um pico de elevação, que pode ser associado ao modelo de uso da terra que é ocupado pela cultura de soja, que utiliza muitos agroquímicos rico em fósforo.

Gráfico 2 – Clorofila-a dos meses de agosto/2017 e janeiro/2018 no reservatório de Espora.



Fonte: Barcelos, A. A. (2018).

Os valores de clorofila\_a obtidos para o reservatório de Espora, assemelha-se aos valores obtidos no estudo realizado por Oliveira et al., (2012) no reservatório de Barra dos Coqueiros que encontrou valores de clorofila-a que variam entre 3,4 a 4,2 µg/L, e são distintos do estudo realizado por Santos et al., (2018) nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2018 que encontrou valores de clorofila-a entre 14,1 µg/L e 47 µg/L.

Segundo Paula Filho, Moura e Marins (2012), as mudanças no uso e ocupação das terras em uma bacia hidrográfica podem influenciar na qualidade química dos sedimentos e nas águas superficiais, principalmente pela forma inadequada de despejos de resíduos sólidos ou cargas orgânicas, ricas em nutrientes de origem urbana ou industriais, e efluentes domésticos. Em áreas rurais, o principal meio de transporte do material é ocasionado pelo lixiviamento dos solos, com maior concentração de

fertilizante e pesticidas no período de maior precipitação.

### 3.3 Índice do Estado Trófico (IET)

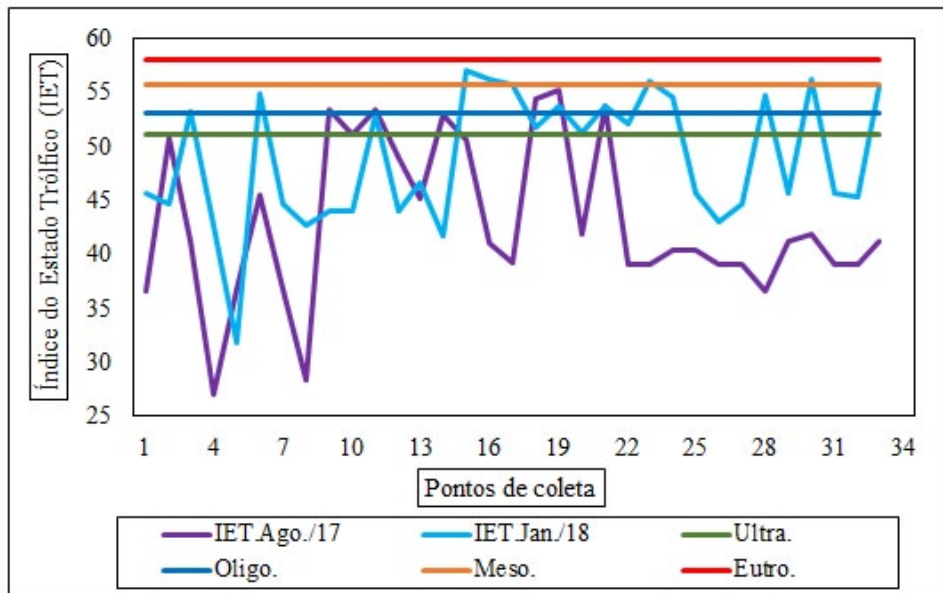
Cada vez mais, têm aumentado as pesquisas sobre a eutrofização de corpos hídricos, que se baseia no acréscimo excessivo de nutrientes na água, que pode ser causado por carregamento de fertilizantes agrícolas, águas pluviais e detergentes residenciais e industriais, além da lixiviação dos solos.

O estado trófico é uma das características mais importantes e esta diretamente relacionada com o funcionamento do ecossistema, que influencia na qualidade das águas (Dodds e Cole, 2007). Segundo Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013), os principais impactos na qualidade da água são originados das descargas industriais, águas residuais e escoamento superficial da agricultura. Para CETESB (2011), do volume total das águas residuais, apenas 55% são submetidos a algum tipo de tratamento antes de serem devolvidos aos cursos d'água. Esta baixa porcentagem de tratamento de águas residuais, a falta ou a baixa proteção dos mananciais pode contribuir com o aumento do estado trófico das águas.

O IET estabelecido por Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013), (Gráfico 3) classificou as água do reservatório de UHE Espora em quatro classes como: Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico e Eutrófico. Vale destacar que o período de janeiro os pontos 15 e 22 apresentaram valores que classifica as águas como Eutróficos, indicando que o escoamento superficial do período chuvoso pode ter contribuído na alta concentração de fósforo e clorofila-a nas águas do reservatório, influenciando na classificação do IET, no mês de janeiro.



Gráfico 3 - IET no reservatório de Espora dos meses de agosto/2017 e janeiro/2018.



Fonte: Bacelos, A. A. (2018).

Os valores do IET mostraram que o reservatório da UHE Espora demonstra valores com características variáveis de baixo a médio de nível de eutrofização, porém se continuar a receber maiores quantidades de nutrientes (fósforo), poderá passar de médio para elevado nível trófico.

Mesmo com certas limitações o índice do estado trófico, apresenta uma abordagem em seu uso prático, que é o monitoramento e gerenciamentos dos recursos hídricos Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013). Para Lamparelli (2004), o IET é um dos principais registro das atividade humanas para uma bacia hidrográfica, fornecendo informações úteis para o desenvolvimento de planos de manejo e gestão de corpos d'água. Além disso, apresenta possibilidade de classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, pelo enriquecimento da água por nutrientes. As pesquisas realizados no reservatório de Espora buscaram contribuir com levantamentos ambiental na área do reservatório e o planejamento

dos recursos hídricos.

## 4. Conclusão

O parâmetro fósforo apresentou maior concentração nas zonas de transição do lago no período seco, estando relacionado com o uso e ocupação dessas áreas, pois no período seco o curso d'água fica mais vulnerável ao acesso das áreas de várzeas pelo gado por não apresentar restrição de uso desses locais, como cercamento.

Clorofila<sub>a</sub> apresentou maiores resultados no período chuvoso, estando relacionado diretamente com a grande quantidade de vegetação que ficam submersa nesse período, pois durante a criação e enchimento do reservatório, não foram retirados a vegetação nativa ao longo de todo reservatório.

O resultado de classificação do índice do estado trófico nos dois períodos avaliados (agosto/2017 e janeiro/2018), do reservatório da UHE Espora, por meio da proposta de Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013), classificou o reservatório como Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico e Eutrófico.

No período seco de agosto/2017 maioria dos pontos ficaram classificados como Ultraoligotrófico com excessão dos pontos 10, 14 e 22, Oligotrófico para os pontos 9, 11, e mesotrófico para 18 e 19. O nível Eutrófico foi observado no período chuvoso em janeiro/ 2018 nos pontos 15, 16, 24 e 30. Mesotrófico apresentados pelos pontos 3, 19, 21, 24, 28 e 34. Oligotrófico os pontos 11, 18, 20 e 22 e os demais pontos como Ultraoligotrófico que foram a grande maioria. Deve ser ressaltado que no período chuvoso o reservatório recebe um volume alto de águas pluviais, tanto diretamente, quanto pelo escoamento superficial das vertentes, alterando significamente o IET da área pesquisada.

O IET demonstrou-se ser uma forma prática e de fácil entendimento

a ser utilizado em reservatórios, sendo fundamental a sua utilização como como medidas mitigatórias para redução de aporte de carga orgânica, nutrientes e sedimentos, bem como contenção de erosão assoreamento e eutrofização dos rios. Diminui-se assim os riscos em ambientes aquáticos, decorrentes das atividades diversas que podem influenciar na qualidade dos corpos hídricos em curto, médio e longo prazo.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Bibliografia

APHA; AWWA; WPG. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1998. 953p.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providência. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BUCCI, M.H.S.; OLIVEIRA, L.F.C. Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 9, n. 1, 2014.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Revista Ambiente & Água, Taubaté-SP*, v. 8, n. 1, p.186-205, 2013.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnology And Oceanography*, Minneapolis, v. 22, n. 2, p.361-369, 1977.

CARVALHO, Maria do Carmo. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA COMO INSTRUMENTO DE BIOMONITORAMENTO DE RESERVATÓRIOS NO ESTADO DE SÃO PAULO. 2003. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, Sp, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-10102006-073333/pt-br.php>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Variáveis de qualidade de água. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#transparencia>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Índice de estado trófico. São Paulo: 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/04.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Relatório de qualidade das águas interiores. São Paulo: 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/aguas/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 15 jun. de 2017.

CHORUS, I.; BARTRAM, J.. Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. London And New York: e & Fn Spon, 1999. 400 p. Disponível em: <[www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/toxcyanbegin.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxcyanbegin.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2019.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.. Variação sazonal dos grupos funcionais fitoplanctônicos em braços de um reservatório tropical de usos múltiplos no estado de São Paulo (Brasil). Acta Botanica Brasílica, Brasília, v. 4, n. 25, p.822-831, 2011.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M.do C; LAMPARELLI, M, C.. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI<sub>tr</sub>). Ecological Engineering 126-134, São Paulo-SP, v. 60, p.126-134, nov. 2013.

DODDS, W.; COLE, J.. Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystems: Its not just the autotrophs. Aquatic Sciences, Manhattan, v. 69, p.427-439, jul. 2007.

ESTEVES, F. A.. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 548 p.

KIMMEL, B. L.; LIND, O. T.; PAULSON, L. J. Reservoir Primary Production. Reservoir Limnology, New York, p.133-193, 1990.

LAMPARELLI, M. C.. Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 238 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://www.google.com.br/search?client=opera&q=tese+lamparelli+2004&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LIMA, A.M.; MARIANO, Z. de F.. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semidecíduais na área da bacia da usina hidrelétrica de Caçu-GO. Revista do Departamento de Geografia – USP, São Paulo-SP, v. 27, n. 2, p.67-87, 2014.

LOPES, R. M.; MARIANO, Z. DE F. Análise dos Episódios de Verão e Inverno na Área de Influência dos Reservatórios Caçu e Barra dos Coqueiros-GO. GEOAMBIENTE ON-LINE Revista Eletrônica do Curso de Geografia - UFG/REJ. 2018.

MACKINNEY, G. Absorption of light by chlorophyll solutions. The Journal Biological Chemistry, v. 140, p. 315–322, 1941.

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; FILHO, R. DE F. P. Chuvas no estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.6, n.12, mai./ago. pp.125-137, 2012

Nogueira, P. N.; Cabral, J. B. P.; Oliveira, S. O.; Rocha, R. I., 2015. Eutrofização no reservatório da UHE foz do Rio Claro (GO). Revista do

Departamento de Geografia – USP 30, 19-33.

OLIVEIRA, S. F; CABRAL, J.B,P; WACHHOLZ, F; ROCHA, I. R. Análise de alguns parâmetros limnológicos dos reservatórios das usinas hidrelétricas Caçu e Barra dos Coqueiros – GO. Revista Geonorte, Manaus, v. 3, n. 6, p.556-563, abr. 2012.

PAULA FILHO, F. J.; MOURA, M. C. S.; MARINS, R. V. Fracionamento geoquímico do Fósforo em água e sedimentos do Rio Corrente, bacia hidrográfica do Parnaíba/PI. Revista Virtual Química, Teresina-PI, v. 4, n. 6, p. 623-640, nov. 2012.

Salles, M. H. D ; Conceição, F. T; Angelucci, V. A; Sia, R; Pedrazzi, F. J. M , Carra, T. A ; Monteiro, G. F; Sardinha, D.S; Navarro, G. R. B. Avaliação simplificada de impactos ambientais na Bacia do Alto Sorocaba (SP). Rea – Revista de Estudos Ambientais, São Paulo-SP, v. 10, n. 1, p.6-20, jun. 2008. V.10, N. 1, P. 6-20, jan./jun. 2008. Disponível em <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/897/677>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SANTOS, L. G., MACHADO, L,S; CARLOS, V,M; POMPEO,M. Os grupos funcionais fitoplancônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira, São Paulo, Brasil. Iheringia, Série Botânica, Porto Alegre, v.73, n. 2, p.135-145, ago. 2018.

SOUSA JÚNIOR, W., et al. Análise da viabilidade técnica e ambiental de AHEs no Sudoeste de Goiás. S.J.Campos-SP: ACIMA, 2005. 288 p. Disponível em: <[https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/0\\_15\\_AHEs\\_Goias\\_Cerrado\\_Dams\\_02abr2005\\_final.pdf](https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/0_15_AHEs_Goias_Cerrado_Dams_02abr2005_final.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2018.

TOLEDO JR, A. P. DE; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos

de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. Anais... Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12, Camboriú, 1983.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 630p.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. Produção orgânica em ecossistemas aquáticos. Ciência & Cultura, São Paulo-SP, v. 28, n. 8, p.864-887, nov. 1976.

VARGAS, S. R.. Influência da concentração de nutrientes na interação entre duas espécies fitoplanctônicas isoladas do Reservatório de Itupararanga-SP. 2012. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 576p.

WENGRAT, S.; BICUDO, D. de C.. Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil): Avaliação espacial da qualidade da água em reservatório urbano (Complexo Billings, sudeste do Brasil). Acta Limnologica Brasiliensia, São Paulo-SP, v. 23, n. 2, p. 200-216, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/alb/v23n2/10.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2018

WETZEL, R. G. Limnology: lake and river ecosystems. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.



# ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁGUA A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Giseli Kramer

Patricia Michele Pereira Trindade

Cristiano Niederauer da Rosa

Ademir de Cássio Machado Peransoni

Waterloo Pereira Filho

## 1. Introdução

No ambiente aquático alguns fenômenos em que ocorrem pequenas variações da temperatura podem ser significativos para o ecossistema. Em condições naturais é relevante para a manutenção do habitat de peixes, da taxa de decomposição da matéria orgânica e dos níveis de oxigênio dissolvido, além de diversas outras reações químicas inerentes ao ecossistema aquático (BECKER, CHAMBERS e WILKS, 1988; CHERKAUER et al, 2005; HANDCOC et al, 2012). Variações ocorridas por infiltrações, confluências entre rios, fontes de poluição térmica ou de atividades decorrentes da urbanização tendem a alterar essa dinâmica natural da temperatura da água. (WAWRZYNIAK, PIEGAY e POIREL, 2011; HÉBERT, 2015; LING et al, 2017).

A variação da temperatura da água pode ser monitorada com procedimentos tradicionais (*Temperature loggers*), no entanto, apresenta

limitações no espaço para medições extensas e no tempo (HANDCOC et al, 2012). Além disso, nem sempre tal monitoramento é de fácil acesso e representa informações contínuas do ambiente aquático (CHERKAUER et al., 2005). Assim, desde 1990 pesquisas são desenvolvidas com a utilização do sensoriamento remoto do infravermelho termal (TIR) para estimar temperatura da água em rios, lagos e reservatórios (TORGERSEN et al, 1999, 2001; KAY et al, 2005; HANDCOCK et al, 2006; CRISTEA e BURGESS, 2009; TONOLLA et al, 2010; WAWRZYNIAK, PIEGAY e POIREL, 2011; HANDCOC et al, 2012; LAMARO et al, 2013; LING et al, 2017).

Estas pesquisas têm demonstrado claramente que a utilização de imagens de satélite do Infravermelho Termal (TIR) é uma alternativa capaz de identificar e avaliar a temperatura de superfície da água, (LEDREW e FRANKLIN, 1985; BOLGRIEN e BROOKS, 1992; MERTES et al., 2004) embora biologicamente a temperatura na coluna da água também seja importante. Ademais, para obter bom desempenho das estimativas a resolução espacial da imagem e a análise da incursão de pixels mistos dada a área de estudo é importante.

Outro aspecto relevante versa sobre a diferença na temperatura da água entre o tempo de observação in situ e o tempo de passagem do satélite. Handcoc (2012) sugere uma diferença de até quatro horas entre o tempo de observação in situ e o tempo da passagem do satélite, porém a acurácia dos dados apresentará melhor desempenho quanto menor for esse intervalo de tempo. Já Ling et al (2017) adverte para as medidas da temperatura de superfície da água (TSA) realizadas em meses mais quentes, pois a variação será maior.

As técnicas remotas de conversão da temperatura da superfície da água desenvolvidas nas pesquisas supracitadas sugerem a correção atmosférica das imagens termais a fim de melhorar a acurácia dos dados.

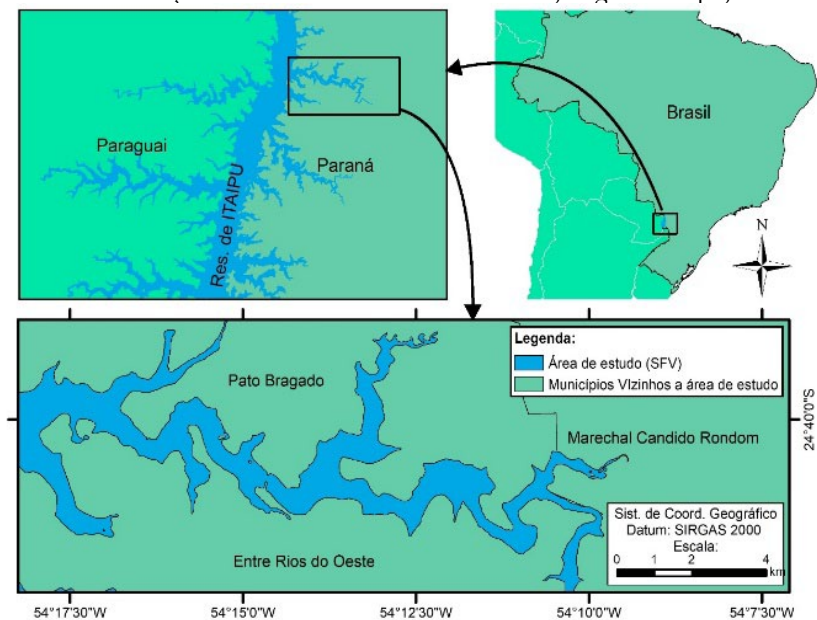
No entanto, Van de Griend e Owe (1993), Valor e Caseles (1996), Zhang, Wang e Li (2006) e Ndossi e Avdan (2016) citam como técnica relevante para a correção das imagens termais valores de emissividade dos alvos baseadas em informações de *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Desse modo, entende-se que a compressão das técnicas empíricas e remotas de registro da TSA apresentam lacunas que ainda subsistem, despertando empolgação da pesquisa nesse campo.

Com base nessas informações, a hipótese desse estudo é que a temperatura de superfície da água estimada por imagens termais ( $T_e$ ) com correção da emissividade apresentará menor diferença em relação à temperatura de superfície da água medida em campo ( $T_e$ ) quando esta for verificada próximo ao horário de passagem do satélite. Diante desta hipótese, o presente estudo objetivou relacionar a TSA, estimada em imagens termais com métodos distintos de processamento, com a TSA medida em campo, em diferentes intervalos temporais.

## 2. Metodologia

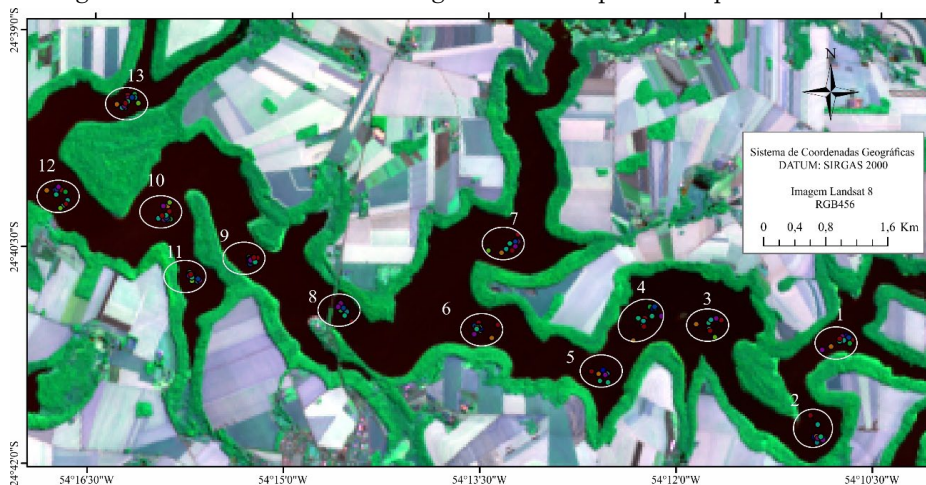
As coletas da TSA da água foram realizadas no compartimento aquático São Francisco Verdadeiro (SFV), área alagada do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) da Itaipu Binacional, localizado na região Sul do Brasil (Figura 01).

Figura 01- Localização do rio São Francisco Verdadeiro, Lago da Itaipu, PR



O curso deste compartimento apresenta uma superfície hídrica de aproximadamente  $22,5 \text{ km}^2$ , largura mínima de  $0,2 \text{ km}$ , largura máxima  $1 \text{ km}$  e  $16 \text{ km}$  de extensão, assim, a região de estudo configura área que permite estimar a TSA da água com imagens do satélite Landsat 8, uma vez que apresenta 3 pixels puros no leito do rio com os sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), ambos com resolução espacial de  $30 \text{ m}$ , órbita/ponto 077/224 (WAWRZYNIAK, PIEGAY e POIREL, 2011). Para o registro dos valores de TSA foram definidos 13 pontos de coleta georreferenciados, distribuídos ao longo do curso do rio SFV, adquiridos em 13 missões de campo, conforme ilustrado na Figura 02.

Figura 02- Cenário de coleta dos registros da TSA para os 13 pontos amostrais



Os dados de TSA foram gerados com a utilização da sonda multiparâmetro Horiba e disponibilizados pela Itaipu Binacional ao Laboratório de Geotecnologias da Universidade de Santa Maria-RS (LABGEOTEC/UFSM). No entanto, selecionou-se para análise apenas os dados de TSA das seguintes missões: 03 (09/08/2015), 06 (08/06/2016), 07 (11/08/2016), 08 (27/08/2016), 09 (28/09/2016), 11 (11/06/2017), 12 (13/07/2017) e 13 (29/07/2017). O horário local de passagem do satélite Landsat 8 foi, aproximadamente, às 10h30min.

O número de amostras in situ de cada missão caracterizou dois intervalos de registros da TSA em campo. Um, entre 09h:45min e 12h:00min, totalizando um conjunto de 57 amostras (C1). Outro, com intervalo entre 09h45min e 13h:00min, resultando em um conjunto de 75 amostras (C2), ainda que o registro de valores de TS da água para o total de pontos amostrados, 13 pontos por missão, tenha extrapolado os intervalos contidos em C1 e C2. As amostras adquiridas após os intervalos supracitados não foram utilizadas na análise.

Para a validação das estimativas da TSA a partir de imagens termais

considerou-se as relações entre a temperatura medida em campo ( $T_m$ ) e a temperatura estimada nas imagens ( $T_e$ ). Para gerar as estimativas da TSA foram processadas imagens do Landsat 8 bandas 4, 5, 6 (em reflectância de superfície) e 10 (em temperatura aparente ou de brilho) processadas nos softwares Envi 5.5 e QGIS 2.14. Neste estudo foram relacionados dois métodos de estimativas da TSA. Um dos métodos objetivou a geração de estimativas em imagens termais apenas em temperatura de brilho e, o outro, com a correção da emissividade do alvo. E ambos, para cada ponto amostral e no dia das coletas dos dados de campo. Para se obter temperatura da superfície normalmente era necessário inicialmente converter os valores digitais das imagens para temperatura aparente ou de brilho e posteriormente realizar correções atmosféricas e/ou da emissividade na imagem. Como já é possível obter as imagens de temperatura de brilho diretamente da USGS, a conversão não foi necessária.

Para o cálculo de TSA nas imagens com correção foi empregado o método *Planck Equation* no complemento *Land Surface Temperature (LST)* desenvolvido por Ndossi e Avdan (2016) disponível no software QGIS. Esse método considera apenas valores de emissividade para correção (Equação 1) a partir dos dados de NDVI (Equação 2, Tabela 1) (VAN de GRIEND e OWE, 1993; VALOR e CASELES, 1996; ZHANG, WANG e LI, 2006, Tabela 1).

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda T_b}{a}\right) \cdot \ln \epsilon} \quad (1)$$

$T_b$  = temperatura de brilho ou aparente registrada pelo sensor em Kelvin;

$\lambda$  = comprimento de onda médio do infravermelho termal;

$a = hc/K = 1.438 \times 10^{-2} \text{ m K}$ , onde:

$K$  = constante de Stefan-Boltzman ( $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ )

$h$  = constante de Planck ( $6.28 \times 10^{-34} \text{ J/s}$ )

$c$  = velocidade da luz ( $2.998 \times 10^8$  m/s)

$\ln_e$  = logaritmo natural da emissividade da superfície.

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{ivp} - \rho_v}{\rho_{ivp} + \rho_v} \quad (2)$$

Onde,  $\rho_{ivp}$  = reflectância no infravermelho próximo,  $\rho_{vm}$  = reflectância no vermelho.

Tabela 1 - Algoritmo para cálculo de emissividade baseado no NDVI

Valores NDVI	Valores Emissividade
$\text{NDVI} < -0.185$	0.995
$-0.185 \leq \text{NDVI} < 0.157$	0.985
$0.157 \leq \text{NDVI} \leq 0.727$	$1.009 + 0.047 \times \ln(\text{NDVI})$
$\text{NDVI} > 0.727$	0.990

Fonte: Adaptado de Ndossi e Avdan (2016).

Os dados das missões de campo foram submetidos a uma análise descritiva (mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação) realizadas no Portal estatístico do Action 3.3.2, a fim de visualizar o perfil de variação da TSA no compartimento aquático. Em seguida, testou-se a suposição de normalidade desses dados evidenciando que eles não assumem uma distribuição normal.

Assim, a correlação de spearman foi aplicada entre as amostras pareadas, para testar o grau de correlação entre a  $T_m$  e a  $T_e$ , ou seja, valores próximos a 1 indicam forte correlação entre os dados pareados.

O teste de Wilcoxon também foi utilizado, pois é um método alternativo não-paramétrico que testa diferenças entre as amostras

pareadas ( $T_m$  versus  $T_e$ ) e, em seguida, calcula a mediana das diferenças entre elas. O referido teste considera duas hipóteses: hipótese nula ( $H_0$ ) quando não há diferença significativa entre as amostras e hipótese alternativa ( $H_1$ ) quando há evidências de diferenças entre as amostras. Desse modo, para confirmar a hipótese nula ( $H_0$ ) o conjunto de dados deverá apresentar  $p > 0,05$ , a um nível de significância de 5%.

Por fim, foi calculado o erro médio quadrático (REMQ) que indica o grau de similaridade entre a  $T_m$  e a  $T_e$ , de modo que, o valor ideal é zero (BECKER, CHAMBERS, WILKS, 1988).

### 3. Resultados e discussões

Com base na Tabela 2 foi possível observar que os valores para os métodos de registros entre os conjuntos de dados (C1 e C2) não apresentaram variações expressivas.

Tabela 2: Análise exploratória da Temperatura de Superfície da água\*

Amostras	Método de registro	Mínimo (C°)	Máximo (C°)	Média (C°)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
C1 (57)	Campo	16,04	24,97	20,07	2,04	10.19
	C/correção	15,78	24,40	19,88	2,16	10.91
	S/correção	15,45	24,05	19,51	2,14	10.95
	<b>Geral</b>	<b>15,45</b>	<b>24,97</b>	<b>19,88</b>	<b>2,14</b>	<b>10,68</b>
C2 (72)	Campo	16,04	25,13	20,31	2,01	09,90
	C/correção	15,78	24,40	19,94	2,08	10,43
	S/correção	15,45	24,05	19,58	2,06	10,57
	<b>Geral</b>	<b>15,45</b>	<b>25,13</b>	<b>19,94</b>	<b>2,06</b>	<b>10,30</b>

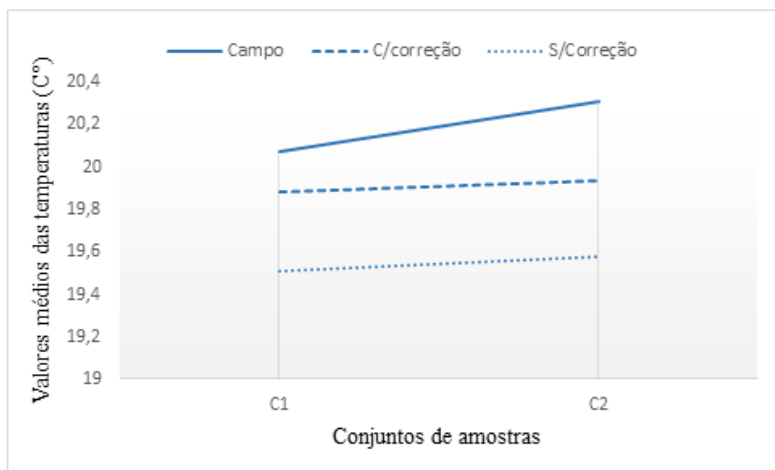
\*As colunas Máximo e Mínimo da linha denominada Geral representa os respectivos valores para todo o conjunto de dados. Já nas colunas Média, Desvio Padrão e Coeficiente de variação a referida linha apresenta os valores médios do conjunto de dados.



Assim, nota-se que a média mínima da TSA não apresentou variação significativa entre os conjuntos de amostras ( $15,45\text{C}^\circ$ ). O menor valor da TSA registrado em campo, no entanto, ocorreu na missão 06 de 08/06/2016 ( $16,04\text{C}^\circ$ ) e a maior na missão 09 ( $25,13\text{C}^\circ$ ) de 28/09/2016. Tal variação pode ser explicada principalmente pelo recorte temporal no horário das coletas, ou seja, das 09h30min até 13h00min (maior tempo de insolação) para o C2. Consequentemente, as médias dos valores de TSA foram ligeiramente maiores para esse conjunto de amostras, resultando na média de valores de  $19,94\text{C}^\circ$ .

Em detalhes, observa-se que os valores das médias da TSA registrados nas imagens de satélite com correção em ambos os conjuntos dos dados apresentaram melhor desempenho, ou seja, suas médias se aproximaram mais dos valores das médias da TSA registrados em campo. Ainda, nota-se claramente que os valores das médias tendem a se elevar conforme o aumento no horário de registro das amostras (Figura 3).

Figura 03- Variação média da TSA água nas imagens



Diante desta análise exploratória dos dados conclui-se que não

houve uma variação significativa dos valores dos dados de TSA entre os conjuntos de amostras. Quando observado a correlação entre os dados da TSA, ambos os conjuntos apresentaram o  $r$  satisfatório. O teste de Wilcoxon revelou que não houve variação significativa entre as medianas das diferenças ( $p = 0,1148$ ) entre a  $T_m$  e a  $T_e$  apenas nas imagens com correção do conjunto C1, cujo REMQ (0,80) foi o menor (Quadro 1). Assim, com um nível de significância de 5%, a hipótese nula ( $H_0$ ) foi confirmada.

Quadro 1. Correlação e teste de hipótese entre os conjuntos de dados de TSA

Conjunto de amostras	Método nas Imagens de satélite	Correlação ( $r$ )	P valor	REMQ ( $^{\circ}C$ )
C1	Com correção	0,846	0,1148	0,80
	Sem correção	0,844	0,0001	0,88
C2	Com correção	0,827	0,0008	0,84
	Sem correção	0,833	0,0001	0,95

Ao analisar a média dos resíduos (Tabela 3) para os diferentes métodos e conjuntos amostrais, notou-se que com o aumento do recorte temporal os valores das estimativas da TSA tendem a se afastar da média dos registros em campo. Por exemplo, de  $0,19C^{\circ}$  encontrados para o C1

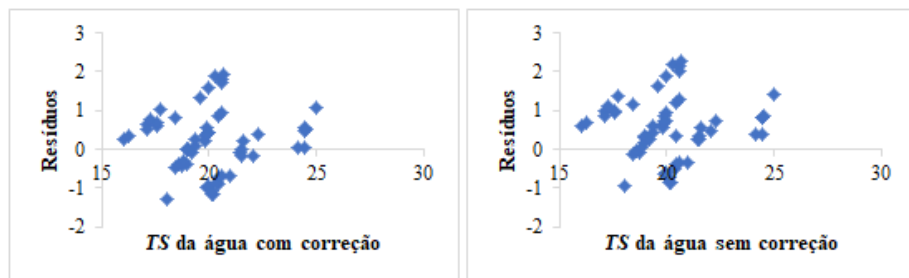
Resíduos ( $C^{\circ}$ )		
Métodos	C1	C2
Com correção	0,19	0,37
Sem correção	0,37	0,73
Geral	0,28	0,55

para  $0,37C^{\circ}$  registrados no C2, ambos para o método com correção.

Tabela 3 – Médias dos resíduos dos valores da TSA

Sequencialmente gerou-se o gráfico dos resíduos dada a diferença entre a variável resposta observada e a variável estimada nas imagens. Nesse sentido, observou-se que para o C1 com ambos os métodos não ocorre um aumento sistemático evidente conforme o aumento ou diminuição da temperatura ( $C^{\circ}$ ) medida em campo. Nota-se, ainda, que os resíduos são distribuídos aleatoriamente próximos do zero e entre -1,28 e 1,95 (com correção) e -0,95 e 2,28 (sem correção) (Figura 04).

Figura 04- Diferenças entre a  $T_m$  e a  $T_z$ , recorte temporal C1



A maior parte da amostra dos resíduos em imagens com correção (54,39%) concentrou valores menores ou iguais a  $0,5C^{\circ}$ , de modo que 24,56% apontam valores entre  $0,5C^{\circ}$  e  $1C^{\circ}$  e 21,05% acima de  $1C^{\circ}$ . Cenário semelhante ocorre nas imagens sem correção com um desempenho expressivo sobre os resíduos inferiores a  $0,5C^{\circ}$  (42,1%), embora com valor inferior às estimativas da TSA com correção. No entanto, a distribuição dos seus resíduos ocorre mais proeminente no intervalo entre  $0,5C^{\circ}$  e  $1,0C^{\circ}$  (36,85%) (Quadro 2).

Quadro 2 – Distribuição dos resíduos para o recorte temporal C1

	Estimativas (C°)	Com correção (%)	Sem correção (%)
C1	Até 0,5	54,39	42,10
	0,5 a 1,0	24,56	36,85
	Acima de 1,0	21,05	21,05

Para o C2 também não ocorre um aumento sistemático evidente conforme a variação da temperatura (C°) registrada em campo. Além disso, os resíduos estão distribuídos aleatoriamente próximos a zero e entre -1,28 e 2,35 (com correção) e -0,95 e 2,68 (sem correção) (Figura 5).

Figura 05- Diferenças entre a  $T_m$  e a  $T_e$ , recorte temporal C2

Observa-se que nesse conjunto de amostras os resíduos apresentaram distribuição mais dispersa, com menor desempenho das estimativas da TSA se comparado ao C1. As estimativas geradas para o C2 nas imagens com correção apontaram desempenho menores ou iguais a 0,5C° em 49,33% das amostras, entre 0,5C° e 1C° 26,67% e 24% acima de 1C°. Já nas estimativas da TSA das imagens sem correção 33,33% das amostras são menores ou iguais a 0,5C°, 34,67% entre 0,5C° e 1C° e 32% acima de 1C° (Quadro 3).

Quadro 3 – Distribuição dos resíduos para o recorte temporal C2

	Estimativas (C°)	Com correção (%)	Sem correção (%)
C2	Até 0,5	49,33	33,33
	0,5 a 1,0	26,67	34,67
	Acima de 1,0	24	32

O desempenho nas estimativas da TSA é afetado principalmente pelo recorte temporal nos conjuntos de amostras. De acordo com Handcoc et al (2012) uma diferença de até 4 horas entre o tempo de observação in situ e o tempo de passagem do satélite devem apresentar estimativas inferiores a  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Dado o C1 e as estimativas geradas em imagens com a correção da emissividade, conclui-se que 78,95% das amostras apresentaram diferenças inferiores a  $1^{\circ}\text{C}$ , portanto, aceitável. No entanto, o recorte temporal do estudo contempla meses mais frios, sem grandes variações na TSA. Em meses mais quentes, provavelmente o desempenho dessas estimativas ficaria comprometido, pois de acordo com Ling et al (2017) a variação da TSA é maior nessa condição sazonal.

Em tese, existem muitas fontes de erros nas estimativas da TSA e são inevitáveis (LING et al, 2017). Problemas relacionados à calibração radiométrica do sensor TIRS mediante interferências de luz difusa foram identificados desde seu lançamento (REUTER et al., 2015; MONTARANO, 2014). Diante da consequência propagada Montarano et al. (2015) desenvolveu um algoritmo que foi implementado nas imagens em 2017, resolvendo parcialmente o problema. As correções propiciaram a redução dos erros de calibração de  $2,1^{\circ}\text{K}$  para  $0,3^{\circ}\text{C}$  na banda 10. Mesmo assim, a banda 11 ainda não é recomendada para utilização (GERACE e MONTARANO, 2017).

Nas imagens processadas no C1 e submetidas a correção da emissividade foram encontradas estimativas médias de até  $1^{\circ}\text{C}$ ,

corroborando com o estudo de Handcock et al. (2006) onde o resultado indicou uma média  $1,2^{\circ}\text{C}$ . A média da diferença entre a  $T_m$  e a  $T_e$  de até  $0,5^{\circ}\text{C}$  foi estatisticamente significativa em 54,39% das amostras desse estudo, resultado semelhante revelado na pesquisa de Wawrzyniak, Piegay e Poirel (2011), ou seja, uma média de  $0,3-0,4^{\circ}\text{C}$  com a utilização de imagens da série Landsat.

Ling et al. (2017) questiona a geração das estimativas da TSA em imagens sem correção atmosférica e a utilização de séries temporais do Landsat para minimizar as incertezas inerentes ao processo de estimativas da TSA. Todavia, ao confrontarem os métodos de correção de imagens termais Planck Equation, Radiative Transfer e Mono-Window Algorithm, Ndossi e Avdan (2016) revelaram que o melhor desempenho foi identificado para as imagens corrigidas com o primeiro método.

Em estudo desenvolvido por Pires e Ferreira Jr (2015) com o objetivo de comparar os valores das TSA com a utilização de imagens do Landsat 7 e 8, com e sem correção atmosférica, verificaram que as imagens sem correção atmosférica revelaram melhor desempenho nas estimativas da temperatura do ar com diferenças de até  $4^{\circ}\text{C}$ .

Entende-se que nesse estudo o método utilizado para gerar as estimativas de TSA foi eficaz, assim como no estudo de estimativas da TSA a partir da banda térmica Landsat ETM + desenvolvido por Ling et al (2017). No entanto, apesar desses autores revelarem um melhor coeficiente de correlação para os dados (0,9268), o erro médio quadrático (REMQ) de  $1,07^{\circ}\text{C}$  foi superior ao encontrado no C1 e C2 do presente estudo ( $0,80^{\circ}\text{C}$  e  $0,88^{\circ}\text{C}$  /  $0,84^{\circ}\text{C}$  e  $0,95^{\circ}\text{C}$ , respectivamente).

## 4. Conclusão

A TSA passa por transições de ganhos e perdas de energia ao

longo do dia a medida que o ângulo de elevação do sol muda. Nessa lógica, as medidas em campo devem inquirir pela menor diferença entre o tempo de observação *in situ* e o tempo de passagem do satélite, principalmente em meses mais quentes. Além disso, a resolução espacial e o método para corrigir as imagens são elementos relevantes para obter um desempenho aceitável nas análises.

Com base nestes aspectos e na hipótese da pesquisa, pode-se concluir: a) as diferentes metodologias empregadas para estimar a TSA apresentaram correlação entre as amostras aceitável, porém sem diferença entre as medianas da  $T_m$  e  $T_e$  e menor REMQ apenas para o C1 e nas imagens submetidas a correção da emissividade, com 5% de significância; b) no C2 a dispersão dos resíduos foi maior, comprometendo a validação das estimativas; e c) monitoramentos remotos são alternativas viáveis para preencher o registro empírico esparsa da temperatura de superfície de águas interiores.

Sugere-se para pesquisas futuras nesse tema a introdução de medidores contínuos da TSA e em uma rede maior de amostras a fim de reforçar a validação dos dados e permitir conclusões mais assertivas sobre os impactos da variação da temperatura em represamentos hidrelétricos.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da CAPES/FAPERGS - Nº Processo: 8888.162068/2017-00 (Bolsa de Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria). Especial agradecimento a Itaipu Binacional pela geração e disponibilização dos dados utilizados nesse estudo. Ainda, sem o apoio do Programa Nacional de Cooperação

Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01 a realização dessa pesquisa não seria possível.



## Bibliografia

BECKER, R. A.; CHAMBERS, J. M. e WILKS, A. R. The New S Language. Wadsworth e Brooks/Cole, 1988.

BOLGRIEN, D.W. e BROOKS. Analysis of thermal features of Lake-Michigan from AVHRR satellite images. Journal of Great Lakes Research, 18 (2), 259–266, 1992.

BRADLEY, A. A.; HOLLY, F. M.; WALKER, W. K.; e WRIGHT, S. A. Estimation of Water Temperature Exceedance, 1998.

CHERKAUER, K. A.; BURGES, S. J.; HANDCOCK, R. N.; KAY, J. E.; KAMPF, S. K.; GILLESPIE, A. R. Assessing satellite-based thermal-infrared remote-sensing for monitoring Pacific Northwest river temperatures. Journal of the American Water Resources Association, October. 03161, 2005.

CRISTEA, N. C. e BURGES, S. J. Use of thermal infrared imagery to complement monitoring and modeling of spatial stream temperature. J Hydraul Eng 14:1080–1090, 2009.

DEAS, M. L. e LOWNEY, C. L. Water Temperature Modeling Review. Califórnia Water Modeling Forum, 1-113, 2000.

GERACE, A.; MONTARANO, M. Derivation and validation of the stray light correction algorithm for the thermal infrared sensor onboard Landsat 8. Remote Sensing of Environmental, v. 191, p. 246 – 257, 2017.

GIBBONS, J. D. and CHAKRABORTI, S. Nonparametric Statistical Inference. Marcel Dekker Inc. Hollander, M. and Wolfe, D. Nonparametric Statistical Methods, John Wiley and Sons, 2003.

HANDCOC, R. N.; TORGERSEN, C. E.; CHERKAUER, K. A.; GILLESPIE, A. R.; TOCKNER, K.; FAUX, R. N.; TAN, J. Thermal Infrared Remote Sensing of Water Temperature in Riverine Landscapes. *Fluvial Remote Sensing for Science and Management*, 85-113, 2012.

HANDCOCK R. N.; GILLESPIE, A. R.; CHERKAUER, K. A.; KAY, J. E.; BURGES, S. J.; KAMPF, S. K. Accuracy and uncertainty of thermal-infrared remote sensing of stream temperatures at multiple spatial scales. *Remote Sens Env* 100:427-440, 2006.

HÉBERT, C. Predicting Hourly Stream Temperatures Using the Equilibrium Temperature Model. *Journal of Water Resource and Protection*, 7, 322-338, 2015.

KAY, J. E.; KAMPF, S. K.; HANDCOCK, R. N.; CHERKAUER, K. A.; GILLESPIE, A. R.; BURGES, S. J. Accuracy of lake and stream temperatures estimated from thermal infrared images. *J Am Water Res Assoc* 41:1161-1175, 2005.

LAMARO, A.; MARINELARENA, A.; TORRUSIO, S.; SALA, S. E. Estimativa da temperatura da superfície da água a partir dos dados infravermelhos térmicos Landsat 7 ETM + usando o método generalizado de canal único: Estudo de caso de Embalse del Río Tercero (Córdoba, Argentina). *Advances in Space Research*, V.51, 492-500, 2013.

LEDREW, E.F.; FRANKLIN, S.E. The use of thermal infrared imagery in surface current analysis of a small lake. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51, 565-573, 1985.

LING, F.; FOODY, G. M.; Du, H.; BAN, X.; Li, X.; ZHANG, Y. e Du, Y. Monitoring Thermal Pollution in Rivers Downstream of Dams with Landsat ETM+ Thermal Infrared Images. *Remote Sens.*, 9, 1175; doi:

10.3390/rs9111175, 2017.

MERTES, L. A. K.; DEKKER, A. G.; BRAKENRIDGE, G. R.; BIRKETT, C.M.; LETOURNEAU, G. Rivers and lakes. In Remote sensing for natural resource management and environmental monitoring. Manual of remote sensing. Volume 4, Ustin, S.L. (ed.) John Wiley e Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey, pp. 345–400, 2004.

MONTANARO, M., BARSÌ, J., LUNSFORD, A., ROHRBACH, S., MARKHAM, B. Performance of the Thermal Infrared Sensor on-board Landsat 8 over the first year on-orbit. Proceedings of SPIE, Earth Observing Systems XIX. 9218-17, 2014.

MONTANARO, M., GERACE, A., ROHRBACH, S. Toward an operational stray light correction for the Landsat 8 thermal infrared sensor. Appl. Opt. v. 54 (13), p. 3963–3978, 2015.

NDOSI, M. I.; AVDAN, U. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: a PyQGIS Plugin. Remote Sensing, v. 8, n. 5, 2016.

PIRES, E. G.; FERREIRA Jr, L. G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

REUTER, D., RICHARDSON, C., PELLERANO, F., IRONS, J., ALLEN, R., ANDERSON, M., JHABVALA, M., LUNSFORD, A., MONTANARO, M., SMITH, R., TESFAYE, Z., THOME, K. The Thermal Infrared Sensor (TIRS) on Landsat 8: design overview and pre-

launch characterization. *Remote Sens.* 7 (1), p. 1135–1153, 2015.

TONOLLA, D.; ACUNÁ, V.; UEHLINGER, U.; FRANK, T.; TOCKNER, K. Thermal heterogeneity in river floodplains. *Ecosyst* 13:727–740, 2010.

TORGERSEN, C. E.; FAUX, R. N.; MCINTOSH, B. A.; POAGE, N. J.; NORTON, D. J. Airborne thermal remote sensing for water temperature assessment in rivers and streams. *Remote Sens Env* 76:386–398, 2001.

TORGERSEN, C. E.; PRICE, D. M.; LI, H. W.; MCINTOSH, B. A. Multiscale thermal refugia and stream habitat associations of Chinook salmon in northeastern Oregon. *Ecol Appl* 9:301–31, 1999.

VALOR, E.; CASELES, V. Mapping Land surface emissivity from NDVI: application to European, African, and South Americas áreas. *Remote Sensing of Environment*, v. 7, p. 167 – 184, 1996.

VAN de GRIEND, A. A.; OWE, M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal Remote Sensing*, v. 14, p. 1119 – 1131, 1993.

WAWRZYNIAK, V. PIEGAY, H. POIREL, A. Longitudinal and temporal thermal patterns of the French Rhone River using Landsat ETM+ thermal infrared images. *Aquatic Sciences*, v.75, p. 405-414, 2011.

ZHANG, J.; WANG, Y.; LI, Y. A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat M/ETM+ band6. *Computers & Geosciences*, v. 32, p. 1796 – 1805, 2006.

## 5. *Lista de siglas*

TSA – Temperatura de superfície da água

OLI – Operational Land Imager

TIRS - Thermal Infrared Sensor

LST - Land Surface Temperature

C1 – Conjunto de dados de temperatura da água 1

C2 – Conjunto de dados de temperatura da água 2

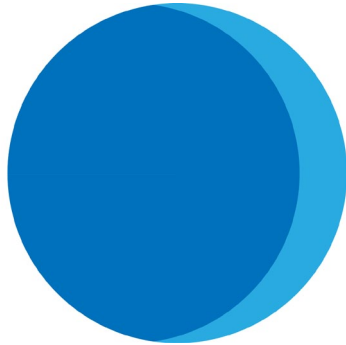
TIR - Infravermelho Termal

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

T<sub>m</sub> – Temperatura medida

T<sub>e</sub> – Temperatura estimada

REMQ – Erro médio quadrático



# VARIABILIDADE CLIMÁTICA E OS ASPECTOS FÍSICO-GEOGRÁFICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CAIAPÓ, OESTE GOIANO – GOIÁS<sup>1</sup>

Thiago Rocha  
Zilda Mariano de Fátima (*in memoriam*)  
Alécio Perini Martins  
João Batista Pereira Cabral  
Daiane Ferreira Batista  
Regina Maria Lopes

## 1. Introdução

Com base na gênese e na dinâmica atmosférica, podem ser evidenciadas diversas relações de causa e efeito no conjunto formado pela atmosfera e a superfície. Esse entendimento é fundamental para a compreensão da dinâmica espaço-temporal dos elementos climáticos, principalmente da temperatura, da umidade relativa do ar e da precipitação pluvial. Os fatores espaço e tempo (cronológico) são fundamentais na definição dos climas. Para Sant’Anna Neto e Zavattini (2000), Lima e Mariano (2014), são necessários avaliar se as variações do

---

1 Este capítulo é produto da dissertação de mestrado em Geografia defendida por Rocha (2018).

clima são condicionadas por fatores de mudança climática ou se são ciclos periódicos que tendem a se repetir de tempos em tempos, tratando-se apenas de variabilidade do clima.

Apesar de o clima ser regido pela ação da radiação solar e pelos fatores naturais de superfície, a ação do homem, através das formas de uso e ocupação das terras no espaço, vem provocando alterações climáticas, principalmente em escalas locais. Ayoade (2001, p. 300) afirma que as atividades humanas podem “influenciar o clima inadvertidamente através de suas várias atividades e ações, tais como a urbanização, industrialização, a retirada de árvores, atividades agrícolas, drenagem e construção de lagos artificial”.

A dinâmica atmosférica é fundamental para a definição do estado do tempo sobre um dado lugar, assim como os elementos físico-geográficos que contribuem e dá origem ao clima local que se verifica num ponto restrito. Da análise do aspecto da terra sem a modificação do homem e com a ação do homem intervindo para o processo de ocupação. Esse processo produz distúrbios no ciclo térmico diário devido às diferenças existentes entre a radiação solar recebida pela superfície (ROCHA, 2018).

Nesse contexto, a “bacia hidrográfica” é frequentemente utilizada como unidade espacial em trabalhos acadêmicos e científicos, auxiliando na adoção de práticas corretas de planejamento, manejo e aproveitamento dos recursos naturais. Dada a grande importância da água como via de transporte aquático, na geração de energia elétrica, como fonte de abastecimento urbano e nas atividades agrícola e industrial, a bacia hidrográfica é considerada uma unidade básica para planejamento e gestão ambiental (ROSS; DEL PRETTE, 1998; LIMA & MARIANO, 2014).

As bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia por meio de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que



oscilam em torno de um padrão. Dessa forma, mesmo quando não perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em transformação (LIMA; ZAKIA, 2000).

Teodoro et al. (2007) e Rocha et al. (2017) complementam descrevendo que qualquer modificação no recebimento, na liberação de energia ou na forma do sistema acarretará mudanças compensatórias, que tendem a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico dos elementos climáticos, sobretudo da temperatura em escala local.

O recorte espacial compreende três sub-bacia hidrográficas (Santo Antônio, José Manuel e Mosquitão) inserida na bacia hidrográfica do Médio Caiapó, entre as coordenada geográficas de  $16^{\circ} 22' 40''$  e  $16^{\circ} 25' 21''$  latitude Sul e  $51^{\circ} 20' 58''$  e  $51^{\circ} 04' 28''$  longitude Oeste. Na bacia hidrográfica do Rio Caiapó, foi construída a Pequena Central Hidroelétrica (PCH – Mosquitão). Toda a área em estudo representa  $854,5 \text{ km}^2$ , sendo que a sub-bacia do córrego Mosquitão  $85,4 \text{ km}^2$  representando (9,95%). A sub-bacia hidrográfica do córrego José Manuel apresenta  $118,2 \text{ km}^2$ , essa área possui (13,83%). A sub-bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio é a maior entre as já citadas, possui uma área de  $651 \text{ km}^2$  representando (76,22%) de toda a área de estudo.

A bacia hidrográfica do Médio Caiapó, no Oeste Goiano, vem sofrendo transformações em seu ambiente natural, provenientes das ações antrópicas locais, principalmente na questão do uso e da ocupação das terras. A vegetação de Cerrado está, paulatinamente, sendo substituída por pastagem para fins da principal atividade econômica na região, a pecuária extensiva, especialmente nas áreas de relevo suave/ondulado. De acordo com Rocha et al. (2017), nas áreas mais planas da bacia às atividades agrícolas está ganhando espaço, como, por exemplo, já existem pequenas plantações de soja e milho. Tais atividades são possibilitadas devido aos

avanços tecnológicos provindos da agricultura moderna.

Outra importante atividade antrópica na região é o represamento de corpos hídricos para a geração de energia elétrica. Na bacia hidrográfica do Médio Caiapó, possuiu uma Pequena Central Hidroelétrica (PCH – Mosquitão), com o represamento das águas do curso principal do rio, a área de alagamento é de aproximadamente 4 km<sup>2</sup>, tendo sido necessária a retirada da mata ciliar, alterando a biota tanto aquática como terrestre.

## 1.1 Variabilidade climática

O clima e as variações climáticas desempenham ampla influência na vida dos seres humanos. Ayoade (2011, p. 288) afirma que “o impacto do clima e da variabilidade sobre a sociedade pode ser positiva ou negativa, a sociedade tem muitas vezes visto o clima como um fator negativo e o têm negligenciado como recurso”.

A climatologia geográfica vem, ao longo dos anos, utilizando vários métodos. A variabilidade é um deles, sendo utilizada por vários autores, tais como: Parker e Folland (1988), Christofolletti (1992), Conti (2000), Tucci (2002), Ferrari (2012, p.14) de acordo com Talbony (1979). Estes autores apontaram em seus estudos uma busca pela definição da variabilidade climática.

De acordo com Ferrari (2012, p. 14) baseado em Talbony (1979), “a denominação variabilidade climática na qual, está associada com as alterações do clima em função das condições naturais do planeta e as interações antrópicas causada pelo homem”.

Segundo Parker e Folland (1988, p. 207), “a variabilidade climática não depende somente da complexidade da dinâmica atmosférica e de seus processos de troca de energia entre os oceanos e a biosfera”. O homem tem sua contribuição a partir da intervenção antrópica e de agentes

externos, tais como os ciclos solares e as atividades vulcânicas.

Christofoletti (1992, p. 18) esclarece que:

a variabilidade climática a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período registrado. As medidas adequadas para expressar a variabilidade são geralmente consideradas como sendo o desvio padrão e o coeficiente de variação de séries temporais contínuas.

De acordo com Conti (2000, p. 17), “a variabilidade climática é a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expressos através de desvio-padrão ou coeficiente de variação”.

Para Tucci (2002, p. 51), “variabilidade climática são as variações que o clima sofre em função das condições naturais do planeta e de suas interações, e modificações climáticas provenientes das atividades humanas”.

## *1.2 A dinâmica atmosférica na região Centro-Oeste com ênfase no Estado de Goiás*

O Brasil é um país de dimensões continentais e sua grande extensão territorial permite que atuem em seu clima cinco massas de ar, sendo elas: massa equatorial continental (mEc), massa equatorial atlântica (mEa), massa tropical atlântica (mTa), massa tropical continental (mTc) e massa polar atlântica (mPa). Desse modo, autores como Serra e Ratisbonna (1942), Monteiro (1951), Nimer (1979), Quadro et al. (1996), Rocha e Gandu (1996), Campos et al. (2002), Evangelista (2004), Nascimento (2011), Luiz (2012) e Nascimento (2016) registraram seus estudos voltados para a atuação das massas de ar na região Centro-Oeste com destaque para o estado de Goiás.

Nascimento (2016, p. 32); Rocha (2018, p. 54) baseado em Serra e Ratisbonna (1942) descreve que:

a massa equatorial continental (mEc) tem origem numa região de *doldrum* (calmaria) formada pelo centro de baixa pressão localizado na Floresta Amazônica. Por se formar em uma zona de baixa pressão, essa massa de ar se configura como um sistema atmosférico ciclônico com movimento ascendente e convergente, concentrando e transmitindo para as camadas superiores da atmosfera tanto a umidade gerada pela evapotranspiração da densa vegetação e dos abundantes corpos hídricos da Floresta Amazônica quanto àquela originada pela evaporação do Oceano Atlântico, que é transportada pelos alísios. Por conta dos ventos contra-alísios nas camadas superiores da atmosfera e pela expansão da depressão térmica localizada nessa região durante a primavera e verão, essa massa de ar se desloca para o restante do país, perfazendo uma trajetória NO-SE, chegando até o litoral do sul do Brasil.

A região Centro-Oeste do Brasil é composta pelos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás além do Distrito Federal, e representa 22% do território brasileiro. A localização da região é influenciada pelos elementos físico-geográficos, tais como o efeito da continentalidade, a sua posição latitudinal, as características do relevo e a dinâmica da circulação atmosférica (MONTEIRO, 1951; NIMER, 1979) (Figura 1)

Figura 1 - Massas de ar atuantes na Região Centro-Oeste do Brasil com destaque para Goiás



Elaboração: Nascimento (2016), com base em Serra e Ratisbonna (1942), Nimer (1979) e Monteiro (1951). Organização: ROCHA, T. (2018)

## 2. Metodologia

### 2.1 Localização da bacia hidrográfica do Médio Caiapó, escolha e distribuição dos pontos de coleta, em escala local

A bacia do Rio Caiapó é formadora dos cursos d'água do Rio Araguaia, tendo como foz o Rio Tocantins, ambos pertencentes à Bacia Hidrográfica do Araguaia/Tocantins (GOIÁS, 2006).

A Figura 2 apresenta a localização dos conjuntos das bacias hidrográficas que competem parte da Bacia do Médio Caiapó, onde está inserida a Pequena Central Hidrelétrica (PCH-Mosquitão), cujo

posicionamento está entre as coordenadas geográficas  $16^{\circ}22'40''$  e  $16^{\circ}25'21''$  Sul e  $51^{\circ} 20' 58''$  e  $51^{\circ} 04' 28''$  Oeste, no Oeste Goiano. A área é composta por três sub-bacias hidrográficas: ribeirão Santo Antônio, ribeirão José Manuel e ribeirão Mosquitão. Ambas as sub-bacias, contribuem para a recarga direta da PCH-Mosquitão no leito do Rio Caiapó. Todo o recorte espacial representa uma área de  $854,5 \text{ km}^2$ .

Nas margens, na porção esquerda do leito da bacia hidrográfica do Médio Caiapó, as sub-bacias dos ribeirões José Manoel apresenta uma área total de  $118,2 \text{ km}^2$ , tendo o comprimento do canal principal de 30 km. A sub-bacia hidrográfica do córrego Mosquitão, corresponde à área de  $85 \text{ km}^2$  com o comprimento do canal principal de 14,32 km. As direções dos seus fluxos estão no sentido Oeste-Leste. Ambas as sub-bacias, estão inseridas no município da cidade de Arenópolis-GO.

Na porção direita do leito da bacia hidrográfica do Médio Caiapó, está localizada a sub-bacia do ribeirão Santo Antônio, que representa a maior área em  $\text{km}^2$ , sendo  $651,2 \text{ km}^2$ , o comprimento do canal principal e de 85,4 km. Seu fluxo corre em direção no sentido Leste-Oeste. A sub-bacia do ribeirão Santo Antônio abrange os municípios de Amarinópolis-GO, Arenópolis-GO e Iporá-GO.

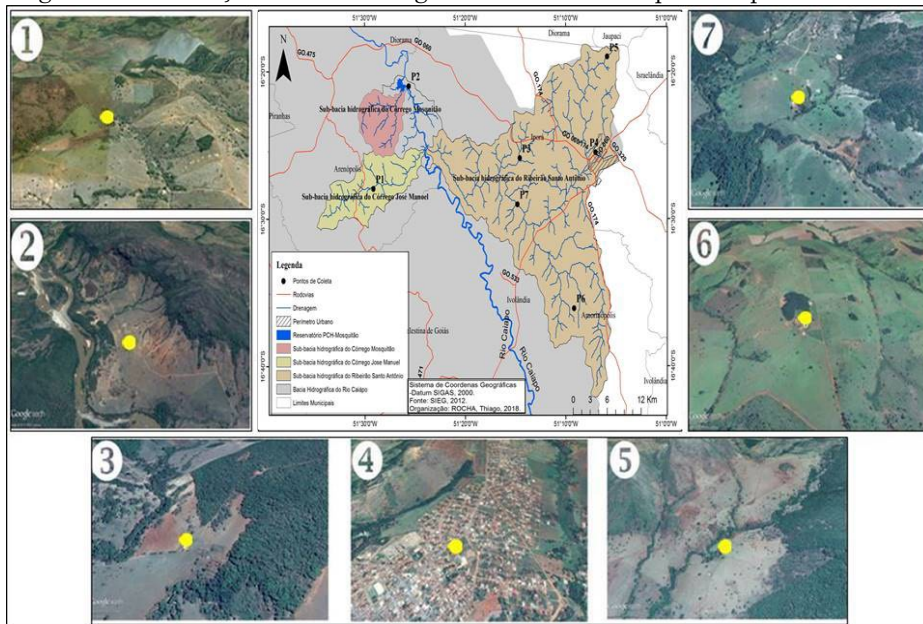
Para a escolha dos pontos utilizaram-se as imagens do Google Earth-Pro (2015) e posteriormente foi realizado o trabalho de campo para reconhecimento da área e instalação dos aparelhos (Quadro 1 e Figura 2).

Quadro 1 – Coordenada geográfica dos pontos de coleta na área de estudo

Pontos	Coordenada (E)	Coordenadas (S)	Altitude
P1	442032,42m	8179997,69m	624m
P2	456428,72m	8189899,64m	338m
P3	474028,40m	8183310,69m	378m
P4	487472,64m	8184046,49m	547m
P5	489518,96m	8195991,86m	834m
P6	483623,80m	8164596,10m	536m
P7	475125,07m	8176529,71m	356m

Fonte: ROCHA, T. (2018)

Figura 2 - Localização da bacia hidrográfica do Médio Caiapó e dos pontos de coleta



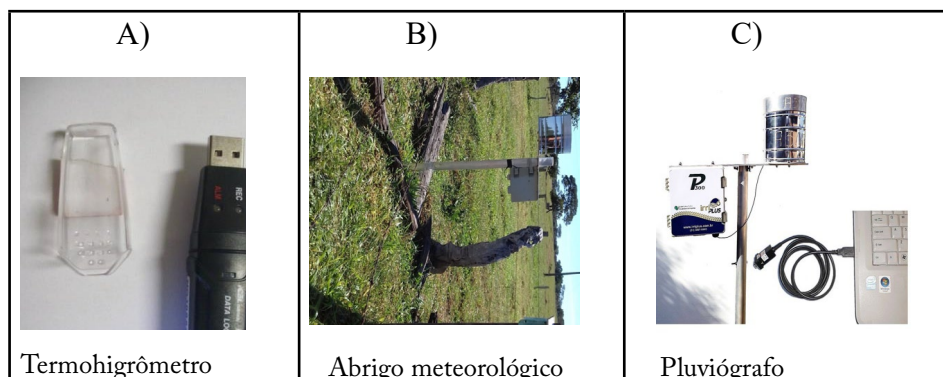


## 2.2 Procedimentos de instalação dos termohigrômetros e dos pluviógrafos na escala local

Para a coleta dos dados de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), utilizou-se termohigrômetros digitais (Data Logger, modelo HT-500), adotando a proposta de Monteiro (1990) que consiste em utilizar mini abrigos meteorológicos de madeiras fixos, com face voltada ao sul, pintados na cor branca; para proteger de insetos, utilizou-se tela na cor verde de nylon. Para coletar os dados de precipitação pluvial foi utilizado o pluviógrafo (modelo Irriplus-P300) (Figura 3 – A; B; C).

Os termohigrômetros e os pluviógrafos foram instalados a 1,5 metros de altura em relação à superfície, seguindo o padrão estipulado pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia). A instalação dos aparelhos ocorreu nos dias 29 e 30 de abril de 2016, porém os dados foram considerados a partir do dia 01 de maio, pois nesta data todos os aparelhos já estavam instalados.

Figura 3 –A) Termohigrômetro modelo HT-4000; B) Abrigo meteorológico; C) Pluviógrafo modelo P-300<sup>2</sup>



Fonte: ROCHA, T. (2018)

<sup>2</sup> Equipamentos adquiridos, via recurso do CNPq, sob coordenação do Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral em parceria com a Prof. Dra. Zilda Mariano de Fátima.



## 2.3 Espacialização dos dados climáticos

Com o auxílio do software ArcGIS® 10.2, e a ferramenta de análise e interpolação de dados Inverse Distance Weighting (IDW), foram espacializados os valores das temperatura do ar máximas absolutas de cada mês e os valores das temperatura do ar absoluta mínima mensal. O Quadro 2, apresenta as classes de cores e os valores das temperaturas máximas e mínimas absolutas do ar na bacia hidrográfica do Médio Caiapó.

Quadro 2 – Classes das temperaturas máximas e mínimas absolutas do ar (°C)

Classes de cores	Tem. Máxima (°C)	Classes de Cores	Tem. Mínima (°C)
	36 – 38,9		6 – 8,9
	39 – 41,9		9 – 11,9
	42 – 44,9		12 – 14,9
	45 – 47,9		15 – 17,9
	48 – 50,9		18 – 20,9
	> 51,0		> 21,0

Fonte: ROCHA, T. (2018)

## 2.4 Procedimentos metodológicos para elaboração dos mapas físicos-geográficos

Para a elaboração dos mapas das feições geográficas e para espacializar os dados climáticos, utilizou-se o software® ArcGis 10.2, os mapas confeccionados foram: hipsometria, exposição das vertentes, declividade e de uso e ocupação da terra.

A hipsometria foi elaborada utilizando o software® e as ferramentas para criar o TIN, foram extraídas as curvas de nível através das ferramentas em 3D analyst, Surface Analysis e Contour. Para gerar a curva de nível, escolheu-se o intervalo entre as mesmas de 60 metros, devido ao tamanho da área de estudo. Na sequência, já com as curvas

geradas pelas ferramentas 3D analyst, Create Modify TIN e Create TIN From Features, gerou-se o mapa de hipsometria. Por meio da imagem do satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

Para a exposição das vertentes, utilizou-se o software® em que foram adicionadas as cores, com base na convenção de cores determinada por Armani (2009), e nas orientações cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste) e colaterais (Nordeste Sudeste, Sudoeste e Noroeste), pois, devido a sua posição perante o movimento aparente do sol, Mendonça (1995) e Armani (2009) frisam que, dependendo da orientação, uma vertente poderá ser mais aquecida do que outra, o que pode influenciar na variação da temperatura do ar. O intervalo utilizado para o mapa de exposição foi de 0 a 360° graus.

A declividade foi elaborada a partir da carta viabilizada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), com as bases na articulação das folhas SD.22-Y-D, SE.22-V-A, SE.22-V-B e SD-22-Y-C. Para gerar as feições utilizou-se o software® ArcGIS 10.2, extensão Spatial Analyst, com o uso das ferramentas Slope e Reclassify. Para a classificação de declividade das formas de relevo da área de estudo foi adotada a classificação feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Embrapa. As classes da declividade foram: 0 a 3% plano; 3 a 8% suave ondulado; 8 a 20% ondulado; 20 a 45% fortemente ondulado e >45% montanhoso.

O mapeamento de uso e ocupação das terras foi realizado com base na classificação digital de imagem do Landast 5 - Thematic Mapper (TM), composição colorida 5R4G3B e do Landast 8 - Sensor Operational Land Imager (OLI), composição colorida 6R5G4B, ambas da órbita 223, ponto 71, adquiridas pelo sistema EarthExplorer do U.S. Geological Survey (USGS), gerido pela National Aeronautic and Space Administration (NASA). Em seguida, utilizou-se a ferramenta Multivariate/Isoclauster

do software® ArcGis 10.2, que executa a agregação dos pixels semelhantes, formando as classes de uso em um arquivo matricial, convertido em vetorial. Os polígonos que ficaram ambíguos receberam correção executada através do FieldCalculator, para alteração dos atributos e reclassificação respectiva à sua classe correta, gerando o mapa final

### *3. Resultados e discussão*

#### *3.1 Os fatores físico-geográficos na bacia hidrográfica do Médio Caiapó no Oeste Goiano*

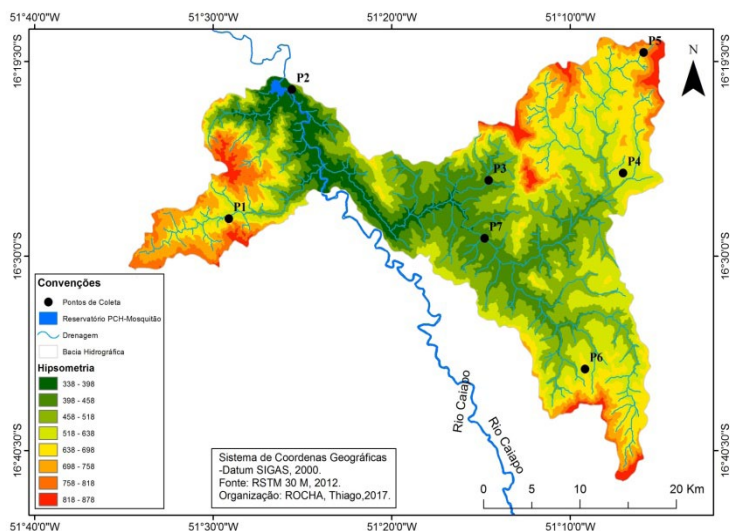
##### *3.1.1 Hipsometria da área de estudo*

A altitude é um dos mais importantes controles climáticos, de acordo com Armani (2009). A altitude influencia o clima, sobretudo através da pressão atmosférica. Sabe-se que a pressão do ar pode ser um dos fatores responsáveis pelo aumento das temperaturas, desse modo, quanto maior a pressão, maior as temperaturas e, quanto menor a pressão, menores as temperaturas (TARIFA, 2002).

De acordo com as cotas altimétricas da área de estudo, procurou-se representar as áreas mais elevadas das áreas mais baixas, pois, de acordo com Tarifa (2002), as cotas mais elevadas são mais frias com menores valores e as cotas mais baixas são mais quentes, podendo ocorrer o inverso, e quando ocorre esse fenômeno é chamado de inversão térmica.

Os resultados demonstraram em relação à altimetria que há uma diferença de 445 m entre o ponto mais elevado - P5 (834 m) - e o ponto mais baixo - P7 (356 m), e os demais pontos obtiveram altimetria para o P1 (624 m); P2 (389 m); P3 (378 m); P4 (547 m) e P6 (536 m), respectivamente (Mapa 1).

Mapa 1 – Hipsometria da bacia hidrográfica do Médio Caiapó



Fonte: RSTM, (2012). Organização: ROCHA, T. (2017)

### 3.1.2 Exposição das vertentes da área de estudo

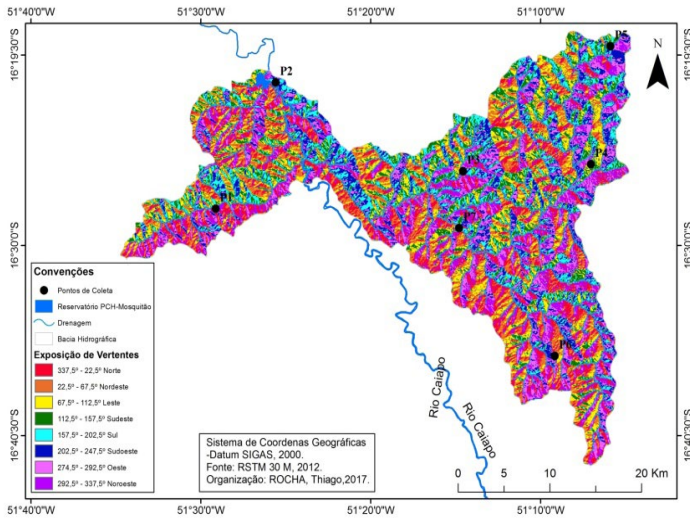
Conforme demonstrado por Geiger (1961) e Armani (2009), a temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) é influenciada diretamente pela exposição do relevo, ou seja, as faces de vertentes voltadas para o norte, noroeste, nordeste, oeste e leste recebem mais radiação solar do que as faces voltadas para o sul, sudeste, sudoeste, no hemisfério sul.

Na área da bacia hidrográfica do Médio Caiapó, os pontos P1, P4, P5 e P6 recebem radiação solar com mais intensidade durante o período da tarde, pois se posicionam em vertentes cujas, as faces estão voltadas para Leste, Oeste, Nordeste e Noroeste. Os P2, P3 e P7 recebem radiação solar com menor intensidade, pois suas faces estão voltadas para o Sul e Sudoeste.

No entanto, reafirmado pelos autores Mendonça (1995) e Armani

(2009), devido à posição da vertente no período da manhã, ocorre um processo inverso, em que os pontos P2, P3 e P7 passam a receber radiação solar com mais intensidade, em contrapartida, os pontos P1, P4, P5 e P6 recebem com menor intensidade (Mapa 2).

Mapa 2 – Exposição das vertentes da bacia hidrográfica do Médio Caiapó



Fonte: RSTM, (2012). Organização: ROCHA, T. (2017)

### 3.1.3 Declividade da área de estudo

A bacia hidrográfica do Médio Caiapó possui cinco classes de declividade, baseadas na Embrapa (1979). Analisar a declividade de uma bacia facilita a compreensão da tendência que segue o relevo e sua composição pedológica, no intuito de verificar se o local oferece condições favoráveis à aptidão agrícola e/ou pecuária e se as áreas estão sujeitas a fortes escoamentos superficiais (GUERRA; GUERRA, 2011). Essas informações são essenciais para o gerenciamento das práticas antrópicas sobre a bacia (TEODORO et al., 2015).

As áreas mais planas da bacia (0 a 3%) representam 11,1% de todo o território, correspondendo a 95,3 km<sup>2</sup>, é localizado em fundos de vale, ou seja, na parte mais baixa, mas também aos topos. As áreas com declividade de 3 a 8% são consideradas de relevo suavemente/ondulado, representando mais da metade de toda área de estudo, com 53,7% (459,5 km<sup>2</sup>). Entre 8 e 20% são considerados relevo ondulado, apresentando 30,2%, possuindo, portanto, 258,2 km<sup>2</sup>. De 20 e 45% o relevo é fortemente ondulado, a área apresenta 4,8%, o que equivale a 41,3 km<sup>2</sup>. Os divisores das bacias apresentam a declividade >45%, possuindo um percentual de 0,2%, representando 0,22 km<sup>2</sup> de acordo com a Tabela 1.

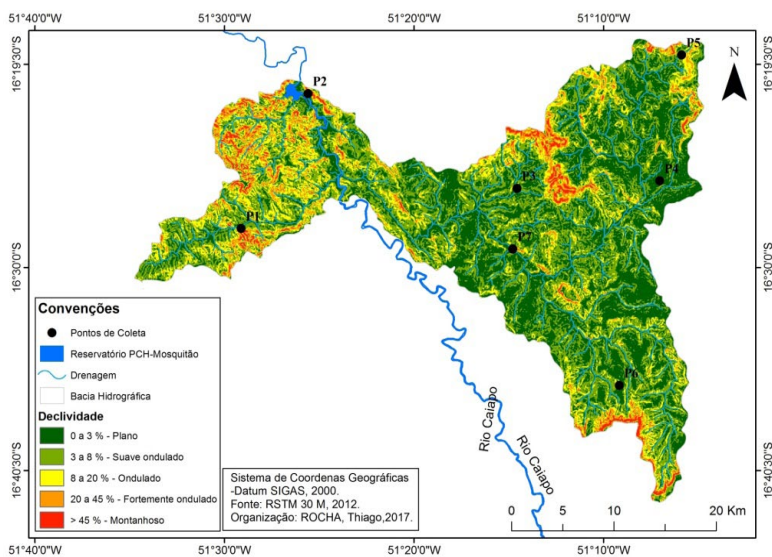
O Mapa 3 apresenta a espacialização da declividade e a localização dos pontos de coletas. Os pontos obtiveram as classes de Suave Ondulado para os P1, P2 e P5. Os P3, P4, P6 e P7 estão localizados na classe Planos, correspondendo às áreas mais baixas da bacia.

Tabela 1 – Classes da declividade na área de estudo

Classe da declividade (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Plano (0 a 3%)	95,3	11,1
Suave ondulado (3 a 8%)	459,5	53,7
Ondulado (8 a 20%)	258,2	30,2
Fortemente ondulado (20 a 45%)	41,3	4,8
Montanhoso (> 45%)	0,22	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>854,5</b>	<b>100</b>

Fonte: EMBRAPA, (1979). Organização: ROCHA, T. (2018)

Mapa 3 – Declividade da bacia hidrográfica do Médio Catapó



Fonte: RSTM, (2012). Organização: ROCHA, T. (2017)

### 3.1.4 Uso e ocupação das terras

A ocupação das terras na área de estudo está voltada em boa parte à pastagem em função da atividade da pecuária extensiva desenvolvida apresentando 38% de toda área. A região representa um relevo ondulado/suave, de acordo com Sousa (2013) e com o IBGE (2016), o que dificulta o manejo mecanizado para as atividades agrícolas.

As matas nativas do cerrado representam 25,13% estão em condições de conservação. Vale ressaltar que as áreas mais preservadas estão nas encostas dos rios, nas serras e morros, e nas áreas de reserva ambiental.

Quanto à produção agrícola, a bacia de modo geral, possui pequenas lavouras temporárias, tais como: cereais, leguminosas, oleaginosas (milho, soja, sorgo, mandioca, cana-de-açúcar), e há a produção de lavouras permanentes (banana e pés de coco), além da plantação de eucaliptos para

a extração vegetal, todas essas atividades representam 31,90%.

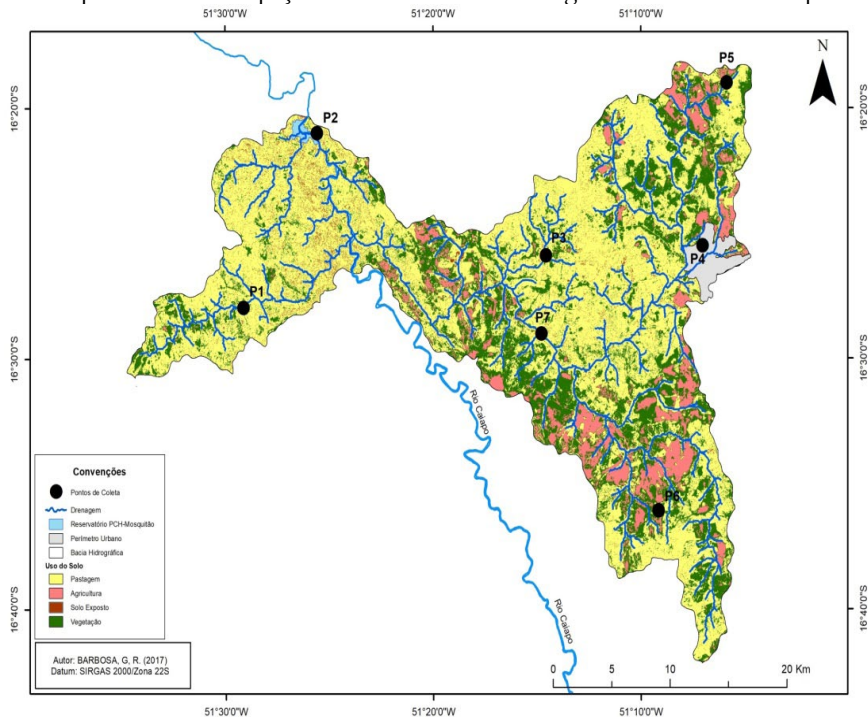
A Tabela 2, o Mapa 4 representam os diversos tipos de uso e ocupação das terras.

Tabela 2 – Classes de uso e ocupação da terra

Classes de Uso e Ocupação das Terras	Área (Km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Perímetro Urbano	14,40	1,69%
Pastagem	324,68	38,00%
Solo Exposto	22,99	2,69%
Vegetação	214,73	25,13%
Agricultura	272,57	31,90%
Água	5,13	0,60%
<b>TOTAL</b>	<b>854,50</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: LAND SAT 8, (2015). Organização: ROCHA, T. (2018)

Mapa 4 – Uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Médio Caiapó



Fonte: LAND SAT 8 (órbita 223, ponto 71), (2015). Organização: BABORSA, G. R. (2018)



### *3.1.2 Análise da variabilidade das temperaturas do ar máximas (°C) na bacia hidrográfica do Médio Caiapó no Oeste Goiano, na escala local*

As temperaturas máximas absolutas (°C) foram extraídas entre os horários das 14h30min às 16h30min. Neste horário, constataram-se os maiores valores de temperatura do ar. A Figura 4 representa a espacialização da variabilidade dos meses em análise.

Observa-se que há uma variabilidade dos valores da temperatura do ar máxima absoluta entre os meses. Os maiores valores foram registrados no P1, no extremo oeste da bacia. Neste ponto, os valores variaram entre 41,1 °C e 49,2 °C. Os meses que registraram os maiores valores foram agosto (48,0 °C), setembro (49,2 °C) e outubro (47,3 °C) de 2017. De todo o período, os meses de setembro (42,6 °C) e dezembro (42,7 °C) de 2016 e janeiro (41,1 °C) de 2017 registraram os menores valores. Especificadamente, neste ponto há particularidades em relação às questões físico-geográficas (hipsometria, declividade, exposição das vertentes e uso e ocupação das terras).

No P1 a geomorfologia é classificada como “Relevo de Morros e Colinas”, a declividade está na classe de 3 – 8% (Suave ondulada – EMBRAPA, 1979) apresentando uma hipsometria de 624 m, em que a exposição da vertente está voltada para oeste, favorecendo o aquecimento da superfície, de acordo com Pereira et al. (2002), um fenômeno em escala local, em que as condições do relevo (exposição e configuração do terreno) favorecem o aquecimento da superfície junto à camada de ar. Vale ressaltar que neste ponto o uso e a ocupação da terra são por pastagem (Figura 4).

No P2, a variabilidade da temperatura máxima absoluta é de 37,3 °C no mês de outubro/2016 a 46,9 °C no mês de outubro/2017. Quanto aos fatores locais, o P2 está inserido, de acordo com a classificação da

geomorfologia, em uma área de “Relevo de Morros e Colinas”, com a declividade “Suave Ondulada” (3 – 8%, EMBRAPA, 1979), cuja hipsometria é de 389 m, localizada em um fundo de vale, próxima da PCH – Mosquitão. A exposição da vertente está voltada para as faces sul/sudeste, recebe pouca iluminação no dia todo, uma vez que o sol nasce a leste e se põe a oeste. O uso da terra neste ponto é, por pastagem, favorecendo o aumento da temperatura do ar (Figura 4).

Localizado mais ao centro da bacia, o P3 está em uma área de “Zona de Erosão Recuante”, com a declividade “Plana” (0 – 3%, EMBRAPA, 1979), apresenta uma altitude de 378 m, inserida em um fundo de vale, com a exposição da vertente sul/sudeste, por isso recebe a maior quantidade de radiação solar no período da manhã, estando sujeita à inversão. Neste ponto, no uso da terra predomina a pastagem, conforme já discutido anteriormente. Essas condições locais fizeram com que a variabilidade da temperatura máxima absoluta oscilasse entre 38,9 °C em janeiro/2017 e 47,2 °C em outubro/2017, de acordo com a Figura 4.

Inserido no perímetro urbano, o P4 está em uma área de “Superfície Regional de Aplainamento”, apresenta a declividade “Plana” (0 – 3%, EMBRAPA, 1979), com hipsometria de 547 m. A exposição das vertentes é propícia ao aquecimento da superfície no período da tarde, pois sua face está voltada para oeste/nordeste. O uso da terra no perímetro urbano é representado por edificações e pavimentação asfáltica. Todos esses fatores físico-geográficos contribuíram para a variabilidade dos valores de temperaturas elevadas apresentados para os meses analisados. De acordo com a Figura 4, o mês que registrou o maior valor da temperatura máxima absoluta foi outubro/2017, obtendo 47,0 °C, e o menor valor foi registrado em novembro/2016, com 38,6 °C.

No P5, localizado na porção norte da bacia, inserido geomorfologicamente na “Superfície Regional de Aplainamento”, a

declividade foi classificada como “Suave Ondulado” apresentando 3 – 8%, de acordo com a Embrapa, 1979. Neste ponto, a hipsometria é de 834 m representando o ponto mais alto da bacia, Figura 4.

Os valores das temperaturas máximas absolutas, que variam de 34,2 °C a 45,8 °C, explicam o fenômeno da escala topoclimática, sendo a altitude um dos principais elementos para analisar a variação da temperatura com a altitude, o que Mendonça e Dani-Oliveira (2007, p. 57) confirmam quando descrevem que “o gradiente vertical médio da Troposfera é de 0,6°C/100 m, o que significa que o ar nessa camada apresenta uma relação de resfriamento com a altitude na ordem de 0,6°C a cada 100 m de elevação”. Em relação à exposição da vertente, o P5 possui sua face voltada para o norte/noroeste, favorecendo o aquecimento da superfície no período da tarde. O uso da terra também é outro fator que altera os valores das temperaturas.

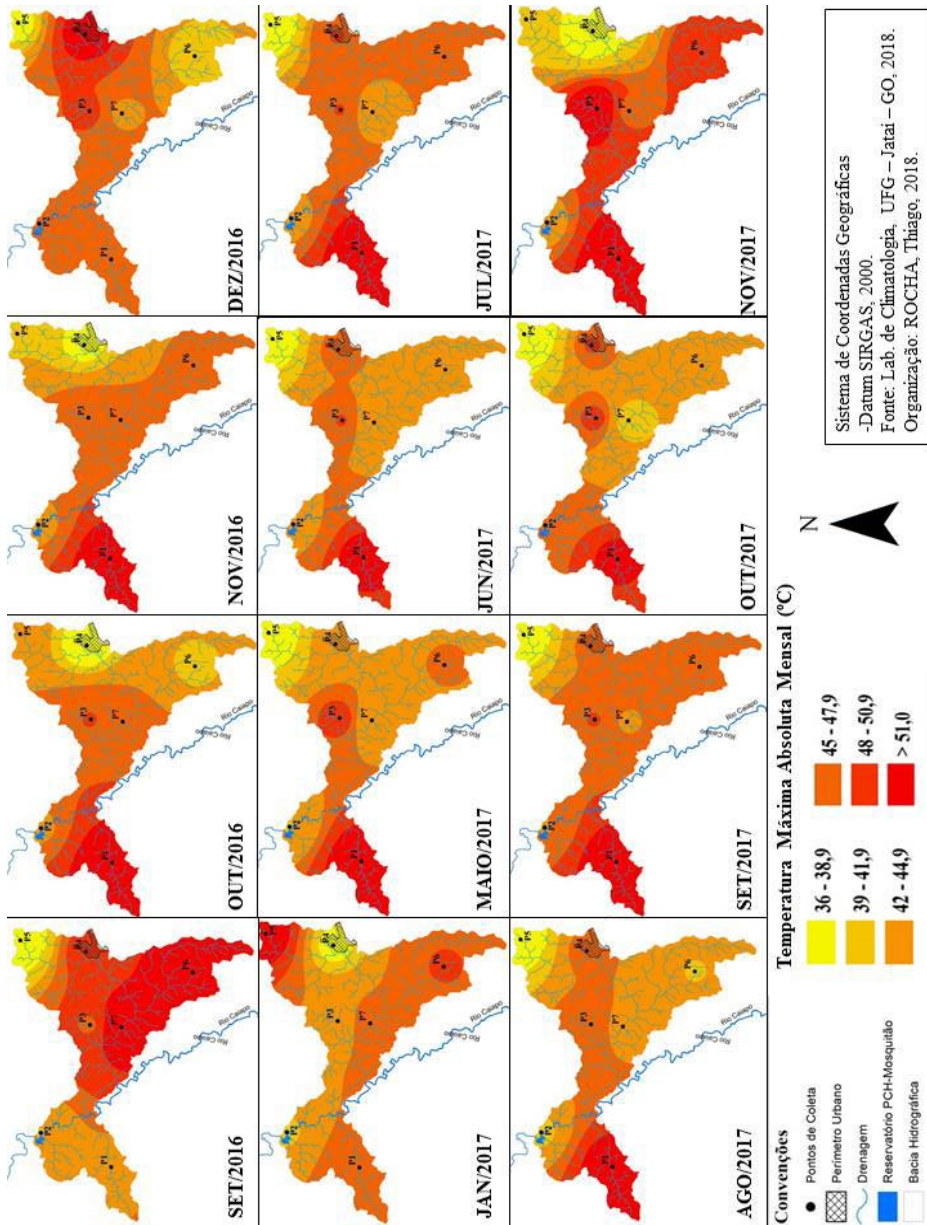
O P5 é totalmente utilizado para pastagem, pois, de acordo com Ayoade (2011, p. 35), “as superfícies menos densas e secas refletem mais radiação, cerca, de 15% a 30% em áreas de gramados”. Lima e Mariano (2014), em estudos na bacia do baixo rio Claro-GO, concluíram que os pontos no interior das florestas com melhor preservação tiveram as menores temperaturas máximas absolutas, variando entre 36,7 °C e 37,6 °C em relação às áreas de pastagens, que apresentaram as maiores temperaturas máximas absolutas, com valores de 42,5 °C, Figura 4.

O P6 está Inserido nas bordas da bacia, ao extremo sul, com a exposição da vertente voltada para a face noroeste, com maior incidência de radiação solar na parte da tarde, associado a uma área de agricultura, com a declividade “Plana” (0 – 3%, EMBRAPA, 1979), apresentado por uma geomorfologia de “Zona de Erosão Recuante”, obtendo a hipsometria de 536 m. Com relação a variabilidade dos valores da temperatura máxima absoluta entre os meses em análise, o maior valor é de 45,9 °C no mês de

setembro/2016. Desse modo, no mês de junho/2017, caracterizado por ser, seco e frio, a menor temperatura foi de 38,1 °C, esta variação é exposta na Figura 4.

O P7 se localiza ao centro da bacia, com a hipsometria de 356 m, localizado em fundo de vale, próximo ao manancial do ribeirão Santo Antônio, em “Zona de Erosão Recuante”, com a declividade “Plana” (0 – 3%, EMBRAPA, 1979). Nesse local as vertentes estão voltadas para sul/sudeste, contribuindo para menor radiação solar no período da tarde, além de estar inserido em área de pastagem, fato que, associado aos demais fatores físico-geográficos do local, contribuíram para os altos valores de temperaturas máximas absolutas que foram registrados no mês de setembro/2016 (46,1 °C). Esta alta temperatura se repetiu no mês de outubro/2017. A menor temperatura máxima absoluta registrada foi no mês de julho, com 37,1 °C, de acordo com a Figura 4.

Figura 4 – Variabilidade espacial da temperatura máxima absoluta (°C) mensal, na escala local



Organização: ROCHA, Thiago, (2018)

### *3.1.3 Análise da variabilidade das temperaturas do ar mínimas (°C) na bacia hidrográfica do Médio Caiapó no Oeste Goiano, na escala local*

As temperaturas mínimas absolutas (°C) foram coletadas e analisadas entre os horários das 4h30min e 7h30min.

As temperaturas mínimas absolutas apresentaram uma variabilidade entre os pontos na bacia em questão. A Figura 5 apresenta esta espacialização. É possível verificar que os pontos mais frios sempre aparecem no centro da bacia. Nos Cerrados, os meses que mais apresentam baixas temperaturas são maio, junho, julho e agosto, período este que é seco e frio, principalmente nas madrugadas.

Na bacia hidrográfica, foi possível observar que no P1 as temperaturas oscilaram de 10,2 °C no mês de julho/2017 a 18,8 °C no mês de outubro/2017. Neste requisito, o uso da terra por pastagens e solo descoberto favorece, pois, na parte do dia a superfície absorve calor, mas este é liberado mais rápido, tornando as temperaturas menores até mesmo nos meses mais quentes (Figura 5).

O P2, localizado em fundo de vale, próximo a PCH\_Mosquitão, mesmo apresentando os fatores físico-geográficos (altitude, exposição das vertentes, uso da terra) foi o ponto que apresentou a maior temperatura mínima nos meses analisados. O valor registrado foi de 20,2°C no mês de novembro/2016, e se repetiu para os demais meses, exceto no mês de julho, que obteve menor temperatura (10,8°C), de acordo com a Figura 5.

O P3 está localizado no centro da bacia, e a variabilidade da temperatura mínima absoluta está representada por meio da Figura 5. Os fatores físico-geográficos do local contribuíram para que os valores oscilassem, partindo da mínima de 8,4 °C em julho/2017, mês mais frio para o Cerrado. Em contrapartida, a maior temperatura mínima foi de

19,8°C, que se repetiu nos meses de dezembro/2016 e janeiro/2017.

Por estar localizado em perímetro urbano, o P4 registrou sua menor temperatura mínima de 9,8°C no mês de julho, este valor faz com que este seja o terceiro ponto que registrou as maiores temperaturas mínimas no mês de julho/2017. A maior da mínima foi registrada no mês de janeiro/2017, com 19,8°C (Figura 5).

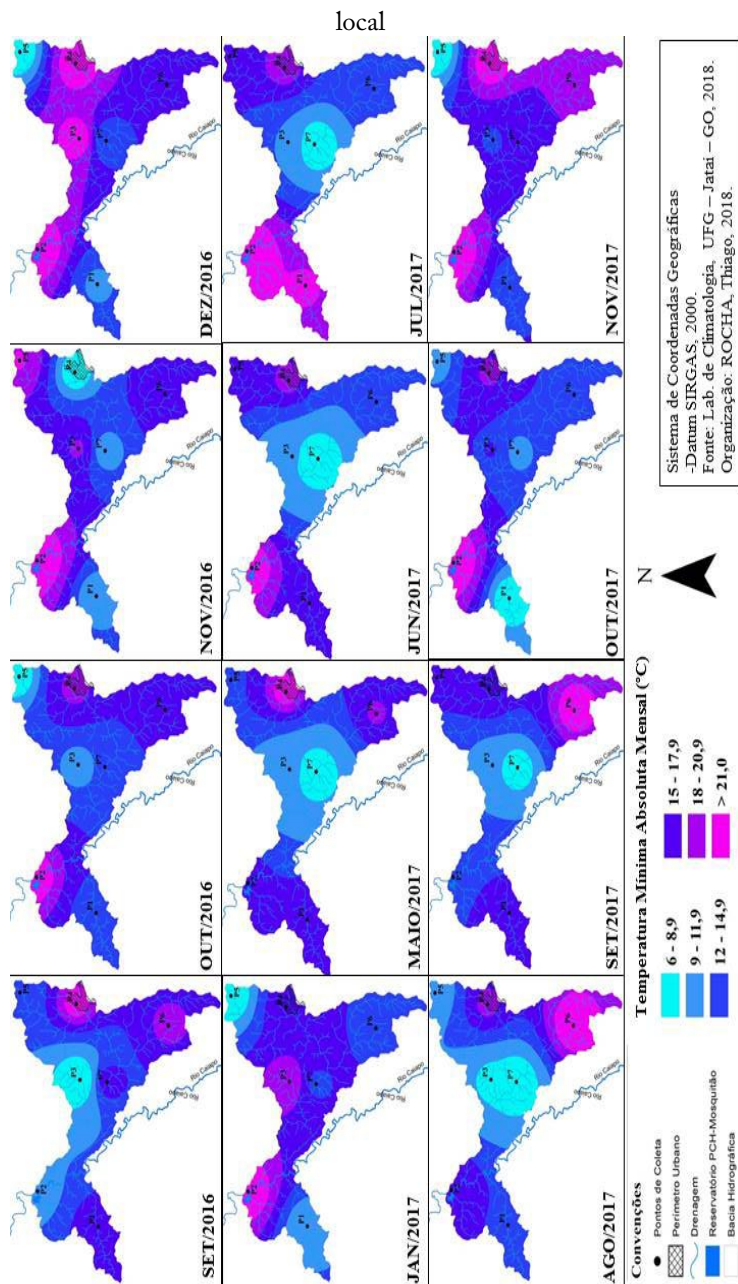
O P5, localizado no extremo da bacia, na porção norte, representa o ponto mais elevado, que registrou sua menor temperatura mínima no mês de julho/2017, com 8,9°C, esta se estendeu pelos meses de outubro e dezembro/2016, janeiro, agosto e novembro/2017. A maior temperatura foi registrada nos meses de novembro/2016, com 19,7°C (Figura 5).

Mesmo em área de agricultura e solo exposto o P6 registrou as menores temperaturas mínimas nos meses de junho e julho/2017, com 9,0°C. Para os demais meses, os valores foram superiores 18,0°C (Figura 30).

O P7 foi o ponto que registrou as menores temperaturas mínimas absolutas. Está localizado no centro da bacia, em uma área de fundo de vale, com uso da terra pela pastagem e altitude inferior aos demais pontos, com 356 m. Esses fatores físico-geográficos contribuíram para a menor temperatura mínima, que foi registrada no mês de julho/2017, 7,0°C. Nos demais meses de análise, é possível observar que ocorre outros registros, como em maio, junho, agosto e setembro/2017. A maior temperatura mínima absoluta foi registrada nos meses de setembro e dezembro/2016, janeiro/2017, obtendo o valor de 19,1°C, de acordo com a Figura 5.



Figura 5 – Variabilidade espacial da temperatura mínima absoluta (°C) mensal, na escala



Organização: ROCHA, Thiago, (2018)



## 4. Considerações finais

Em relação à variabilidade espacial das temperaturas, notou-se que os valores de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) máxima e mínima absoluta mensal apresentam uma inter-relação com os fatores físico-geográficos na escala local. Sobre as temperaturas máximas absolutas, o P1 registrou as maiores ( $47,3^{\circ}\text{C}$ ;  $48,0^{\circ}\text{C}$ ;  $49,2^{\circ}\text{C}$ ), este está localizado no extremo leste da bacia, o que, associado aos fatores físico-geográficos, possibilita diagnosticar as relações de uso da terra e exposição da vertente. O P5, que está ao extremo norte da bacia, apresentou as temperaturas máximas absolutas de ( $43,6^{\circ}\text{C}$ ;  $44,5^{\circ}\text{C}$ ;  $45,8^{\circ}\text{C}$ ), que estão associadas ao fator topoclimático, sendo este o ponto mais alto da bacia (834 m).

Ao centro da bacia, as temperaturas máximas absolutas também registraram valores que variaram de  $38,9^{\circ}\text{C}$  em janeiro/2017 a  $47,2^{\circ}\text{C}$  em outubro/2017 no P3. No P7 foram registrados no mês de setembro/2016 –  $46,1^{\circ}\text{C}$ , esta alta temperatura se repetiu no mês de outubro/2017. A menor temperatura máxima absoluta registrada foi no mês de julho com  $37,1^{\circ}\text{C}$ . Ambos os pontos estão na mesma faixa geomorfologicamente inclusa na “Zona de Erosão Recuante”; o uso das terras é feito com pastagens; sua vertente está voltada para o sul/sudeste, com a declividade de 0 – 3% (plana).

Em relação às temperaturas do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) mínimas absolutas, os menores valores apresentados ocorreram no centro da bacia, com ênfase nos pontos P3 e P7, ambos com características físico-geográficas bem próximas de geomorfologia, exposição das vertentes, declividade de 0 – 3% (plana), usos das terras por pastagem, ambos estão localizados nos pontos mais baixos, na classe de 300 m. Esses fatores contribuíram para que as menores temperaturas fossem registradas juntamente com a atuação do sistema atmosférico, com a atuação da mP. No P3 a temperatura foi de

8,4°C e no P7 – 7,0 °C no mês de julho/2017. Nos pontos localizados nos extremos da bacia (P1, P2, P4, P5 e P6) foram obtidos os menores valores (entre 9,0 °C e 10,8 °C).

Com base nas observações realizadas na área de estudo, verificou-se que é possível responder às questões iniciais que nortearam este estudo e confirmar que existe uma variabilidade dos elementos climáticos (temperatura do ar (°C) e precipitação pluvial (mm)) na escala regional e local, considerando os demais fatores físico-geográficos (hipsometria, exposição da vertente, declividade e uso da terra) na bacia hidrográfica do Médio Caiapó – Oeste goiano.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

Em especial aos Professores, Dr. João Batista Pereira Cabral e Dr. Emerson Galvanni, pelo apoio financeiro para a realização deste estudo. Sou grato a vocês!

Não poderia deixar de agradecer minha eterna Professora, Zilda de

Fátima Mariano! Como sou grato a você! E hoje, aos braços do Majestoso Pai você se encontra, nos deixando a sua grandiosa luz que para sempre resplandecerá através da singular sabedoria que aqui nos presenteou.

Aos proprietários das fazendas que disponibilizaram o espaço para a instalação dos termohigrômetros e dos pluviógrafo para a realização da coleta dos dados.

## 5. *Lista de siglas*

°C – Grau Celsius

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW – Inverse Distance Weighting

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

MEC – Massa Equatorial Continental

MM – Milímetro

MTA – Massa Tropical Atlântica

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

PCH – Pequena Central Hidroelétrica

PROCAD – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TM – Thematic Mapper

## Bibliografia

ARMANI, G. Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude. 2009. 123 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP, 2009. Disponível em: < [www.teses.usp.br/te-ses/disponiveis/8/8135/.../GUSTAVO\\_ARMANI.pdf](http://www.teses.usp.br/te-ses/disponiveis/8/8135/.../GUSTAVO_ARMANI.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2017.

AYOADE, J.O. Introdução à climatologia para os trópicos. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos, 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p. Revisão de Suely Bastos.

CAMPOS, A.B. et al. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidade no estado de Goiás. In: ALMEIDA, M. G. de. (Org.). Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade. Goiânia: IESA, p.91-118, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Procedimentos de análise utilizados no estudo da precipitação. Revista Geociências, v. 11, n. 1, p. 75-98, 1992.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT' ANNA NETO, J.A.; ZAVATINI, J. A. (Org.). Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. 21. ed. Maringá: Eduem, 2000, p. 17-27.

CPRM. Mapa de declividade em percentual do relevo Brasileiro. 2010.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1979, digitalizada. Disponível em: <[http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBCs\\_2009.pdf](http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBCs_2009.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. Disponível em: <[http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBC\\_s\\_2009.pdf](http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBC_s_2009.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2017.

EVANGELISTA, B. A. Aplicações geoestatísticas na análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de Goiás e Distrito Federal. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geociências)-Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

FERRARI, A. L. Variabilidade e tendência da temperatura e pluviosidade nos municípios de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão (SP); estudo sobre mudança climática de curto prazo na escala local. 2012. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental)-Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FREI, P.; SCHAR, C. Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region. *Journal of Climate*. 2000, v.14, p. 1568 – 1584.

GALVANI, E. Sistematização de dados quantitativos, In: VENTURINI, L. A. B. (org.) *Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 175-185.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; ALVES, R. R. Variabilidade e tendência das precipitações no litoral sul de São Paulo. *Revista Geonorte*, v. 1, n. 5, p. 1163-1176, 2012.

GEIGER, R. *Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo*. 4 ed. Lisboa Fundação: Calouste Gulbenkian. 1961, p. 555.

\_\_\_\_\_. Manual de microclimatologia: O clima da camada de ar junto ao solo. 4 ed. Lisboa Fundação: Calouste Gulbenkian, 1961, p. 555.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia, GO, 2006, p. 147.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Censo demográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/go/ipora/pesquisa/15/11863?detalhes=true>>. Acesso em 18 out. 2017.

JAKOB, A. A. E; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, 10, 2006, p. 222-238. Caxambu-MG. Anais eletrônicos... Caxambu-MG: ABEP, 2006. Disponível em: <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006\\_388.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_388.pdf)>. Acesso em: 13 maio. 2017.

LIMA, A. M.; MARIANO. Z. F. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semidecíduais na área da bacia da usina hidrelétrica de Caçu-GO. Revista do Departamento de Geografia-USP, v, 27, p. 67-87, 2014.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO. F.; H.F. (Orgs.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2000, p. 33-43.

LUIZ, G. C. Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados: estudo de caso - município de Goiânia-GO. 2012. 246f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

MARIANO, Z. F. A importância da variável climática na produtividade de soja no Sudoeste de Goiás. 2005. 253f. Tese de doutorado (Instituto de Geociências e Ciências Exatas) Campus de Rio Claro. (SP), 2005.

MENDONÇA, F. de A. O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1995. 381 f. Tese (Doutorado em Geografia) - USP-SP, São Paulo. 1995.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. cap. 1. p. 11-24.

MONTEIRO, C. A. de F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. Revista brasileira de Geografia, n. 01, p. 1-46, 1951.

NASCIMENTO, D. T. F. Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010). 2011. 98f. Dissertação (Mestre em Geografia)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

\_\_\_\_\_. Chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica. 2016. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Goiás- Goiânia. GO, 2016.

NIMER, E. Climatologia da região Centro-Oeste. In:\_\_\_\_\_ Climatologia do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, 1979, p. 391.

PARKER, D. R.; FOLLAND, C. K. The nature of climatic variability. The Meteorological Magazine. 1988, v. 17, p. 201-216.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTEHAS, P. C. Agrometeorologia:

fundamentos e aplicações práticas. Guaíba-SP: Agropecuária, 2002. p. 478.

QUADRO, M. F. L. Estudo de Episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)–Instituto Nacional de Meteorologia, São José dos Campos, SP, 1994.

ROCHA, A. M. G. C.; GANDU, A. W. . A Zona de Convergência do Atlântico Sul. Revista Climanálise, São José dos Campos (SP), v. Esp., p. 140-142, 1996.

ROCHA, T. Variabilidade Climática na Bacia Hidrográfica do Médio Caiapó, Oeste Goiano-Goiás/Brasil. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Programa de Pós-graduação em Geografia da UFG, Regional Jataí-GO. 2018.

ROCHA, T.; MARIANO, Z. F.; BATISTA, D. F. Análise da Pluviosidade Mensal e Sazonal nas Bacias Hidrográficas do Ribeirão Santo Antônio e José Manoel no Estado de Goiás. Revista Ciência e Natura, v.39, Ed. Esp. PROCAD/CAPES 2017, p. 234 – 241.



ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.12, p. 89-121, 1998.

SANT'ANNA NETO, J. A. As chuvas nos estado de São de Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. In: SANT'ANNA NETO, J. A. ; ZAVATINI, J.A. (Org.).Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, ed. 21, p. 95-120, 2000.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. As massas de ar na América do Sul. Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, 1942.

SOUSA, F.A. de. Caracterização física regional. In: \_\_\_\_\_. A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva: um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do rio dos bois em Iporá-GO. 2013. 207f. Tese (Doutorado em Geografia) - UFU-MG, Uberlândia, 2013.

TALBONY, R. C. A spectral and filter analysis of long perid rainfall records in England and Wales. Meteorological Magazine, v. 108, p. 97-118, 1979.

TARIFA, J. R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, EDUSP, n. 8, p. 15-27, 1994.

TEODORO, V. L. I.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Revista Uniara, n.20, p. 46-75, 2007.

TUCCI, C. E. M. Impactos da variabilidade climática e dos usos do solo nos recursos hídricos. Relatório Técnico. Brasília: ANA, 2002. p. 150.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Disponível em: <[http://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/index_en.html)>. Acesso em: 28. set.2017

# VARIABILIDADE TERMO- HIGROMÉTRICA NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO ERNESTINA/RS, EM SITUAÇÃO DE VERÃO

Denise Cristina Borges  
Cássio Arthur Wollmann

## 1. *Introdução*

A Climatologia trabalha com escalas espaciais para a melhor compressão nos estudos, definidas em: macroclimática, mesoclimática e microclimática. A escala macroclimática é a que possui maior abrangência, analisando desde o clima global, zonal, regional, e áreas de grande amplitude como oceanos, continentes e grandes países. Já a escala mesoclimática em uma ordem intermediária da macroclimática e microclimática se detêm às observações do clima em cidades, regiões metropolitanas, os desertos, grandes florestas, etc. E a microclimatologia, a escala mais inferior, se atém ao estudo das áreas com extensões pequenas, geralmente de centímetros a algumas centenas de metros quadrados (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo Lima (2009) as pesquisas desenvolvidas na área de Climatologia têm em sua maioria, enfocado a escala macroclimática. Todavia, provocada pela necessidade do desenvolvimento de estudos

ambientais tem-se exigido o desenvolvimento de análises em escalas inferiores do clima, notadamente microclimáticos. Para o qual a natureza desse tipo de investigação se justifica pela necessidade de se entender em escalas inferiores como se processa a relação entre os componentes do meio físico e a estrutura da vegetação.

Atualmente vários estudos em microclima vêm sendo desenvolvidos em ambientes urbanos direcionados à ecologia e agricultura, até relacionados com a influência de lagos artificiais na instalação de centrais hidrelétricas (LIMA, 2009). Uma vez que se depara com a necessidade de uma maior compreensão a respeito da dinâmica dos seres com a dinâmica do meio abiótico, as relações existentes entre a atmosfera, a interferência dos fatores geográficos verificados nos ambientes e as alterações provocadas pelo homem no seu uso do espaço geográfico.

Quando se trabalha em uma escala espacial mais próxima da escala de vida do homem e dos seres vivos, como os microclimas, torna-se possível investigar qual a influência climática exercida pelo ambiente aos seres vivos e, vice-versa. A sobrevivência, evolução e distribuição dos seres vivos estão atreladas a esta inter-relação físico-fisiológica.

Os diferentes usos da terra e a dinâmica dos ecossistemas florestais existentes nas áreas rurais influenciam a qualidade da água e o regime de vazões dos cursos de água. Há uma atividade complexa de fluxos de entrada, armazenamento e saída de nutrientes nestes ambientes (LEÃO, 2000). Desse modo, investigações a respeito da bioclimatologia são de suma importância para compreensão de como os processos naturais interferem no meio ambiente.

Neste intuito este trabalho apresenta parte dos resultados de uma pesquisa bioclimática desenvolvida no entorno do Reservatório Ernestina, no ano de 2015 e 2016, fruto da dissertação de mestrado desenvolvida junto ao Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical/

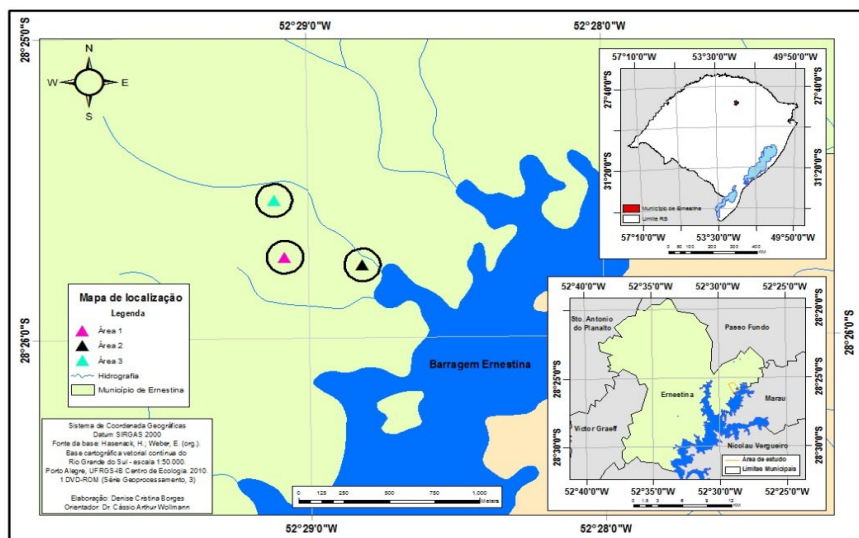
Universidade Federal de Santa Maria (LaCAS/UFSM), sob orientação do professor Dr.º Cássio Arthur Wollmann. O objetivo da pesquisa é analisar a variabilidade termo-higrométrica em três distintos usos da terra próximos ao Reservatório Ernestina, no município de Ernestina/RS, no período de verão, especificamente, durante o mês de janeiro de 2016, em escala diária e horária, com a proposição de um painel têmporo-espacial de análise dos dados.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo está inserida em uma propriedade particular com aproximadamente 140 ha, localizada na zona rural do município de Ernestina. Estando ao nordeste da área urbana do município, com latitude de  $28^{\circ}29'56''$  sul e longitude de  $52^{\circ}34'24''$  oeste, a uma altitude média de 493 metros.

Na Figura 1 é possível observar especificamente a disposição das áreas onde foram realizadas esta pesquisa, definidas como Área 1, Área 2 e Área 3, juntamente com a demarcação do raio de abrangência (100m) dos estudos em cada área.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



A área situa-se no Bioma Mata Atlântica em meio a duas formações vegetais, identificadas como “Campos” e “Floresta Ombrófila Mista”. Conforme estudos climáticos para o estado do Rio Grande do Sul de Rossato (2011), o município de Ernestina encontra-se inserido como clima subtropical III, no qual, a autora define como úmido com variação longitudinal de temperaturas médias, sofrendo menor influência dos sistemas polares e maior dos sistemas tropicais associados aos fatores climáticos, de relevo (escarpa e vales da borda do Planalto Basáltico), da continentalidade, da maritimidade e das áreas urbanizadas. Com a temperatura média anual entre 17°C e 20°C, a temperatura média do mês mais frio entre 11°C e 14°C, a temperatura do mês mais quente entre 23°C e 26°C e as chuvas anuais com variação entre 1700 e 1800 mm, ocorrendo de 100-120 dias de chuvas e normalmente no mês de 9 a 12 dias (ROSSATO, 2011).

Em um estudo realizado pela Companhia Estadual de Energia

Elétrica – Geração e Transmissão, em 2008, no entorno dos 100 metros próximos do Reservatório Ernestina é caracterizado pela presença de mais de 60% em uso agrícola, 34% em mata nativa, 2% de silvicultura e 3% residencial. Em estudos de Ziani e Prina (2015) de mapeamento do uso da terra no entorno do Reservatório Ernestina, comparando imagens do sensor Landsat-TM 5 de 1988 e 2011, apontam a diminuição nestas áreas de floresta, de 27,8% para 14,4%.

Justamente a presença das áreas úmidas, associadas aos fragmentos de vegetação nativa e uso da terra para finalidade agropastoril com sazonalidades definidas motivaram a escolha desta área para a realização do estudo. O que pode ser observado através da Figura 2, no qual se definiram os três pontos para a realização do estudo.

Figura 2 - Uso da terra nas áreas de estudo.



Fonte: Adaptado Google Earth, 2016.

A primeira área definida como Área 1, ocorre a incidência da cultura da soja durante o ano ocupando uma extensão de 15 ha de área.

O cultivo dessa cultura agrícola é desenvolvido em dois momentos: entre os meses de outubro a fevereiro ocorre o plantio e desenvolvimento da planta. Nos meses de março até maio ocorre a etapa de colheita. No segundo momento na área, entre os meses de junho até setembro, o solo fica mais exposto, dando crescimento espontâneo de algumas gramíneas.

A segunda área identificada como Área 2, é identificada pela presença de um banhado, em uma extensão de aproximadamente 12 ha, sendo caracterizada pela presença de lâmina de água, por alguns meses durante o ano, e pela presença de plantas aquáticas e vegetação arbustiva. Devido às feições de área úmida o solo se apresenta mais saturado e com a presença de fauna e flora típicas. Uma vez que não foi realizado um teste de solo da área para verificar se a composição corresponde com as características hidromórficas de textura argilosa a franco-argilosa, associado com a presença de turfas (LEPSCH, 2002), para fins do desenvolvimento e categorização das áreas identificadas na propriedade, optou-se por empregar a expressão banhado segundo as características visuais identificadas na área.

Das espécies da flora observadas, foram identificadas na área algumas macrófitas, junto aos pontos mais alagados, além da presença de algumas espécies de porte arbóreo/arbustivo/subarbustivo: corticeira-do-banhado (*Erythrina cristagalli*), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), maricá (*Mimosa bimucronata*) fumo-bravo (*Solanum mauritianum*), vassoura (*Baccharis dracunculifolia*) carqueja (*Baccharis* sp.).

Já a terceira área identificada como Área 3, está caracterizada por um fragmento florestal, apresentando vegetação de porte mais arbóreo/arbustivo, encontrando-se em um estágio médio/ avançado de regeneração da Mata Atlântica, com a vegetação em média estando com o diâmetro da árvore à altura do peito - DAP<sup>1</sup>, acima de 15 centímetros.

---

1 O DAP (diâmetro da árvore à altura do peito) é um tipo de medição realizada



Com abundante presença de serrapilheira cobrindo o solo e cobertura arbórea mais fechada percorrendo uma extensão de 12 hectares.

Na área foi identificada uma composição florística de matas de araucárias (*Araucaria angustifolia*) associadas a forte presença de lauráceas, como as canelas (*Ocotea odorífera*) e (*Ocotea pulchella*). Com formação de sub-bosques apresentando incidências de espécies pertencentes à família Anacardiaceae, Myrtaceae, Sapindaceae, Primulaceae, Meliaceae, entre outras.

### 3. *Materiais e Procedimentos Metodológicos*

O delineamento do estudo foi do tipo quali-quantitativo, envolvendo técnicas de pesquisa de campo e aplicação de estatísticas descritiva para a melhor compreensão da atuação dos fenômenos climáticos. Primeiramente foi realizada a revisão de fontes teóricas que pudessem orientar a efetivação do trabalho, posteriormente pesquisa a campo para a identificação, caracterização das áreas e coletas dos dados meteorológicos. Conforme apresentado na Tabela 1, a propriedade foi categorizada em três áreas seguindo suas características visualmente predominantes.

Tabela 1- Categorização da área de estudo segundo o tipo de uso da terra.

Área	Categoria
Área 01	Cultivo agrícola
Área 02	Banhado
Área 03	Fragmento Florestal

Fonte: Os autores, 2016.

---

diretamente na árvore a uma altura padrão de 1,30 acima do solo, que permite estimar o desenvolvimento de uma floresta. (SILVA, PAULA 1979).

Foram coletados os dados dos elementos climáticos de: temperatura e umidade relativa do ar em campo, com base na metodologia de Wollmann e Simioni (2013), a partir das orientações da Organização Mundial Meteorológica (OMM, 1992), na qual, os autores salientam que as medições de pequena escala em microclimatologia são representativas do entorno encontrado dentro de um raio de 100 metros, a partir do ponto de coleta. No caso, a medição refletiria o uso da terra de uma área com no máximo 7.850 metros quadrados de área.

Para o desenvolvimento da coleta de dados foi instalado um mini-abrigo meteorológico em cada uma das três áreas de estudo, com equipamento específico de forma a obter-se uma análise dos atributos climáticos de umidade e temperatura. Conforme descreve Ribeiro (1993), o tipo de registro necessário para o estudo do microclima deve ser obtido por meio de aparelhos de alta sensibilidade e precisão. Assim, para a medição de temperatura e umidade relativa do ar foram instalados em cada mini abrigo, um Datalogger de Temperatura e Umidade, da marca Instrutherm HT500 (Figura 3), pertencente ao Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical, do Departamento de Geociências da UFSM.

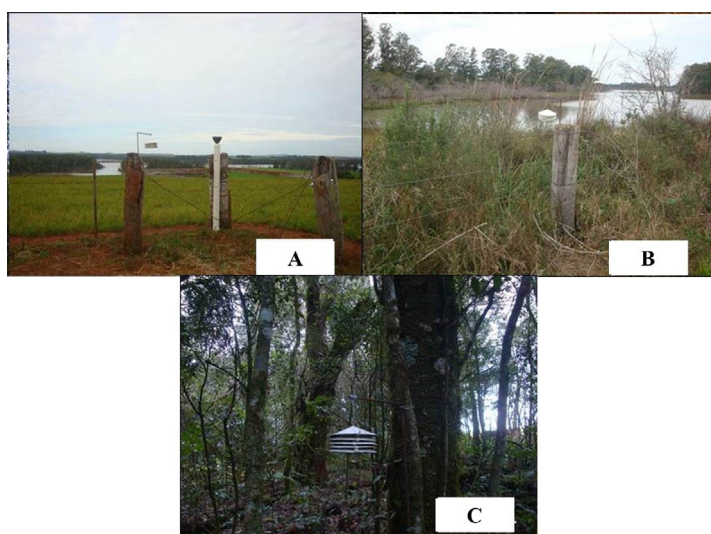
Figura 3 - Datalogger HT-500 Instrutherm Equipamento utilizado para obtenção dos dados de temperatura e umidade relativa do ar.



Fonte: Wollmann; Simioni, 2013.

Foi realizado um trabalho de campo prévio em março de 2015, com o intuito de solicitar autorização ao proprietário da área para a realização da pesquisa. E no final do mês de dezembro foram instalados os *Dataloggers* já calibrados, conforme a indicação de Hoppe, et. al. (2015), em cada um dos três mini-abrigos nas áreas (Figura 4).

Figura 4 – Instalação dos mini-abrigos na área de estudo. Fig. A- foto da área1. Fig. B- foto da área 2. Figura C - foto da área 3.



Fonte: Trabalho de campo, 2015.

A programação do *Datalogger* foi ajustada para que o registro dos dados de temperatura e umidade relativa do ar ocorresse num intervalo de tempo horário (escala temporal horária) no mês de coleta durante a instalação, em intervalos de hora em hora, totalizando 24 medições ao longo de cada dia no período de 31 dias. . Fez-se descarte dos dados relativos aos dias anteriores e posteriores ao da instalação e desmonte dos equipamentos, que não fossem referentes ao mês de janeiro.

O procedimento de tratamento dos dados coletados foi orientado no sentido de compreender-se a interação existente nas três áreas com os atributos climáticos de umidade e temperatura. Assim, a interpretação dos dados foi realizada através da aplicação da estatística descritiva onde foram verificadas a tendência central (média aritmética) e a variabilidade (desvio padrão e gráfico de dispersão) dos dados.

Além das análises estatísticas foi aplicada a técnica de representação gráfica por painéis Têmporo-Espaciais, que conforme Zavattini e Boin (2013), é uma técnica baseada na estrutura cartesiana com seus eixos ortogonais x e y para apresentação da sucessão dos estados atmosféricos sobre um determinado lugar.

Para a elaboração destes painéis apresentados na pesquisa foram utilizados às informações coletadas nos mini-abrigos durante o mês de janeiro de 2016, representativos do verão. A planilha foi elaborada no programa Surfer®, versão 8.0, da *Golden Software, In*®, 2002, cujas colunas corresponderam ao método de interpolação da krigagem linear. A coluna do eixo “x” foi construída para representar o dia (em horas) da observação por cada período e no eixo “y” foram lançados os dados de umidade e de temperatura. A partir da interpolação, foi gerado o painel temporal-espacial.

## 4. *Análise e Interpretação dos Resultados*

### 4.1 *Análise da variabilidade térmica diária e horária*

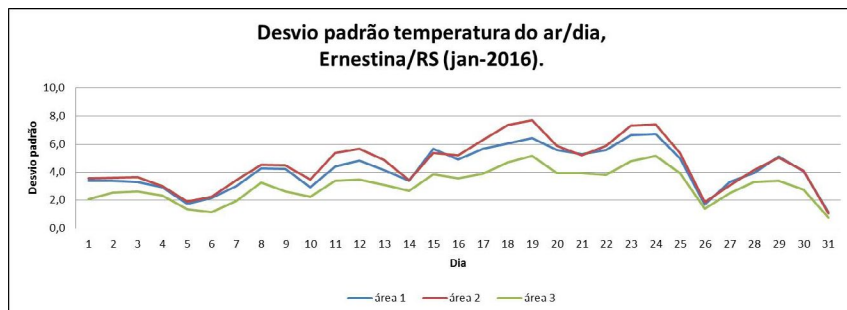
Por meio da aplicação da estatística descritiva foi possível descrever o comportamento das áreas a partir da unidade de análise do dia e da hora apresentando a temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a umidade relativa do ar (%) em suas médias, máximas, mínimas e desvio padrão.

A temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) média total, no verão, apresentou-se em  $24,5^{\circ}\text{C}$  para a área 1, em  $24,7^{\circ}\text{C}$  na área 2 e em  $23,7^{\circ}\text{C}$  na área 3. Analisando estas médias a área 1 e 2 variaram em  $0,2^{\circ}\text{C}$ , a área 1 e 3 em  $0,8^{\circ}\text{C}$ , e a área 2 e 3 em  $1^{\circ}\text{C}$ .

Para interpretação da variabilidade da temperatura na área de estudo, a verificação da média total para a estação talvez não apresente bons indicadores, pois a média se trata de uma medida descritiva que faz o cálculo a partir da soma de todas as observações e divide pela população se levar em consideração a amplitude térmica que se apresentou nas áreas. A amplitude térmica verificada através da temperatura média total máxima e mínima para cada foi de  $12,3^{\circ}\text{C}$  na área 1,  $13,5^{\circ}\text{C}$  na área 2 e  $9,1^{\circ}\text{C}$  na área 3.

Através do cálculo do desvio padrão é possível perceber a variação térmica que se teve nas áreas ao longo do dia, quanto mais homogêneos os dados, mais baixo será o valor do desvio, se aproximando da média. Na Figura 5 identifica-se que a área 3 foi a que se apresentou mais homogênea, com a menor oscilação da temperatura em relação as demais. As áreas 1 e 2 se mantiveram muito próximas em sua curva de desvio, apresentando apenas alguns dias de distanciamento, em que a área 2 apresentou uma maior oscilação no dia.

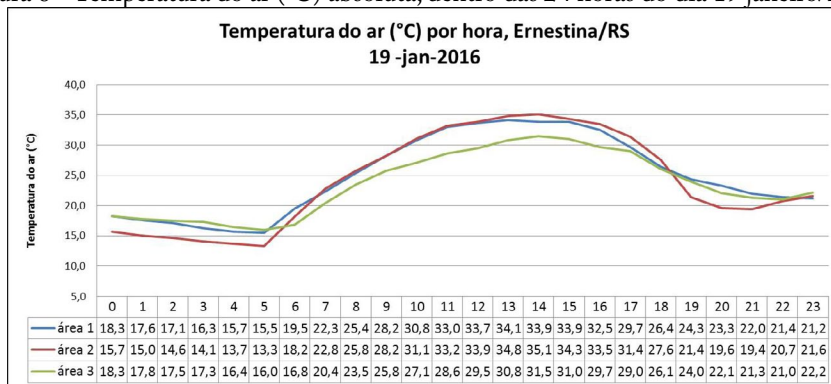
Figura 5 - Desvio padrão da temperatura por dia, no verão.



Fonte: Dataloggers instalados em campo, 2016.

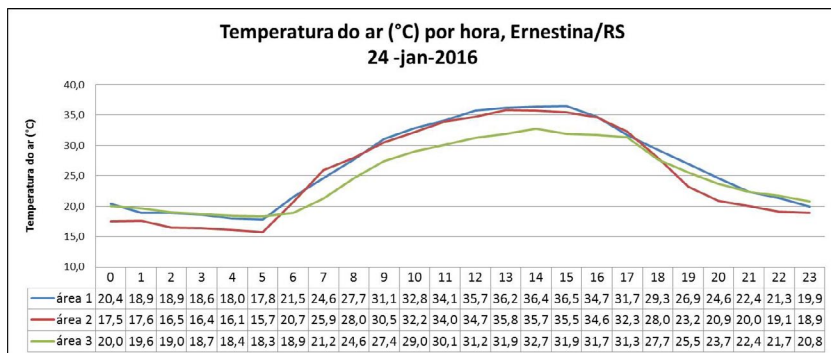
O processo de análise da temperatura no período do verão identificou nos dias 19 e 24 de janeiro a existência dos momentos mais frios e mais quentes do período, como podem ser observados nas Figuras 6 e 7. O dia 19 foi o que obteve o registro das temperaturas mais baixas no mês, com 15,5°C a área 1; 13,3°C a área 2 e 16°C a área 3.

Figura 6 - Temperatura do ar (°C) absoluta, dentro das 24 horas do dia 19 janeiro/2016.



Fonte: Dataloggers instalados em campo, 2016.

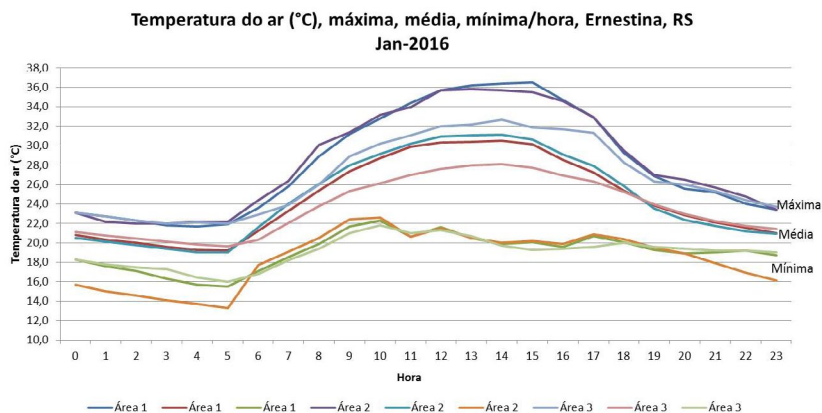
Figura 7 - Temperatura do ar (°C) absoluta, dentro das 24 horas do dia 24 janeiro/2016.



Fonte: Dataloggers instalados em campo, 2016.

Avaliando as temperaturas marcadas para estes dois dias é possível perceber no dia mais frio (19 de janeiro) que as área 1 e 2 obtiveram uma diferença de 2,2 °C, a área 1 e 3 de 0,5°C e, a área 2 e 3 de 2,7°C. E no dia mais quente (24 de janeiro) foi de 0,7°C entre a área 1 e 2, de 3,8°C entre a 1 e 3, e de 3,1°C entre a 2 e 3. A área 3 é a que apresenta as temperaturas mais baixas comparada as outras duas áreas. Possivelmente isso se deve a interferência do uso da terra sobre o microclima da área. Tal evidência corrobora os estudos que descrevem a presença da vegetação como um fator de atenuação das temperaturas nos ambientes.

Para compreender a temperatura na estação do verão foi verificado o comportamento da máxima absoluta, média e mínima absoluta dentro das 24 horas em cada área. Conforme Figura 8 é possível perceber a existência de um ciclo diário de aquecimento diurno e de resfriamento noturno, em que o banhado apresenta as mais baixas temperaturas a noite e juntamente com a lavoura as mais altas temperaturas durante o dia.

Figura 8 - Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) por hora em cada área, no verão.

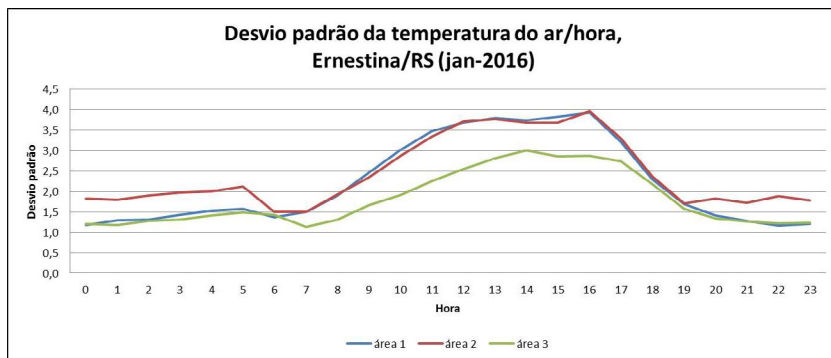
Fonte: Dataloggers instalados em campo, 2016.

As temperaturas mais frias se concentraram às 5 horas da manhã, com  $15,5^{\circ}\text{C}$  área 1,  $13,3^{\circ}\text{C}$  área 2 e  $16^{\circ}\text{C}$  área 3. As temperaturas mais quentes se concentraram no intervalo entre 13 horas e 15 horas,  $36,5^{\circ}\text{C}$  área 1,  $35,8^{\circ}\text{C}$  para a área 2 e  $32,7^{\circ}\text{C}$  para a área 3.

Desse modo, para verificarmos a existência ou não de homogeneidade na área de estudo foi calculado o desvio padrão da temperatura nas áreas. Quanto mais próximo da média for o desvio padrão, mais homogênea é o seu comportamento. Assim, o cálculo do desvio padrão mostrou a área 3 como sendo a mais homogênea, pois a sua curva se manteve mais baixa em relação as demais, resultando em uma menor variabilidade em relação as demais, conforme pode ser observado na Figura 9:-



Figura 9 - Desvio padrão da temperatura dentro das 24 horas do dia, no verão.



Fonte: Dataloggers instalados em campo, 2016.

A presença da vegetação mais densa na área 3 pode ter auxiliado na baixa variação da temperatura ao longo do dia, visto sua homogeneidade. Concordando, por conseguinte, com os estudos desenvolvidos por Geiger (1961), Mendonça e Danni-Oliveira (2009), quando mencionam que a vegetação atua como um importante regulador da umidade e temperatura do ar.

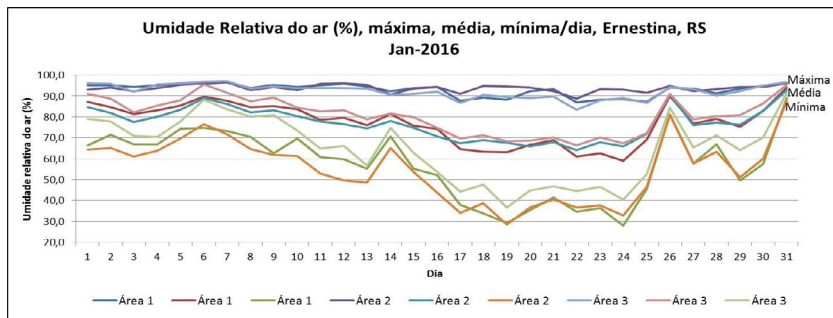
### 4.3 Análise da variabilidade higrométrica diária e horária

A umidade relativa do ar média registrada para a estação foi de 77,2 % para a lavoura, 76,9 % para o banhado e 80,7 % para o fragmento florestal. Comparando as três áreas percebe-se um diferente percentual de 0,3% entre a área 1 e 2; 3,5% entre a área 1 e 3; 3,8% entre área 2 e 3.

O dia 07 de janeiro obteve o registro de maior umidade para as três áreas, sendo igualmente 96,7 % para a área 1 e 2, e 97% para a área 3. O dia 19 de janeiro foi o de menor umidade para as áreas 2 e 3, com 28,5 % e 36,6 % respectivamente. E o dia 24 janeiro foi o dia de menor registro

para a área 1, com 28,1% (Figura 10).

Figura 10 - Umidade relativa do ar (%) por dia em cada área, no verão.

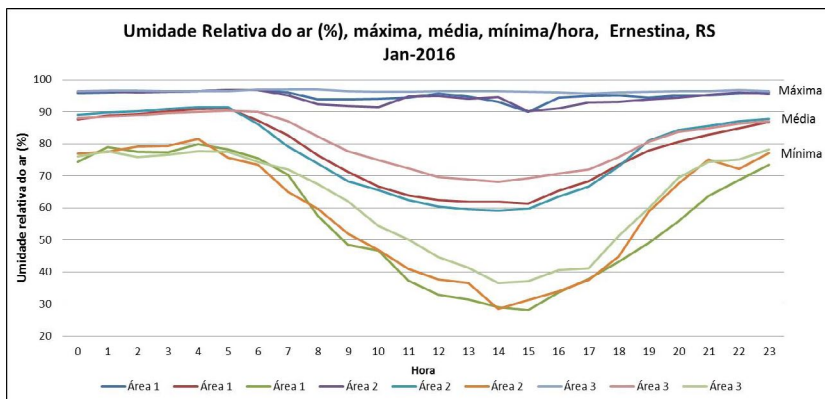


Fonte: Dataloggers instalados em campo, 2016.

Dentro das 24 horas do dia, o horário de maior umidade para as áreas 1 e 2 esteve situado entre às 5 e 6 horas da manhã com 96,7%, e às 7 horas para a área 3 com 97%. O horário de menor umidade encontrado foi às 14 horas para as áreas 2 e 3, com 28,5 % e 36% de umidade respectivamente e às 15 horas para a área 1, com 28,1 %.

Analisando a umidade relativa do ar dentro das 24 horas do dia observa-se que entre às 7 horas e às 16 horas há uma queda significativa na umidade da lavoura e do banhado, o que não ocorre tão fortemente sobre o fragmento florestal (Figura 11).

Figura 11 - Umidade relativa do ar (%) por hora em cada área, no verão.



Fonte: Dataloggers instalados em campo, 2016.

#### 4.5 Painéis tempo-espaciais da variabilidade termo-higrométrica

A partir dos painéis Tempo-Espaciais pode-se visualizar os resultados encontrados para a variabilidade termo-higrométrica das três áreas de estudo do entorno do Reservatório Ernestina. Os painéis além de permitirem uma visualização dos resultados já apontados nas tabelas e gráficos, permitiram uma observação geral sobre o comportamento de umidade e temperatura durante os dias em cada área, apresentados na figura 12 para a área 1, na figura 13 para a área 2 e figura 14 para a área 3.

Observou-se nas áreas um padrão de variação em certos horários um pela presença do sol, que aqueceu as superfícies, influenciando sobre a demanda de ganho de energia. E ao pôr do sol, uma perda de energia da superfície, rebaixando suas temperaturas com o início da noite. Verificou-se um ciclo diurno e noturno nas variações de temperatura e umidade relativa do ar, e os dias em que ocorreram as maiores variações nas áreas, bem como os dias extremos de frio e calor.

Figura 12 – Painéis Têmporo-Espaciais da área 1. A: Temperatura do ar. B: Umidade relativa do ar. Org.: Os autores (2017).

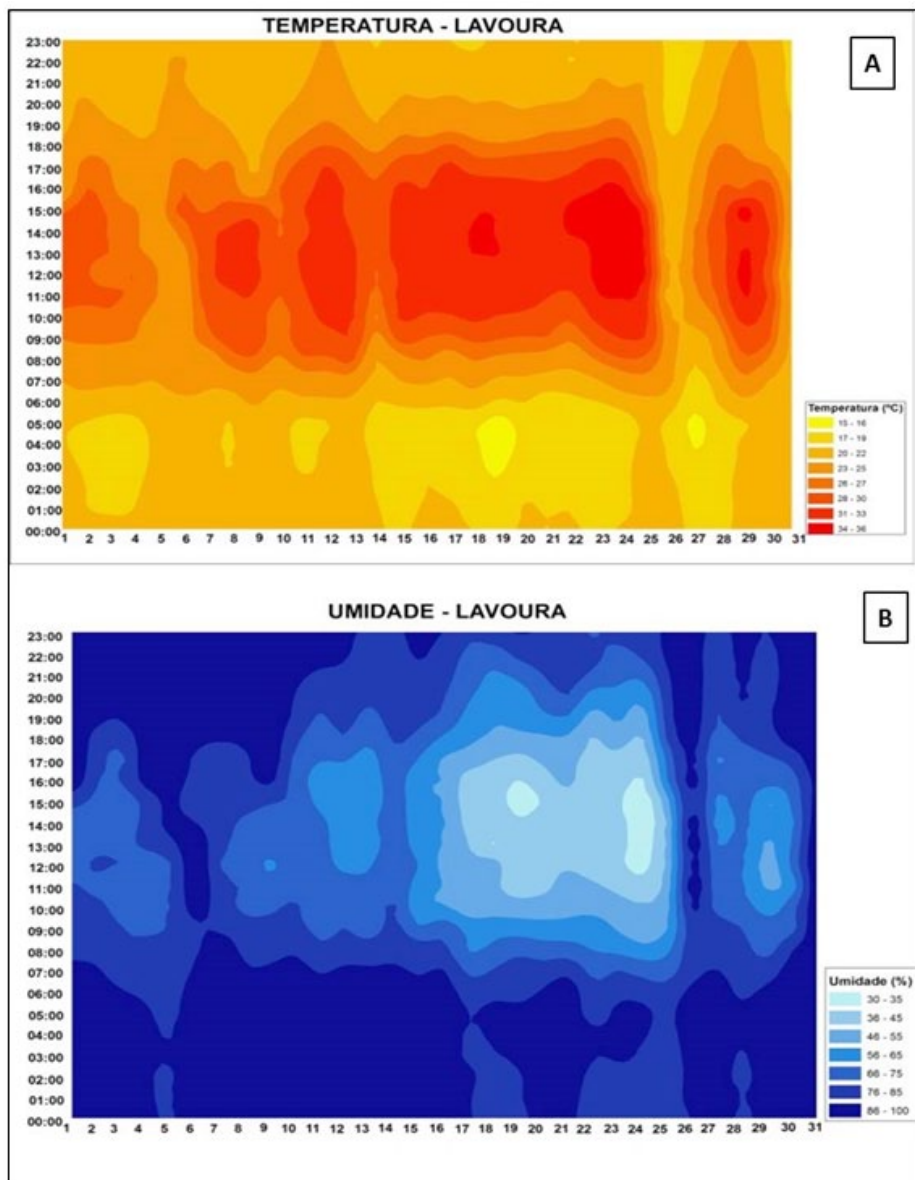
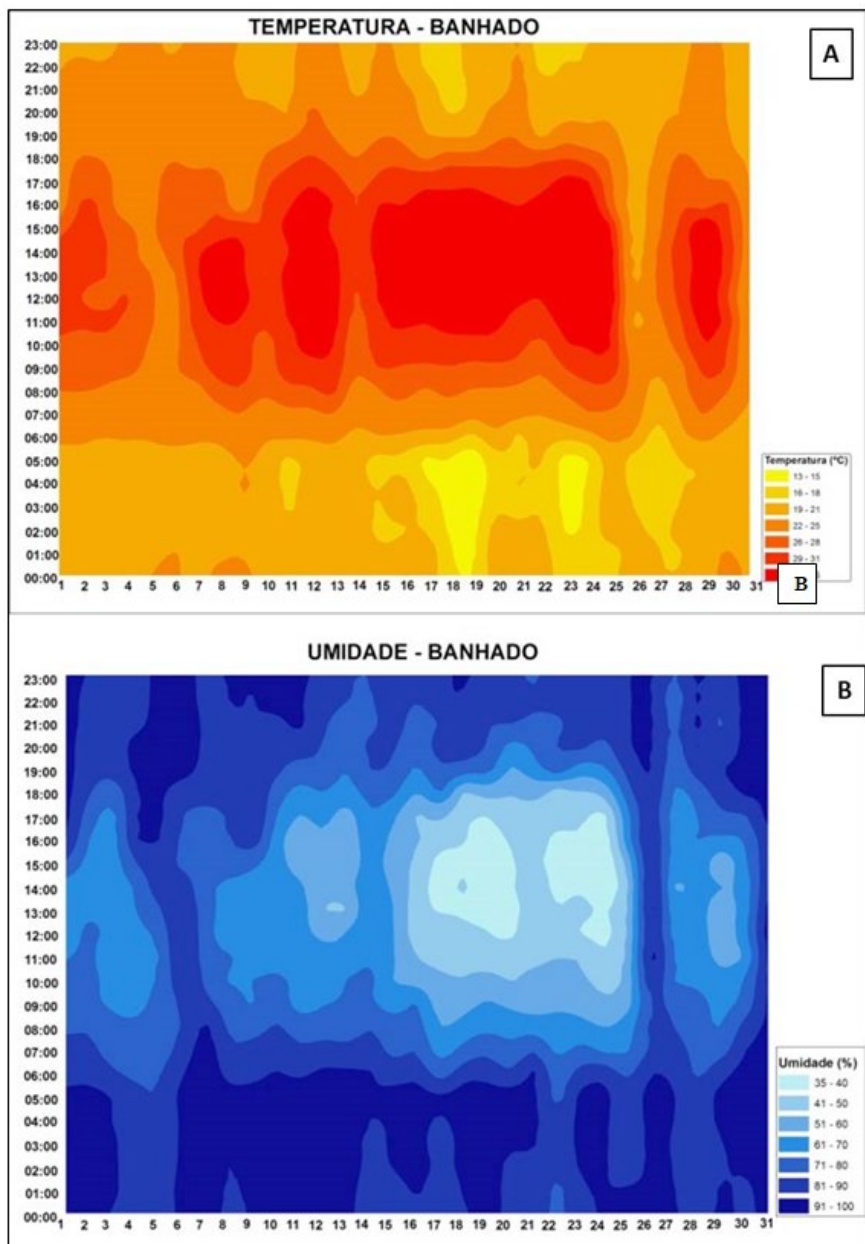
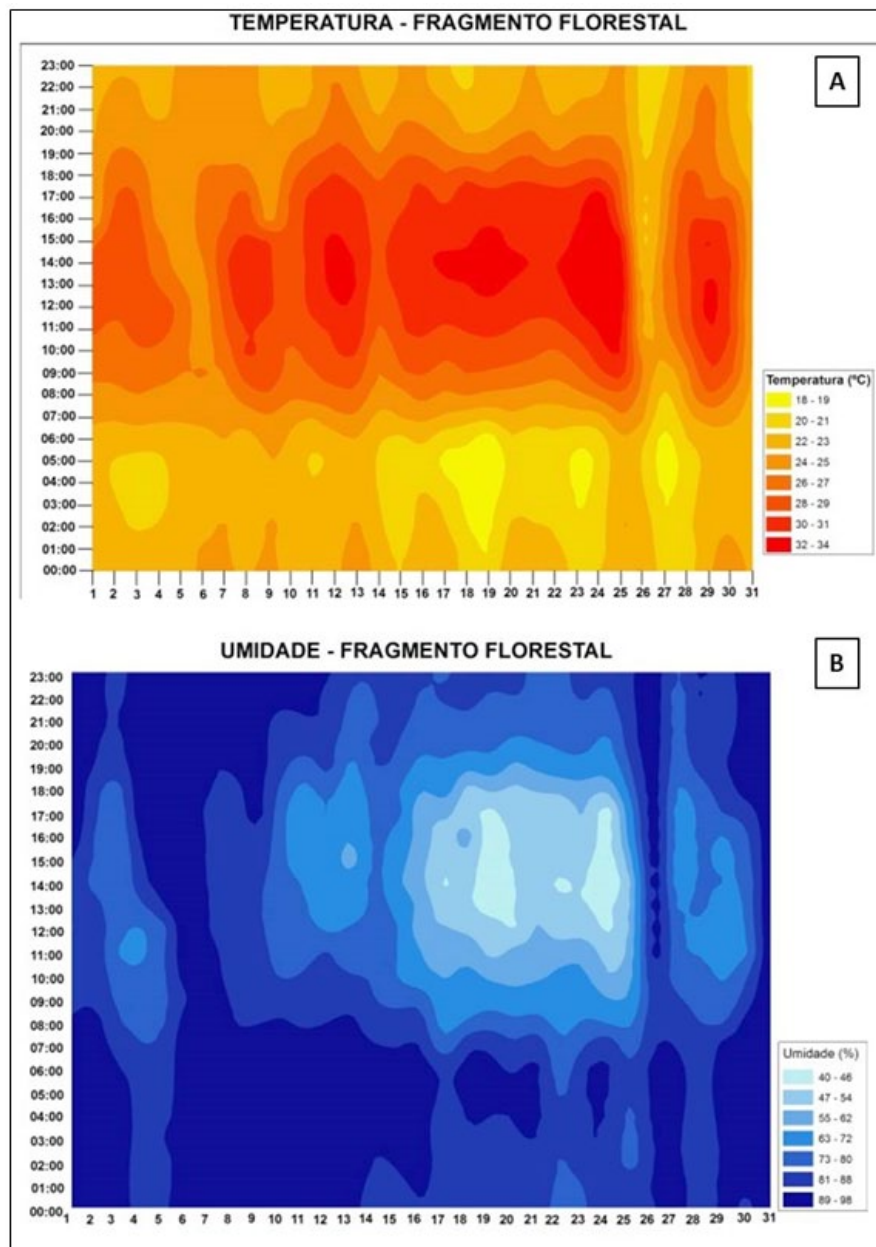


Figura 13 – Painéis Têmporo-Espaciais da área 2. A: Temperatura do ar. B: Umidade relativa do ar.



Org.: Os autores (2017).

Figura 14 – Painéis Têmporo-Espaciais da área 3. A: Temperatura do ar. B: Umidade relativa do ar.



Org.: Os autores (2017).

O fragmento florestal foi o que apresentou uma menor variação termo-higrométrica, tanto a noite como durante o dia. Tais resultados para a área 3, apoiam os estudos de Costa et al. (2013), quando mencionam que a as áreas arborizadas não só permitem um maior bloqueio de energia solar direta sobre a superfície, como também há uma maior disponibilidade de água, através do processo de evapotranspiração e evaporação, tornando estes ambientes mais úmidos e frios.

A fase de desenvolvimento reprodutivo da cultura de soja<sup>2</sup> verificada na área 1, no verão, pode ter influenciado o comportamento da temperatura e da umidade neste período. Durante o trabalho de campo, no verão, foi observado que a cultura de soja na área estava em um tamanho aproximado de 80 cm, com as folhas recobrimdo boa parte da superfície.

E as temperaturas mais elevadas e umidade mais baixa no banhado em comparação as outras três áreas, no verão, pode ter decorrido do fato da área se encontrar com o solo mais seco e exposto, o que é uma característica dos banhados durante essa estação. Visto que os banhados se caracterizam por hidroperíodos de seca no verão e de cheias no inverno, um padrão oscilatório natural das águas nestes ambientes (MALTCHIK et.al.2003).

## 5. Conclusões

Através desta pesquisa foi possível ampliar a compreensão sobre os reflexos dos usos da terra no comportamento termo-higrométrico. O quanto os fatores geográficos exercem influências sobre a climatologia do local, que mesmo as áreas estando próximas umas da outras, suas

---

2 A fase de desenvolvimento reprodutivo da planta de soja é caracterizada por estágios de desenvolvimento vegetativo avançado, florescimento, formação e enchimento das vagens, até a sua maturação. Iniciando nesta fase em média com 38cm de altura, podendo alcançar 120 cm até sua maturação. (IPNI, 2017).



propriedades internas e dinâmicas dos fluxos de energia refletiram em diferenças na análise climática.

Ainda que as áreas rurais estejam mais relacionadas com a melhor sensação térmica do que as urbanas, por sua composição tanto em relevo como vegetação, são áreas que também sofreram historicamente processos de alteração e continuam atualmente, pela pressão do crescimento na indústria agrossilvopastoril. Na área de estudo observou-se que a vegetação exerceu acentuado controle sobre a variabilidade termo-higrométrica, que é o caso da área 3, com a presença do fragmento florestal, apresentando as menores variações tanto de dia quanto a noite, comparada as demais áreas, na sequência esteve à lavoura e por último o banhado.

Almeja-se com este estudo, não apenas contribuir com as pesquisas de bioclimatologia, mas também servir como um instrumento de ampliação da percepção para com estes ambientes naturais, a fim de gerar novos estudos e ações de conservação.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. E apoio do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria em parceria com o Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical.



## 6. *Lista de Siglas*

DAP – Diâmetro da árvore à altura do peito

LaCAS – Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical

OMM – Organização Mundial Meteorológica

PROCAD - Programa Nacional de Cooperação Acadêmica

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria

## Bibliografia

COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA (CEEE-GT). Plano de uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório da UHE Ernestina. Disponível em: [www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=29417](http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=29417). 2008. Acesso em 15 mar. 2015.

COSTA, A. C. L., et al. Variações termo-higrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte, *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium*, v. 4 n. 2, p. 615-632, 2013

CPRM. 2004. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br>>. Arquivo acessado em 19/09/2015.

CPRM. 2005. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br>>. Arquivo acessado em 19/09/2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produto de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). XXVI, 412p. 1999.

FIALHO, E. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na zona da mata mineira. 2009, 279f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

FIALHO, E. S.; PAULO, M. L. S Clima e sítio: a variabilidade termo-higrométrica, ao longo do transepto Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira/Brasil. In: Experimentos em Climatologia Geográfica. Editora UFGD. p.101-121, 2014.

FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; BROCHADO, A. L. & GUALA II, G. F. 1994. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. *Cadernos de Geociências* 12: 39-43.

GEIGER, R. *Manual de Microclimatologia – O clima da camada de ar junto ao solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556 p.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Atlas Eólico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2006. 65p.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Atlas Socioeconômico e ambiental do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2007. 65p.

HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C.; SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). *Revista Ciência & Natura*, v. 37, p. 132-137, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Dados Demográficos Censo 2010*. IBGE, 2016. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em 13 fev. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de vegetação do Brasil*. Disponível em <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas\\_e\\_Mapas/Mapas\\_Murais/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/)>. 2004. Arquivo acessado em 05/09/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Folha Porto Alegre/Uruguaiana/Lagoa Mirim, escala 1:1.000.000*. Projeto RADAM. 1986.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas do Brasil / 1961 – 1990. Brasília: INMET, 2009.

LEÃO, R. M. A floresta e o homem. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 2000.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Geografia do Brasil: vegetação. Rio de Janeiro: IBGE. p.113-150. 1990.

LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, N. G. B. Análise Microclimática dos Manguezais da Barra do Ribeira-Iguape/SP. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. 203p.

MALTCHIK, L., E. S. COSTA, C. G. BECKER e A. E. OLIVEIRA. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil. Pesquisas, série Botânica 53:89-100, 2003.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia - Noções Básicas e Climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 208p.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. (2009). Climatologia noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL METEOROLÓGICA (OMM). Manual global para processamento de dados e sistema de previsão. Genebra: Secretaria da Organização Mundial Meteorológica, 1992.

RIBEIRO, A. G. As Escalas do Clima. Boletim de Geografia Teorética. Rio Claro, IGCE/UNESP, v 23, n° 45 – 46. p. 288 – 294. 1993.

ROLON, A. N.; MALTCHIK, L.; IRGANGE, B. E. Levantamento de macrófitas aquáticas em áreas úmidas do RS. *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 1, n. 26, p. 17-35, jan./abr. 2004.

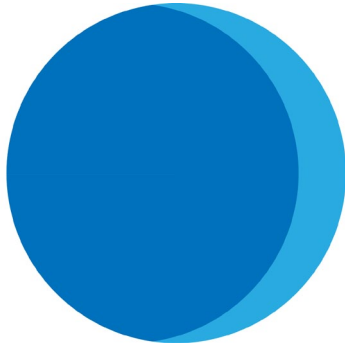
ROSSATO, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SILVA, J.A; PAULA, F. N. Princípios básicos de dendrometria. Recife: UFRPE; 1979.

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D. Variabilidade espacial dos atributos climáticos na Estação Ecológica do Taim (RS), sob domínio polar. *Revista do Departamento de Geografia. São Paulo*. Vol. 25, p. 56-76, 2013.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. *Climatologia Geográfica - Teoria e Prática da Pesquisa*. São Paulo: Alínea, 2013.

ZIANI, P.; PRINA, B.Z. Análise Multitemporal do Uso e Ocupação da Terra da Bacia Hidrográfica do Entorno da Barragem de Ernestina/RS com Imagens do Sensor Landsat-TM 5. In: XVI Simpósio de Geografia Física e Aplicada. "Territórios Brasileiros: Dinâmicas, potencialidades e vulnerabilidades". Teresina, Piauí 28 de junho a 04 de julho de 2015. *Geografia da UFPI e UESPI*. p.969-975.



# O CAMPO TERMO- HIGROMÉTRICO DE SALTO DO JACUÍ/RS, EM SITUAÇÃO DE VERÃO

Ismael Luiz Hoppe  
Cássio Arthur Wollmann

## 1. *Introdução*

O espaço urbano e o processo de urbanização sempre chamaram atenção de inúmeros pesquisadores nas mais diversas áreas do conhecimento. No entanto, a intensidade do adensamento urbano e populacional atingiu seu auge somente no século XX, caracterizando-se como o século da urbanização. (LEANDRO FILHO, 2011).

Dentre as inúmeras áreas que contemplam em seus estudos o espaço urbano, a Climatologia Geográfica é a que aborda o tema clima urbano o qual é realizado com a finalidade de verificar como os elementos do clima alteram-se mediante a transformação do meio natural imposta pela urbanização, ou seja, de que forma o espaço construído pelo homem pode alterar a dinâmica climática em escalas meso, topo e microclimática (ROSSATO, 2010).

Sendo assim, há algumas décadas vem sendo realizados inúmeros estudos em grandes cidades de todo o mundo. Com resultados que podem auxiliar no planejamento dessas cidades, na tentativa de minimizar os efeitos da urbanização sobre a atmosfera urbana e, assim, oferecer melhor qualidade de vida para sua população.

Os ambientes urbanos destacam-se pelas suas características

climáticas acentuadamente alteradas quanto aos aspectos de composição do ar, radiação de energia, temperatura, umidade relativa e velocidade dos ventos (LANDSBERG, 1970).

Além dos problemas socioambientais inerentes à cidade, o processo de urbanização produz alterações no clima local dando origem ao clima urbano que é definido por Monteiro (1976) como um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. Assim sendo, o clima urbano é um sistema aberto, complexo, adaptativo e singular à cidade que é o lugar onde ocorrem profundas alterações nos padrões atmosféricos, abrangendo circulação, turbulência e dispersão do ar, albedo e estocagem de calor, evapotranspiração e balanço de energia na superfície (TAHA, 1997; ARNFIELD, 2003; KANDA, 2007). Um dos produtos do clima urbano, que é resultado da modificação do balanço de radiação nas cidades são as ilhas de calor.

Lombardo (1985) definiu a ilha de calor, como uma área onde a temperatura da superfície urbana é mais elevada que as circunvizinhanças, sendo também caracterizadas pelo aumento da temperatura em áreas urbanas com índices superiores aos da zona rural circundante.

Monteiro (2003) define o clima urbano como um sistema que abrange o clima de um determinado local e sua urbanização, sem haver preocupação em precisar a partir de que grau de urbanização poderia se defini-lo. Assim, pode-se dizer que qualquer área urbana, independente do seu tamanho, apresentará uma alteração do clima local.

Fialho (2012) relata que o termo ilha de calor se tornou um conceito que traz muitas incertezas pelo fato de não haver um critério claro e objetivo que o defina. O autor ainda dá o exemplo de se comparar dois locais com o mesmo uso da terra, mas em vertentes com maior e menor insolação, isso acarretaria uma diferenciação da temperatura do ar entre os locais, contudo isso não é suficiente para dizer que exista uma



ilha de calor.

O autor (Fialho, op. cit.) expõe que acredita que a melhor nomenclatura seria núcleo de calor, já que a orientação das vertentes é o fator responsável pela diferença que posso existir entre ambientes homogêneos. Fialho (2012) também ressalta que o conceito de ilha de calor está relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior, bem como, não está claro na literatura em que instante ou que diferença a temperatura do ar pode atestar a existência de ilha de calor.

Para Oke (1987) o mais evidente e documentado exemplo de mudança climática provocada pelo homem é o fenômeno da ilha de calor. Esse fenômeno corresponde a um maior aquecimento de uma área urbana em relação ao seu entorno ou a uma área rural que se intensifica à noite, poucas horas após o pôr do sol e que é melhor visualizado em dias de ventos calmos e céu claro.

Segundo Mendonça (2000), o clima urbano é derivado da modificação da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, cenário de intensas atividades humanas. Monteiro (1990) declara que o clima urbano nasceu da comparação com o contraste oferecido com o campo circundante evidenciando o caráter fundamental da cidade como espaço localizado de contínua, cumulativa e acentuada derivação antrópica do ambiente.

Além dos sistemas atmosféricos e tipos de tempo, que será mencionado posteriormente, devem-se considerar os condicionantes geocológicos e geourbanos como é debatido por Nascimento e Sartori (2006) quando detectam a minimização do calor em sua área de estudo devido a presença da vegetação e a influência da geomorfologia, declividade, altitude e o uso do solo na definição do campo térmico. Esses fatores são da mesma forma encontrados na pesquisa de Caruano; Amorim (2006)

que ao contrastar as temperaturas intraurbanas com temperaturas rurais, ambas obtidas por medidas móveis e utilizando o SCU (Sistema Clima Urbano), encontram diferenças devido a resposta dos condicionantes geourbanos e geoecológicos aos sistemas atmosféricos operantes durante as coletas.

As diferenças entre as zonas urbanas a distribuição dos espaços intra-urbanos associados às condições específicas do relevo, a densidade de áreas verdes e corpos hídricos são fatores que influenciam diretamente no clima, portanto indiferente do porte da cidade, o processo de urbanização gera clima urbano (LIMA; AMORIM, 2008). Sette e Tarifa (2008) enfocam os modelos de construção associados às zonas urbanas, pois no nível local a baixa altitude (200 a 300 m) intensifica substancialmente o aquecimento do solo e da atmosfera enquanto a forma rebaixada do sítio urbano diminui a intensidade dos ventos e aumenta a estabilidade atmosférica.

Spirn (1995), ressalta à medida em que as cidades aumentam de tamanho e densidade, as mudanças que produzem no ar, no solo, na água e na vida, em seu interior e em sua volta, ampliam os problemas ambientais que afetam o bem-estar de cada morador. Oke (1978) afirma que, comparando a paisagem circunvizinha, a cidade frequentemente provoca um enrugamento, aquecimento, e talvez ressecamento das condições de superfície.

De acordo com Geiger (1961) e Chorley; Barry (1972), o contraste térmico entre cidades e seu entorno rural se devem em virtude da maior produção direta de calor por combustão. Os métodos utilizados antigamente pelos pesquisadores centravam-se na caracterização do clima urbano a partir de uma série de observações simultâneas no ambiente intra-urbano e no espaço rural circunvizinho. Este tipo de observação dificilmente conseguia suprimir a influência adicional da situação

topográfica e da vegetação, mesmo quando era possível homogeneizar as séries de observação (Geiger op. Cit).

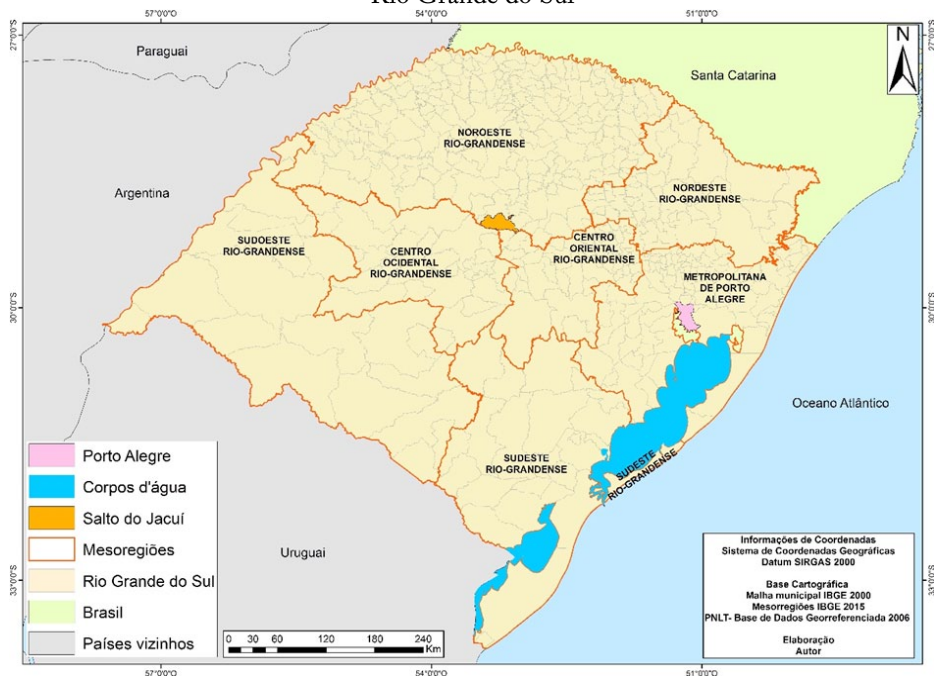
O objetivo geral desta pesquisa consistiu em mensurar e avaliar o campo termo-higrométrico da área urbana de Salto do Jacuí – RS, no dia 12 de janeiro de 2017, levantando e identificando os sistemas atmosféricos e o tipo de tempo dominante, bem como coletar e comparar dados através dos abrigos meteorológicos, instalados em diferentes usos e cobertura da terra e a através de transectos moveis realizados na área urbana.

## 1.1 Área de estudo

A origem do nome do município é indígena “Jacuí” que significa Rio dos Jacús e Rio das Canoas, e também por haver um grande “Salto” (queda d’água). A cidade de Salto do Jacuí está a uma altitude média de 320 metros acima do nível do mar (IBGE, 2018), e encontra-se a uma distância de 220 km de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul (em linha reta), e sua área total é de 519,197km<sup>2</sup>.

Localiza-se a 29°05’18” de latitude sul e a 53°12’45” de longitude oeste, está na bacia hidrográfica do Alto Jacuí (Figura 01), a qual oficialmente pertence a Mesorregião do Noroeste Rio-grandense e à Microrregião Geográfica de Cruz Alta (FEE, 2017). A população total segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é de 12.460 habitantes, sendo 10.208 na área urbana e 1.672 na área rural e a densidade demográfica é de 23,4 habitantes/km<sup>2</sup>, e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,749 (IBGE, 2018).

Figura 01 - Localização do município do Salto do Jacuí – RS, em relação ao estado do Rio Grande do Sul



Elaboração: Autor.

Salto do Jacuí é conhecida como a Capital Gaúcha da Energia Elétrica, tem uma relação especial com as águas, pois possui o maior lago artificial do Rio Grande do Sul - Bacia do Passo Real e a Represa Engenheiro Maia Filho. O complexo hidrelétrico do sistema Jacuí é responsável por 65% da energia gerada pela CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica) no Estado e 35% da carga consumida pelos gaúchos (REDE CIDADES, 2017).

## 2. *Procedimentos metodológicos*

### 2.1 *Instrumentos utilizados para a coleta e os transectos móveis*

Em primeiro momento foram selecionados dois pontos fixos de amostragem para esta pesquisa. Estes pontos foram escolhidos com o intuito de analisar a variabilidade climática da área central da cidade ao longo do dia comparando com o ponto localizado em uma área menos urbanizada e às margens do lago e também para verificar as possíveis alterações de um corpo d'água no clima local.

Os abrigos meteorológicos utilizados para esta pesquisa podem ser vistos como se sucedeu a montagem em Hoppe, Et al., (2017). Eles já vêm sendo utilizados em várias pesquisas do Laboratório de Climatologia Ambiental Subtropical do curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria. (Figura 02).

Figura 02 - Abrigos meteorológicos de baixo custo e uso do solo.

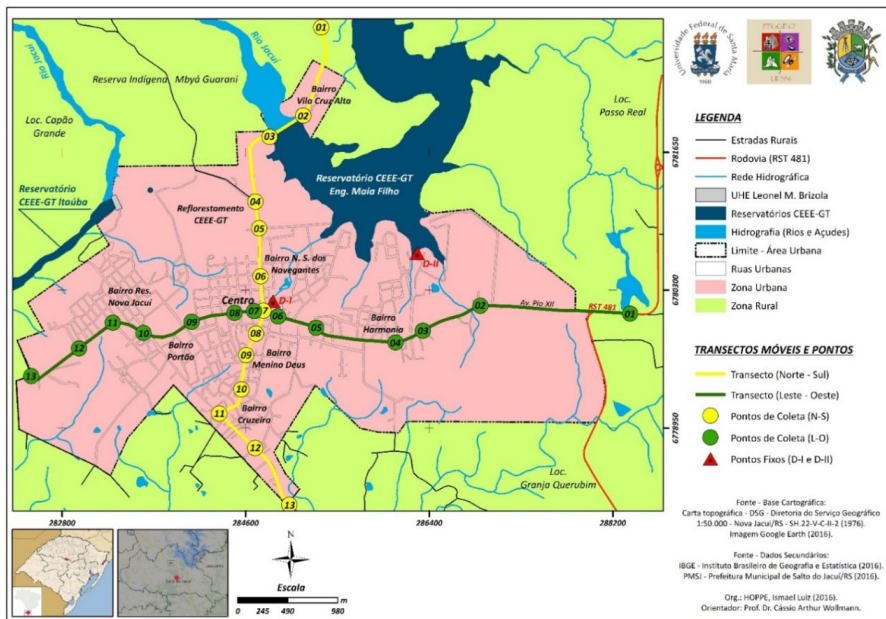


Fotografia: Hoppe, I. L., (2016). Fonte: Google Earth

Conforme a Figura 03, o ponto 01 está localizado à  $29^{\circ}05'18''S$  de latitude e  $53^{\circ}12'37''O$  de longitude com altitude de 312 metros acima do nível do mar. Encontra-se na área central da cidade do Salto do Jacuí a uma distância de 1,5 km do ponto 02. O ponto 02 está localizado  $29^{\circ}05'03''S$  de latitude e  $53^{\circ}11'43''O$  de longitude a uma altitude de 284 metros acima do nível do mar.



Figura 03 - Localização dos abrigos meteorológicos utilizados para a pesquisa e os transectos móveis.

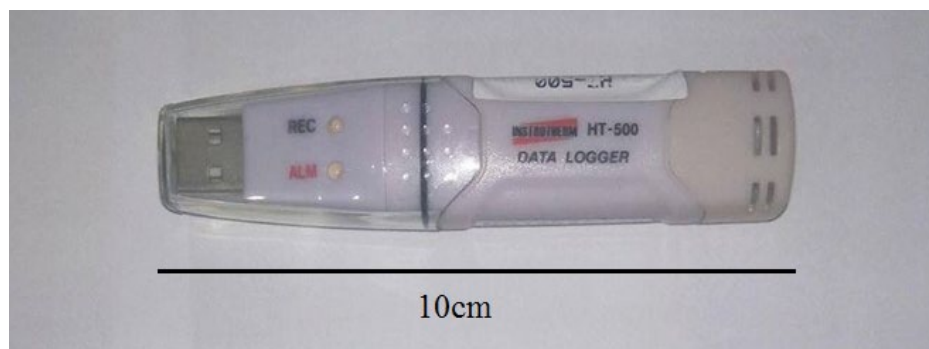


Organização: Autor.

Os abrigos foram instalados sempre um dia antes da coleta pelos transectos e recolhidos um dia posterior à realização dos mesmos. Para esse trabalho foi usado os dados do dia 12 de janeiro de 2017, esse mês representa a estação do verão, conforme propõe Sartori (2003).

Para a aquisição dos dados foram usados dois termo-higrômetros com armazenamento digital, modelo HT 500 Instrutherm (Figura 04). Os Dataloggers foram configurados para efetuarem registros horários de temperatura relativa do ar e umidade relativa do ar, pois houve a necessidade desse volume de dados para melhor visualizar a influência destes elementos climáticos e suas variantes.

Figura 04 - Datalogger, modelo HT 500 Instrutherm.



Organização: Autor.

Para a aquisição dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar na zona intra-urbano e arredores foi empregada a metodologia de transectos móveis (AMORIM, 2000, 2010) se baseia na obtenção simultânea dos dados climáticos ao longo de trajetos preestabelecidos dentro da malha urbana. Foram estabelecidos dois transectos que cruzaram a cidade do Salto do Jacuí nos sentidos Norte-Sul e no sentido Leste-Oeste conforme o mapa da Figura 05.

Com relação à realização dos transectos saíram simultaneamente um carro em cada transecto, um veículo percorreu em sentido Norte-Sul e outro de Leste-Oeste, e cada percurso teve uma média de 5 km no qual foram percorridos em 45 minutos. A coleta nos transectos ocorreram nos horários das 07, 16 e 22 horas com condições de tempo estável, céu limpo e pouco vento (calmaria), pois era o horário de verão, para as coletas meteorológicas não se adota o horário de verão e utiliza o tempo universal coordenado (TMC) ou tempo médio de Greenwich (TMG) menos 3 horas, durante o ano inteiro (SILVA, 2009).

Os trajetos dos transectos (Figura 03) foram predeterminados



com a ajuda de trabalho de campo prévio e do software Google Earth, levando em consideração as altitudes, o nível de urbanização, o tamanho da cidade e o uso do solo. Assim foram estabelecidos 13 pontos de coleta nos sentidos Norte-Sul e 13 pontos de coleta no sentido Leste-Oeste, conforme representação da figura 02. Sendo realizadas as medições da umidade relativa do ar e temperatura instantânea do ar com a utilização do Termômetro eletrônico MATSUTEK HTM120 (Figura 05) e em cada ponto foi efetuado uma parada de 3 a 4 minutos para registrar a temperatura do ar e a umidade do ar.

Figura 05 - Termômetro eletrônico MATSUTEK HTM120



Organização: Autor.

Para poder explicar as decorrências ambientais responsáveis pela geração do clima urbano do Salto do Jacuí, no estudo termodinâmico e seus subprodutos: campo térmico, núcleos de calor e de frescor foram elaborados mapas para compor a caracterização geográfica da área de estudo.

Após a realização dos transectos móveis, coleta de dados dos abrigos meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar e das coordenadas UTM de cada ponto. Os dados primários foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel 2013 após exportados para o Sistema de Informação Geográfica Surfer 8.0 para a elaboração de cartogramas do campo termo-higrométrico da zona urbana do Salto do Jacuí. O método de interpolação utilizado na elaboração dos cartogramas foi a krigagem ordinária do Surfer, conforme orienta Wollmann (2011) e Wollmann; Galvani (2014).

Foi elaborado ao final de cada campo um total de seis mapas temáticos do sistema termodinâmico do Salto do Jacuí. Os mapas gerados foram tabulados dados em ambiente de SIG. No qual foi gerado um mapa de temperatura do ar para cada transecto realizado o mesmo ocorrerá para umidade do ar.

Para a elaboração dos cartogramas do campo termo-higrométrico da zona urbana do Salto do Jacuí ao longo dos transectos, foram usadas escalas de cores que variaram do verde claro para representar temperaturas mais baixas até o vermelho escuro para temperaturas mais elevadas e para representar a umidade, foram utilizados uma escala de cores que variaram do azul claro para representar as umidades mais baixas a tons de azul mais forte para representar as umidades mais altas registradas. Os mapas espacializaram os dados térmicos e higrométricos dos transectos na área de estudo e com as medições dos dois pontos de coleta pode-se estabelecer a relação entre temperatura, umidade e o uso e cobertura da

terra na área de estudo.

Ao final, para determinar o tipo de tempo, os sistemas atmosféricos dominantes e a circulação atmosférica regional nos dias de coleta dos dados foram coletadas e utilizadas imagens de satélite GOES-13 disponíveis nas páginas do CPTEC/INPE ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)) e cartas sinóticas de superfície, disponível na Marinha do Brasil ([www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas)).

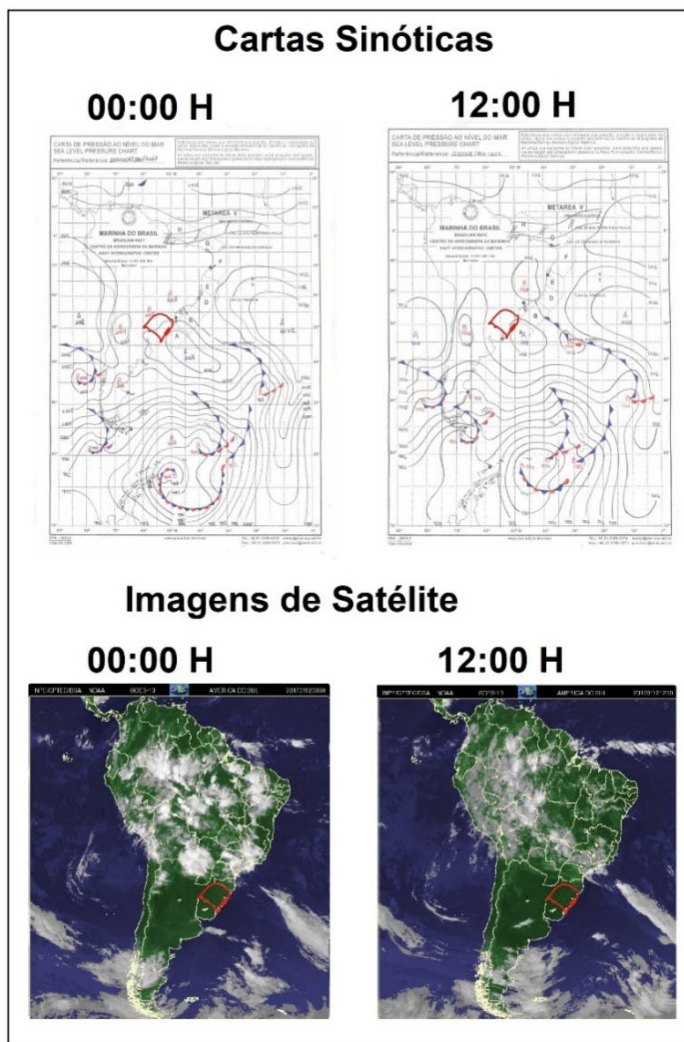
### 3. *Análise Dos Resultados*

#### 3.1 *Identificação dos Sistemas Atmosféricos*

As cartas sinóticas e imagens de satélite GOES-13 colorida foi utilizada para identificação dos sistemas atmosféricos atuantes no dia 12 de janeiro de 2017, campo referente ao período do verão. Observou-se que o estado do Rio Grande do Sul está sob domínio da Massa Polar Atlântica (mPa) com centro de pressão de 1018hPa sobre o Oceano Atlântico na latitude dos 30° à 35°Sul.

Este sistema atmosférico extratropical tem origem do Anticiclone Migratório Polar que é resultado do acúmulo de ar polar das baixas pressões polares que se deslocam em direção as altas subtropicais Monteiro (1976), e pode ser melhor visualizado e analisado por meio das cartas sinóticas e imagens de satélite presentes na Figura 06.

Figura 06 - cartas sinóticas e imagens de satélites das 12h e das 00h do dia 12 de janeiro de 2017



Org.: Os autores.

Este tipo de domínio atmosférico prevê entre outros tipos de tempo, a participação do tipo de “Tempo Anticiclonal Aquecido” que segundo Sartori (2003, p. 33).

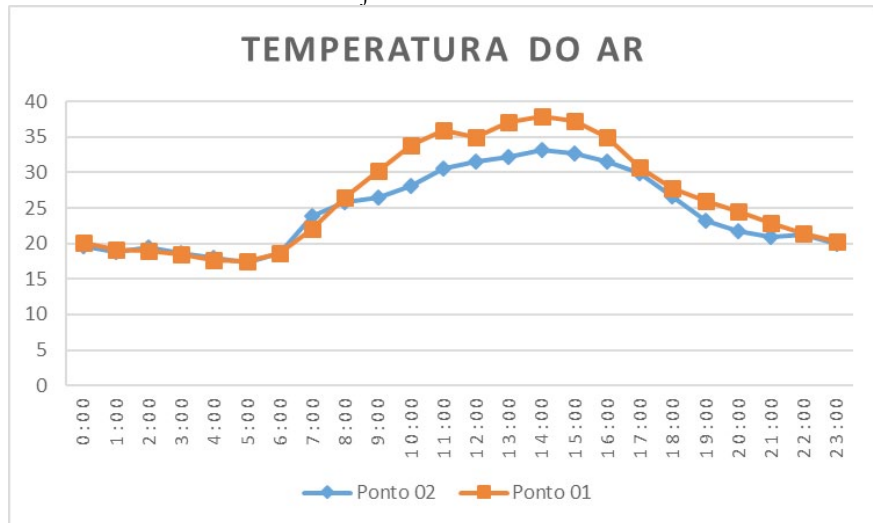
...é uma variação do Tempo Anticiclonal Típico, motivado pelo aquecimento do ar de origem polar sobre o continente nas latitudes subtropicais e tropicais e consequente enfraquecimento do APA. Caracteriza-se pela presença do centro do Anticiclone Polar sobre a região e é associado ao domínio da MPV, registrando elevação moderada da pressão atmosférica (inferior ao típico), céu limpo, ventos leves e calmas, com grande amplitude térmica pelo aumento das temperaturas máximas e declínio das mínimas, porém ambas mais elevadas que no Anticiclonal Típico.

Nesse sentido os dados coletados em campo e na estação meteorológica de Ibirubá registraram temperatura entre 17,7°C e 30,7°C (e amplitude de aproximadamente 13°C). A umidade relativa do ar acima de 39% e pressão atmosférica em elevação são as características comuns do tempo em relação à dinâmica atmosférica pertinente no dia 12 de janeiro de 2017.

### *3.2 Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS*

A figura 07 apresenta o gráfico das medições da temperatura do ar às margens do reservatório artificial Engenheiro Maia Filho, bem como do centro da cidade de Salto do Jacuí.

Figura 07 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente as medições do dia 12 de janeiro de 2017



Org: Os autores.

Pode-se notar que os dados de temperatura do ar registrados no ponto 01 e ponto 02 nas primeiras horas do dia 12 de janeiro de 2017. Apresenta uma queda de  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  das 00h até as 06h. Também é visível que entre os pontos da área urbana de Salto do Jacuí não houve maiores diferenças nas temperaturas registradas. Sendo a maior diferença de  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  às 00h, e às 06h da manhã, os dois pontos de coletas não registrou nem uma diferença.

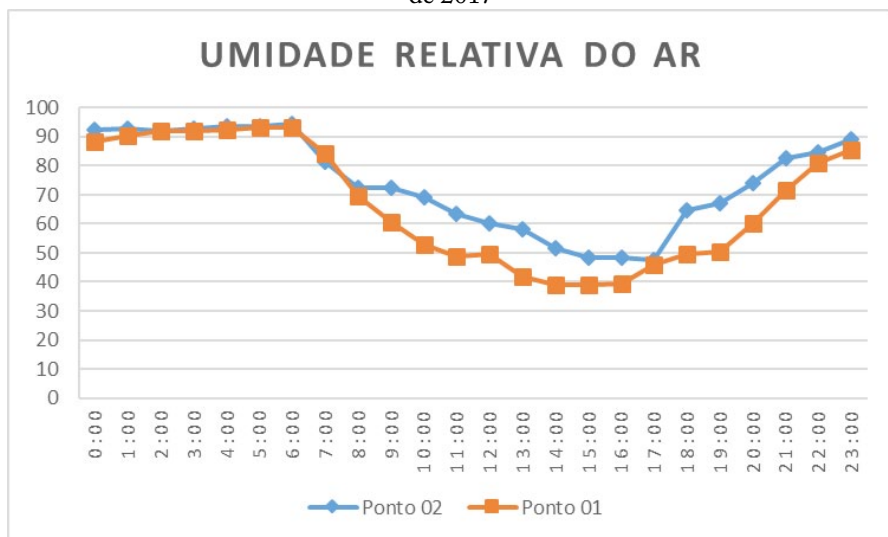
Entre às 07h até às 15h as temperaturas na área urbana de Salto do Jacuí continuam a se elevar. Neste período o ponto 01 registra as temperaturas mais elevadas em comparação ao ponto 02 com exceção das 07h que ocorre o inverso. A maior diferença entre os pontos ocorreu às 10h registrando uma diferença de  $5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  o que corrobora com o referencial teórico consultado, pois a presença do corpo d'água próximo favorece o abaixamento significativo das temperaturas do ar.

Quando nasce os primeiros raios solares do dia pode-se ver que neste intervalo que é das 6h às 7h as temperaturas registradas nos dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí se elevam bruscamente por conta do balanço positivo de energia. Observa-se que às 12h no ponto 01 a temperatura do ar tem uma pequena queda de  $0,9^{\circ}\text{C}$  por conta de uma nuvem que se localizou em cima da cidade.

Às 17h é o momento do dia em que os dois pontos de coletas têm o segundo momento com as menores diferenças de temperaturas registradas entre os pontos. Essa diferença entre eles é de apenas  $0,8^{\circ}\text{C}$  entre os pontos.

A partir das 15h as temperaturas começam a decair nos pontos 01 e 02 da zona urbana do Salto do Jacuí, em virtude da posição dos raios solares e a partir das 18h ocorre o balanço de energia é negativo, o que causa a diminuição das mesmas. Neste intervalo de horas as diferenças registradas entre os dois pontos da área urbana variam de  $2,8^{\circ}\text{C}$  a  $0,1^{\circ}\text{C}$  de diferença.

Figura 08 - Gráfico da umidade relativa do ar referente às medições do dia 12 de janeiro de 2017



A figura 08 mostra que durante o intervalo das 00h e 06h não houve uma mudança significativa na umidade relativa do ar registrando uma diferença entre os pontos 01 e 02 da zona urbana do Salto do Jacuí. Essa diferença variou de 2% a 4% entre os pontos nas duas primeiras horas do dia 12 de janeiro de 2017. Sendo está a maior diferença da umidade relativa do ar nas primeiras horas do dia. Entre 3h às 6h a diferença para esses pontos diminuiu sendo registrada o mesmo valor nos pontos às 5h e nos demais horários a diferença foi de 1%. Após às 6h os valores registrados da umidade relativa do ar começam a diminuir na zona urbana. Na estação essa queda da umidade tem início só às 9h e diminui até as 18h a partir desse horário ela volta a se elevar novamente.

Na área urbana após às 8h pode-se ver que entre os pontos de coletas a umidade apresenta uma diferença significativa entre os pontos 01 e 02. Pode-se perceber que no gráfico os maiores valores da umidade relativa do ar encontram-se no ponto 02 onde esse ponto apresenta uma maior cobertura vegetal e está ao lado de um grande corpo d'água. A partir das 17 horas os valores da umidade voltam a subir nos dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí e o ponto 02 continua com os maiores valores de umidade relativa do ar.

No período das 9h até o fim deste dia a diferença entres os pontos de coletas foram de 2% às 19h onde todos os 3 pontos se apresentam uma menor diferença entre os pontos para este período. No decorrer as diferenças variaram de 9% à 17%, e apenas no final do dia que a diferença de valores da umidade do ar entre os pontos 01 e 02 se aproxima. A diminuição da umidade do ar está associada às temperaturas do ar quando mais quente menor será a umidade do ar e quando maior a umidade do ar menor a temperaturas do ar.



### 3.3 Análise dos transectos móveis

No dia 12 de janeiro de 2017 foi realizada a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar na cidade de Salto do Jacuí/RS nos horários das 06h, 15h e 21h (Figura 09). Neste dia as condições de tempo foram favoráveis com ausência de ventos, apresentou céu limpo o dia todo com presença de poucas nuvens ao norte e nevoeiros na parte da manhã sobre o reservatório, açudes, vale e presença de orvalho.

Analisando o campo térmico de Salto do Jacuí às 06h para o episódio vernal (figura 09), percebe-se que as áreas mais aquecidas da área urbana corresponderam ao bairro Nova Cruz Alta, ao norte e bairro Cruzeiro, ao sul. Caracterizados pela presença de áreas abertas à insolação direta e circunvizinhas às áreas de plantação de soja no qual neste período se destaca pela colheita.

As maiores temperaturas da área urbana foram registradas no perfil norte-sul, registrando 19 °C. E as menores temperaturas foram registradas no transecto móvel leste oeste, registrando 12 °C no ponto 24 entre os bairros Portão e Nova Jacuí.

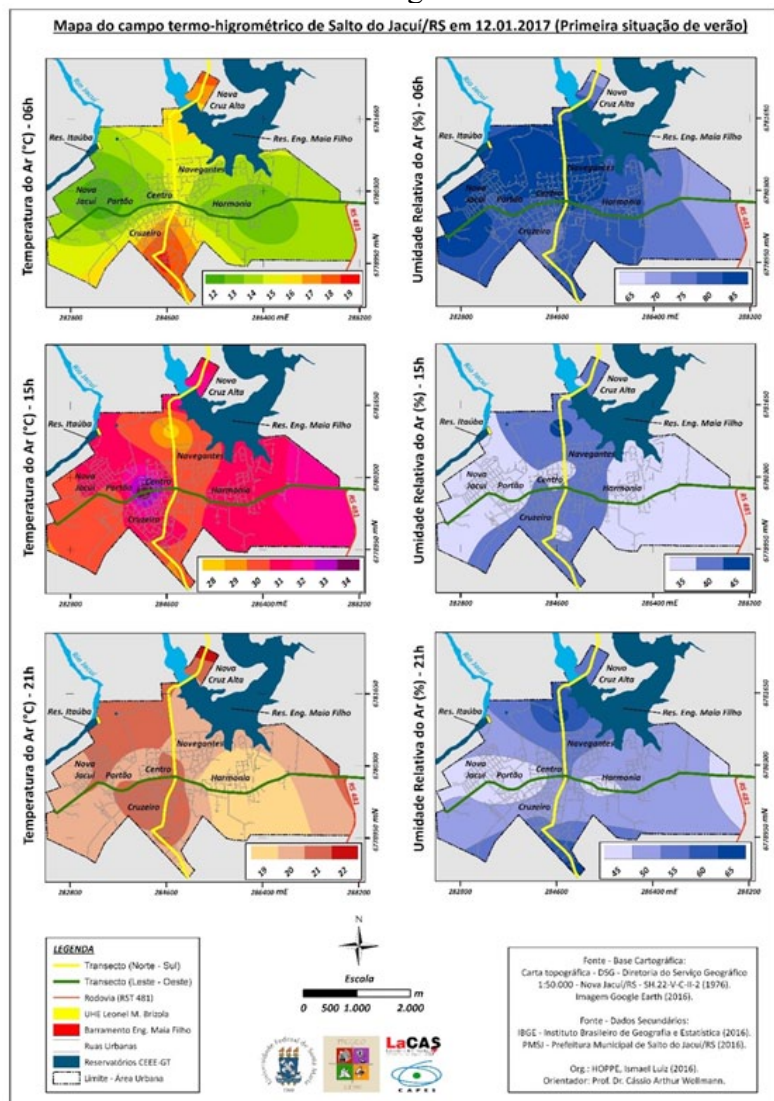
O perfil leste-oeste é o perfil mais urbanizado da zona urbana de Salto do Jacuí, e encontra-se sombreado neste horário em função da presença de construções. Essas áreas se encontram sob efeito de sombra conforme destaca Viana (2006, p. 72).

Isso resulta da inclinação dos raios solares que incidem sobre as áreas construídas no início da manhã, originando o efeito de sombra. As construções na área urbana dificultam a penetração dos raios solares, resultando em temperaturas mais baixas nestas localidades em comparação com as áreas abertas (AMORIM, 2000).

Como pode-se observar na porção norte e sul da área urbana de Salto do Jacuí, essas áreas apresentam edificações esparsas e um ambiente

rural. Amorim (2013, p.186) afirma que a transformação da energia solar de ondas curtas para ondas longas, dá-se de maneira mais rápida nestes lugares originando ambientes mais quentes.

Figura 09 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 12/01/2017. Org.: O autor.



Amorim (2013, p. 182) também aponta que as zonas rurais aquecem mais rápidos após o amanhecer, apresentando temperaturas mais altas do que nas zonas urbanas. Já no centro da cidade apresentam as temperaturas mais quentes novamente um pouco antes do meio da tarde.

A umidade relativa do ar registrada no transecto das 6h teve uma variação de 65% à 85% ao longo dos perfis. Os maiores valores foram registrados na porção norte e oeste da área urbana de Salto do Jacuí. Isso se justifica porque nestas porções estão localizadas as maiores áreas verdes e a presença do reservatório. Já os menores valores foram registrados na porção leste da zona urbana por virtude que esta área são lavouras de soja que neste dia já tinha sido colhida e apresenta solo exposto.

No horário das 15h as temperaturas mais elevadas foram contatadas na área central da cidade registrando 34 °C. Seguido pela na porção leste da área urbana e os bairros Cruzeiro, Portão e Nova Jacuí que registraram 32 °C.

No bairro Centro formou-se um núcleo de calor atmosférica de média magnitude (2 °C). Isso se explica pela maior presença de superfícies pavimentadas e “cânions urbanos” que absorvem e retêm mais energia provocando o aquecimento do ar e dando origem ao fenômeno das ilhas de calor.

A formação do núcleo de calor no Salto do Jacuí, para este episódio de tempo e horário se compara as áreas do “Central Business District” onde as atividades humanas se tornam mais intensa favorecendo o fluxo de calor antropogênico para a atmosfera fazendo intensificar a ilha de calor urbana. Outro motivo que favorece a entrada de radiação e o aquecimento do ar, e a presença de áreas planas e vertentes com orientação norte e oeste, as mais iluminadas para este horário. Áreas verdes reduzidas e a impermeabilização do solo nas áreas urbanas também contribuem para a intensificação da ilha de calor porque há diminuição da

evapotranspiração e não tendo o resfriamento por evaporação na cidade pela redução da quantidade e corpos úmidos como vegetação e superfícies de água (PINHO EORGAZ, 2000).

A menor temperatura registrada foi no perfil norte-sul de 28 °C no ponto 04, este localizado no meio do reflorestamento da CEEE. Isso se explica pelo fator deste ponto estar cercado por vegetação densa fazendo com que aumente o teor de umidade e reduza a temperatura.

A umidade relativa do ar para este mesmo horário registrou os valores mais baixos de todos os campos. Neste dia e horário a umidade relativa do ar variou de 35% à 45%. Os valores mais elevados ocorreram no perfil norte-sul. Sendo as mais elevadas na porção norte onde está localizado o reservatório e a as áreas com vegetação mais densa.

Ao longo do perfil leste-oeste apresentou os valores mais baixos registrando praticamente em todo o perfil 35%. Isto se justifica pelo fato que esta área apresenta uma menor cobertura vegetal, uma maior área construída, presença de lavouras (solo exposto) e neste mesmo transecto móvel apresentou os maiores valores de temperatura. Isto são fatores que fazem que a umidade do ar caia. Analisando o campo térmico de Saldo do Jacuí às 21h as temperaturas mais elevadas foram contatadas a leste, norte, oeste e centro da área urbana.

Na região central e o bairro Cruzeiro foi registrada uma temperatura de 22 °C. Essa área tem sua superfície mais pavimentada, apresenta albedo reduzido comparado às áreas verdes. Absorvendo mais radiação solar e armazenando calor durante o dia, que é perdido lentamente para a atmosfera durante a noite mantendo-o mais quente por mais tempo do que as zonas vizinhas. Pode se dizer que essa área configurou um núcleo de calor de baixa magnitude.

As menores temperaturas para este horário foram as registradas no bairro Harmonia, pois este bairro se localiza mais próximo ao reservatório

e é um bairro mais arborizado, as quais favorecem a evapotranspiração e o menor armazenamento de calor durante a tarde e à noite.

Já a umidade relativa do ar apresentou números mais elevados na porção norte e sul da área urbana. Isso justifica que na porção norte estão as margens do reservatório e a grande presença de vegetação. E no Sul os 12 e 13 estão em um vale rodeados de vegetação em seu entorno.

## 4. Conclusões

Com relação aos sistemas atmosféricos que atuou foi identificado no dia 12 de janeiro de 2017, que estava sobre domínio da massa Polar Atlântica e participação do tipo de Tempo Anticiclônico Aquecido.

O núcleo de calor ocorreu predominantemente nas áreas onde a qualidade ambiental é baixa, ocorrendo nos bairros Centro e Cruzeiro. Dessa maneira conclui-se que os núcleos de calor gerados na área urbana de Salto do Jacuí são um produto da relação homem e natureza. O que vem constituir num indicador da qualidade ambiental urbana. Sendo está ocorrência uma relação direta com a qualidade ambiental da cidade.

Na análise dos dados dos transectos que foram coletados percebe-se que o posicionamento do relevo, a disposição das vertentes, a área de reflorestamento e o reservatório foram determinantes na definição do sistema termodinâmico do clima urbano de Salto do Jacuí. Foram constatados temperaturas e valores de umidade relativa do ar heterogêneas com variações na região central e também no seu entorno rural próximo. A influência da orientação das vertentes, o reservatório e o entorno rural próximo também tem ação direta no clima urbano. Estes componentes, portanto, influenciam na configuração do clima urbano de Salto do Jacuí.

Notou-se que não houve a configuração de núcleo de calor no horário das 06h, visto que este horário toda a área urbana encontra-se em

processo de resfriamento associado ao balanço negativo de radiação. Os núcleos de calor registrados ocorreram nos horários de maior aquecimento do ar às 15h e às 21h quando a área mais aquecida começa a liberar lentamente a energia acumulada durante o dia favorecendo a definição dos núcleos de calor noturnos.

Em relação aos pontos fixos, o primeiro ponto, por sua vez, tem como características menor cobertura vegetal, maior quantidade de residências e passagem considerável de automóveis. Assim, esse ponto situa-se mais afastada do reservatório e em maior altitude. No ponto 02 pode-se observar uma menor concentração de moradias o que vem a apresenta uma maior cobertura vegetal de grande porte no seu entorno. Esse ponto está às margens do reservatório, e a uma altitude poucos metros inferiores do que a primeira área avaliada nesta pesquisa.

Os resultados analisados indicaram que a temperatura varia de acordo com os elementos climáticos advindos da paisagem e uso do solo de cada localidade assim como dependente da estação predominante em cada período do ano. Neste campo nota-se um aumento na temperatura relativa do ar e diminuição para umidade relativa do ar.

Nesta pesquisa ficou evidente que as principais influências no clima urbano de Salto do Jacuí provêm do entorno rural próximo da cidade. Estando ligados ao tipo de uso e cobertura da terra e não somente ou principalmente das características e elementos que estão presentes no sítio urbano. Contudo fatores como o relevo e circulação do ar entre os pontos também são relevantes para caracterização do clima local. De modo que afetam a temperatura e umidade relativa do ar das áreas em estudo.

Sugere-se para as futuras análises, que os dados dos abrigos meteorológicos poderiam ter sido programados para realizar o registrado em um menor período de tempo. Com isso, poderá ser feita uma

análise mais detalhada dos locais de coletas. Outra sugestão é que estes abrigos meteorológicos poriam ser instalados em mais pontos da área urbana. Juntamente com essa maior rede de pontos seria necessário o prolongamento dos transectos móveis para ter uma maior cobertura dos dados obtidos e realizar uma comparação com o urbano e rural.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital Capes 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Bibliografia

AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano de Presidente Prudente/SP. 2000, 374 f. Tese (Doutorado em Geografia) –Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. Revista Mercator edição especial, Fortaleza, 2010.

ARNFIELD, A.J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International journal of climatology, London, v.23, n.1, p1-26,2003.

CARUANO, F. I. A.; AMORIM, M. C. C. T. Estudo do campo térmico em Araraquara/SP a partir de medidas móveis. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2006, Rondonópolis-MT. Anais... Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.

CHORLEY, R. J. & BARRY. R.G. Atmosfera, Tiempo y Clima. Barcelona-Spain: Omega, S.A, 1972. 395p.

FUNDAÇÃO DE ESTATÍSTICA E ECONOMIA. FEE Dados. Disponível em:<[http://feedados.fee.tche.br/consulta/sel\\_modulo\\_pesquisa.asp](http://feedados.fee.tche.br/consulta/sel_modulo_pesquisa.asp)>. Acesso em 24 de abril de2017.

FIALHO, E. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na zona da mata mineira. 2009, 279f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.



GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248p.

GEIGER, R. Manual de Microclimatologia – O clima da camada de ar junto ao solo. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556 p.

HOPPE, I. L.; WOLLMANN, C. A. ; Costa, I. T. ; SILVA, A. N. . ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR NO ENTORNO PRÓXIMO AO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE DONA FRANCISCA, EM AGUDO-RS EM PERÍODO DE VERÃO E INVERNO. In: Archimedes Perez Filho e Raul Reiss Amorin (org.).. (Org.). OS DESAFIOS DA GEOGRAFIA FÍSICA DA FRONTEIRA DO CONHECIMENTO. 1ed.Campinas - SP: Instituto de Geociências - Unicamp, 2017, v. 1, p. 1897-1907

IBGE. Cidades@: censo 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> >. Acesso em: abril 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidade. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430637&search=riogrande-do-sul|dilermando-de-aguiar|infograficos:-informacoes-completas>>Acesso em abril 2018.

KANDA, M. Progress in urban meteorology: a review. Journal of the meteorological society of Japan, Tokyo, v.85b, p.363-383, 2007.

LANDSBERG, H.E. Man-Made Climatic Changes. Science, n.170, p. 1265-1274, 1970.

LIMA, V; AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. Revista Formação, Presidente Prudente, nº13, p. 139-165, 2006.

LIMA, A.P.; AMORIM, M. C. C. T. Contribuição ao Estudo de Clima Urbano em cidades de pequeno porte: o caso de Rosana/SP. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2008, Alto do Caparaó-MG. Anais... Alto do Caparaó: Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

LEANDRO FILHO, F. A. Estudo numérico da ilha de calor em fortaleza utilizando o modelo Rams. Monografia (Graduação em Física do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

LOMBARDO, M.A. Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p.

NASCIMENTO, M. D.; SARTORI, M. G. B. O campo térmico da área urbanizada do campus da UFSM-RS. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2006, Rondonópolis-MT. Anais... Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.

MENDONÇA, F. A. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teóricos metodológicos e estudo de caso. In: SANTANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). Variabilidade e mudanças climáticas-implicações ambientais socioeconômicas. Maringá: ed. da UEM, 2000. p.167-192.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. 1976. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976b.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. GEOSUL, Florianópolis – SC, nº 9 - Ano V – 1º semestre, p. 07-19. 1990a.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. (Orgs.). Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2003, p.9-67.

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2.ed. Curitiba: O autor, 2008, 150p.

OKE, T. R. Boundary layer climates. London: Methuen & Co, 1978. 372p.

OKE, T. R. Boundary Layer Climates. London: Routledge; 2nd ed., 1987, 435 p

PINHO, O. S.; ORGAZ, M. D. M. The urban heat island in a small city in coastal Portugal. International Journal of Biometeorology, n.44, p.198-203, 2000.

ROSSATO, P. S. O sistema termodinâmico do clima urbano de Nova Palma/RS: contribuição ao clima urbano de pequenas cidades. 2010. 121f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, 2010.

SARTORI. M. G. B. A dinâmica do Clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. 2003, Terra Livre, São Paulo, Ano 19 – Vol. I n.20, P 27-49, Jan/jul. 2003.

SETTE, D. M. Clima urbano de Rondonópolis – MT. 1996. 242f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SILVA, F. M.; Chaves, M. S.; Lima, Z. M. C.; Sistema de coleta de dados meteorológicos, 2009, Livro Didático, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte. 2009.

SPIRN, A. W. O Jardim de Granito: A natureza do Desenho da Cidade. São Paulo: Editora da USP, 1995. 345p.

SORRE, M. Les Fondements de la Géographie Humaine. Tome Premier: Les fondements biologiques. Paris: Armand. Colin, 1951.

TAHA, H. Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat. *Energy and Buildings*, v.25, p. 99-103. 1997.

WOLLMANN, C. A. Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae* spp.) no Rio Grande do Sul. (Tese de Doutorado) Universidade de São Paulo, 2011.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento Agroclimático - Aportes teóricos, metodológicos e técnicas para o estudo das roseiras (*Rosaceae* spp.) no Rio Grande do Sul. 1. ed. Porto Alegre: Buqui Livros digitais, 2014. v. 1. 149p.

# PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ, RS

Jakeline Baratto  
Cássio Arthur Wollmann

## 1. *Introdução*

Um dos atributos climáticos que tem a maior variabilidade no ao espaço e ao longo do tempo. Diante disso, essa variabilidade reflete no seu período de ocorrência e na intensidade. Entretanto, a variação da precipitação pluviométrica, em alguns casos, trazem consequências negativas, como em longos períodos com ou sem chuva, sendo que períodos com excesso de chuva levam às inundações em grandes cidades. No setor agrícola longos períodos de chuva acarretam a erosão no solo.

A variação temporal da precipitação pluviométrica também deve ser considerada, conforme apontam Galvani e Lima (2012). Ainda os autores discutem que o planejamento de atividades agrícolas e econômicas, podem ser influenciada pela distribuição sazonal das chuvas. Dziubate (2013) aponta que além do conhecimento da variabilidade espaço-temporal é preciso a compreensão das chuvas em uma bacia hidrográfica, pois permite o planejamento em períodos considerados críticos em caso de estiagem. Diante disso, a disponibilidade de dados, sejam eles, pluviométricos ou de qualquer outro elemento climático, dentro de uma bacia hidrográfica permite o zoneamento agrícola, o que vem a contribuir para a mitigação dos impactos ambientais.

Costa, Salgado e Dinali (2012) também colocam que compreender a dinâmica espaço-temporal dos atributos climáticos é de suma importância. No entanto, a precipitação pluviométrica merece destaque devido ao fato de sua distribuição no espaço e no tempo ser irregular. Essa irregularidade afeta a produção de energia hidrelétrica, o abastecimento de água, a agricultura entre outras.

Uma maneira de compreender essa dinâmica espaço-temporal é por meio da criação do painel espaço-temporal, que para Dziubate (2013) permite visualizar a pluviosidade anual ao longo de uma série histórica para cada posto pluviométrico. Com isso, torna-se possível a visualização de anos considerados atípicos na distribuição da pluviosidade, bem como sua repercussão ao longo do espaço. Baldo (2006) também salienta que esse tipo de análise é vantajoso e mostra, além da variabilidade pluvial, os padrões predominantes numa escala mensal e/ou anual ao longo de todo o eixo da bacia.

Para o Rio Grande do Sul, os estudos de Rossato (2011) apontam que a gênese das precipitações está ligada aos sistemas frontais. Dessa forma, cerca de 58-77% dos mm de precipitação que são registrados durante o ano são associados a estes sistemas. Os Sistemas polares respondem 11-24% das chuvas registradas. Quando se somam estes dois tipos de sistemas, tem-se valores percentuais que oscilam entre 80-90%. Tal fator, corrobora a ideia de que as chuvas no RS estão relacionadas ao descolamento de sistemas frontais.

A participação dos sistemas tropicais, na precipitação pluviométrica no estado, é bem menos expressiva, sendo responsáveis por menos de 5% das precipitações que ocorrem. As linhas de instabilidade também têm pouca participação nas chuvas, assim originam apenas 5% das precipitações na maior parte do estado (ROSSATO, 2011).

Ainda a autora coloca que:

Os sistemas polares avançam do quadrante sul, logo, mesmo tendo uma atuação bastante uniforme (sua participação mínima é de 44%), são mais frequentes na metade Sul (entre 45e 49 % dos dias do ano) e tem atuação diminuída no NW e NE, onde os sistemas tropicais tem representação um pouco maior (ROSSATO, 2011, p.206).

Com relação a variabilidade espacial Rossato (2011) mostra que para o estado do Rio Grande do Sul, a distribuição da média total da precipitação oscila do sentido norte, mais chuvoso, e sul, menos chuvoso. Desse modo, indicando a influência conjugada dos sistemas atmosféricos, com as formas de relevo, com a altitude e com as correntes marítimas.

A variabilidade temporal da precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul sofre a influência dos fenômenos La Niña e El Niño. Dessa forma El Niño Oscilação Sul (ENOS) é considerado um fenômeno de grande escala, e que ocorre no Oceano Pacífico Equatorial, sendo a combinação entre o Oceano e Atmosfera.

Berlato e Fontana (2003) salientam que El Niño é o aquecimento das águas simultaneamente com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico Leste, El Niño também é chamado de fase quente ou negativa (IOS negativo). O fenômeno La Niña é o resfriamento das águas e o aumento da pressão atmosférica na região Leste do Pacífico, também é chamado de Fase Fria ou IOS positivo.

Diante disso, Jorge (2015) coloca que os estudos reforçam que na atuação do El Niño, ocorre um aumento nos totais pluviométricos para a região subtropical do Brasil. No entanto, esse aumento não apresenta uma distribuição uniforme nos meses, tendo em vista que alguns a variação é maior que em outros.

Os efeitos associados ao El Niño e La Niña, segundo os autores,

para o Rio Grande do Sul são que o primeiro, causa a precipitação pluvial abundante, na primavera do ano de início do fenômeno e também no final do outono e início do inverno do ano seguinte. Sendo que as frentes frias podem ficar semi-estacionárias na Região por vários dias provocando precipitação pluvial (BERLATO; FONTANA, 2003).

Para os anos de La Niña ocorre a rápida passagem das frentes frias nessa região. E isso tem como consequência, a tendência de diminuição da precipitação pluvial, especialmente na primavera e início do verão. Ocorre ainda a tendência de temperaturas abaixo da média, especialmente da média mínima na primavera no Rio Grande do Sul (BERLATO; FONTANA, 2003).

Diante do supracitado a presente pesquisa visa analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do alto Jacuí, RS, entre os anos de 1980 a 2010.

## *1.1 Área de estudo*

A área de estudo está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba e abrange uma área de 12.985,44 km<sup>2</sup>. A bacia hidrográfica do Alto Jacuí tem como divisor ao norte e a oeste a bacia do Uruguai; ao sul a área de estudo limita-se com o Rio Jacuí; e a leste com os divisores de água da Bacia do Taquari-Antas. Sendo que a área situa-se entre as coordenadas geográficas 28°08' a 29°55' de latitude sul e 52°15' a 53°50' de longitude oeste (SEMA, 2010).

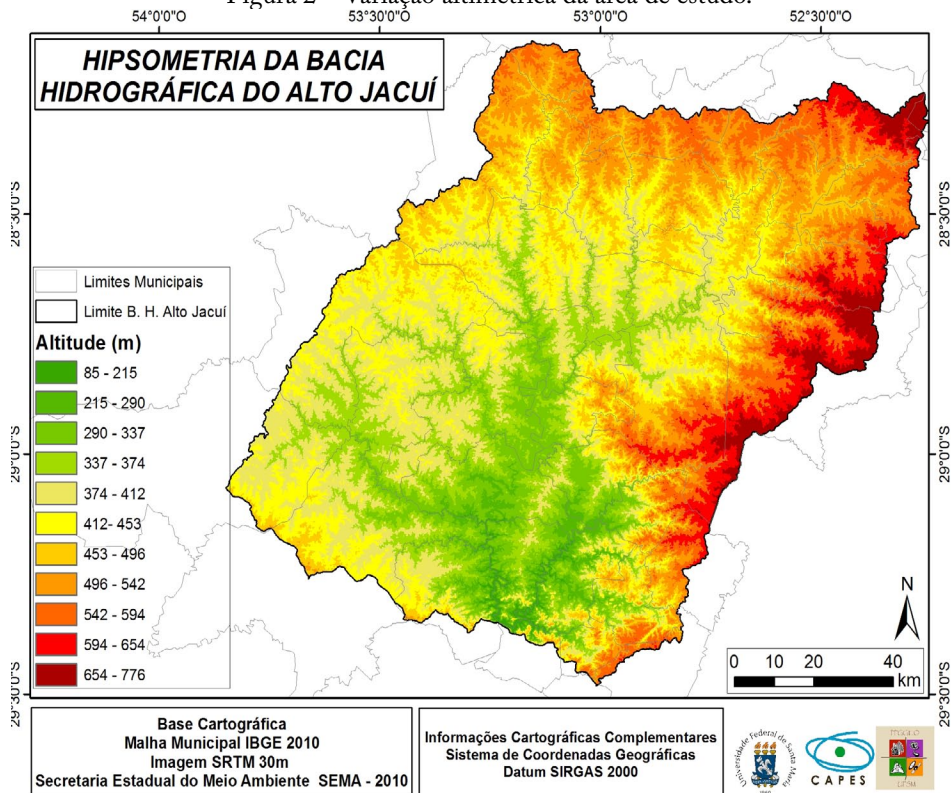
Na bacia hidrográfica do Alto Jacuí estão inseridos 42 municípios, seja com sua área total ou parcial. Destes, 23 possuem todo o seu território inserido na bacia hidrográfica, 09 possuem mais de 50% do seu território





reservatório Passo Real. Desse modo, as áreas com as menores altitudes localizam-se no setor centro-sul BARATTO e WOLLMANN, 2018). Diante disso, a variação altimétrica é de aproximadamente 700 metros, conforme figura 2.

Figura 2 – Variação altimétrica da área de estudo.



Fonte: Autora.

A precipitação pluviométrica para a área de estudo varia entorno dos 1600 mm a 1800mm. Sendo que na porção sul ocorrem as menores

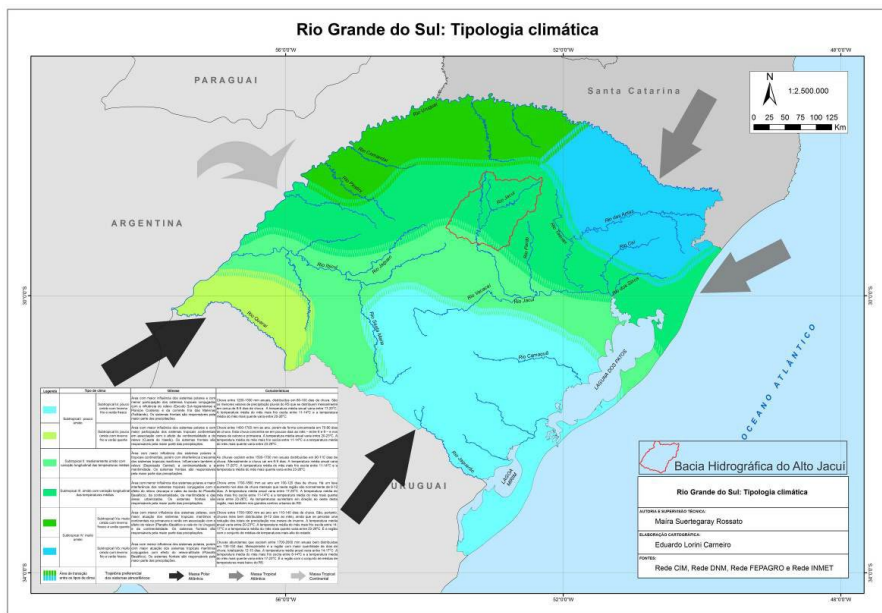
médias de precipitação e na parte norte as maiores médias (ROSSATO, 2011). Apollo, Baratto e Wollmann (2016) calcularam a precipitação média anual para a bacia hidrográfica do Alto Jacuí, para um período de 31 anos, de 1980 a 2010, onde os autores encontraram um valor de 1801,2 mm anuais. O que vem a corroborar com o estudo de Rossato (2011).

Baratto e Wollmann (2017) ao analisar a precipitação pluviométrica média sazonal para a bacia hidrográfica do Alto Jacuí, no período de 1980 a 2010 apresentaram que a primavera foi o período mais chuvoso, com 533,9 mm, seguida do período de inverno com 430,6mm. O verão tem uma precipitação média de 426,6 mm já o outono foi o período de menor precipitação média com 407,1mm. Ao analisar a distribuição espacial da precipitação pluviométrica para os períodos sazonais e seus respectivos meses, os autores apontaram que ocorre uma grande variabilidade da precipitação para a bacia hidrográfica. Contudo, a períodos de maior variabilidade e períodos de menor variabilidade, como, por exemplo, no mês de junho onde toda a bacia hidrográfica registou uma precipitação pluviométrica média de 154-168mm.

A classificação climática proposta por Rossato (2011) é a mais recente do Rio Grande do Sul. A referida autora, na sua classificação climática, considera a gênese, ou seja, a dinâmica, a variabilidade dos

elementos climáticos e os fatores geográficos. Assim, levando em consideração estas características, define-se que a área de estudo está localizada em dois diferentes climas, sendo o clima subtropical II e subtropical III. O segundo abrange maior área da bacia hidrográfica do Alto Jacuí. O clima subtropical II tem a variação longitudinal da temperatura média do ar, sendo também mais úmido, conforme figura 3.

Figura 3 – Classificações climáticas de Rossato (2011) para a área de estudo.



Fonte: Adaptado de Rossato, 2011.

O clima subtropical II é caracterizado pela participação dos sistemas polares e tropicais continentais, no entanto, com mais influências dos sistemas tropicais marítimos. O relevo, a continentalidade e a

maritimidade também têm influência nesse tipo climático. A precipitação pluviométrica, nesse clima, é de chuvas, variando entre 1500 a 1700 mm anuais. A variação da temperatura média anual é de 17°C a 20°C. O mês mais frio a temperatura média varia entre 11°C a 14°C, entretanto, o mês mais quente tem a variação da temperatura média do ar entre 23°C a 26°C (ROSSATO, 2011).

O segundo tipo climático que atua na área de estudo é o clima subtropical III. Esse clima abrange uma faixa na escarpa do Planalto Basáltico até o litoral Norte. Diferentemente do clima subtropical II, nesse tipo climático, os sistemas polares tem a menor participação, cerca de 44% dos dias no ano. No entanto, os sistemas tropicais continentais têm a maior influência na região oeste, porém os sistemas marítimos tem maior influência na metade leste, cerca de 25% (ROSSATO, 2011).

A precipitação pluviométrica desse clima varia entre 1700 a 1800 mm, sendo considerado um clima úmido. A temperatura média anual varia entre 17°C a 20°C, entretanto ocorre uma grande variação longitudinal da temperatura média, nesse tipo climático. O mês mais frio a temperatura média varia entre 11°C e 14°C, sendo assim, a mesma variação do Subtropical II. O mês mais quente também tem a mesma variação de temperatura, sendo de 23°C a 26°C. No entanto, ocorre o aumento na direção oeste (ROSSATO, 2011).

## 2. *Procedimento metodológico*

O levantamento dos dados de precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do Alto Jacuí se estabeleceu a partir dos postos pluviométricos controlados pela Companhia Estadual de Energia Elétrica Geração e Transmissão (CEEE-GT) e da Agência Nacional das Águas (ANA),

também foram utilizados dados pluviométricos da estação meteorológica da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro). Os dados pluviométricos da CEEE-GT e da FEPAGRO foram obtidos por meio do contato eletrônico (e-mail), ocasião em que foi solicitada a série histórica disponível em cada posto, localizados na bacia ou próximos a ela. Os dados da ANA foram obtidos por meio do HidroWeb ao qual se teve acesso a todos os dados disponíveis dentro e nas proximidades da área desejada. No quadro 1, é apresentado a ordem dos postos pluviométricos utilizados, bem como os municípios onde estão inseridos, a localização em coordenadas UTM e a altitude dos mesmos.

Quadro 1- Nomenclatura dos postos pluviométricos analisados, bem como, suas características.

Ponto	Nome	Município	UTM X	UTM Y	Altitude
Posto 01	Passo Estrela	Arroio Do Tigre	298505	6768230	339
Posto 02	Usina Ivai	Júlio De Castilhos	270537	6774888	290
Posto 03	Itauba	Arroio Do Tigre	282790	6761837	183
Posto 04	Coloninha	Arroio Do Tigre	305430	6749052	440
Posto 05	Barragem Salto Grande	Salto Do Jacuí	284870	6781873	279
Posto 06	Esquina Gaucha	Cruz Alta	244434	6829492	400
Posto 07	Três Capões	Cruz Alta	255836	6808677	350
Posto 08	Ponte Santo Antonio	Ibiruba	289449	6830557	433
Posto 09	Passo Do Lagoao	Ibiruba	295309	6830864	250
Posto 10	Pessegueiro	Passo Fundo	359235	6875306	540
Posto 11	Vila Tres Passos	Marau	364029	6850268	510
Posto 12	Usina Ernestina	Passo Fundo	349113	6839880	500
Posto 13	Usina Colorado	Tapera	317416	6832156	360
Posto 14	Pulador	Passo Fundo	345917	6846805	600
Posto 15	Ponte Jacui	Victor Graeff	328870	6840146	468
Posto 16	Passo Bela Vista	Espumoso	320080	6819637	408

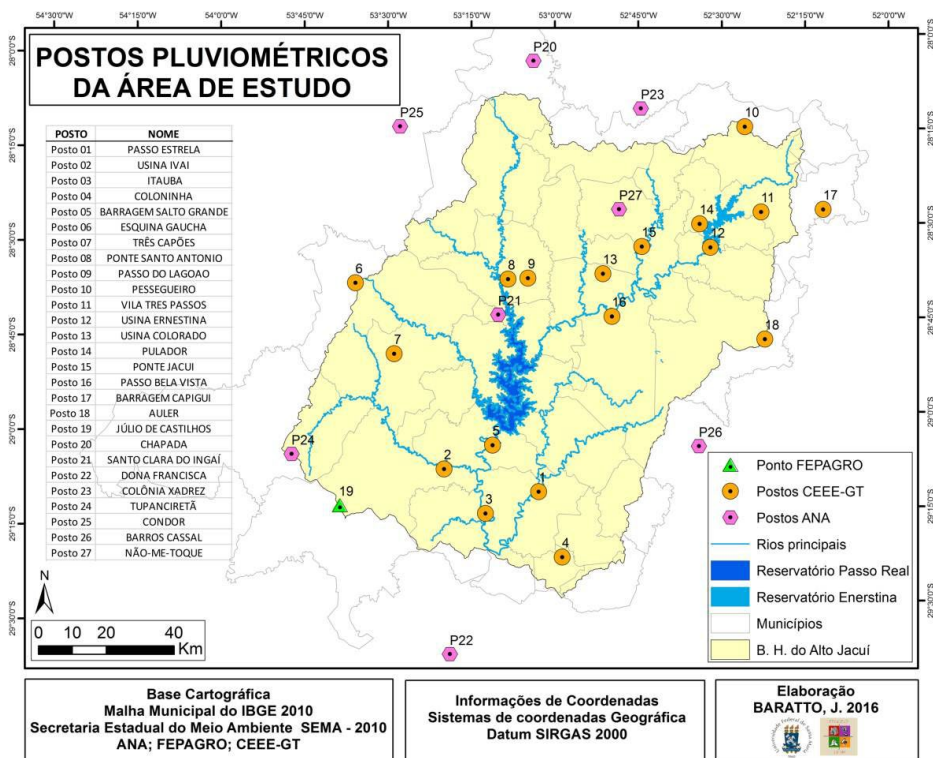
Posto 17	Barragem Capigui	Marau	382408	6851017	512
Posto 18	Auler	Soledade	365165	6812958	700
Posto 19	Júlio De Castilhos	Júlio De Castilhos	239564	6764235	514
Posto 20	Chapada	Chapada	296940	6894582	450
Posto 21	Santo Clara Do Ingaí	Cruz Alta	286573	6820094	390
Posto 22	Dona Francisca	Dona Francisca	272278	6720517	25
Posto 23	Colônia Xadrez	Carazinho	328631	6880609	593
Posto 24	Tupanciretã	Tupanciretã	225581	6779252	469
Posto 25	Condor	Condor	257582	6875339	440
Posto 26	Barros Cassal	Barros Cassal	345765	6781529	620
Posto 27	Não-Me-Toque	Não-Me-Toque	322202	6851020	491

Fonte: Autora, 2016

A partir destes dados, foram selecionados 27 postos pluviométricos com uma série temporal de 31 anos, de janeiro de 1980 a dezembro de 2010, sendo que eles localizados dentro e fora dos limites da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, conforme orienta Onzi (2014). Na figura 4, é possível observar a distribuição dos postos pluviométricos selecionados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí para o presente estudo.



Figura 4 – Localização e distribuição dos postos pluviométricos na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.



Fonte: Baratto (2017)

Os dados pluviométricos foram tabulados e organizados em planilhas eletrônicas. Nesta fase de análise dos dados pluviométricos pode-se notar algumas falhas, que para Tucci e Berloni (1993) são justificadas em virtude de erros humanos, pela falta de manutenção no entorno dos postos pluviométricos ou até mesmo por alguma danificação do aparelho registrador.



Para o preenchimento das falhas na série histórica da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, precisou-se primeiramente identificar o dado faltante em cada posto, ao proceder esta assimilação, o referido mês e ano que não contivesse o registro, precisou-se encontrar o posto vizinho de menor distância, o qual seria coletado o dado real para o preenchimento das falhas do posto faltante.

Zandonadi e Pascoalino (2012), em seus estudos sobre a caracterização da distribuição tempo-espacial das chuvas nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, também apresentaram a necessidade de preenchimento das falhas dos dados faltantes e utilizaram como método o dado real dos postos vizinhos mais próximos.

Após o preenchimento das falhas a série histórica dos dados de precipitação pluviométrica do período de 1 de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2010 foram transferidos para uma planilha do Programa Microsoft Office Excel 2013. Buscou-se estudar a série temporal dos dados pluviométricos para analisar e descrever as variações ao longo do tempo os dados da bacia hidrográfica do Alto Jacuí representando por meio dos gráficos.

No Microsoft Office Excel 2013 também foram obtidas as médias das precipitações pluviométricas anual dentre todos os postos pluviométricos e todos os anos. Para identificar os anos com maior ou menor volume pluviométrico foi utilizado duas vezes o desvio-padrão, a partir da média anual da bacia hidrográfica. Sendo que, os anos que ficaram acima do intervalo do desvio-padrão foram classificados como mais chuvosos, e os anos que ficaram abaixo como anos menos chuvosos.

O modelo gráfico do Painel “Tempo-Espacial”, consiste na geração de uma malha construída por meio da interpolação dos totais pluviais de cada posto pluviométrico, distribuídos dentro do universo temporal em análise (BORSATO, et. al. (2012). Essa técnica segundo

Zavattini e Boin (2013), consiste na representação baseada no gráfico cartesiano, isto é, em eixos ortogonais. Onde o eixo das abscissas (eixo X) representa o espaço geográfico e o eixo das coordenadas (eixo Y) o tempo (cronológico). E na intersecção desses dois eixos (Z) são lançados os valores de chuva.

Para a elaboração do painel foram utilizados os dados dos totais anuais da precipitação dos 27 postos para o período de 1980 a 2010. Os postos foram organizados de sudoeste para nordeste da área de estudo de modo que pudesse observar a influência da variação do relevo na precipitação.

A planilha foi elaborada seguindo uma sequência contínua e ordenada dos postos no sentido montante a jusante da bacia conforme orienta Baldo (2006) e Dziubate (2013), pois assim, esse tipo de organização seria a melhor forma de representar a variabilidade pluvial e os padrões predominantes na escala anual e/ou mensal ao longo de todo o eixo da bacia. Com isso, buscou-se a construção do painel para melhor visualizar a dinâmica da precipitação pluviométrica anual da área de estudo.

Para a confecção do painel temporal-espacial, os dados foram lançados em uma planilha do programa Surfer, versão 8, cujas colunas respeitaram o formato de um dos seus métodos de interpolação da krigagem linear. A primeira coluna (X) da planilha Surfer, versão 8, foi montada para representar o eixo das abscissas o que foram distribuídos os postos. Já à segunda coluna (Y) da planilha foram lançados os anos, em tempo cronológico, do período desejado, na última coluna foram inseridos os valores da precipitação anuais (mm) nos respectivos pontos conforme orientações de Zavattini e Boin (2013), figura 5, a partir da interpolação foi gerado o painel espaço temporal.

Figura 5 – Estrutura para a geração do painel espaço-temporal no programa Surfer.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	1	1980	1360.6										
2	1	1981	1361										
3	1	1982	2224.3										
4	1	1983	1936.2										
5	1	1984	2295.4										
6	1	1985	1776										
7	1	1986	2155.4										
8	1	1987	2247.3										
9	1	1988	1651.3										
10	1	1989	1531										
11	1	1990	1874.6										
12	1	1991	1475										
13	1	1992	1902.6										
14	1	1993	2060.2										
15	1	1994	2174.2										
16	1	1995	1666.4										
17	1	1996	1651.3										
18	1	1997	1861.5										
19	1	1998	2005.4										
20	1	1999	1638.3										
21	1	2000	1837.8										
22	1	2001	2108.8										
23	1	2002	2783.3										
24	1	2003	2061.7										
25	1	2004	1058.6										
26	1	2005	1705.7										
27	1	2006	1275.2										
28	1	2007	1848.4										
29	1	2008	2072.7										
30	1	2009	2180										
31	1	2010	2421										
32	2	1980	1344.7										
33	2	1981	1027.8										

Fonte: Autora.

Após salvar a planilha no programa, foi gerado o painel a partir da interpolação dos dados pelo método krigagem. Nas isoietas geradas foram atribuídas cores em tons de azuis para melhor visualização e análise dos dados. Posteriormente foi realizado o layout final no Corel X3.

### 3. Análise e discussão dos resultados

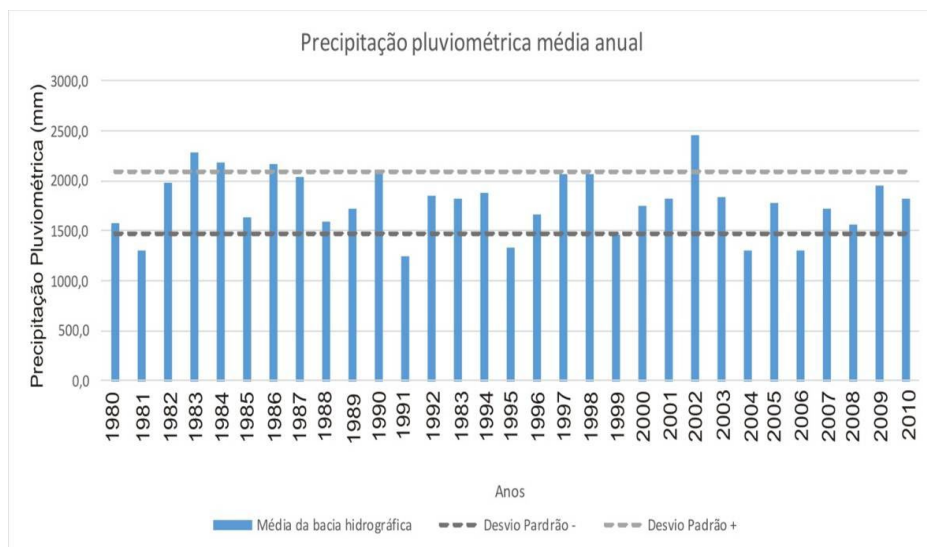
Ao analisar os dados de média da precipitação pluviométrica totais anuais de todos os postos pluviométricos analisados, pode-se observar que dos 31 anos analisados apenas 5 anos estão acima do desvio padrão

da média da bacia. Desses 5 anos, 3 anos tiveram a atuação do fenômeno El Niño, que vem a aumentar a quantidade de chuvas.

Dessa forma, a 21 dos 31 anos ficaram com a precipitação pluviométrica dentro do esperado para a bacia hidrográfica. Assim, 5 anos ficaram abaixo do esperado para a mesma área. Desses anos, apenas 1 ano (1999) teve a atuação direta La Niña de intensidade moderada.

Rossato (2011) também coloca que o El Niño - oscilação Sul (ENOS) exerce a influência sobre as precipitações pluviométricas no Rio Grande do Sul. Essa influência é tanto no excesso de chuvas, quanto na estiagem. Contudo, de maneira geral, apenas 4 anos tiveram a atuação do fenômeno ENOS na precipitação pluviométrica média anual para os postos da bacia hidrográfica. Sendo eles, 1999 com a atuação da La Niña moderada, 1983, com El Niño forte, e 1987 e 2002 com El Niño moderado, conforme figura 6.

Figura 6 – Precipitação Pluviométrica média total anual da bacia hidrográfica para os anos analisados.



Fonte: Autora.

Tabela 1 – Anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña.

ANOS	FENOMENOS ENOS
<b>1982-1983</b>	El Niño Forte
<b>1986-1987</b>	El Niño Moderado
<b>1987-1988</b>	El Niño Forte
<b>1988-1989</b>	La Niña Moderada
<b>1991-1992</b>	El Niño Forte

<b>1992-1993</b>	El Niño Fraco
<b>1997-1998</b>	El Niño Forte
<b>1998-1999</b>	La Niña Fraca
<b>1999-2000</b>	La Niña Moderada
<b>2002-2003</b>	El Niño Moderado
<b>2006-2007</b>	El Niño Moderado
<b>2009-2010</b>	El Niño Moderado

Fonte: CPTEC, 2018

Contudo, a relação dos dados de chuvas para a bacia hidrográfica com os eventos ENOS não apresentou grande aproximação, tendo em vista que 68% dos anos ficaram dentro do esperado pela bacia e não tiveram atuação dos fenômenos. Apenas 10% dos anos analisados com o maior volume pluviométrico tiveram a atuação direta do El Niño.

Analisando-se toda a série histórica, de maneira geral é fácil identificar os anos considerados chuvosos e secos e sua abrangência espacial (BALDO, 2006). Por meio do painel espaço-temporal foi possível analisar a precipitação total anual por posto e por ano.

Para Baldo (2006) a análise do painel permite a visualização da variação espaço-temporal da pluviosidade. Assim, sendo possível a visualização da variabilidade ao longo de toda uma série histórica. Principalmente nos anos considerados “atípicos”, e a sua consequência no espaço. Ainda a autora coloca que o “painel tem uma função didática importante, uma vez que possibilita essa visualização da variabilidade do conjunto de postos pluviométricos da área de estudo” (BALDO, 2006. p.79).

Nos dois primeiros anos da série histórica de análise (1980 e

1981) a precipitação pluviométrica total anual variou entre 900-1800mm. Nestes anos a precipitação foi similar entre todos os postos, não ocorrendo pontos de extrema precipitação pluviométrica. Em 2 anos (1982 a 1984) a precipitação total anual para a bacia hidrográfica foi mais elevada que nos anos anteriores. Sendo a variação das chuvas entre 2000-2400mm. Nestes anos os postos localizados mais na região nordeste da área de estudo tiveram os maiores volumes totais. Esse aumento no volume precipitado deve-se em função do fenômeno El Niño considerado forte que ocorreu nesses anos.

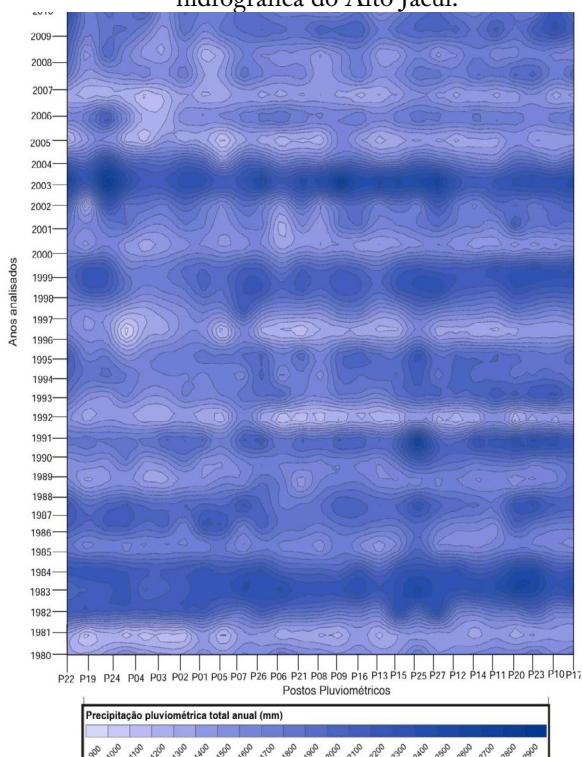
Em 1985 a precipitação pluviométrica diminuiu em relação ao ano anterior, com uma variação entre 1200-1800mm. Nos anos de 1986-1987 a precipitação total anual para os postos da bacia hidrográfica variou entre 1900-2200mm. Neste período os postos localizados no Sudoeste tiveram os maiores valores. O aumento do volume precipitado deve-se ao fato da atuação do fenômeno El Niño de intensidade moderada.

Os anos de 1988 e 1989 a precipitação total variou entre 1000-1600mm, assim, ocorreu uma diminuição da precipitação com relação aos anos anteriores. Nestes 2 anos ocorreu a atuação da La Niña de forte intensidade acarretando na diminuição das chuvas na bacia. Em 1990 a precipitação variou de 1700-2500mm, sendo que o ponto 25 merece destaque por ter a maior precipitação dentre os postos. Para Costa, Salgado e Dinali (2012) que buscaram caracterizar a precipitação pluviométrica mensal, sazonal e anual no médio vale do Paraíba do Sul, a distribuição espacial da chuva mostrou-se dependente da altitude, ao contrário do que os dados da bacia hidrográfica do Alto Jacuí vêm mostrando.

Em 1991 todos os pontos apresentaram a precipitação total entre 900-1300mm, sendo que os pontos localizados no centro da bacia hidrográfica tiveram os menores totais, observando assim, uma diminuição da precipitação total em relação ao ano anterior.

Entre os anos de 1992 e 1994 (Figura 7) a precipitação total anual variou de 1300-2300mm, ou seja, um aumento do valor total precipitado, sendo que os postos localizados na região norte e nordeste da bacia hidrográfica tiveram os maiores valores totais anuais. Os anos de 1995 e 1996 foram os de menor precipitação em relação anteriores, variando entre 900-1500mm. Nestes anos o posto 24 se destaca por ter precipitação mais baixa. Nos dois anos analisados ocorreu a atuação do fenômeno La Niña de fraca intensidade o que provocou o baixo volume precipitado para a área de estudo.

Figura 7 – Distribuição espaço-temporal da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.



Fonte: Autora, 2018



Entre 1997 e 1998 foi um período com precipitação entre 1500-2400mm, destacando-se os pontos localizados a nordeste com os totais anuais elevados. Assim, nesses anos ocorreu um aumento do volume total precipitado em decorrência da atuação do El Niño de intensidade forte. Nos anos de 1999 a 2001 ocorreu uma diminuição da precipitação em relação aos anos anteriores, sendo que a precipitação total variou entre 1100-1700mm. Nesse período, houve a atuação da La Niña de intensidade moderada causando a diminuição do volume total precipitado.

Entre os anos de 2002 e 2003 ocorreu um aumento da precipitação total registrada nos postos. Assim, os totais anuais se destacam por variarem entre 2200-2900mm, sendo o ano de 2002 o ano mais chuvoso da bacia. Nesses dois anos ocorreu a atuação do El Niño o que provocou o aumento no volume precipitado em todos os postos analisados. Assim, para Jorge (2015) os fenômenos El Niño e La Niña estão relacionados com os eventos extremos de precipitação em diferentes áreas da região subtropical do Brasil.

No ano de 2004 ocorreu uma diminuição das precipitações totais anuais, com variação de 1000-1500mm. Sendo que os postos localizados ao sudoeste tiveram os menores totais e os que estão a nordeste dos maiores totais. No ano seguinte (2005) ocorreu um pequeno aumento dos dados totais anuais, com destaque no posto 24 com que teve o maior total registrado para o ano. Nos anos de 2006 e 2007, os totais pluviométricos voltaram a diminuir, com exceção do ano de 2007, onde os postos localizados a nordeste tiveram precipitação mais elevada. Nesse período de 2004 a 2007, embora sucedeu a ocorrência do fenômeno El Niño fraco, ocorreu uma diminuição da precipitação total anual, com exceção do ano de 2005.

Nos últimos três anos de análise (2008, 2009 e 2010) a precipitação total anual, novamente, começou a aumentar. No ano de 2010 os postos

localizados a nordeste merecem destaques por terem os maiores volumes precipitados com variação entre 2000-2200mm. Nos anos de 2009 e 2010 ocorreu a atuação do fenômeno El Niño moderado o que acarretou no aumento do volume precipitado nesses dois últimos anos de análise.

Ribeiro e Zavarrini (2015) ao analisar as chuvas na região das Missões no Rio Grande do Sul, por meio do painel espaço-temporal identificaram os períodos chuvosos e secos. Desse modo, os autores averiguaram que na porção oeste da área de estudo ocorre os menores valores acumulados, tanto para períodos chuvosos quanto para períodos de estiagem. Também foi apresentado como resultado que na Região das Missões os períodos chuvosos e de estiagem apresentam um período cíclico. Na área de estudo, não foi possível observar uma região mais chuvosa ou menos chuvosa. No entanto foi observado que em anos mais chuvosos a uma certa regularidade na distribuição das chuvas nos postos analisados. Já em anos menos chuvosos há uma tendência de irregularidade da distribuição das chuvas.

## 4. Conclusões

Ao analisar a distribuição temporal da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, pode-se observar que o regime pluviométrico ficou dentro do esperado para a área.

Também pode-se dizer que a precipitação total anual dos postos da bacia hidrográfica em análise tem um leve reflexo da atuação dos fenômenos El Niño e La Niña. Embora a maioria dos anos de atuação desses fenômenos a precipitação tende a diminuir em ano de La Niña e aumentar em anos de El Niño.

Por meio da espacialização dos dados totais anuais no painel espaço-temporal foi possível confirmar que o ano de 2002 foi o ano mais

chuvoso. Assim, todos os postos pluviométricos tiveram a precipitação elevada, variando de 2100mm a 2900 mm. Tendo uma variação de 800mm entre os postos. Já o ano de 1991 todos os postos ficaram com a precipitação entre 900-1500mm, classificando assim, como o ano menos chuvoso para a bacia.

Contudo, observou-se grande variabilidade da precipitação pluviométrica total anual, tanto entre os postos pluviométrico, quanto entre os anos estudados. Com isso, em períodos menos chuvosos essa irregularidade é mais visível do que em períodos mais chuvosos.

Nessa perspectiva, por meio da geração do painel espaço-temporal foi possível ter uma visão geral da precipitação pluviométrica total anual, o que vem a contribuir para a análise mais completa da variabilidade da chuva. Ainda, deixa-se aqui que o painel-espaço-temporal é uma ferramenta muito útil e pode ser utilizado como um complemento à outras formas de espacialização dos dados, tanto pluviométricos quanto de temperatura e umidade relativa do ar, como por exemplo.

## *Agradecimentos*

“O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01”.

## *5. Lista de siglas*

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS  
CEEE-GT - COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA  
ELÉTRICA GERAÇÃO E TRANSMISSÃO

ENOS - EL NIÑO-OSCILAÇÃO SUL

FEPAGRO -FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA  
AGROPECUÁRIA

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E  
ESTATISTICA

RS - RIO GRANDE DO SUL

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE

UTM - UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

## Bibliografia

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Disponível em: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acesso em 25 maio. 2015

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A. Espacialização da precipitação pluvial média total mensal e sazonal da bacia hidrográfica do Alto Jacuí/RS. In: Archimedes Perez Filho e Raul Reiss Amorin (org.). (Org.). Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. 1ed. Campinas: Instituto de Geociências, 2017, v. 1, p. 2417-2428.

BALDO, M. C. Variabilidade pluviométrica e a dinâmica Atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR. 2006. 171, p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2006.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

ROSSATO. M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COSTA, A. de O; SALDADO, C. M; DINALI, Y. T. Caracterização da precipitação médio vale do Paraíba do Sul Fluminense (RJ). REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1000 – 1013, 2012

DE PAULA, G. M. O fenômeno El Niño Oscilação Sul e a Erosividade das Chuvas em Santa Maria, RS. 2009. 55f. Dissertação (Pós-Graduação Em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. 2014.

DUARTE, V.A ; WOLLMANN, C. A. ; BARATTO, J. . ANÁLISE E DEFINIÇÃO DA NORMAL CLIMATOLOGICA DE 1980 A 2010 DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ-RS. In: II Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiânia. XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA VARIABILIDADE E SUSCETIBILIDADE CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES ECOSSISTÊMICAS E SOCIAIS. Goiânia: Gráfica UFG, 2016. v. 1. p. 82-91.

DZIUBATE, E.R. Análise da distribuição espacial e temporal da pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. 2013. 71, p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

GALVANI, E. (Org.); LIMA, N. G. B. de (Org.). Climatologia Aplicada: Resgate aos estudos caso. 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2012. v. 1. 192 p.

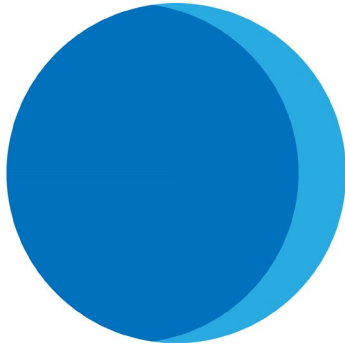
JORGE, F.V. A Dinâmica Pluvial do Clima Subtropical: Variabilidade e Tendência no Sul do Brasil. 2015. 181, p. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Paraná. 2013.

ONZI, J. G. et al. Monitoramento pluvial na bacia hidrográfica Taquari-Antas. II Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG. Caxias do Sul – RS, Maio de 2014. Disponível em: < <http://ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao>>. Acesso em 22 de Maio de 2015.

RIBERIRO, A. de A; ZAVATTINI, J. A. Análise têmporo-espacial das chuvas da região das Missões, Rio Grande do Sul no período de 1992 a 2010. Anais. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Presidente Prudente, SP. 2015.

ROSSATO. M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ZAVATTINI, J.A; BOIN, M.N. Climatologia Geográfica: Teorias e Práticas de Pesquisa. Campinas: Editora Alínea, 2013.





# VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO SETOR PAMPEANO DA BACIA HIDROGRÁFICA ALTO JACUÍ/RS

Santhiély Láksmi Silva Gomes  
João Paulo Delapasse Simioni  
Jakeline Baratto  
Cássio Arthur Wollmann

## 1. *Introdução*

A caracterização da precipitação pluviométrica é de vital importância para o entendimento dos processos hidrológicos, planejamento urbano, gestão de desastres e processos agrícolas. Informações detalhadas sobre o início da estação chuvosa, comportamento hídrico sazonal e a distribuição espacial e temporal permitem a tomada de decisões e o gerenciamento dos recursos hídricos de determinada área (LUCENA et al., 2012).

No âmbito das bacias hidrográficas, a caracterização da precipitação merece ênfase especial, uma vez que, o conhecimento de sua distribuição no espaço e da sua irregularidade no tempo, tornam-se fundamentais para o planejamento destas áreas de grande importância para a gestão e preservação dos recursos hídricos, mas que estão cada vez mais ocupadas pelas incessantes atividades antrópicas (SIMIONI et al., 2015).

Localizados na porção oeste da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí

(BHAJ), os municípios de Jóia, Tupanciretã e Jari apresentam-se como importantes polos agrícolas, principalmente, com os cultivos de soja e trigo. Ao mesmo tempo, apesar dos avanços das fronteiras agrícolas, a área compreendida por estes municípios é a que apresenta maiores remanescentes de vegetação do bioma Pampa, dentro da BHAJ. Este fato demonstra a importância da área para a manutenção da biodiversidade e qualidade da água, uma vez que, esta área localiza-se na divisa entre duas das mais importantes bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, as bacias dos rios Jacuí e Ibicuí.

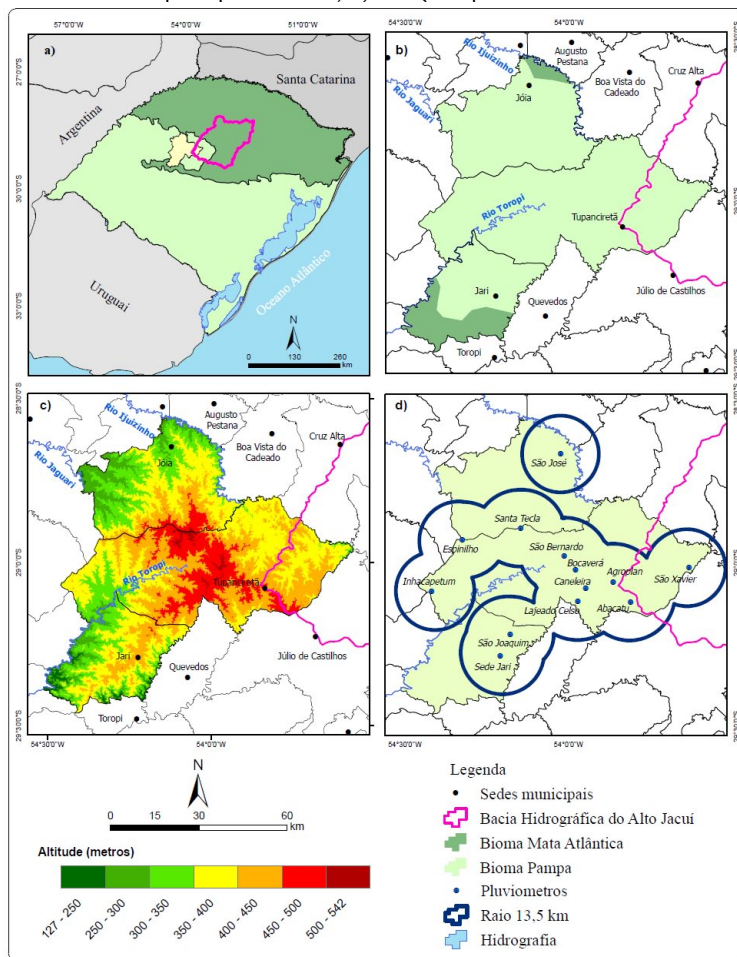
Os estudos envolvendo a BHAJ são de um modo geral recentes, impulsionados principalmente pelo projeto PROCAD/Capes. Neste sentido, diversas publicações têm abordados diferentes temas envolvendo a BHAJ. Destacam-se os trabalhos de Ziani, Foletto e Wollmann (2017) que realizaram uma caracterização geográfica da bacia; Baratto; Wollmann (2017) que analisaram a precipitação histórica do mês de outubro na bacia; Gomes; Wollmann (2017) que avaliaram a influência da precipitação na produção sojícola, e, Ziani, Facco e Foletto (2018) que realizaram um levantamento dos aspectos quali-quantitativos dos recursos hídricos da BHAJ;

Diferentemente dos trabalhos desenvolvidos, este estudo tem por objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica em três municípios localizado a oeste da BHAJ: Jari, Jóia e Tupanciretã/RS, buscando compreender a variabilidade pluviométrica de uma área com remanescente de vegetação do bioma Pampa, bem como sua distribuição em escalas mensais, sazonais e anuais, contribuindo para o desenvolvimento dos estudos em climatologia geográfica, planejamento dos recursos hídricos da região e conservação ambiental.

## 1.1. Área de estudo

Este estudo foi conduzido nos municípios de Jari (29°15'S e 54°13'O), Jóia (28°37'S e 54°6'O) e Tupanciretã/RS (29°3'S e 53°50'O) (Figura 1). Esta área apresenta grande importância ambiental, pois, localiza-se na zona de transição entre quatro bacias hidrográficas: i) Bacia Hidrográfica do Ijuí; ii) Bacia Hidrográfica do Piratinim; iii) Bacia Hidrográfica do Ibicuí; e iv) Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, sendo uma importante área de captação hídrica. Os municípios de Jari e Jóia localizam-se na região hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, Jari na sub-bacia hidrográfica do Ibicuí e Jóia na sub-bacia hidrográfica do Piratinim, e a porção leste de Tupanciretã pertence à região hidrográfica do Guaíba (ANA, 2015).

Figura 1 - a) Localização da área de estudo; b) mapa dos biomas compreendidos; c) Mapa hipsométrico; d) estações pluviométricas



Em relação à hipsometria (Figura 1c), vê-se que o município de Tupanciretã é um importante divisor de águas, possuindo na porção central do município as maiores altitudes (até 542 m). Já os municípios de Jari e Jóia apresentam as menores altitudes, principalmente nas áreas de fundo de vale dos rios Jaguari, Piratini e Ijuizinho, com altitudes de 127

m. A amplitude altimétrica da área de estudo é de 415 metros.

A área apresenta duas regiões fisiográficas, Missões e Planalto Médio. Nas Missões predomina geologicamente o basalto da Serra Geral e aluviões ao longo dos rios, no Planalto Médio maior parte da região é ocupada pelo basalto, ocorrendo arenitos em maior extensão somente nos municípios de Júlio de Castilhos até Cruz Alta, onde os solos são mais pobres (FORTES, 1956).

Quanto aos biomas existentes na área de influência aqui tratada (Figura 1b), a mesma apresenta características tanto da Mata Atlântica, quanto do Pampa. O bioma Pampa corresponde a uma área de 176.496 km<sup>2</sup> (IBGE, 2004). Isto corresponde a 63% do território estadual (MMA, 2017) (Figura 1a), na área em estudo ele ocupa de maneira integral os municípios de Jóiá e Tupanciretã, apenas no município de Jari são encontrados resquícios do bioma Mata Atlântica. Infelizmente, devido à ação antrópica, ocasionada principalmente pela expansão desenfreada da agricultura, ambos vem sendo devastados.

Em relação ao uso e cobertura da terra, grande parte da área de estudo apresenta áreas agricultáveis, sendo utilizada em lavouras principalmente a produção de grãos como cereais e oleaginosas, e campos para pastagem. As áreas de campo destinadas para a pecuária tradicional de corte e leite, assim como as matas ciliares encontram-se próximas aos cursos d'água.

Do ponto de vista socioeconômico, os municípios Jari e Jóiá concentram maior parte de seu Produto Interno Bruto (PIB) nas atividades agropecuárias (IBGE, 2010). Ambos municípios apresentam altas proporções de população vivendo no campo, 82,6% e 75%, respectivamente. Já, Tupanciretã, além das atividades agropecuárias, destaca-se também pelo setor de comércio e serviços, sendo considerado um polo regional nestas áreas. Diferentemente de Jari e Joia, dos 22.891

habitantes de Tupanciretã (IBGE, 2010), 80% vivem na área urbana e apenas 20% na área rural.

## *2. Procedimentos metodológicos*

### *2.1 Aquisição dos dados pluviométricos*

Para a realização desta pesquisa analisaram-se dados de precipitação fornecidos pela Cooperativa Agrícola de Tupanciretã (AGROPAN) no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2017, totalizando uma série histórica de coleta de dados de oito anos, que foram obtidos a partir de treze diferentes postos pluviométricos (Tabela 1). Os postos pluviométricos localizam-se em sua grande maioria no município de Tupanciretã (dez postos), seguido por Jari com dois postos e Jóia com um posto pluviométrico.

**Tabela 1** – Postos pluviométricos utilizados no estudo.

Nome	Latitude	Longitude	Município	Altitude (m)
Abacatu	29°07'18.6"	53°47'35.9"	Tupanciretã	497
Bocaverá	29°00'36.2"	53°56'58.1"	Tupanciretã	512
Agropan	29°05'11.5"	53°53'31.3"	Tupanciretã	485
Espinilho	28°55'55.6"	54°19'34.3"	Tupanciretã	376
Inhacapetum	29°05'27.7"	54°24'37.8"	Tupanciretã	388
Jari	29°17'34.0"	54°13'55.4"	Jari	449
Lageado Celso	29°07'36.5"	53°58'06.7"	Tupanciretã	469
Santa Tecla	28°55'07.2"	54°12'48.1"	Tupanciretã	450
São Bernardo	28°58'03.0"	53°59'29.6"	Tupanciretã	480
São Joaquim	29°12'13.4"	54°10'49.6"	Jari	447
São José	28°40'06.5"	54°01'35.9"	Jóia	324
São Xavier	29°01'15.4"	53°38'22.2"	Tupanciretã	406
Sede Agropan	29°05'21.9"	53°49'29.6"	Tupanciretã	469

Tanto no Rio Grande do Sul quanto no restante Brasil, a disponibilidade de dados meteorológicos apresenta muitas lacunas, por isso a importância dos dados distribuídos pela AGROPAN, primordiais no desenvolvimento dessa pesquisa, uma vez que a densidade da rede de postos de coleta é fundamental, apresentando seguridade ao estudo. Durante os trabalhos de campo, verificou-se que a localização dos pluviômetros segue o recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1994), estando localizados em campo gramado e espaçado, livres de qualquer barreira.

A OMM (1994), estima a densidade mínima de postos pluviométricos para a análise climatológica nas regiões planas de zonas temperadas, mediterrâneas e tropicais no interior do continente de 575 km<sup>2</sup>. A Figura 1d apresenta o raio de abrangência dos postos a partir dos parâmetros propostos. Para calcular o raio de abrangência dos postos

pluviométricos utiliza-se a fórmula da área do círculo, representada pela equação (1):

$$A = \pi r^2 \quad (1)$$

Onde:

A = área da circunferência;

p = valor aproximado de 3,1415;

$r^2$  = quadrado do raio da circunferência.

A partir de então, foi realizada a compilação dos dados diários em dados mensais e anuais dos postos pelo software Microsoft Excel 2010, para obter-se as médias mensais, sazonais e anuais das precipitações pluviométricas.

Além disto, buscou-se no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) (<https://www.cptec.inpe.br/>) informações sobre a ocorrência de El Niño de Oscilação Sul (ENOS) entre os anos de 2010 a 2016.

## *2.2 Interpolação dos dados*

Após a aquisição dos dados de precipitação dos treze pluviômetros, realizou-se o cálculo das precipitações pluviométricas médias mensais, sazonais e anual para a área de estudo. Assim, gerou-se uma tabela com os valores de precipitação e com as coordenadas UTM X e Y dos respectivos postos pluviométricos.

A interpolação dos dados de precipitação foi realizada pelo método de krigagem ordinária (LOUREIRO; FERNANDES, 2013).



Franco; Uda (2015) ao compararem métodos de interpolação verificaram que a krigagem foi a que apresentou o menor Erro Médio Quadrático (EMQ), entre os interpoladores verificados, e foi aplicada no Software ArcGIS 10.4 (ESRI), conforme método também utilizado por Simioni, et. al. (2015), em área vizinha a estudada nesta pesquisa.

## *2.3 Painel Meteorológico Têmporo-Espacial*

Além da interpolação dos dados pluviométricos com o método da krigagem ordinária, realizou-se também a representação gráfica da precipitação por painel Têmporo-Espacial. Conforme, Zavattini e Boin (2013), os painéis são uma técnica baseada na estrutura cartesiana com seus eixos ortogonais x e y para apresentação da sucessão dos estados atmosféricos sobre um determinado lugar.

Para a elaboração do painel foram utilizados dados de precipitação total anual nos 13 postos pluviométricos. Para isto, construiu-se uma planilha no programa Surfer, versão 8.0 (Golden Software), onde, na coluna do eixo “x” inseriu-se os anos de estudo (2010 a 2016), e no eixo “y” foram lançados os dados de precipitação total referente a cada ano estudado. Após o preenchimento dos dados de precipitação com seu respectivo ano, realizou-se a interpolação pelo método de krigagem ordinária.

## *2.4 Número de Dias com Chuva*

Para melhor caracterizar a precipitação pluviométrica na área de estudo, calculou-se o Número de Dias de Chuva (NDC) dos 13 postos pluviométricos. Para isto, selecionou-se os dias com a ocorrência de precipitação e realizou-se o cálculo das médias mensais, sazonais e anual,

entre os anos de 2010 a 2017, através da equação 2.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_1 + X_2 + \dots + X_n}{(N)} \quad (2)$$

Em que: X é a quantidade de dias de chuva (mensal, sazonal e anual) e N é o número de anos observado.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Precipitação pluviométrica mensal média

Sartori (1993) salienta que no Rio Grande do Sul não há uma estação definida como chuvosa ou seca, e as pluviometrias registradas nas quatro estações são percentualmente idênticas, ou seja, as chuvas são regularmente distribuídas ao longo do ano. Há, sim, grande variabilidade da pluviometria mensal e que pode acontecer em qualquer estação do ano, resultantes de distúrbios na circulação atmosférica regional.

Este fato é percebido na análise mensal da precipitação pluviométrica (Figura 2). Vê-se, na Figura 2, que para o mês de janeiro, a maior parte da área de estudo apresenta precipitação pluviométrica média de 180 mm. A área de maior precipitação para o mês de janeiro localiza-se na divisa entre os municípios de Tupanciretã e Jóia, na área do posto pluviométrico de Santa Tecla, com 200 mm. Já o posto pluviométrico do Espinilho, localizado a cerca de 15 km do posto de Santa Tecla, apresentou as menores precipitações para o mês de janeiro, 160 mm, mostrando que mesmo em áreas próximas pode haver diferença nos valores de precipitação.

Assim como no mês de janeiro, o mês de fevereiro apresenta as maiores precipitações na divisa entre Tupanciretã e Jóia (posto pluviométrico de Santa Tecla), só que para este mês a precipitação média é de 170 mm. A área compreendida pela sede do município de Jari, também apresentou uma precipitação média de 170 mm para o mês de fevereiro. Ainda para o mês de Fevereiro, evidencia-se a variação espacial da precipitação no sentido leste-oeste do município de Tupanciretã, sendo que, as áreas a oeste, próximas ao posto pluviométrico de Inhacapetum, apresentam as maiores precipitações médias (150 mm), enquanto que, a leste, na área abrangida pela BHAJ, a precipitação apresentou os menores valores para o mês de Fevereiro (110 mm).

Para o mês de março, a variação espacial da precipitação foi no sentido sul-norte da área de estudo. A área compreendida pelo município de Jari apresentou precipitação média de 140 mm para o mês de março. Além disto, a área localizada a oeste da divisa entre Tupanciretã e Jóia e a área abrangida pela BHAJ, também apresentaram valores de precipitação média de 140 mm para o mês de março. Já as maiores precipitações médias para o mês de março foram verificadas na Sede de Tupanciretã, na divisa com o município de Quevedos e na área próxima ao posto pluviométrico de Santa Tecla, com uma precipitação média de 150 mm para esse mês.

O mês de abril é um dos meses de maior variabilidade espacial da precipitação. Assim como nos meses anteriores, a área ao entorno do posto pluviométrico de Santa Tecla apresentou os maiores valores médios de precipitação (220 mm). Já a área da sede de Jari, apresentou as menores precipitações médias para o mês de Abril (150 mm). Ao analisar as altitudes dos postos pluviométricos localizados na sede de Jari e em Santa Tecla, vê-se as altitudes são 449 e 450 metros, respectivamente. Este fato mostra que para a área de estudo, a precipitação

média mensal não apresenta relação com a altitude, uma vez que, em áreas de altitudes semelhantes, a diferença média da precipitação no mês de abril é de até 70 mm.

No mês de maio, as maiores precipitações médias são verificadas no extremo norte da área de estudo, na área do bioma Mata Atlântica, 180 mm. Já as menores precipitações no mês de maio são localizadas na área compreendida pelo bioma Pampa, ao entorno do posto pluviométrico de São Joaquim, onde a precipitação média é de 140 mm.

O mês de junho apresenta valores de precipitação média fragmentados no município de Tupanciretã. Apenas nas proximidades da sede municipal é possível perceber uma variabilidade espacial da precipitação de 30 mm, sendo que a área compreendida pela sede do município de Tupanciretã e a área compreendida pela BHAJ são as que apresentaram as maiores de precipitações para o mês de Junho, 170 mm. Percebe-se que no mês de Junho há uma homogeneidade na precipitação na parte central da área de estudo. Esta área é semelhante a área compreendida pelo bioma Pampa, podendo mostrar alguma relação entre o tipo de bioma e a precipitação. Nesta área chovem em média 150 mm no mês de junho.

Para o mês de julho os maiores valores de precipitação pluviométrica média são novamente verificados no extremo norte da área de estudo, na área compreendida pelo bioma Mata Atlântica. Neste mês, chove em média 190 mm no extremo norte do município de Jóia. Além disto, é possível verificar uma variabilidade espacial da precipitação no sentido oeste-leste do município de Tupanciretã, sendo que, as maiores precipitações médias durante o mês de julho no município de Tupanciretã ocorrem na área abrangida pela BHAJ, 180 mm.

O mês de menor precipitação pluviométrica na área de estudo é agosto. Neste mês as maiores precipitações médias são de 120 mm

na porção centro-leste de Tupanciretã. Vê-se que as áreas compreendidas pelo Bioma Mata Atlântica são as de menores precipitações médias, uma vez que, chove na parte centro-sul e extremo norte da área de estudo 110mm. A variabilidade temporal da precipitação é percebida no entorno do posto pluviométrico de Santa Tecla, uma vez que, no primeiro trimestre (janeiro, fevereiro e março) esta área apresentou as maiores precipitações médias, e no mês de agosto, evidencia-se ao entorno desta área um polígono com precipitação média de 110 mm.

Assim como verificado em fevereiro, no mês de setembro há uma variabilidade da precipitação no sentido oeste-leste da área de estudo. Para setembro, as maiores precipitações médias são verificadas na área de abrangência da BHAJ, quando a precipitação média é de 190 mm. Em relação as áreas de menores precipitações médias para o mês de setembro, estas localizam-se ao entorno da sede de Jari e também ao entorno do posto pluviométrico Espinilho, com 160mm, ou seja, 30 mm a menos que o verificado na área de abrangência da BHAJ.

O mês de outubro é o segundo mês mais chuvoso da área de estudo. Vê-se na Figura 2 que este mês apresenta uma extensa área homogênea com precipitação média de 220 mm e que abrange os três municípios da área de estudo. Além disto, nota-se que as maiores precipitações médias estão localizadas novamente no extremo norte da área de estudo, onde chove 240 mm no mês de outubro. As menores precipitações no mês de outubro são verificadas no entorno da sede do município de Jari e na área próxima ao posto pluviométrico Espinilho, com 190 mm médios.

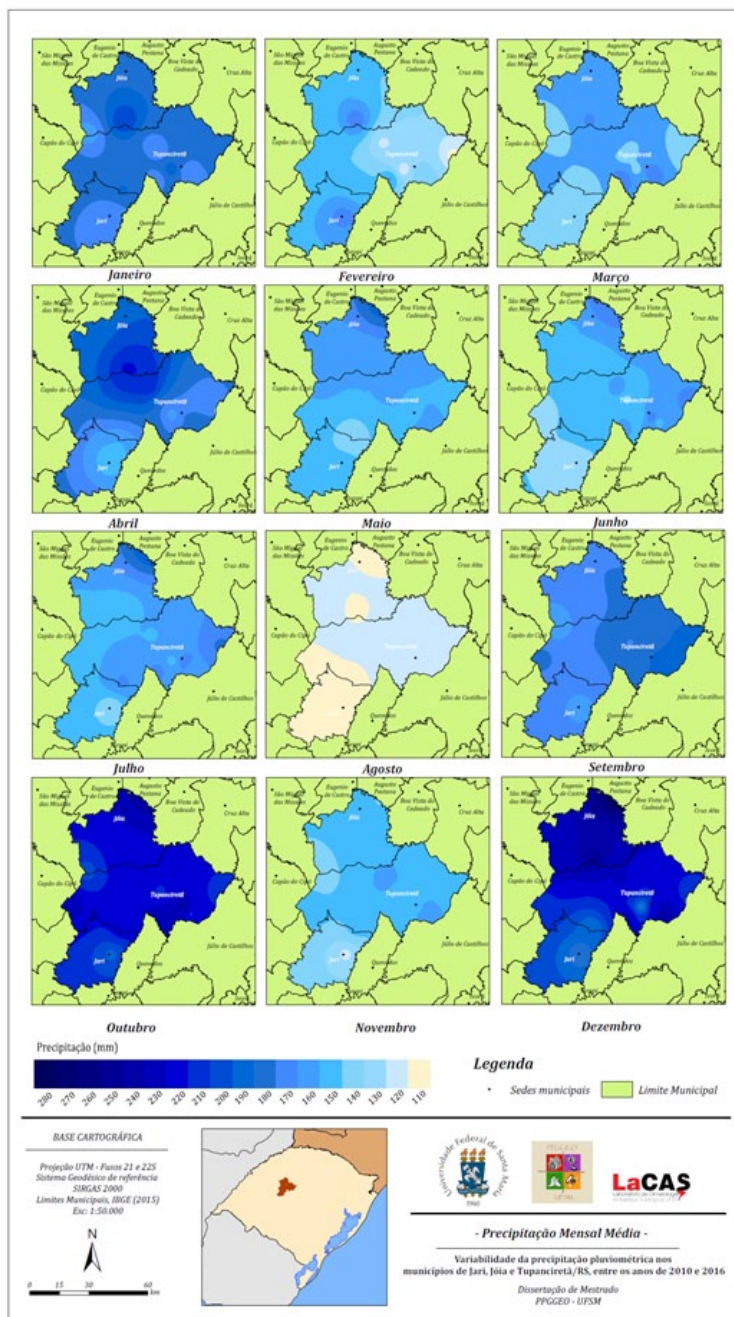
Em novembro a precipitação média apresenta uma considerável redução, se comparada ao mês anterior. Os maiores valores de precipitação média são verificados nos postos pluviométricos São Bernardo e Abacatu, com 160 mm. A área compreendida pela sede do município de Jari,

novamente apresentou as menores precipitações médias (120 mm). Sartori (1993) já destacava que para o Rio Grande do Sul, há uma tendência de que o mês de novembro seja o menos chuvoso do ano, o que se reafirma nos dados utilizados nesta investigação.

O mês de dezembro é o de maior precipitação média mensal na área de estudo. Neste mês, os valores médios de precipitação chegam a 280 mm na porção norte da área de estudo, ao entorno do posto pluviométrico de São Joaquim. A menor precipitação média para o mês de dezembro localiza-se na área ao entorno do posto pluviométrico de Caneleira, com 160 mm médios. A área ao entorno da sede de Jari apresentou também menores valores de precipitação no mês de dezembro. Neste mês, a precipitação mensal média é de 180 mm, ou seja, 100 mm a menos que na porção norte da área de estudo, caracterizando a grande variabilidade mensal da precipitação pluviométrica.

Em relação aos valores médios para toda a área de estudo, ou seja, a média de todos os postos pluviométricos vê-se que os meses de outubro e dezembro são os únicos que apresentam valores de precipitação médios maiores que 200 mm, sendo que outubro apresenta 229 mm e dezembro 238,5 mm.

**Figura 2 - Precipitação mensal média na área de estudo, entre 2010 a 2016.**



## 3.2 Precipitação pluviométrica sazonal média

A distribuição da precipitação média sazonal da área de estudo (Figura 3) aponta para uma possível definição dos padrões de precipitação. Vê-se na Figura 3 que na Primavera os maiores valores de precipitação total média são verificados na área ao entorno da sede municipal de Tupanciretã, na porção extremo norte da área de estudo, e também próximo ao posto pluviométrico de Inhacapetum, onde chove um total médio de 570 mm na primavera. Em relação às menores precipitações para a primavera, nota-se que assim como nos mapas mensais, as áreas compreendidas pela sede municipal de Jari e pelo posto pluviométrico de Espinilho, foram as que apresentaram as menores precipitações totais, 480 mm, em ambas as áreas.

Ao comparar a distribuição da precipitação com os biomas, verifica-se que grande parte da área compreendida pelo bioma Pampa apresenta homogeneidade na distribuição da precipitação, com 540 mm totais, ou seja, uma precipitação maior que a verificada na porção sul da área de estudo, na área compreendida pelo bioma Mata Atlântica, onde a precipitação total média é de aproximadamente 510 mm.

O verão é a estação do ano de maior precipitação pluviométrica na área de estudo. Nos meses referentes ao verão, a precipitação total média chega a 660 mm nas áreas de maiores altitudes, ao entorno do posto pluviométrico de Santa Tecla. É justamente o verão o período considerado mais crítico do calendário agrícola do Rio Grande do Sul, por coincidir com a época em que as principais culturas de primavera/verão estão na fase floração e enchimento de grãos, com a maior necessidade de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico (BOSCHI et al., 2010).

Assim como na primavera, os meses referentes ao verão apresentaram as menores precipitações na área correspondente à sede do



município de Jari, onde chove em média 510 mm. Além disto, outra área que merece destaque é ao entorno do posto pluviométrico de Caneleira, que apresentou no verão uma precipitação total média de 480mm. Esta área apresenta as maiores altitudes da área de estudo, evidenciando que para a área de estudo a precipitação não apresenta uma relação direta com a altitude.

Para o outono, há uma diminuição dos valores de precipitação pluviométrica total média, em relação à primavera e o verão. No outono, as maiores precipitações são percebidas na porção norte do município de Jóia, onde chove em média 540 mm. Assim como no período de verão, as menores precipitações para o outono são verificadas ao entorno da sede municipal de Jari e em áreas isoladas próximas aos postos pluviométricos de Caneleira e São Xavier, onde chove em média 450mm. Este fato evidencia que a área ao entorno da sede urbana de Jari apresenta as menores precipitações da área de estudo.

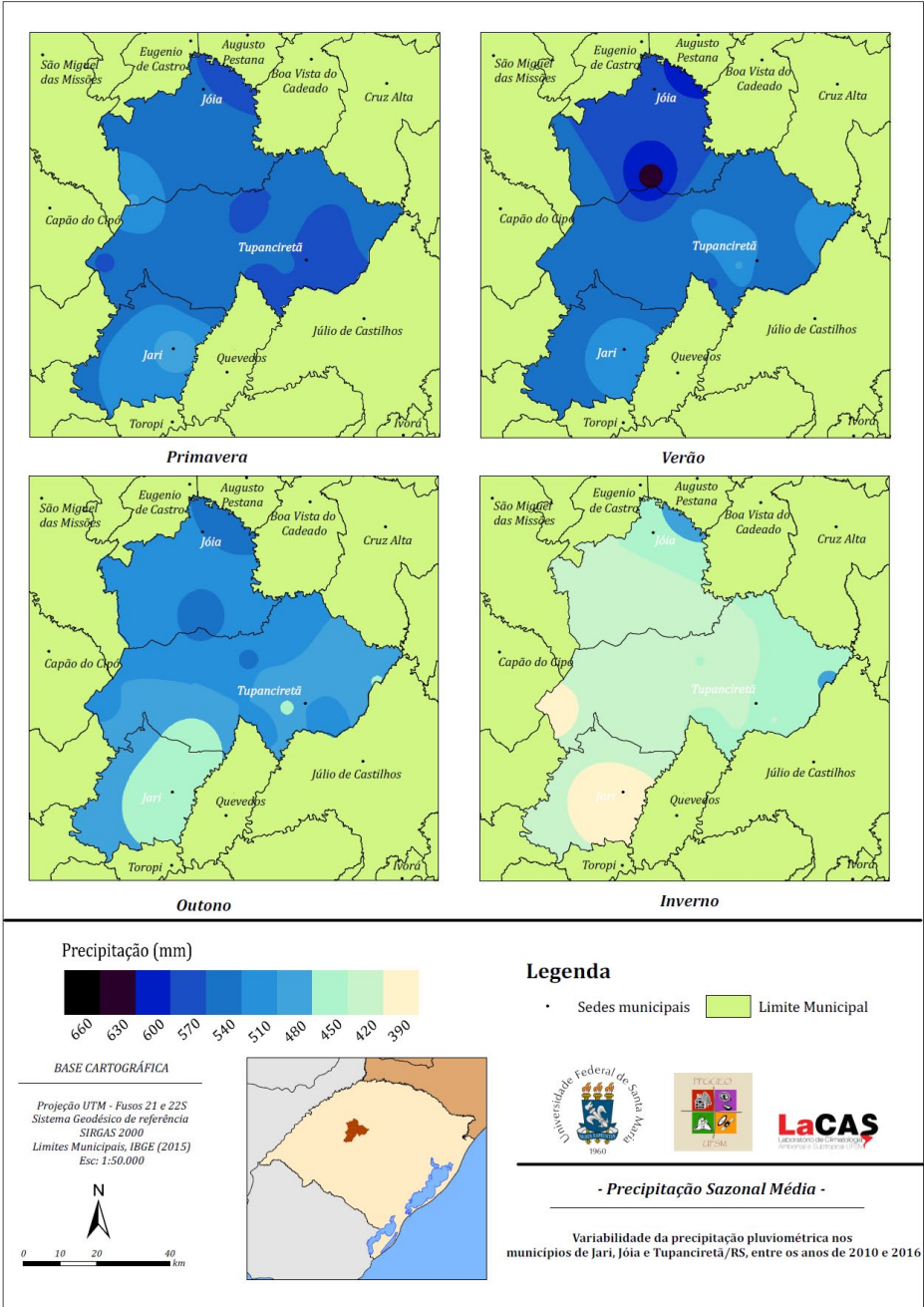
Conforme Reboita e Kruche (2018) os meses de inverno apresentam as maiores precipitações pluviométricas médias no Rio Grande do Sul. Entretanto, para a área de estudo, o período correspondente ao inverno apresentou os menores valores totais médios de precipitação. A espacialização da distribuição da precipitação para o inverno assemelha-se ao mapa dos biomas da área de estudo. Vê-se que as maiores precipitações se distribuem na porção extremo norte da área de estudo, onde chove um total médio de 480mm durante os meses de inverno. A área ao entorno da sede urbana de Jari, novamente apresentou as menores precipitações para a área de estudo, 390 mm, para o período de inverno. Além disto, nota-se uma homogeneidade na distribuição da precipitação na área compreendida pelo bioma Pampa, onde chove entre 420 a 450 mm, no período do inverno.

Ao analisar-se a distribuição sazonal da precipitação na área de

estudo, vê-se que esta é passível de uma definição preliminar, onde nos meses de verão e primavera tem-se os maiores valores pluviométricos, quando há uma média de até 660 mm na área de estudo. Já nos períodos de outono e inverno, tem-se uma diminuição dos valores de precipitação, com os valores máximos médios chegando 540 mm, ou seja, até 120 mm médios a menos que durante o verão e a primavera. Além disto, os menores valores de precipitação durante o outono e inverno chegam a 390 mm totais médios, enquanto que, no verão e primavera, os valores mínimos são de 480 mm.

Entretanto, apesar das diferentes variações temporais da precipitação, nota-se que a distribuição espacial das precipitações apresenta um comportamento semelhante ao longo das quatro estações do ano, com a precipitação média variando espacialmente no sentido sul-norte, sendo que as áreas ao norte apresentam os maiores valores pluviométricos para todas as estações do ano, e as áreas ao sul, apresentam os menores valores de precipitação total médio.

**Figura 3 - Precipitação sazonal total média para a área de estudo, entre 2010 a 2016.**



### 3.3 Precipitação pluviométrica anual média

O mapa da precipitação média anual (Figura 4) mostra uma amplitude de 350 mm na área de estudo. As áreas de maiores precipitações estão localizadas no extremo norte da área de estudo, onde a precipitação chega a 2.250 mm médios anuais. Esta área ao extremo norte do município de Jóia compreende o bioma Mata Atlântica. A área ao entorno do posto pluviométrico de Santa Tecla, também apresentou maiores valores de precipitação média se comparado ao restante da área de estudo. Para o posto de Santa Tecla a precipitação média foi de 2.200 mm anuais.

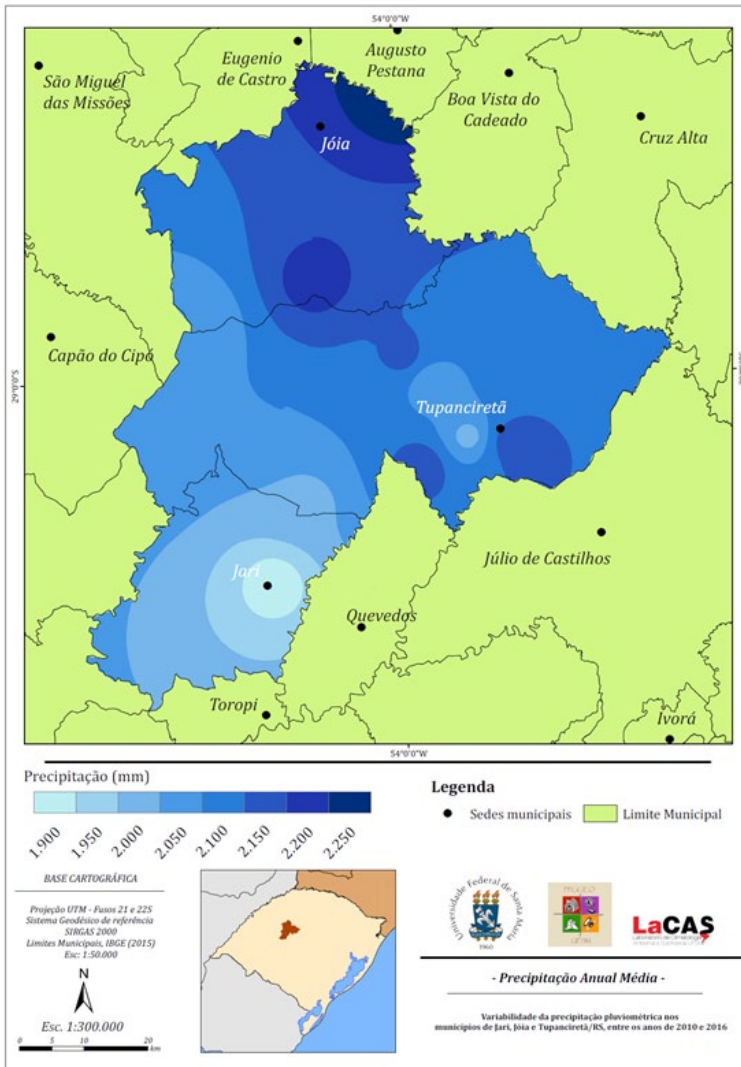
Já as menores precipitações anuais são verificadas no perímetro urbano do município de Jari, onde chove em média 1.900 mm anuais. O posto pluviométrico de Jari é o que está localizado mais ao sul da área de estudo, evidenciando a variação espacial da precipitação no sentido crescente sul-norte, ou seja, da depressão central para o planalto.

Outra área que apresenta menores valores de precipitação, se comparado ao restante da área de estudo, é ao entorno das estações pluviométricas de Bocaverá e sede da Agropan. Apesar destas áreas apresentarem as maiores altitudes da área de estudo, a precipitação média anual é de 2.000 mm.

Ao analisar a precipitação pluviométrica anual da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, Baratto e Borges (2015) verificaram que a precipitação média total entre os anos de 1960 a 2000, foi de 1.736 mm. Conforme as autoras, a área da BHAJ compreendida pela área de estudo deste trabalho apresenta uma precipitação média anual variando entre 1.400 a 1.500 mm. Neste trabalho, verifica-se que esta área apresenta uma precipitação anual de 2.100 mm, ou seja, aproximadamente 600 mm a mais que o encontrado por Baratto e Borges (2015). Esta diferença de

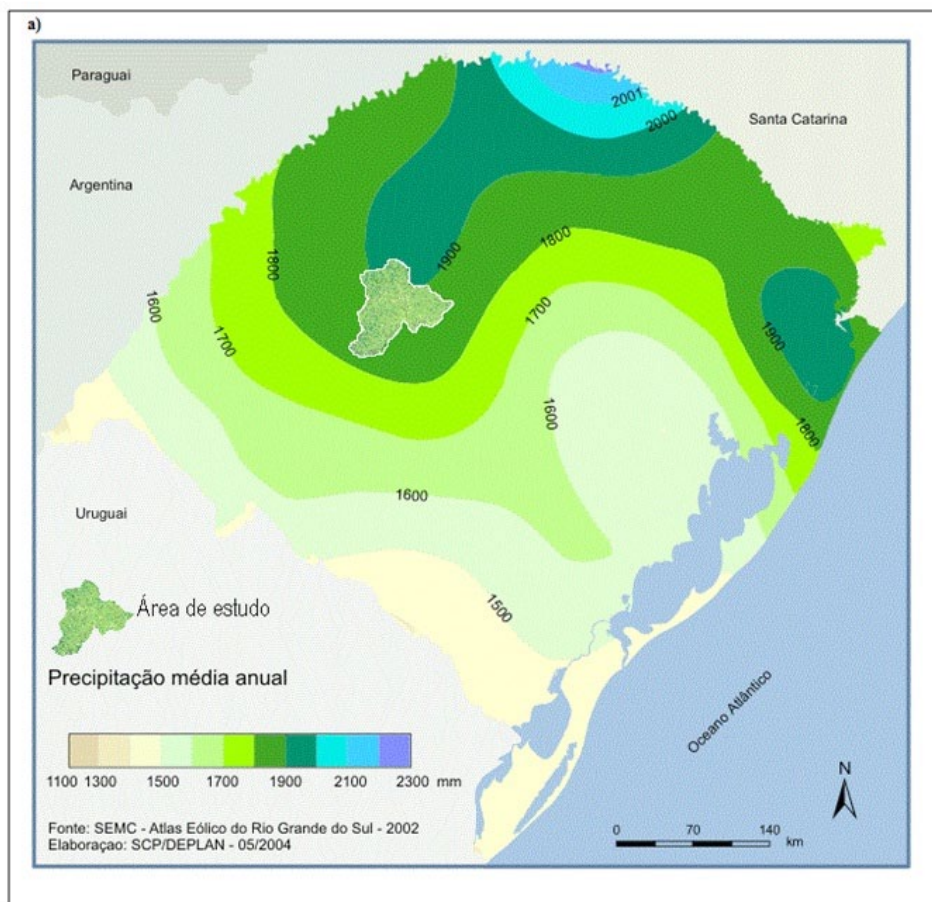
precipitação pode ser dada pela obtenção de dados de diferentes postos pluviométricos e, principalmente, pelo período de análise dos dados, que no caso de Baratto e Borges (2015) foi de 40 anos, enquanto que, no presente trabalho a análise temporal restringiu-se a 6 anos.

Figura 4 - Precipitação anual média para a área de estudo, entre 2010 a 2016.



Ao comparar os dados de precipitação pluviométrica média anual da área de estudo com o mapa de precipitação pluviométrica do Estado do Rio Grande do Sul (SEMC, 2002), verifica-se que os valores de precipitação encontrados neste trabalho são maiores que os valores de precipitação do mapa da SEMC (2002) (Figura 5).

Figura 5 - Mapa da precipitação média anual no Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado de SEMC, 2002.

Para o mapa do SEMC (2002), a precipitação na área de estudo varia entre 1.800 a 1.900 mm. Vê-se que a maior parte da área de estudo apresenta uma precipitação anual média de 1.800 mm. O presente trabalho apresentou nesta mesma área valores de precipitação entre 1.900 a 2.200 mm, ou seja, valores mais altos que os encontrados no mapa da SEMC (2002).

Conforme a SEMC (2002), as maiores precipitações anuais médias foram verificadas na parte norte da área de estudo, onde a média anual é de 1.900 mm. No presente estudo, verificou-se que as maiores precipitações totais são de 2.250 mm médios, evidenciando que a espacialização da precipitação para a área de estudo foi maior que a verificada pela SEMC (2002).

Apesar das diferenças nos valores pluviométricos anuais, ambos os mapas apresentaram uma distribuição da precipitação pluviométrica variando no sentido sul-norte. Diante disto, fica evidente que as áreas ao sul da área de estudo apresentam as menores precipitações, enquanto que, as áreas ao norte são marcadas pelos maiores valores pluviométricos médios.



### 3.4 Variação anual da precipitação e eventos ENOS

A análise do painel espaço-temporal da precipitação pluviométrica da área de estudo, evidencia que os anos de 2014 e 2015 foram os mais chuvosos. Já o ano de 2011 foi o ano menos chuvoso da área de estudo. O que vem a comprovar com a precipitação pluviométrica média entre todos os postos analisados (Tabela 2).

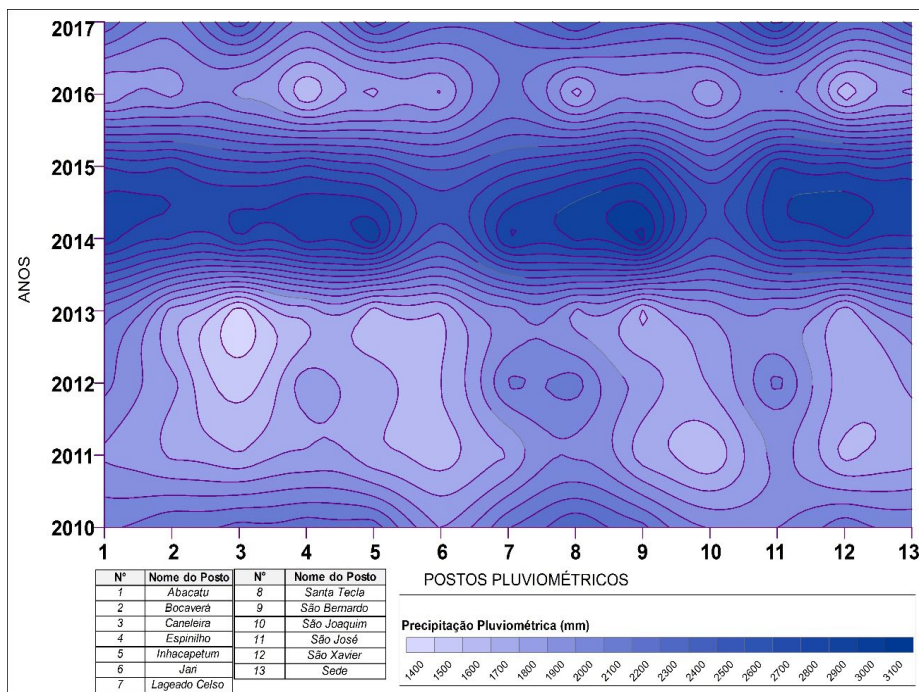
**Tabela 2** - Variação anual da precipitação na área de estudo.

Anos	Precipitação (mm)	Fenômeno ENOS
2010	2056,46	La Niña Moderada
2011	1666,62	La Niña Moderada
2012	1785,08	Sem Atuação
2013	1709,85	Sem Atuação
2014	2722,77	Sem Atuação
2015	2531,00	El Niño Forte
2016	1717,38	El Niño Forte
2017	2250,56	La Niña Moderada

No ano de 2014 precipitação pluvial variou entre 2.800 mm a 3.100 mm entre os postos pluviométricos analisados. Já o ano de 2011 (menos chuvoso), apresentou uma variação da precipitação entre 1.500 a 1.700mm, entre os postos pluviométricos observados. Conforme os dados do CPTEC(2018) os anos de 2010, 2011 e 2017 tiveram atuação do fenômeno La Niña de intensidade moderada. Para Estados do Sul do Brasil, eventos de La Niña refletem em uma diminuição da quantidade de chuva para a região. Este fato pode ser observado no painel de precipitação (Figura 6).



**Figura 6-** Painel Espaço temporal da precipitação pluviométrica nos pluviômetros estudados.



Já os anos de 2015 e 2016 foram ano de atuação do fenômeno EL Niño de intensidade forte, conforme CPTEC (2018). Estes anos apresentaram a maior quantidade de precipitação em todos os postos pluviométricos analisados. Nesses anos observou-se uma certa homogeneidade na variabilidade dos dados pluviométricos totais anuais, por posto pluviométrico.

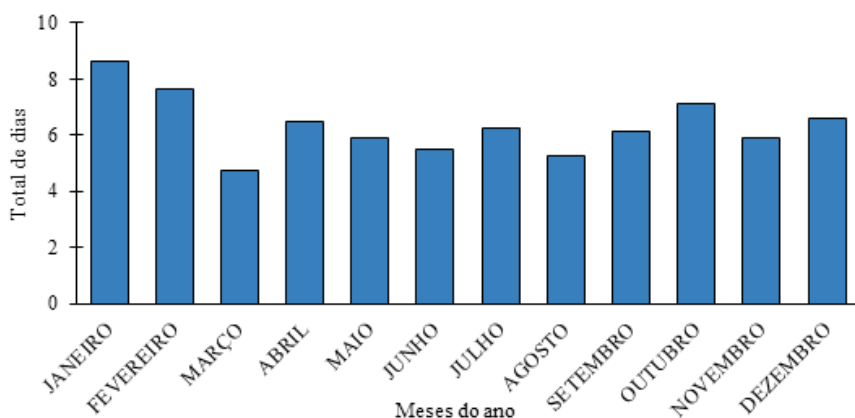
No painel também podemos observar que em anos que não tiveram a atuação do fenômeno El Niño de Oscilação Sul (ENOS), que são La Niña e El Niño, ocorreram uma maior variabilidade da precipitação entre os postos pluviométricos, se comparado aos anos que tiveram a atuação desses fenômenos. Também é possível observar que após os anos de atuação da La Niña ocorre uma tendência ao aumento da precipitação

pluvial, até a atuação do El Niño, nos anos de 2015 e 2016, explicando que a média do maior volume pluviométrico total ocorreu em anos de não atuação dos fenômenos ENOS.

### 3.5 Média mensal, sazonal e anual dos dias de chuva

A distribuição média mensal dos Números de Dias de Chuvas (NDC), com base nos dados da série histórica de 2010 a 2016, registrados em 13 estações pluviométricas distribuídas na área de estudo, não apresenta variações significativas ao longo dos meses (Figura 7). É possível perceber na Figura 7 que o mês de janeiro é o que apresenta os maiores NDC, 9 dias em média. Em fevereiro, tem-se uma pequena diminuição do NDC, sendo verificado neste mês uma média de 8 dias de chuva.

Figura 7 - Média do número total de dias de chuva registrados por mês do ano no período de 2010 a 2017



Apesar de não ser o mês menos chuvoso, março apresenta o menor NDC, sendo que, neste mês, tem-se em média 5 dias com a ocorrência de precipitação. No mês de abril, o NDC volta a aumentar, apresentando em média 7 dias com chuva. Já os meses de maio e junho apresentam, novamente, uma queda no NDC. Nestes meses são verificados em média 6 dias com a ocorrência de precipitação.

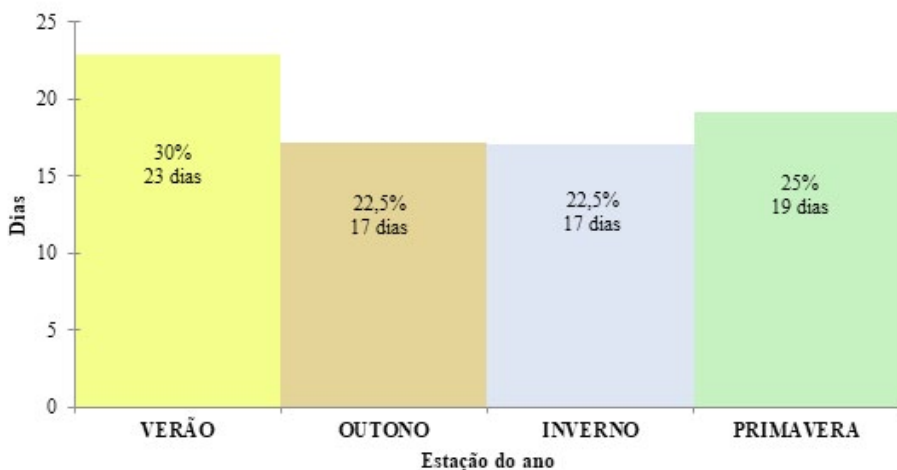
No mês de julho ocorrem em média 6 dias de chuva, enquanto que, agosto, mês de menor precipitação pluviométrica mensal média na área de estudo, apresenta, em média, 5 dias com a ocorrência de precipitação. Em setembro e outubro são verificados 6 e 7 dias de chuvas, respectivamente, enquanto que, em novembro o NDC é de 6 e no último mês do ano e mais chuvoso na série histórica mensal, dezembro, o NDC médio é de 7.

Deste modo, verifica-se que o NDC não apresenta significativa variação média ao longo dos meses. Os meses com maiores NDC apresentam em média a ocorrência de 8 a 9 dias com chuva, enquanto que o menor mês com a ocorrência de NDC (março) apresenta em média 5 dias com chuvas, ao longo do mês.

Em relação ao NDC por estação do ano (Figura 8), observa-se que o verão, além de ser a estação do ano mais chuvosa da área de estudo, é a estação do ano com maior número de dias de chuva. No período correspondente ao verão chove em média 23 dias na área de estudo, o que equivale a 30% do total anual de dias de chuva. Já entre os meses de outono

e inverno, quando ocorrem as menores precipitações pluviométricas médias na área de estudo, chove em média 17 dias em ambas estações, o que corresponde a um total de 22,5% dos dias de chuva.

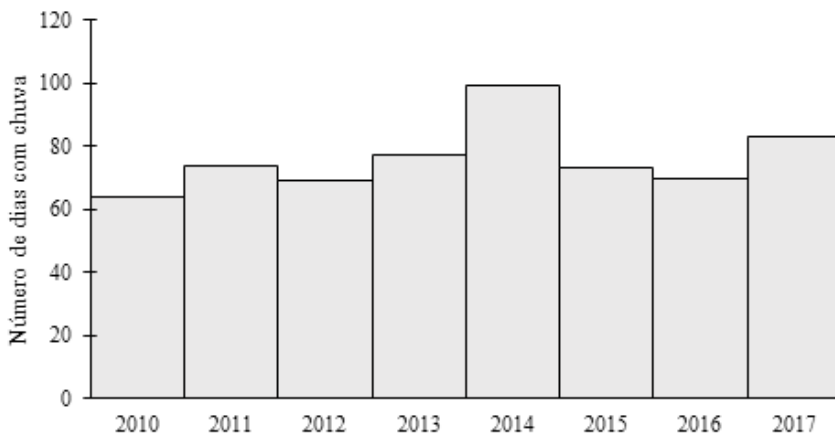
**Figura 8** - Média do número total de dias de chuva registrados por estação do ano no período de 2010 a 2017



Já na primavera, o número de dias de chuva volta a aumentar. Nesta estação do ano são verificados em média 19 dias com a presença de precipitação pluviométrica, o equivalente a 25% do total de dias de chuva, para a área de estudo. A média total é de 76 dias com a ocorrência de chuvas na área de estudo, bem distribuídos ao longo das 4 estações do ano. A média anual dos dias de chuva entre 2010 a 2017 é vista na Figura 9.

Figura 9 - Número de Dias de Chuva totais entre os anos de 2010 a 2017.

**Figura 9** - Número de Dias de Chuva totais entre os anos de 2010 a 2017.



Vê-se que no ano de 2010, que apresentou La Niña moderada, ou seja, possibilidade maior de eventos de estiagens foi o ano de com a menor ocorrência de NDC, totalizando 64 dias. Já o ano de 2011, que apresentou uma precipitação total maior que no ano anterior (Tabela 2), também sob atuação de eventos de La Niña classificado como moderado, apresentou 10 dias de chuvas a mais que o ano de 2010, totalizando assim, 74 dias de chuva no ano de 2011.

Os anos de 2012 e 2013 não apresentaram atuação de eventos ENOS no Estado do Rio Grande do Sul. Para estes anos obteve-se 69 e 77 dias com a presença de chuva na área de estudo, respectivamente. O ano de 2014, apesar de classificado como sem atuação de eventos ENOS, foi o ano de maior ocorrência de precipitação pluviométrica na área de estudo, 2.722 mm. Deste modo, o ano de 2014 foi o que apresentou maior ocorrência de NDC, 99 no total.

Já o ano de 2015, apesar de classificado como de El Niño Forte, ou seja, com a possibilidade maior de precipitação, apresentou 73 dias de chuva. Este valor é menor que o verificado em 2013, quando não se teve atuação de eventos ENOS e a precipitação total anual foi menor que em 2015. Este fato sugere que durante o ano de 2015, o volume de precipitação diária foi maior do que em 2013, por exemplo.

O ano de 2016 também foi classificado como de El Niño Forte, entretanto apresentou 70 dias com a ocorrência de precipitação. Já o ano de 2017, que apresentou La Niña moderado, foi o que apresentou o segundo maior NDC entre os anos estudados, 83 dias no total.

Deste modo, percebe-se que o número de dias de chuva médio na área de estudo é de 76 dias por ano. Verificou-se que em anos com a presença de El Niño tem-se de 70 a 7 dias de chuva. Já em ventos de La Niña o NDC varia entre 64 a 74 e em anos sem atuação de eventos ENOS, tem-se a maior variação do número de dias de chuva, entre 69 a 99, para os anos estudados.

#### 4. *Considerações finais*

Verificou-se que a precipitação pluviométrica na área de estudo, apesar de apresentar-se mensalmente bem distribuída, não é passível de definição de um padrão espacial e temporal. Os meses de outubro e dezembro foram os que apresentaram maiores valores totais médios de precipitação, enquanto que, o mês de agosto apresentou os menores valores, e em alguns anos, o mês de novembro, conforme destacou a bibliografia consultada.

Já para a variação sazonal, verificou-se que o período veranil é o que apresentou maior precipitação total média, justamente,

quando há maior demanda de água por parte da agricultura. O período de inverno, por fim, o de menor precipitação total média.

O mapa de distribuição da precipitação anual total média entre os anos de 2010 a 2016 mostrou que as áreas de maior precipitação se localizaram na porção norte da área de estudo, totalmente inseridas no planalto e as menores precipitações localizaram-se na porção sul-sudoeste, na área de transição do planalto para a Depressão Central.

Outro fator que não apresentou relação com a precipitação, neste trabalho, foi a altitude. Verificou-se que, nas áreas de maiores altitudes, próximas à sede municipal de Tupanciretã, bem como, as áreas ao entorno da sede de Jari, foram as que apresentaram as menores precipitações anuais, enquanto que nas áreas no entorno da sede urbana de Jóia apresentaram as maiores precipitações médias anuais.

Diante disto, por esta área ser importante polo agrícola regional, principalmente, com os cultivos de soja e trigo, a caracterização e o entendimento do comportamento têmporo-espacial da precipitação pluviométrica, permite o gerenciamento dos recursos hídricos da área de estudo, uma vez que, esta área apresenta-se como importante divisor de águas de duas importantes bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, as bacias dos rios Ibicuí e Jacuí, além de pertencer em sua maior parte ao Bioma Pampa, com totais pluviométricos bem superiores ao esperado para esta recorte biogeográfico.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital

CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Os autores agradecem também a AGROPAN pela gentil disponibilização dos dados pluviométricos que permitiram a realização deste estudo.

## 5. *Lista de siglas*

AGROPAN – Cooperativa Agrícola de Tupanciretã;

BHAJ – Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí;

mm – milímetros;

m – Metros;

ENOS – El Niño de Oscilação Sul.



## Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Divisões hidrográficas do Brasil. Disponível em: [http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy\\_of\\_divisoes-hidrograficas](http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy_of_divisoes-hidrograficas). Acesso em 04/11/2018.

BARATTO, J. Variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Alto Jacuí. (Dissertação) Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Santa Maria, 2017.

BARATTO, J.; WOLLAMNN, C. A.; Precipitação histórica do mês de outubro para a bacia hidrográfica do Alto Jacuí/RS. *Ciência & Natura*, v.39, Ed. Esp. PROCAD/CAPES 2017, p. 41 – 57.

BOSCHI, R. S.; MEDEIROS OLIVEIRA, S.R.; DELGADO ASSAD, E. Análise da precipitação pluvial anual e sazonal no Rio Grande do Sul por meio de técnicas de mineração de dados. *Anais... In: REUNIÓN ARGENTINA Y LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGÍA*, 13. Bahía Blanca: Argentina, 2010.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. El Niño e La Niña. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 02/11/2018.

FORTES, A. B. Aspectos fisiográficos, demográficos e econômicos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Livraria do Globo, 1956.

FRANCO, A.C.L.; UDA, P.K. Comparação de métodos de espacialização da precipitação na bacia do alto rio Negro, Santa Catarina. *Anais... In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 17. João Pessoa: INPE, 2015.

GOMES, S. L. S.; WOLLMANN, C. A. A influência da distribuição da precipitação pluviométrica na produção agrícola de soja, no município de Tupanciretã/RS, entre os anos de 2014 e 2015. *Ciência & Natura*, v.39, Ed. Esp. PROCAD/CAPES 2017, p. 75 – 80.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Biomassas do Brasil*. São Paulo: IBGE. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Dados estatísticos de 2000 e 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01/10/2016.

JAKOB, A. A. E.; A Krigagem como método de análise de dados demográficos. *Anais... In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS*, 12, 2002, Ouro Preto, MG. *Anais do XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais*. Ouro Preto: ABEP, 2002.

LOUREIRO, G. E.; FERNANDES, L. L. Variação da precipitação por método de interpolação geoestatística. *Revista Ambiente e Água*, 8, n. 2, p. 77-87, 2013.

LUCENA, J. A.; SOUZA, B. I.; MOURA, M. O.; LIMA, J. O. Análise da variabilidade da precipitação pluviométrica como subsídio para o planejamento agrícola em Caicó/RN. *Revista Brasileira de Climatologia*, 10, n. 8, 121-135, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Bioma Pampa*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomassas/pampa.html>. Acesso em 02/11/2018.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL – OMM. Guide to Hydrological Practices. Geneva: World Meteorological Organization, 1994.

REBOITA, M. S.; KRUCHE, N. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. Revista brasileira de meteorologia, São Paulo. v. 33, n. 1, p. 165-179, mar. 2018.

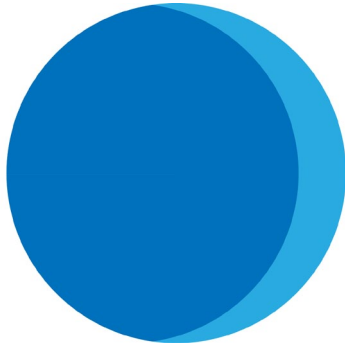
SARTORI, M. G. B. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período 1912-1984. Anais... In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, 5, 1993.

SIMIONI, J. P. D. S.; ROVANI, F. F.; IENSSE, A. C.; WOLLMANN, C. A. Caracterização da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, RS. Revista Do Departamento De Geografia, 28, 112-133.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. Climatologia Geográfica: Teoria e Prática de Pesquisa. Campinas: Alínea, 2013. 150 p

ZIANI, P.; FOLETO, E. M.; WOLLMANN, C. A. Análise e Caracterização Geográfica da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí/RS. Ciência & Natura, v.39, Ed. Esp. PROCAD/CAPES 2017, p. 58 – 74.

ZIANI, P.; FACCO, D. S.; FOLETTO, E. M. Análise quali-quantitativa dos recursos hídricos seus usos na bacia hidrográfica do Alto Jacuí/RS. Geoambiente, Edição Especial PROCAD USP/UFSM/UFG-Jataí, 60-73, 2018.



# OROGRAFIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL PLUVIOMÉTRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO PARANÁ<sup>1</sup>

Márcio Greyck Guimarães Correa

Paulo Miguel de Bodas Terassi

Emerson Galvani

## 1. *Introdução*

Os estudos relacionados à gestão e ao planejamento dos recursos hídricos são importantes para o desenvolvimento socioeconômico. Áreas populosas e de importantes atividades agrícolas e industriais dependem dos recursos hídricos e, portanto, o uso e a preservação desses recursos são de interesse dos setores econômicos, políticos e sociais, conforme discorre Carvalho (2014).

Para compreender a dinâmica natural que envolve a disponibilidade dos recursos hídricos, têm-se como prioridade os estudos que envolvem o ciclo hidrológico, as bacias hidrográficas, a precipitação pluviométrica, os

---

1 Este capítulo de livro apresenta o aprimoramento dos resultados e discussões apresentados no XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica por Correa, Terassi e Galvani (2016).

sistemas de escoamento e infiltração da água na superfície terrestre e todas as suas decorrências nos subsistemas naturais relacionados. Shelton (2009) evidencia que a escassez dos recursos hídricos e questões relacionadas às mudanças climáticas impuseram a necessidade de compreender as relações entre o clima, o ciclo hidrológico e os recursos hídricos.

Um dos componentes de maior importância na análise climática de uma bacia hidrográfica, a orografia corresponde a um importante atributo no controle da circulação atmosférica por influenciar a distribuição espacial e temporal de elementos climáticos como a precipitação. Segundo Christopherson (2012), a orografia é um fenômeno em que a topografia funciona como uma barreira para as massas de ar migratórias, ao encontrar uma barreira topográfica a parcela de ar é forçada a elevar-se e resfria-se adiabaticamente favorecendo a formação de nuvens de chuva, destacando-se que a barreira orográfica é intensificada durante a passagem de sistemas frontais e ciclônicos.

Milanesi e Galvani (2011) explicam que, independentemente do porte do relevo, a orografia exerce controle sobre a dinâmica climática e que os processos interativos entre a atmosfera e a crosta terrestre são os gradientes de temperatura e pressão, a obstrução e a bifurcação dos ventos e a geração de brisa e nuvens, assim como a chuva orográfica e a sombra da chuva. Na Ilha de São Vicente em Ilha Bela (SP), indicaram que as vertentes expostas à brisa marítima do Oceano Atlântico (barlavento) apresentam os maiores totais de precipitação, enquanto que as vertentes localizadas na sombra das chuvas, a sotavento, são aquelas de menores alturas pluviométricas.

Para Pelegatti e Galvani (2010) a associação do tipo de sistema atmosférico e o posicionamento da vertente acentuam a orografia, no litoral paulista os eventos chuvosos de longa duração apresentam maior volume de precipitação quando voltados para o Atlântico, o contrário

ocorre nos postos pluviométricos localizados na vertente direcionada para o continente, mostrando a existência de uma sombra de chuva. Candido e Nunes (2008) discorrem que a irregularidade do relevo também influencia na distribuição espacial da precipitação pluviométrica, sendo que a distribuição é mais regular nas áreas menos elevadas e planas.

A característica de distribuição espacial de maiores totais de pluviosidade nos setores mais elevados das bacias hidrográficas corresponde a um padrão observado em diversas bacias hidrográficas do território brasileiro (ANDRADE; NERY, 2003; ARAI et al., 2010; CHIERICE; LANDIM, 2014). Ao estudar a distribuição espacial da pluviosidade e a dinâmica atmosférica da bacia hidrográfica do Ivaí (PR), Baldo (2006) discorre que junto a participação mais incisiva da frente polar atlântica, as elevações do relevo propiciam ao setor montante uma pluviometria superior a 1.800 mm, e com a redução da altimetria e a menor participação da frente polar atlântica, o setor jusante apresenta pluviosidade média próxima a 1.400 mm.

A partir de uma perspectiva em que as questões ambientais, especialmente os recursos hídricos, este trabalho propõe-se a apresentar um estudo comparativo da análise de correlação estatística entre a altitude e a precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas (BH) dos rios Piquiri e Pirapó, localizadas no estado do Paraná, com a finalidade de identificar a participação da altitude na distribuição da precipitação pluviométrica em bacias hidrográficas.

### *1.1. Localização e caracterização climática das áreas de estudos*

A bacia hidrográfica do rio Piquiri localiza-se na região centro-oeste do estado do Paraná, a área de drenagem de toda a bacia é de



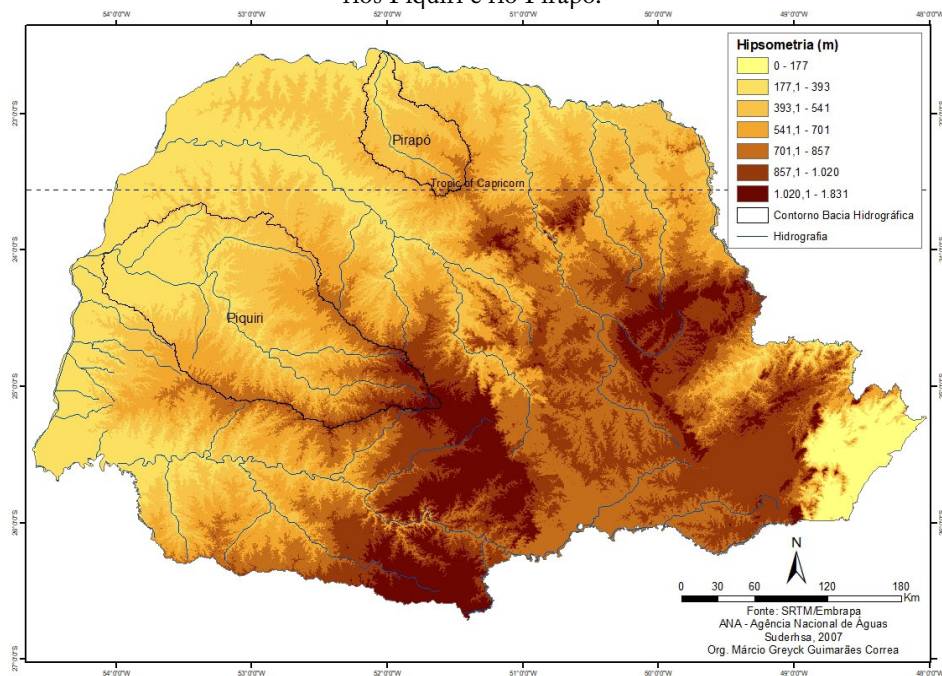


observar na figura 2.

De acordo com a classificação de Köppen (1948) realizada por Cavaglione et al. (2000), observa-se na bacia hidrográfica do Piquiri dois tipos climáticos predominantes: o clima do tipo “Cfa” que se caracteriza por ser um clima subtropical, com verões quentes e geadas pouco frequentes; e com a elevação da altitude o tipo climático predominante é o “Cfb”, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), geadas de inverno frequentes, com verões frescos e sem estação seca definida. Correa, Terassi e Galvani (2017) indicaram que a bacia hidrográfica do Piquiri apresenta as mais elevadas médias térmicas nos setores de menores elevações à jusante do curso do rio principal, com médias anuais de 19°C a 23°C, com uma redução gradativa no sentido sul, nos quais as maiores elevações dos terrenos respondem por médias anuais inferiores a 16°C. Estes autores destacaram que há um maior aquecimento no setor nordeste e nos meses de primavera e verão (de setembro a março), sendo que as médias mensais caem no período de outono e inverno (abril a agosto), sobretudo no setor sul da BH.

Terassi e Silveira (2013) identificaram para a bacia hidrográfica do rio Pirapó as tipologias “Cfa” (Subtropical quente) para os setores acima de 650 metros, de temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C, e sem estação seca definida, e “Am” (Tropical com inverno seco) nas porções de menores cotas altimétricas, nas quais a temperatura do mês mais frio encontra-se entre 18°C e 22°C e a do mês mais quente acima dos 22°C, com precipitação pluviométrica concentrada nos meses de verão e significativa redução nos meses de inverno. Desta forma, esta caracterização dos tipos climáticos realizados por estes autores coincide ao obtido por Álvares et al. (2013) para o território brasileiro e por Aparecido et al. (2016) para o estado do Paraná.

Figura 2 - Mapa hipsométrico do Paraná com destaque para as bacias hidrográficas dos rios Piquiri e rio Pirapó.



## 2. Materiais e procedimentos

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se de dados secundários de precipitação pluviométrica do Instituto das Águas do Paraná, ao qual se escolheu uma quantidade representativa de 41 postos pluviométricos na bacia hidrográfica do rio Piquiri, com uma série histórica de 35 anos (1976-2010), e para a bacia hidrográfica do rio Pirapó utilizou-se dados de 20 postos pluviométricos com uma série histórica de 33 anos (1980-2012). Maiores detalhes sobre as séries temporais e utilizadas neste trabalho e o método de preenchimento de falhas estão disponíveis em Terassi, Correa e Galvani (2017a) para a bacia hidrográfica do rio Piquiri em Terassi, Silveira e Graça (2014).

Calculou-se a média anual, sazonal e mensal da precipitação pluviométrica para cada posto pluviométrico de cada bacia hidrográfica. A correlação entre a precipitação (mm) e a altitude (m) foi realizada por meio da correlação linear de Pearson (Equação 1).

$$(1) \quad r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}}$$

Em que:  $x_i$  e  $y_i$  indicam as duas variáveis observadas em cada passo de tempo  $i$ ;  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$ , a média aritmética de cada série temporal;  $\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}$  corresponde ao desvio padrão de  $x$  e  $y$ .

Os resultados de  $r$  próximos a 1 representam resultados satisfatórios na correlação entre precipitação e altitude, ou seja, o aumento da altitude apresenta alta correlação com o aumento da precipitação, enquanto valores de  $r$  próximos de 0 indicam pouca ou nula correlação entre a altitude e a precipitação, e valores próximos de -1 indicam correlação inversa, ou seja, o aumento da altitude e a diminuição da precipitação. Segundo Cohen e Holliday (1982), os resultados da correlação de Pearson seguem a seguinte classificação:  $\leq 0,20$  - muito fraca e sem significância;  $0,2 < r \leq 0,39$  - fraca;  $0,4 < r \leq 0,69$  - moderada;  $0,7 < r \leq 0,89$  - forte;  $0,9 < r \leq 1$  - muito elevada. Estes mesmos procedimentos foram aplicados satisfatoriamente para avaliar a relação entre o relevo e a distribuição espacial em bacias hidrográficas do leste do estado do Paraná, conforme descrito em Terassi, Correa e Galvani (2017b).

Foi utilizado o coeficiente de determinação ( $r^2$ ), que fornece uma informação auxiliar ao resultado da variância da regressão apresentada pela correlação linear, pois identifica a validade comparativa entre os

componentes avaliados. O valor de  $r^2$  varia no intervalo de 0 a 1, sendo que os valores mais próximos de 1 indicam que ocorre uma adequada relação na descrição do conjunto em análise (ANDRIOTTI, 2003).

Aplicou-se o teste de significância estatística  $t$  de Student (com  $n-2$  graus de liberdade) com a finalidade de testar a significância das correlações entre as variáveis estudadas. O teste de significância  $t$  de Student fornece graus de confiabilidade em porcentagem e o nível de significância foi de 99,5%. A seguir a fórmula do teste de significância (Equação 2).

$$t_{n-2} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} t_{n-2} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (2)$$

Em que  $r$  é o coeficiente de correlação;  $r^2$  é o coeficiente de determinação; e  $n$  é o número da amostra.

A sistematização dos dados, além da elaboração dos gráficos de pluviosidade, de representação dos resultados de dispersão, coeficiente de determinação, correlação linear de Pearson e perfis esquemáticos foram realizado a partir do software Microsoft Office Excel 2007. A altimetria dos transectos esquemáticos foram elaborados utilizando informações extraídas de imagens SRTM (INPE, 2011) no software ArcGIS 9.3 e os postos pluviométricos foram escolhidos de acordo com a altimetria.

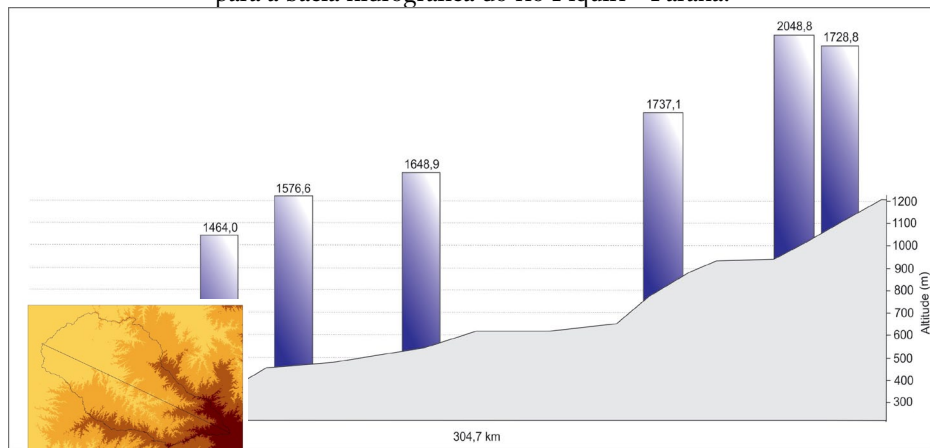
### 3. Resultados e Discussões

Com maiores elevações do terreno e maior influência do efeito orográfico, a precipitação média anual da bacia do rio Piquiri é de 1.756,5 mm, enquanto na bacia do rio Pirapó é de 1.482,3 mm, havendo uma diferença de 274,2 mm e 15,6% a menos de precipitação média que a

bacia do rio Piquiri. A figura 3a demonstra o transecto esquemático da distribuição espacial da precipitação média anual para a bacia do rio Piquiri, que apresenta cotas altimétricas que vão de aproximadamente 1.200 metros a 30 metros nas proximidades de sua foz, com uma variação pluviométrica que vai de 2.048,8 mm, para os setores mais elevados em sua porção mais elevada, com uma redução drástica no sentido jusante, com pluviometria inferior a 1.500 mm.

Os estudos de Terassi, Correa e Galvani (2018) para a bacia hidrográfica do rio Piquiri mostraram que próximos aos setores mais elevados, com altitudes superiores a 795 metros, a média pluviométrica anual é superior a 2.000 mm, sendo que em menores elevações (<500 mm), este total se reduz a inferiores a 1.500 mm anuais. No entanto, conforme os estudos de Correa (2013) e Correa e Galvani (2016) e a representação da figura 3, a orografia responde pelo aumento da pluviometria entre os intervalos que vai de 400 a 900 metros, sendo que acima desta altitude ocorre a redução dos volumes de pluviosidade, sobretudo por conta da redução das temperaturas médias e do potencial de ocorrência das chuvas convectivas no período de verão.

Figura 3 - Transecto esquemático da distribuição pluviométrica na direção NW-SE para a bacia hidrográfica do rio Piquiri - Paraná.



O transecto esquemático da figura 4 demonstra a influência da orografia para a distribuição da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Pirapó. Observa-se que nos setores mais elevados, em altitudes superiores a 700 metros, a pluviosidade média anual é próxima a 1.650 mm, enquanto na direção jusante os totais anuais se reduzem a valores inferiores a 1.400 mm, em cotas altimétricas próximas a 300 metros. O resultado acima mencionado se alinha aos obtidos por Ribeiro (1987) para a bacia hidrográfica do Pirapó, que indica uma redução de até 35% de sua nascente até sua foz, decréscimo que está associado às menores altitudes.

Segundo Terassi, Silveira e Graça (2014), o setor mais elevado ao sul da bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta pluviosidade média anual superior a 1.600 mm, especialmente nas proximidades das localidades de

Arapongas, Apucarana e Rolândia, ao passo que o setor noroeste desta área de estudo, há uma redução dos totais anuais da pluviometria para menos de 1.300 mm.

Desta forma, nota-se que há uma influência notável da orografia na distribuição espacial da bacia hidrográfica do Rio Pirapó e Piquiri também está atrelada também a maior influência da dinâmica atmosférica do clima subtropical para os setores ao sul, no qual o principal mecanismo de geração das chuvas, a frente polar atlântica (FPA), a atinge com maior afinco (BALDO, 2006; ZANDONADI et al., 2015) e sua interação com o relevo de maiores elevações é uma condição que contribui para os mais elevados totais de pluviosidade.

Figura 4 - Transecto esquemático da distribuição pluviométrica na direção NW-SE para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - Paraná.



A figura 5 mostra a distribuição sazonal da precipitação, o inverno é período menos chuvoso para ambas as bacias hidrográficas, sendo o volume médio de chuva menor na bacia do Pirapó (234,6 mm) do que para a bacia do Piquiri (334,3 mm). A principal diferença entre as bacias

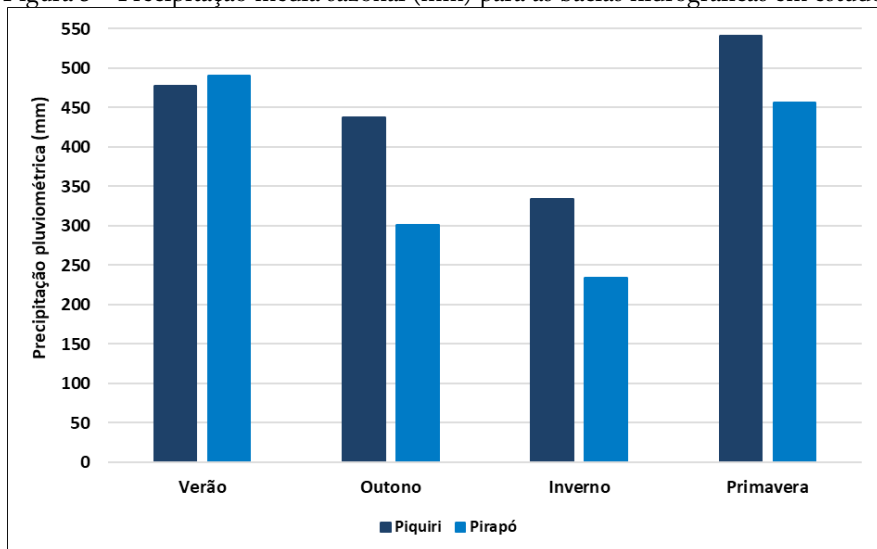
hidrográficas ocorre principalmente entre as estações chuvosas, para a bacia do rio Pirapó o período mais chuvoso é o verão (490,2 mm), enquanto para a bacia do rio Piquiri é a primavera (541,1 mm).

Correa e Galvani (2017) observaram que a bacia hidrográfica do rio Piquiri pela concentração de 30,9% dos totais anuais de pluviosidade na primavera, enquanto que no inverno esta média se dá em apenas 18,7%. Trata-se de um padrão distinto do comum em região de clima tropical do Brasil Central, nos quais as chuvas se concentram nos meses de verão e primavera (>70%), especialmente porque esta bacia hidrográfica situa-se em uma condição de transição climática de domínios do clima tropical para o subtropical, sendo que neste último é comum que a distribuição anual da pluviosidade seja homogênea, embora tenha valores pouco mais elevados nos meses de inverno e primavera (KELLER FILHO et al., 2005; WREGGE et al., 2016). Esta distribuição mensal da precipitação pluviométrica em regiões de clima subtropical se dá pela frequente atuação da frente polar atlântica na geração das chuvas (BORSATO; MENDONÇA, 2015).

Para a bacia hidrográfica do rio Pirapó, Terassi, Silveira e Graça (2014) destacam que entre a primavera e o verão (63,8%), com uma tendência de maiores concentrações destes totais anuais nos setores norte da BH, especialmente por maiores similaridades com o clima tropical. Nos setores de maiores elevações e ao sul desta BH, indicaram que há uma menor redução dos totais de pluviosidade nas estações menos chuvosa, no inverno e no outono, mostrando-se mais influente pelos sistemas frontais e o domínio do clima subtropical, concordante com o que observaram Silva et al. (2006) para esta região do estado do Paraná.



Figura 5 - Precipitação média sazonal (mm) para as bacias hidrográficas em estudo.



Observando a figura 6 nota-se que em apenas nos meses de janeiro, fevereiro e março a precipitação na bacia do Pirapó é superior que na bacia do Piquiri, ao passo que nos demais meses ocorre o inverso, ao que se atribui às proximidades de cada uma delas aos domínios climáticos tropical e subtropical (ÁLVARES et al., 2013; APARECIDO et al., 2016). A distribuição mensal da precipitação na bacia do rio Piquiri apresenta-se mais homogênea, com uma diferença entre o mês mais e menos chuvoso de 110,9 mm, ou 57,7% de diferença, indicando um clima subtropical ou de transição, enquanto na bacia do rio Pirapó a sazonalidade hídrica é mais evidente, a diferença entre o mês mais chuvoso e o menos chuvoso é de 145,2 mm, uma redução de 73,6%, o que indica características climáticas tropicais.

Isso ocorre porque a bacia hidrográfica do Pirapó apresenta características mais próximas ao clima tropical do Brasil Central e por apresentar de forma mais direta a influência dos mecanismos atmosféricos tropicais para a geração de chuvas. Por sua vez, a bacia hidrográfica

do rio Piquiri, situado em maiores latitudes, caracteriza-se por uma dinâmica atmosférica própria do Brasil Meridional, com uma melhor distribuição das chuvas ao longo do ano (NERY, 2006; SILVA et al., 2006; FRITZSONS et al., 2011; SILVA et al., 2015; NASCIMENTO JÚNIOR; SANT'ANNA NETO, 2016).

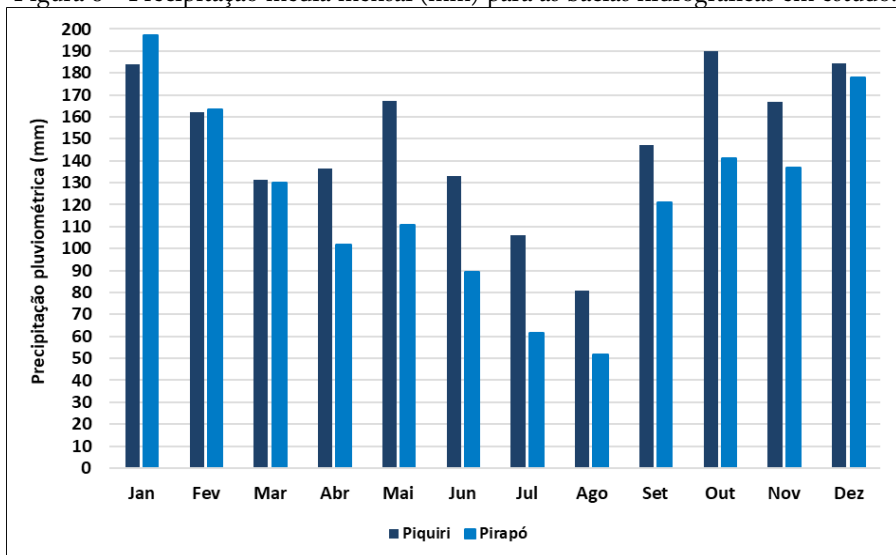
Terassi (2015) verificou para a bacia hidrográfica do Pirapó que o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro apresenta as maiores alturas pluviométricas médias com a participação mais evidente dos sistemas atmosféricos intertropicais. Em oposição, os meses de junho, julho e agosto obtiveram as menores médias de pluviosidade, com uma atuação menor dos sistemas intertropicais e sua interação com sistemas extratropicais, o que caracteriza a tropicalização climática existente nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, sobretudo nos setores mais setentrionais e de menores cotas altimétricas.

Por sua vez, Correa (2013) observou uma distribuição anual homogênea ao longo de toda bacia hidrográfica do rio Piquiri, sendo o norte menos chuvoso, com as menores elevações do terreno e com maiores reduções nos meses de inverno, enquanto que o setor sudeste é o mais chuvoso e com a maior influência do efeito orográfico. Sobretudo, a principal diferença em relação à bacia do Pirapó está na sua condição latitudinal, tendo em conta que a região na qual está inserida a bacia do Piquiri apresenta maior participação dos sistemas frontais, tendo como parâmetro a análise rítmica realizada por Baldo (2006).

Os meses de maio e outubro a bacia do Piquiri apresenta valores maiores e consideravelmente significativos com relação à bacia do Pirapó, para maio a diferença é de 34,8% e em outubro de 26,6% (Figura 6). Explica-se que o setor centro-oeste do Paraná, na qual se localiza a bacia hidrográfica do Piquiri, apresenta de maneira mais significativa a influência o aumento de pluviometria associado à transição de sazonalidades que

marcam os meses de maio e outubro e da ocorrência dos choques de massas de ar de conteúdo distintos (TOMMASELLI et al., 2004).

Figura 6 - Precipitação média mensal (mm) para as bacias hidrográficas em estudo.

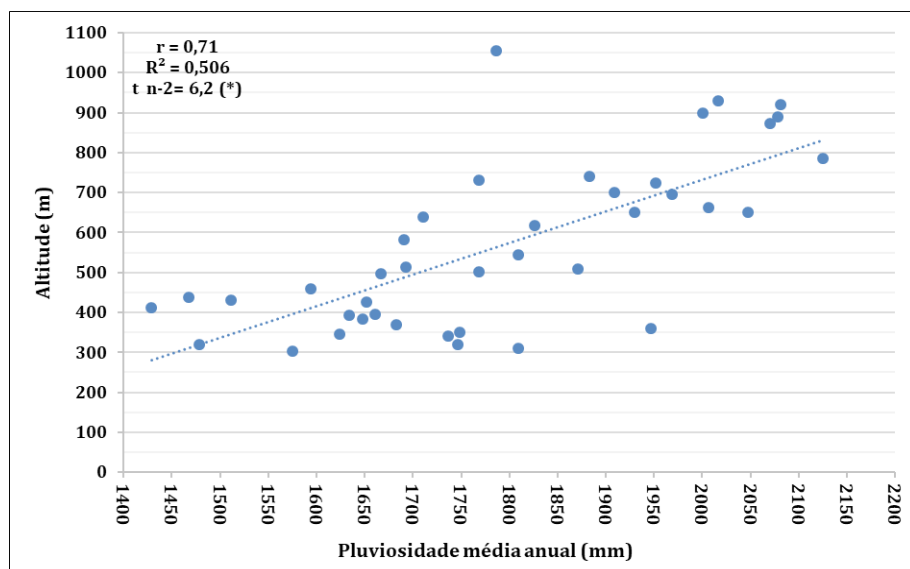


A tabela 1 mostra que anualmente a correlação entre a precipitação e altitude na bacia hidrográfica do rio Piquiri é de 0,71 (forte) e o outono e o inverno são as estações com melhor correlação, enquanto que na bacia do rio Pirapó as correlações apresentaram-se menores tanto anualmente, 0,68 (moderada), quanto sazonalmente, sendo o inverno o período com melhor correlação entre a precipitação e a altitude. As correlações sazonais mostram resultados similares à correlação anual, sendo que as maiores correlações entre a precipitação e a altitude ocorrem na classe de altitude entre 401-800 m no verão e no outono.

Os resultados mostram que o coeficiente de determinação entre as altitudes dos postos pluviométricos e as médias pluviométricas anuais é mais elevado para a bacia hidrográfica do rio Piquiri (0,51) em relação à BH do rio Pirapó (0,46), demonstrando que o efeito orográfico é um

atributo climático que exerce maior influência na primeira BH. Observa-se também que o resultado do teste T de Student demonstrou significância na relação entre as altitudes médias e a pluviosidade média anual para as duas bacias hidrográficas, conforme indica a figura 7, mostrando que o efeito orográfico é um fator determinante para o aumento dos totais pluviométricos na escala anual.

Figura 7 - Dispersão gráfica, coeficiente de determinação e correlação linear de Pearson, significativo ao nível de 99,5% pelo teste t de Student (\*), entre a pluviosidade média anual e a altitude dos postos pluviométricos das BH Piquiri (A) e Pirapó (B).



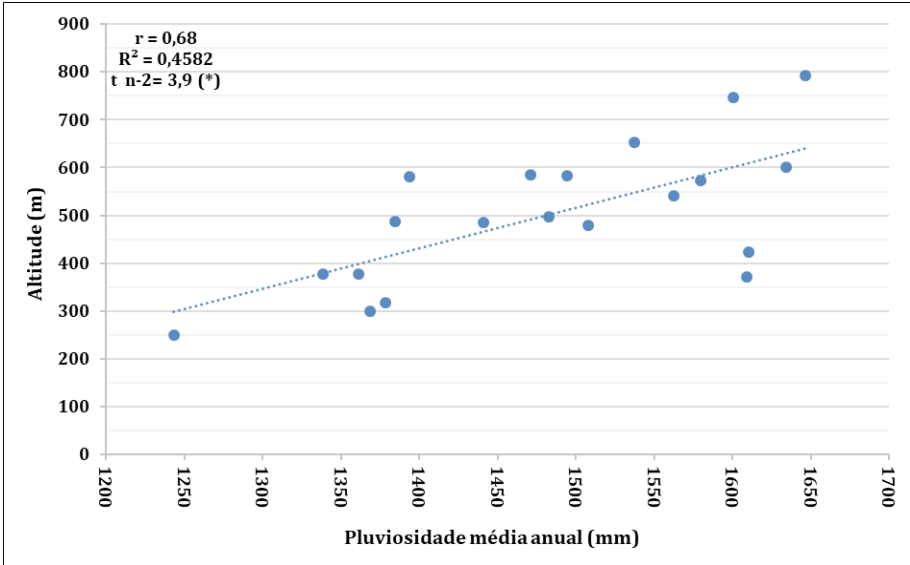


Tabela 1 - Correlação linear de Pearson entre a precipitação anual e sazonal e a altitude para a bacia hidrográfica (BH) do rio Piquiri e do rio Pirapó - PR.

BH	Anual	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Piquiri	0,71	0,67	0,68	0,78	0,66
Pirapó	0,68	0,63	0,60	0,64	0,63

A tabela 2 mostra que os meses de junho e julho apresentaram melhor correlação entre precipitação e altitude para ambas as bacias hidrográficas, especialmente para a bacia do rio Piquiri. Novamente os valores da correlação apresentaram-se inferiores na bacia do rio Pirapó, com exceção do mês de novembro, no qual a bacia do rio Piquiri mostrou correlação fraca entre as variáveis analisadas. Ressalta-se que fora dos meses inverniais, os períodos de correlação mais evidente entre a altitude e a precipitação, para a bacia do rio Piquiri o mês de janeiro (0,72) e em novembro (0,74) para a bacia do rio Pirapó, correlações classificadas

como fortes.

A maior correlação durante os meses de outono e inverno, especialmente entre junho e julho, pode ser explicada pelo fato de que nessa época do ano os sistemas frontais são mais frequentes na América do Sul como um todo (CARDOZO et al., 2015). Inversamente, durante a primavera e o verão as chuvas na região apresentam, em geral, gênese convectiva, ou seja, de caráter mais localizado e menor deslocamento espacial, como as frontais, o que reduz o papel do relevo no processo de formação de nuvens e chuvas. Estudos feitos por Oliveira (1986) analisaram os sistemas frontais em 4 bandas latitudinais, concluindo que o máximo de penetrações de frentes frias no continente ocorre durante o mês de julho, sendo que nos meses de outubro e novembro ocorre a máxima interação destes sistemas frontais com a convecção tropical, sobretudo nas faixas de latitude de 35°S-25°S e 25°S-20°S.

Tabela 2 - Correlação linear de Pearson entre a precipitação mensal e a altitude para a bacia hidrográfica do rio Piquiri e do rio Pirapó - PR

BH	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Piquiri	0,72	0,54	0,63	0,58	0,59	0,75
Pirapó	0,34	0,64	0,55	0,45	0,52	0,69
BH	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Piquiri	0,80	0,66	0,70	0,73	0,33	0,66
Pirapó	0,74	0,55	0,47	0,54	0,74	0,25

## 4. Considerações Finais

Os resultados mostram que a bacia hidrográfica do rio Piquiri apresenta uma média pluviométrica superior às observadas na bacia

do rio Pirapó. A primeira apresenta uma distribuição mensal e sazonal mais homogênea, característica de climas subtropicais ou de transição, enquanto a segunda apresenta uma sazonalidade hídrica marcante, com diminuição considerável das chuvas no inverno e o verão como o período mais chuvoso, característico de climas tropicais.

O efeito orográfico também é mais significativo na bacia do rio Piquiri, principalmente nos meses inverniais, período em que ocorre maior frequência dos sistemas frontais. Durante os meses de verão, as correlações entre a altitude e a precipitação é menor devido ao aquecimento da superfície e aos maiores níveis de umidade no continente, o que possibilita a maior formação de chuvas convectivas, em tese minimizando o efeito dos processos de formação de nuvens e chuvas vinculadas ao processo de resfriamento adiabático e orográfico.

Portanto, observou-se que a orografia é um fator determinante na distribuição espacial da precipitação pluviométrica e, entretanto, conforme notou-se para a bacia hidrográfica do rio Piquiri, existem os limites de altitudes em que ocorre o inverso e há a diminuição dos totais pluviais acima das altitudes de 900 metros, uma vez que as elevações dos terrenos também influenciam na diminuição térmica e, especialmente no verão, na redução da formação e ocorrência das chuvas de origem convectiva.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES/Brasil - Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Os autores agradecem à CAPES pela concessão da Bolsa de Doutorado ao segundo autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Doutorado ao primeiro autor e à Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Nível 1D) concedida ao terceiro autor (303676/2013-2).

## 5. *Lista de siglas*

BH - Bacia hidrográfica

FPA - Frente polar atlântica

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission



## 6. Bibliografia

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Berlin, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ANDRADE, A.R.; NERY, J.T. Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do Rio Ivaí, Brasil. *Investigaciones Geográficas*. Cidade do México, v.52, n.1, p.7-30, 2003.

ANDRIOTTI, J.L.S. Fundamentos de Estatística e Geoestatística. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2003.165p.

APARECIDO, L.E.O; ROLIM, G.S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P.S.; JOHANN, J.A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia (Online)*, Lavras, v.40, n.4, p. 405-417, 2016.

ARAI, F.K.; GONÇALVES, G.G.G.; PEREIRA, S.B.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.C.T.; DANIEL, O. Espacialização da precipitação e erosividade na bacia hidrográfica do Rio Dourados - MS. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.5, p.922-931, 2010.

BALDO, M.C. Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica da bacia do Rio Ivaí - PR. 2006. 153f. Tese (Doutorado). Programa de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2006.

BORSATO, V.A.; MENDONÇA, F.A. Participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil.

Mercator, Fortaleza, v.14, n.1, p.113-130, 2015.

CANDIDO, D.H.; NUNES, L.H. Influência da orografia na precipitação da área entre o vale do rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. *GeoUsp*, São Paulo, v. 24, n. 1, 2008, p. 08-27.

CARDOZO, A.B.; REBOITA, M.S.; GARCIA, S.R. Climatologia de Frentes Frias na América do Sul e sua relação com o Modo Anular Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v.17, n.1, p.9-29, 2015.

CARVALHO, R.G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, v. Especial, n.36, p.26-43, 2014.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.

CHIERICE, R.A.F.; LANDIM, P.M.B. Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. *Geociências*, São Paulo, v.33, n.1, p.157-171, 2014.

CHRISTOPHERSON, R.W. Geossistemas: uma introdução à geografia física. Porto Alegre: Bookman, 7ª Edição, 2012. 726p.

COHEN, L.; HOLLIDAY, M.G. Statistics for social scientists: an introductory text with computer programs in basic. London: Hagerstown: Harper & Row; 1982. 382p.

CORREA, M.G.G. Distribuição espacial e variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Piquiri - PR. 2013.102f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CORREA, M.G.G.; GALVANI, E. Évaluation de l'effet orographique dans le bassin versant du Piquiri -Paraná/Brésil. In: XXIX Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Lausanne (Besançon), p.211-216, 2016.

CORREA, M.G.G.; TERASSI, P.M.B.; GALVANI, E. Efeito orográfico: estudo com-parativo nas bacias hidrográficas do rio Piquiri e Pirapó. In: XII Simpósio Brasi-leiro de Climatologia Geográfica, Goiânia, p.1986-1997, 2016.

CORREA, M.G.G.; TERASSI, P.M.B.; GALVANI, E. Aplicação da metodologia de estimativas da temperatura média do ar para a bacia hidrográfica do rio Piquiri - PR. Ciência e Natura, Santa Maria, v.39, Edição Especial PROCAD/CAPES 2017, p. 99-109, 2017.

CORREA, M.G.G.; GALVANI, E. Variabilidade espacial e sazonal da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Piquiri - PR. Revista do Departamento de Geografia (USP), v.34, n.1, p.21-30, 2017.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.E.; WREGE, M.S.; CHAVES NETO, A. Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no estado do Paraná. RA'E GA: o Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v.23, n.1, p.555-572, 2011.

INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais). Projeto TOPODATA. 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em 28 de agosto de 2016.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências). Bacias Hidrográficas do Paraná. 2010. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/>>

Revista\_Bacias\_Hidrograficas\_do\_Parana.pdf>. Acesso em 05 de maio 2019.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências). Áreas oficiais das bacias hidrográficas. 2012. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/con>

teudo.php?conteudo=47>. Acesso em 04 de dezembro 2012.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências). Bacias do Piquiri e Paraná II. 2019. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/BACIAS/piquiri>

.pdf>. Acesso em 05 de maio 2019.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E.D.; LIMA, P.R.S.R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

KÖPPEN, W. Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra. México. Ed. Fondo de Cultura Económica, 1948.

MILANESI, M.A.; GALVANI, E. Efeito orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilha Bela - SP). Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v.2, n.9, p.68-79, 2011.

NASCIMENTO JÚNIOR, L.; SANT'ANNA NETO, J.L. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a oscilação decadal do Pacífico - ODP. RA'E GA: o Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v.35, n.2, p.314-343, 2016.

NERY, J.T. Dinâmica climática da região Sul do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v.1, n.1, p.61-75, 2006.

OLIVEIRA, A.S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia. 1986. 115f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

PELLEGATTI, C.H.G.; GALVANI, E. Avaliação da precipitação na Serra do Mar - SP eventos de diferentes intensidade e duração. Geosp, São Paulo, v.13, n.27, p.132-148, 2010.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

RIBEIRO, A.G. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. Boletim de Geografia. Maringá, v.5, n.1, p.91-135, 1987.

SILVA, C.B.; SANT'ANNA NETO, J.L.; TOMMASELLI, J.T.G.; PASSOS, M.M. Dinâmica atmosférica e análise geoestatística do clima na área de integração paisagística 'Raia Divisória' SP/PR/MS: uma proposta de tipologia climática. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v.2, n.1, p.5 3-70, 2006.

SILVA, W.L.; DERECHYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B.J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no Estado do Paraná. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v.30, n.2, p.181-194, 2015.

SHELTON, M.L. Hydroclimatology: Perspectives and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 440p.

TERASSI, P.M.B.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. Formação, Presidente Prudente, v.1, n.20, p. 111-128, 2013.

TERASSI, P.M.B.; SILVEIRA, H.; GRAÇA, C.H. Distribuição espaço-temporal pluviométrica e a erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. Formação, Presidente Prudente, v.2, n.21, p.136-158, 2014.

TERASSI, P.M.B. Variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná. 2015. 185f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

TERASSI, P.M.B.; CORREA, M.G.G.; GALVANI, E. Determinação de regiões pluviométricas homogêneas na bacia hidrográfica do rio Piquiri-Paraná. In: Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento. Campinas: Instituto de Geociências (UNICAMP), p.610-1621, 2017a.

TERASSI, P.M.B.; CORREA, M.G.G.; GALVANI, E. Caracterização espacial da precipitação pluviométrica em bacias hidrográficas do Leste do Estado do Paraná. Ciência e Natura, Santa Maria, v.39, Edição Especial PROCAD/CAPES 2017, p.125-141, 2017b.

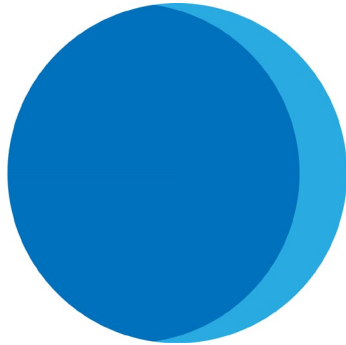
TERASSI, P.M.B.; CORREA, M.G.G.; GALVANI, E. Avaliação do potencial erosivo das chuvas na bacia hidrográfica do rio Piquiri - Paraná. Geoambiente On-Line, v.30, n.1, p.1-19, 2018.

TOMMASELLI, J.T.G.; BALDO, M.C.; SILVEIRA, H. Caracterização pluviométrica da mesorregião geográfica centro ocidental paranaense. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracaju, p.1-9, 2004.

WIEGE, M.S.; FRITZSONS, E.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W.S.;

RADIN, B.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C. Regiões com similaridade de comportamento hídrico no Sul do Brasil. RA'E GA: o Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v.38, n.1, p.363-382, 2016.

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J. A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin). Theoretical and Applied Climatology, Berlim, v.119, n.1, p.1-18, 2015.





# EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ

Aline Nunes da Silva  
Cássio Arthur Wollmann

## 1. *Introdução*

A Climatologia, enquanto ciência geográfica, é responsável por estudar os elementos climáticos e os impactos por eles causados no meio antrópico, com foco na dinâmica da circulação atmosférica e seus resultados no meio homem-natureza. Apesar dos avanços tecnológicos obtidos pela sociedade moderna, a qual ainda se encontra vulnerável a eventos naturais extremos, sejam de origem climática, hidrológica ou geológica.

Conforme Brandão (2001), os eventos naturais extremos que possuem maior repercussão na sociedade no Brasil são os eventos de natureza climática. Estes possuem como causa fatores naturais, associados às disritmias no sistema meteorológico quanto às precipitações, embora alguns autores podem assumir a premissa de que há a ação humana contribuindo com o aumento de sua frequência e intensidade.

Com isso, o objetivo geral desta pesquisa constituiu-se em estabelecer a frequência de participações das classes de eventos extremos da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Alto Jacuí. Para isto, utilizou-se a classificação proposta por Moreira (2002), a qual classifica a intensidade precipitação pluviométrica em sete classes (Chuvisco, Chuva fraca, Chuva moderada, Chuva moderada a forte, Chuva forte, Chuva

muito forte e Chuva extremamente forte), de acordo com a quantidade de precipitação registrada em milímetros em pluviômetros ou pluviógrafos.

A bacia hidrográfica do Alto Jacuí encontra-se localizada na Região Hidrográfica do Guaíba. Abrange uma área de 12.985,44 km<sup>2</sup>, limitando-se ao norte e a oeste com os divisores de água da bacia do Uruguai, ao sul com o divisor da bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, e a leste com os divisores de água da Bacia Taquari-Antas. A bacia hidrográfica do Alto Jacuí conta com 42 municípios, sendo que destes, 23 possuem 100% de seu território inseridos dentro da bacia, 09 possuem cerca de 50% de seu território inserido e 10 apresentam menos de 50% do seu território dentro da bacia (SEMA, 2009).

Quanto ao clima, a bacia hidrográfica do Alto Jacuí insere-se na classificação de Köppen como clima subtropical úmido, com verões quente e sem estação seca definida, com chuvas bem distribuídas durante todos os meses (KÖPPEN, 1931). A partir desta informação, Ziani, et. al. (2018) destaca que este tipo de clima impulsiona a utilização da bacia hidrográfica para fins agrícolas.

A bacia hidrográfica do Alto Jacuí se destaca pelo alto potencial na geração de energia, com a presença de 4 Usinas Hidrelétricas (UHEs) e 6 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), as quais fazem parte do quadro de Usinas Hidrelétricas no rio Jacuí, que funcionam sob responsabilidade da Companhia Estadual de Energia Hidrelétrica – Geração e Transmissão (CEEE-GT). Ressalta-se a Usina Hidrelétrica Passo Real, a qual possui reservatório (lagoa artificial) de maior abrangência do Estado do Rio Grande do Sul, com 248 km<sup>2</sup> de área inundada e 578 km de perímetro (SEMA, 2009).

## 2. *Fundamentação Teórica*

A precipitação, segundo Ayoade (2002), é qualquer deposição em forma líquida ou sólida derivada da atmosfera. A chuva, precipitação em estado líquido, é a forma de precipitação de maior ocorrência na área analisada. A precipitação é medida a partir de aparelhos denominados pluviômetros e pluviógrafos e os dados coletados normalmente apresentam a quantidade total de água precipitada em um dia e, com o dado retirado do total diário, obtém-se o total mensal, sazonal e anual. A precipitação é um dos elementos meteorológicos com maior variabilidade temporal e espacial, tanto no período de ocorrência quanto na intensidade, podendo acarretar consequências negativas em diversos setores da sociedade (BARATTO et. al., 2015).

Para Varejão-Silva (2006), a precipitação pluviométrica varia de acordo com a sua duração, frequência, desvios e índices. A duração seria o tempo de ocorrência da precipitação, seja minutos ou horas; a intensidade é a razão entre a altura e duração (mm/minuto ou mm/h); a frequência da precipitação é a incidência de certo volume em um determinado local; o desvio é o grau de anomalia de um episódio pluviométrico, podendo ser positivo ou negativo; o índice é determinado pela análise efetuada com a pluviosidade efetivamente ocorrida, não sendo o dado bruto (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Segundo Sartori (2003, p.28), o estado do Rio Grande do Sul situa-se em uma área de transição climática, onde a circulação atmosférica conta com a participação dos sistemas atmosféricos extratropicais e intertropicais, apesar que os primeiros controlares os tipos de tempo no Estado. Porém, os sistemas de circulação atmosféricos podem sofrer alterações, o que pode ocasionar episódios de longas estiagens ou de enchentes, que podem ocorrer em qualquer época do ano.

Conforme Galvani e Lima (2012), a distribuição temporal da precipitação pluviométrica deve ser considerada, pois é de grande importância para o planejamento de atividades agrícolas e econômicas, as quais podem variar em função da distribuição sazonal das chuvas.

Segundo Fontana e Berlato (1997), a distribuição temporal e espacial da precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul também é afetada por fenômenos climáticos como o El Niño e La Niña. Os autores afirmam que em anos de ocorrência do fenômeno El Niño, registra-se precipitação superior à média durante todo o ano, com destaque para a primavera/início do verão e final do outono/início de inverno. Já em anos de ocorrência do fenômeno El Niña, as precipitações apresentam-se abaixo da média (FONTANA; BERLATO, 1997).

Dessa forma, o fenômeno El Niño é definido quando há o aquecimento das águas superficiais na região Equatorial do Oceano Pacífico, simultaneamente a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico Leste, conhecido como fase quente, ou positiva. Já o fenômeno El Niña ocorre quando há o resfriamento das águas no Oceano Pacífico Equatorial, e o aumento na pressão atmosférica na região leste do Oceano Pacífico, chamada fase fria ou negativa (BERLATO et. al., 2003). O nível de intensidade dos fenômenos de Oscilação Sul, El Niño e La Niña podem ser Fraco, Moderado e Forte.

O Índice de Oscilação Sul (IOS) é uma medida das flutuações de grande escala na pressão do ar que ocorrem entre o Pacífico tropical ocidental e oriental (ou seja, o Estado da Oscilação do Sul) durante os episódios de El Niño e La Niña (NOAA, 2015).

Sartori (2003) ainda afirma que a distribuição têmporo-espacial das chuvas regulares no Rio Grande do Sul dá-se por três fatores condicionantes: a posição subtropical do Estado, a direção dos compartimentos do relevo e a direção geral dos deslocamentos das Frentes

Polares de sudeste para nordeste. Assim, ocorre o aumento dos índices de precipitação no sentido Sul – Norte, pela presença do efeito orográfico.

### 3. *Materiais e métodos*

Para a realização desta pesquisa foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica registrados pela Companhia Estadual de Energia Hidrelétrica – Geração e Transmissão (CEEE-GT). A CEEE-GT possui uma rede de estações pluvio-fluviométrica e meteorológicas na área da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí (Figura 1). Os dados pluviométricos foram obtidos através de contato feito por meio eletrônico, no qual foi solicitado e recebida a série histórica disponível em cada posto.

Figura 1 – Estação meteorológica da CEEE-GT, localizada na barragem Engenheiro José Maia Filho, no município de Salto do Jacuí/RS.



Fonte: Trabalho de campo (2018).

Os dados analisados foram registrados durante os anos de 1982 a 2002, completando um período de 21 anos. Foi necessária a definição deste período de tempo para a análise devido a uma grande quantidade de lacunas nos dados de precipitação pluviométrica registrados nos postos de coleta, tendo nestes 21 anos os dados completos.

Foram analisados os registros pluviométricos realizados em oito postos de coleta, sete situados dentro da bacia hidrográfica do Alto Jacuí e um fora da bacia, porém dentro do território de um município parcialmente inserido na bacia. A localização dos postos de coleta pode ser observada na Figura 2. Na Tabela 1 apresenta-se os dados de localização dos postos (município aos quais pertencem) e a altitude correspondente a localidade de cada posto.

Figura 2 – Localização dos pontos de coleta de dados de precipitação pluviométrica segundo a localização dos postos da CEEE – GT na área da bacia hidrográfica do Alto Jacuí. Elaboração: Os autores.

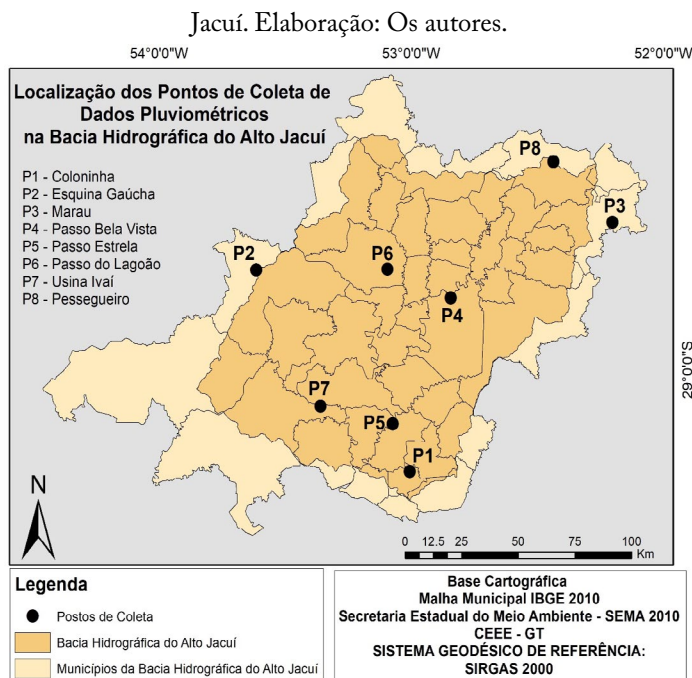


Tabela 1 - Apresenta os dados dos postos de registro de dados pluviométricos, como o município aos quais pertencem e a altitude correspondente a localização de cada um.

Ponto	Nome	Município	Altitude
1	Coloninha	Arroio do Tigre	339 m
2	Esquina Gaúcha	Cruz Alta	400 m
3	Marau	Marau	512 m
4	Passo Bela Vista	Espumoso	408 m
5	Passo Estrela	Arroio do Tigre	339 m
6	Passo do Lagoão	Ibirubá	250 m
7	Usina Ivaí	Júlio de Castilhos	290 m
8	Pessegueiro	Passo Fundo	540 m

Dessa forma, os dados foram analisados e classificados conforme proposto por Moreira (2002) para a classificação da intensidade da precipitação pluviométrica de acordo com a quantidade registrada em milímetros. Esta classificação conta com sete classes, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação da intensidade da precipitação pluviométrica de acordo com a quantidade de precipitação registrada em milímetros, conforme Moreira (2002).

Classe de Precipitação	Tipo de Precipitação
0-01 mm	Chuvisco
01-10 mm	Chuva Fraca
10-20 mm	Chuva Moderada
20-30 mm	Chuva Moderada a Forte
30-40 mm	Chuva Forte
40-50 mm	Chuva Muito Forte
>50 mm	Chuva Extremamente Forte

Organização: Moreira (2002).

Dessa forma, os dados registrados nos postos analisados na bacia

do Alto Jacuí pela CEEE-GT foram coletados de forma diária e local, ou seja, a ocorrência das classes foi analisada por dia em cada um dos sete postos. Dessa forma, todos os dados foram classificados conforme as classes de precipitação de Moreira (op. cit.), onde cada posto apresentou o valor total de dados para cada uma das sete classes dentro do período de tempo de dados analisados (21 anos). Assim, cada posto conta com 7.670 dias de registro de precipitação pluviométrica, classificados em sete classes, de acordo com o valor registrado de precipitação.

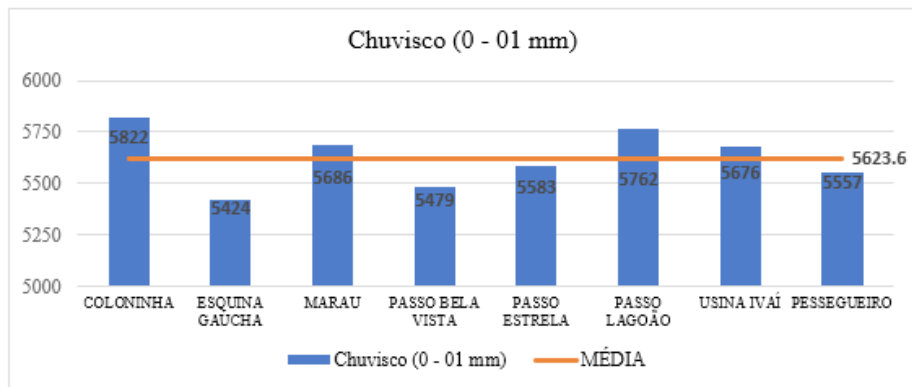
Com isso, para a apresentação dos resultados e das conclusões, utilizaram-se os valores totais encontrados para cada classe dentro do tempo total proposto para a pesquisa. Também foi feita a média dos dias de registro de precipitação pluviométrica para classe em todos os postos, e utilizada como comparação. Os dados foram tratados no Software Microsoft Excel, versão 2010, sendo construídos os gráficos apresentados, para melhor compreensão dos dados.

## 4. Resultados

A primeira classe de precipitação proposta por Moreira é o Chuvisco. Ela conta com os dados de precipitação de menor intensidade, com registros de 0 mm a 1 mm. Assim, conta-se nesta classe, também, os dias em que não houveram registro de precipitação pluviométrica. Na Figura 3 encontra-se o gráfico do registro de precipitação pluviométrica classificada como Chuvisco.



Figura 3 – Gráfico do total de dias com ocorrência de Chuvisco, conforme classificação de Moreira (2002).

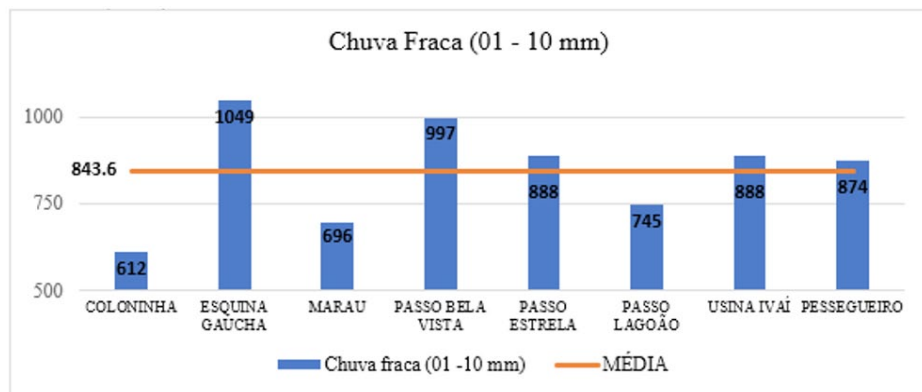


Analisando o gráfico da Figura 3 é possível afirmar que o posto que apresentou maior número de dias de ocorrência de Chuvisco foi o posto Coloninha, localizado no centro-sul da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, a uma altitude de 440 metros acima do nível do mar, seguido por Passo Lagoão, localizado ao norte da bacia, em uma altitude de 250 metros acima do nível do mar. O posto que apresentou menor número de dias com ocorrência de chuvisco foi o Esquina Gaúcha, localizado a oeste da bacia, com altitude de 400 metros acima do nível do mar. A média geral de dias com a ocorrência de Chuvisco nos postos onde o registro de precipitação fora analisado é de 5.623,6 dias.

Ressalta-se que, dentro da classe de precipitação Chuvisco, também contam os dias em que não houveram ocorrência de precipitação pluviométrica, o que torna difícil a identificação de um padrão dentro desta classe.

A segunda classe de precipitação é a Chuva fraca. Nela constam os dados de precipitação pluviométrica registrados entre 01 mm e 10 mm de chuva. A Figura 4 apresenta o gráfico desta classe.

Figura 4 – Gráfico do total de dias com ocorrência de Chuva fraca, conforme classificação de Moreira (2002).

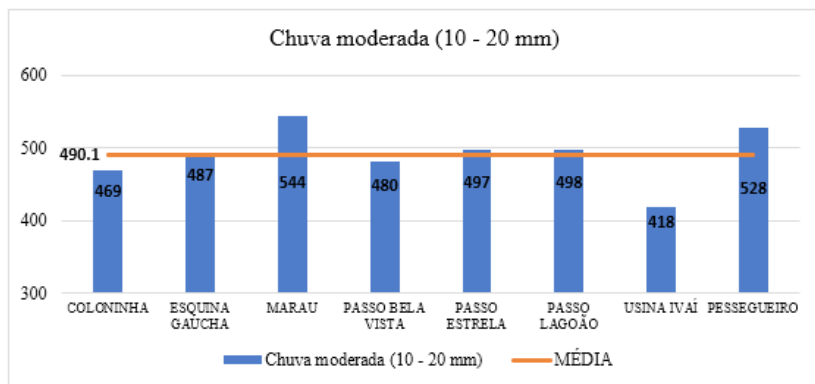


O gráfico apresentado na Figura 4 mostra o posto Esquina Gaúcha como o que apresentou maior dias com ocorrência de Chuva fraca dentro da área da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, com 1049 dias, seguido pelo posto Passo Bela Vista, com 997 dias de registro de Chuva fraca. Ambos estes postos estão em altitude superior a 400 metros acima do nível do mar (Esquina Gaúcha 400 metros acima do nível do mar e Passo Bela Vista 408 metros acima do nível do mar). A média geral de dias com ocorrência de Chuva fraca nos postos analisados é de 843,6 dias.

Já os dois postos com os menores valores de dias de registro desta classe de precipitação foram Coloninha e Marau, com 612 e 696 dias de ocorrência de Chuva fraca. O posto Coloninha encontra-se a 440 metros de altitude acima do nível do mar e Marau a 512 metros acima do nível do mar. Assim, pode-se confirmar que o efeito orográfico parece não ocorrer dentro dessa classe de precipitação.

O gráfico apresentado na Figura 5 apresenta a terceira classe de precipitação proposta por Moreira (2002). São classificados como Chuva moderada os dados com registro de precipitação pluviométrica entre 10 e 20 mm.

Figura 5 – Gráfico do total de dias com ocorrência de Chuva moderada, conforme classificação de Moreira (2002).

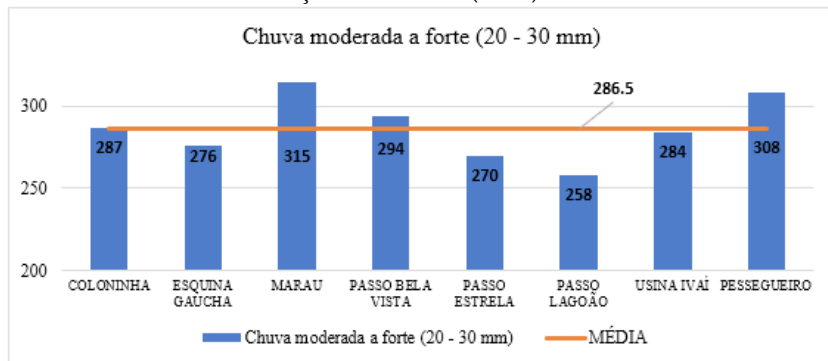


Na Figura 5 é possível observar dois postos que se destacam acima da média geral na classe de Chuva moderada (490,1 dias), sendo eles Marau e Pessegueiro. Ambos os postos se encontram localizados ao norte da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, e com altitude acima dos 500 metros acima do nível do mar, sendo 512 metros para Marau e 540 metros para Pessegueiro. De forma inversa, ocorre com o posto que apresenta menor número de dias com registro de Chuva moderada, sendo ele Usina Ivaí, localizado ao sul da bacia, a cerca de 290 metros de altitude acima do nível do mar.

Pode-se observar que, nesta classe, o relevo apresenta-se como um possível fator condicionante a quantidade de precipitação registrada durante o período de análise.

A quarta classe de precipitação proposta com Moreira (2002) é a de Chuva moderada a forte, onde enquadram-se os dados registrados com valores entre 20 e 30 mm de precipitação. A Figura 6 apresenta o gráfico que representa esta classificação.

Figura 6 – Gráfico do total de dias com ocorrência de Chuva moderada a forte, conforme classificação de Moreira (2002).

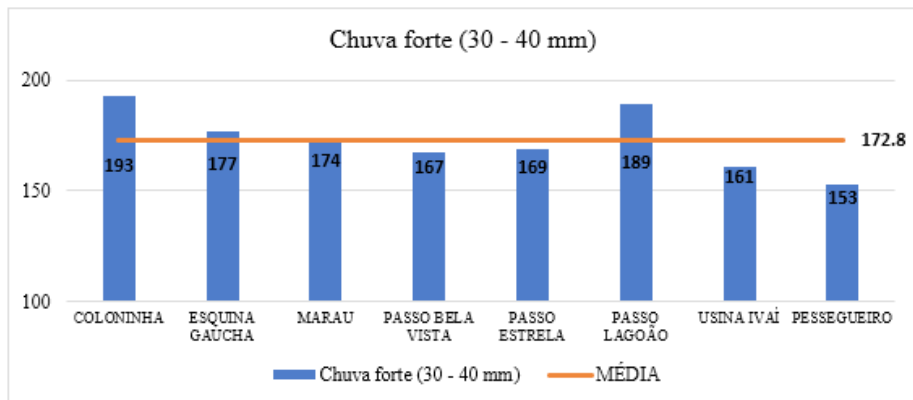


Da mesma forma como ocorre o registro de precipitação da classe anterior, os postos Marau e Pessegueiro também se apresentam com os maiores registros de Chuva moderada a forte. A média geral de ocorrência de Chuva moderada a forte nos postos analisados é de 286,5 dias. O posto que apresenta menor número de dias de registro de precipitação nesta classe é o Passo Lagoão, com 258 dias. Este posto localiza-se a região central da bacia, com altitude de 250 metros acima do nível do mar.

Nesta classe, também é possível notar o relevo como um possível fator condicionante à diferença no registro de precipitação pluviométrica.

A Figura 7 apresenta a quinta classe de precipitação, a Chuva forte, a qual, conforme Moreira (2002), classifica-se os registros pluviométricos entre 30 e 40 mm.

Figura 7 – Gráfico do total de dias com ocorrência de Chuva forte, conforme classificação de Moreira (2002).

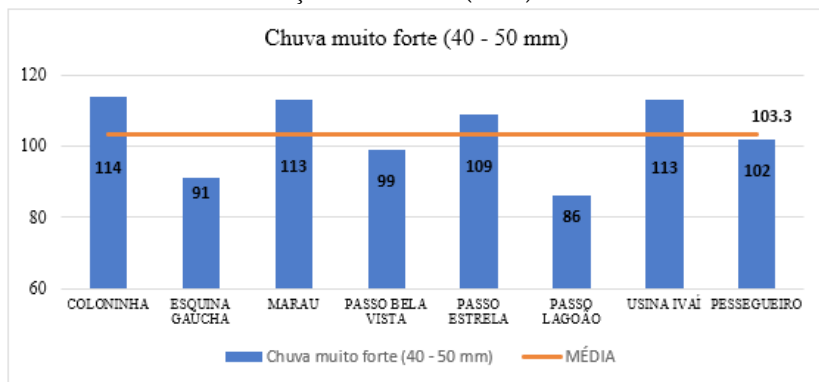


Ao contrário ao apresentado nas duas classes anteriores, na classificação da Chuva forte, os postos com maior registro de dias com precipitação entre 30 e 40 mm, Coloninha e Passo Lagoão, encontram-se em altitudes inferiores ao posto com o menor registro, Pessegueiro.

Coloninha é o posto localizado mais ao sul na área da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, enquanto Passo Lagoão localiza-se na área central e Pessegueiro, ao norte da bacia. A diferença de altitude entre Coloninha e Pessegueiro é de 201 metros.

A sexta classe proposta por Moreira (2002) é a que compreende os registros pluviométricos entre 40 e 50 mm de precipitação, e esta representada da Figura 8.

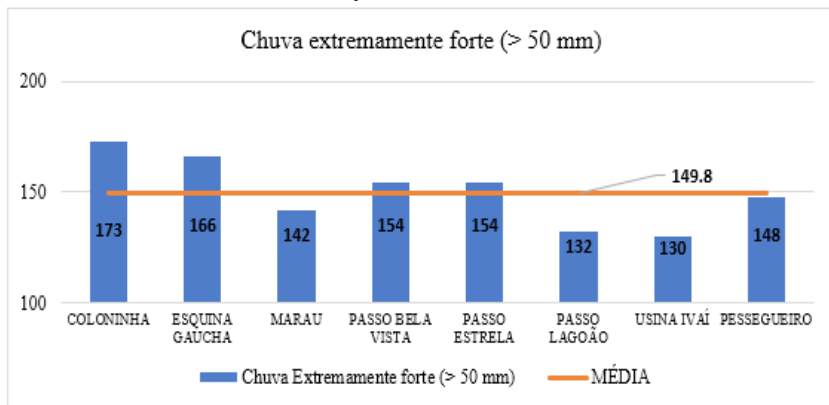
Figura 8 – Gráfico do total de dias com ocorrência de Chuva muito forte, conforme classificação de Moreira (2002).



Observa-se no gráfico exposto que os registros da classe de Chuva muito forte são bem homogêneos nos postos com maior número de dias nesta classificação. Coloninha, Marau e Usina Ivaí registraram respectivamente 114, 113 e 113 dias de chuva muito forte durante o período de análise de dados pluviométricos, enquanto os dois postos com menor registro são Passo Lagoão e Esquina Gaúcha, com 86 e 91 dias, respectivamente. A média geral para ocorrência de Chuva muito forte nos oito postos analisados é 103,3 dias.

A Figura 9 apresenta a última classe de precipitação pluviométrica proposta por Moreira (2002). Estão classificadas como Chuvas extremamente fortes todos os registros pluviométricos acima de 50 mm.

Figura 9 – Gráfico do total de dias com ocorrência de Chuva extremamente forte, conforme classificação de Moreira (2002).



O gráfico representativo a classificação da Chuva extremamente forte mostra Coloninha e Esquina Gaúcha enquanto os postos com maior registro de precipitações acima de 50mm, enquanto Passo do Lagoão e Usina Ivaí são os que menor apresentaram chuvas extremamente fortes.

No posto Coloninha, os anos mais representativos nesta classe foram os anos de 1983 e 1989, onde foram registrados 13 episódios de chuva extremamente forte. No posto Esquina Gaúcha os anos de 1983, 1988 e 1997 destacam-se quanto a ocorrência de chuvas extremamente fortes, tendo registros de 14,13 e 13 dias nos respectivos anos.

Quanto a classificação realizada com os dados pluviométricos, cabe ressaltar que a classe Chuvisco é bastante ampla, visto que conta com todos os registros de 0 a 01 mm de precipitação pluviométrica, ou seja, esta classe também abrange os dias sem nenhum tipo de registro de chuva. Dessa forma, períodos de estiagem encaixam-se nesta classificação, criando uma controvérsia quando aos dias de precipitação real registrados durante o período.

Percebe-se também a provável ocorrência do efeito

orográfico na região da bacia hidrográfica do Alto Jacuí nos registros das classes de Chuva moderada e Chuva moderada a forte, onde postos localizados em menor cota altimétrica apresentaram menor número de registro de precipitação do que os postos localizados em maiores altitudes, fato que não se confirma em todas as classes.

## 5. Conclusões

Com a realização desta pesquisa foi possível perceber que a metodologia de classificação da intensidade da precipitação pluviométrica criada por Moreira (2002) é facilmente aplicável, porém, apresenta falhas em duas classes.

A primeira classe, classifica como Chuvisco os episódios de precipitação pluviométrica registrados com valores de 00mm a 01 mm. Esta classe acaba por abranger em sua classificação períodos secos, sem a ocorrência de precipitação o que pode vir a levar a análises errôneas, visto que os episódios com ausência de chuvas não deveriam ser classificados desta forma. Também a classe final, que categoriza todos os registros pluviométricos maiores a 50mm, acaba abrangendo valores muito superiores a este, como por exemplo, episódios de precipitação pluviométrica onde foram registrados valores maiores do que 150mm.

Sendo assim, seria interessante a criação de mais duas classes para análise e classificação da precipitação pluviométrica: uma primeira, que excluiria os episódios secos (0mm) da classificação de Chuvisco, sendo esta então classificada a partir de 0,1mm a 01mm, dando maior exatidão aos resultados; e uma última classe, além da Chuva extremamente forte, que compreendesse valores de precipitação pluviométrica com registros maiores que 100mm. Dessa forma, a quantificação de episódios de precipitação pluviométrica demasiadamente extremos tornar-se-ia mais



exata.

Os resultados obtidos com esta análise foram expostos de uma forma geral, visto que foi necessário trabalhar com a soma total dos dados de cada classe devido ao grande número de dados de precipitação analisados e classificados. Seria considerável analisar estes dados em períodos de tempo menores (análise mensal, sazonal e anual para cada posto de coleta de dados) podendo dar maior atenção a episódios individuais, principalmente no que tange a classe de Chuvas extremamente forte.

Ainda, utilizando-se da classificação de Moreira (2002) na análise dos dados, não foi possível observar de forma objetiva a influência dos eventos El Niño e La Niña nos valores de precipitação registrados nos postos analisados.

Dessa forma, espera-se que este trabalho sirva de início para a construção de novas pesquisas, que possam colaborar com as análises pluviométricas em bacias hidrográficas, com o melhor planejamento dos recursos hídricos e maior conhecimento da dinâmica pluviométrica, visando o desenvolvimento da região e melhor utilização do seu potencial energético e hídrico.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-0.

## 6. *Lista de siglas*

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS

CEEE-GT - COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA  
ELÉTRICA GERAÇÃO E TRANSMISSÃO

ENOS - EL NIÑO-OSCILAÇÃO SUL

FEPAGRO -FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA  
AGROPECUÁRIA

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E  
ESTATÍSTICA

RS - RIO GRANDE DO SUL

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE

## Bibliografia

AYOADE, J. O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A; HOPPE, I. L Distribuição da precipitação pluviométrica no período veranil e invernal de 2013/2014 na área urbana de Santa Maria/RS e seu entorno. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, n. 4, p 577-593, set-dez. 2015.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In.: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BERLATO, M. A. et. al. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, 1997

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. de. *Climatologia Aplicada: Resgate aos estudos de caso*. 1. Ed. Curitiba: Editora CRV, 2012. V. 1. 192 p.

KÖPPEN, W. *Climatología*. México – Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. 2ed. 1931.

MOREIRA, J. L. B. Estudo da distribuição espacial das chuvas em Belo Horizonte e seu entorno. 2002. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 2002.

NOAA/NCEP. Climate Diagnostics Bulletin. Maryland, 1995-1995.

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimentos científicos. Terra Livre, São Paulo, ao 19, vol. I, n. 20. P. 27-49, jan/jul. 2003.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA/RS). Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. 2009. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 24 fev. 2018.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: UFPE, 2005.

ZIANI, P.; MEIER, M. A.; FOLETO, E. M. Análise do contexto dos instrumentos de gerenciamento da bacia hidrográfica do Alto Jacuí/RS. Caminhos da Geografia (UFU. Online), v. 18, p. 11 - 20, 2018.

# INFLUÊNCIA DE FATORES CLIMATOLÓGICOS NA INFECÇÃO DA SOJA POR FERRUGEM ASIÁTICA

Ademir de Cássio Machado Peransoni

Waterloo Pereira Filho

Cristiano Niederaurer da Rosa

Gisieli Kramer

Patricia Michele Pereira Trindade

## 1. INTRODUÇÃO

Os primeiros registros do plantio da soja no Brasil ocorreram em 1914 no município de Santa Rosa localizado no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, foi a partir de 1940 que a soja passou a ter importância econômica, culminando assim no primeiro registro estatístico no Anuário Agrícola Nacional em 1941. Posteriormente, em 1960, esse cultivo firmou-se definitivamente como uma das culturas de relevante importância econômica para o país (EMBRAPA, 2005). Nos anos seguintes, a agricultura brasileira sofreu um processo de modernização dos meios e dos mecanismos de produção da soja fazendo com que a cultura sofresse uma reestruturação ao longo da sua cadeia (SILVA, LIMA E BATISTA, 2011).

De acordo com Roessing, Sanches e Michellon (2005), a criação de novas tecnologias permitiu ao Brasil um aumento significativo na sua produção de soja o que levou o país a se destacar entre os maiores produtores de soja do mundo. Nesse contexto, Cardoso et al., (2017) argumenta que o potencial para expansão de áreas de plantio, o crescente monitoramento e uso de tecnologias e o aumento da produtividade foram alguns dos fatores

que levaram este grão a tornar-se o mais relevante produto agrícola na pauta das exportações brasileiras, proporcionando ao país receitas anuais na casa de bilhões de dólares a partir do ano 2000.

Os Estados Unidos e o Brasil são os maiores produtores de soja, sendo que essa cultura aumentou significativamente a participação da cadeia agroindustrial tornando-se um produto de extrema importância na promoção do crescimento, renda, emprego e de divisas nas exportações brasileiras (SILVA, LIMA E BATISTA, 2011). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento Conab (2018) entre o período de 1998 a 2009, as áreas de plantio de soja no país cresceram de 8,75 milhões de ha para 12,99 milhões de ha e no ano de 2018 atingiu 21,74 milhões de ha com perspectivas de um incremento substancial nas áreas a serem plantadas para os próximos anos.

Embora as perspectivas com relação à cultura da soja sejam animadoras, esse cultivo enfrenta grandes desafios ao longo de todo o processo de plantio e produção. Até o momento, foram relatadas 47 doenças que afetam a cultura da soja e a mais expressiva é a ferrugem asiática causada pelo fungo *phakopsora pachyrhizi* (JULIATTI et al., 2005). Este patógeno tem causado prejuízos anuais que giram em torno de bilhões de dólares, segundo Yorinori et al., 2005, a rápida expansão e o grande potencial de perdas fazem da ferrugem asiática uma das doenças que afetam a cultura da soja com maior relevância. O agente causador da doença foi identificado inicialmente no Japão em 1903, sendo detectado no Brasil pela primeira vez no estado do Paraná, na safra 2000/2001. Desde seu aparecimento em 2001, atingiu uma área superior a 20 milhões de hectares do território nacional. Neste sentido, a disseminação ocorreu de maneira intensa devido à sua alta capacidade de dispersão pelo ar, causando rápida expansão, virulência e perdas (CAMARGOS, 2017).

Na safra 2005/2006, essa doença determinou prejuízos na ordem US\$ 8 bilhões aproximadamente, consolidando-se como principal entrave

na cultura e desenvolvimento de lavouras de soja. Na safra seguinte 2006/2007, entorno de 2,6 milhões de toneladas de soja foram perdidas devido a ação da ferrugem asiática nas lavouras de soja do país, cerca de 4,5% do total produzido no Brasil (EMBRAPA, 2010). Essa doença pode causar queda prematura de folhas pela senescência precoce levando a danos na formação das vagens e enchimento de grãos. Diversos países relatam perdas consideráveis em suas produções ocorridas desde as primeiras aparições do fungo na Tailândia (40%), China (50%), Taiwan (90%), Índia (90%) e Austrália (90%). Os últimos casos, supracitados, registraram uma infecção extremamente severa causada pelo fungo na fase vegetativa e posteriormente na fase de floração levando ao aborto das flores seguido de uma queda total (TSUKAHARA et al., 2008; Embrapa, 2008; CAMARGOS, 2017).

Conforme Debona et al. (2008) e Camargos (2017), os fatores facilitadores ao progresso do patógeno estão vinculados ao efeito do clima sobre a doença, como o tempo de molhamento foliar, temperatura e radiação. A alta virulência e agressividade da ferrugem asiática estão fortemente ligadas à velocidade de dispersão e as condições climáticas favoráveis encontradas na maioria das regiões brasileiras.

Nessa perspectiva, a intensidade da doença está diretamente relacionada à frequência de chuvas durante o ciclo da cultura da soja. Assim, as temperaturas elevadas associadas a altos índices de umidade/pluviosidade promovem a infecção, reprodução e disseminação do fungo. Em face disso, esta investigação teve por objetivo elaborar uma análise dos índices de temperatura e pluviosidade a fim de constatar a influência destes fatores no processo de infecção e reprodução do fungo *Phakopsora pachyrhizi*.

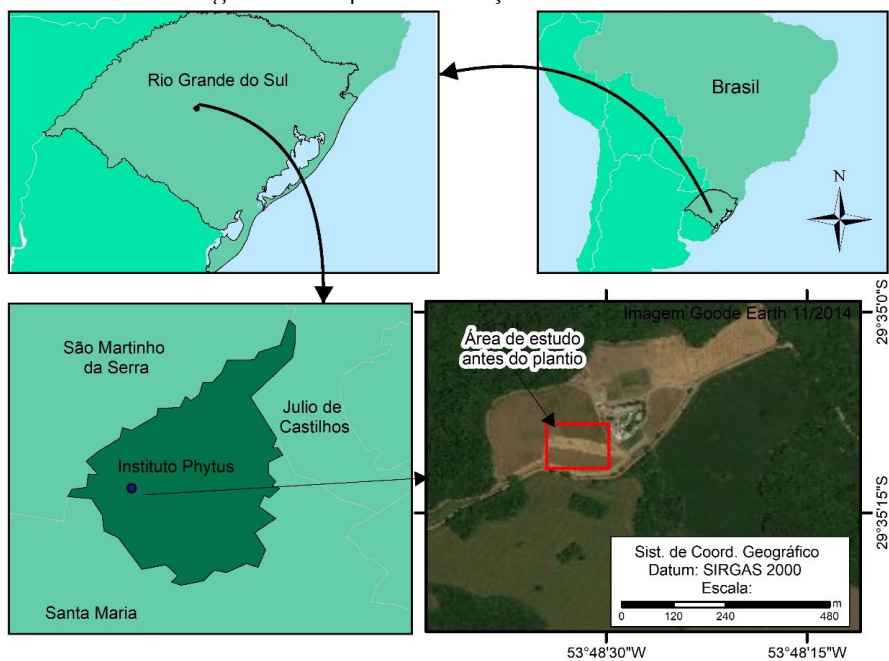
## 2. METODOLOGIA

As coletas de dados foram realizadas em uma área localizada no município de Itaara, Latitude: 29° 36' 31" Sul e Longitude: 53° 45' 55" Oeste, região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). Esse município possui em seu território o bioma da Mata Atlântica e hidrografia formada pelas bacias hidrográficas dos rios Vacacaí Mirim e Ibicuí Mirim (IBGE, 2010).

O município está situado no Rebordo da Serra Geral e possui um clima subtropical úmido de acordo com a classificação de Koppen, apresentando um verão quente e úmido. As precipitações mais intensas ocorrem nos meses de outubro a fevereiro com um decréscimo em março. O índice pluviométrico anual é em torno de 1723 mm com temperaturas que variam entre -3 a 10 C° nos meses frios e 22 a 28 C° nos períodos mais quentes. O município apresenta relevo com vales íngremes devido ao entalhamento fluvial típico da escarpa, morros do rebordo e áreas planas do planalto (DIETRICH, 2011).



Figura 1 - Mapa de localização da Área de Estudo.



As áreas de amostragem foram cedidas pelo Instituto Phytus parceiro do laboratório de Geotecnologias, Labgeotec – (INPE/UFSM). A metodologia adotada vinculou-se a coleta de dados a campo por meio da verificação diária das estações meteorológicas (Pro-BASF) presentes na área de estudo, considerando os quatro primeiros meses a partir do plantio (07/11/17) até após pronunciamento da infecção fúngica nos tecidos foliares da soja constatados visivelmente em 23/01/18.

Os equipamentos utilizados para obter os dados meteorológicos foram: pluviógrafo que registrou a quantidade de precipitação pluvial (chuva) em milímetros (mm); termômetros de máxima e mínima que indicaram as temperaturas máxima e mínima do ar (°C) ocorridas no dia; um higrógrafo que registrou a umidade do ar em valores relativos expressos em porcentagem (%) e um sensor que registra o tempo de molhamento foliar (horas). Este sensor é capaz de calcular a duração de

umidade nas folhas por meio da detecção instantânea de orvalho em sua superfície.

Esses recursos estavam reunidos em um mesmo local (estação) de onde se extraíram os dados da pesquisa. Nas áreas experimentais foi instalado um coletor de esporos do tipo SIGA 2000 para o monitoramento de uredósporos de *P. pachyrhizi* com a finalidade de comprovar a presença e intensidade dos esporos do fungo causador da Ferrugem Asiática no período considerado das amostragens. O registro da doença firmou-se pela ocorrência verdadeira (confirmada pela visualização *in loco*, verificado ao dorso da folha pela utilização de uma lupa manual) correspondente ao dia 23 de janeiro de 2018. A partir desse apontamento foi assumido a presença do inóculo em condições meteorológicas favoráveis ao crescimento da doença.

### 3. 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variação térmica e o molhamento foliar são fatores influenciadores na ocorrência de doenças fúngicas em geral, visto que a presença ou ausência da água na superfície foliar influencia na possibilidade de adesão/germinação dos esporos e conseqüentemente a ocorrência da infecção. Trabalhos anteriores como os de Marchetti, Melching e Bromfield (1976); Melching *et al.*, (1989); Alves, Furtado e Bergamin (2006); Del ponte *et al.*, 2006) e Dufault (2010) apontam para uma estreita relação entre a duração do período de molhamento e efeito da temperatura na infecção por uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*, fungo causador da ferrugem asiática.

O presente estudo destaca que os dados meteorológicos obtidos a campo apontam para condições predisponentes que permitem a disseminação do esporo, bem como a influência das variáveis climáticas

no processo de infecção, constatadas a partir de observação e análise das mesmas. A figura 2 referente ao mês de novembro demonstra 24,2 mm de precipitação que antecede a data de plantio aos 07 de novembro de 2017, promovendo deste modo, a condição ideal para essa atividade. A variação térmica ficou entre 12,8 °C e 27,4 °C e não apresentou variações bruscas ao longo de quase todo o mês, durante esse período, as temperaturas médias mínimas de 14,1°C e médias máximas de 25,8°C e umidade relativa (UR) média de 63,4% com picos nos intervalos de precipitação. O acumulado de chuvas no mês considerado foi de 73,8 mm e os primeiros esporos do *P. pachyrhizi* foram identificados dez dias após o plantio (Figura 3), nesse cenário, as condições climáticas do mês foram facilitadoras para o crescimento do agente contaminante (esporos).

Figura 2 - Variações da temperatura, umidade relativa e precipitação em Novembro/2017

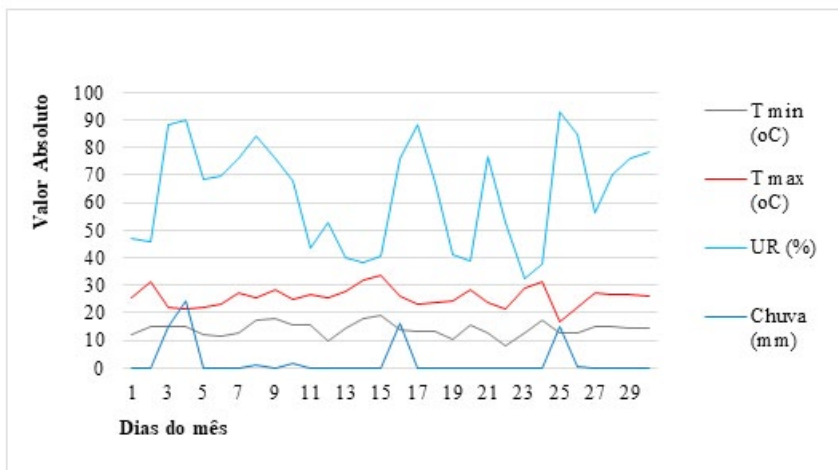
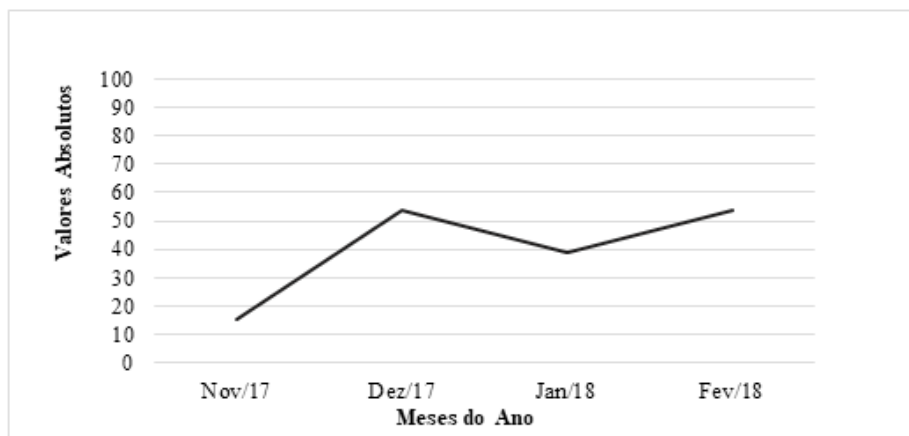


Figura 3 - Curva de esporos no período de Nov. 2017 a Fev.2018

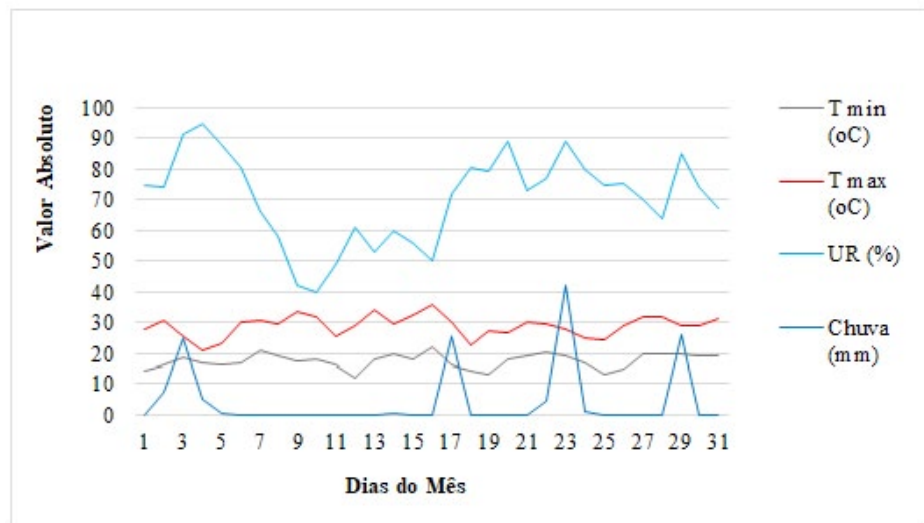


Nesse contexto, Tsukahara; Hikishima e Canteri (2008) conduziram ensaios na safra 2005/2006, no Paraná, regiões de Castro e Arapoti. O estudo considerou três períodos: semeadura até primeiros sintomas da doença, do início da infecção até severidade de 20% e de 20% até máxima severidade. Conforme os autores, os sintomas da contaminação das estruturas foliares pelo fungo apareceram 78 dias após o plantio em Castro e em 82 dias em Arapoti. O maior período de molhamento foliar foi observado em Castro (18 horas). Arapoti apresentou a maior taxa aparente de infecção no segundo período da epidemia, maior do que observado em Castro. No decorrer do plantio/safra observou-se um elevado número de dias de chuva e valores de precipitação em Arapoti, no período final, esta localidade obteve uma severidade de 99,9% da doença e em Castro 96%. Os autores acentuam que foi observada uma estreita relação entre os períodos de molhamento, dados de precipitação e o progresso da epidemia. As condições ambientais foram mais favoráveis à doença em Arapoti e menos favoráveis para Castro.

A figura 4 ilustra os dados obtidos no mês de dezembro de 2017 e demonstra uma condição favorável a adesão do esporo as estruturas

foliares da planta. Nesse período ocorreu uma elevação consistente dos índices de pluviosidade, acumulando no mês 137mm. Os dados de temperatura e (UR) tiveram um relevante aumento no período, à umidade relativa alcançou 73% de média diária com elevação dos valores nos períodos que antecederam e sucederam os dias de precipitação. A variação térmica apresentou média entre 18,4 e 30 °C, estas condições climáticas permitiram um aumento intenso de esporos que atingiram valores cinco vezes maior que o levantado no mês anterior (Figura 3). Essa condição de clima/esporo é um relevante indicativo da eminente infecção que se manifestará nas plantações, possibilidade está extremamente acentuada pelas condições ambientais totalmente favoráveis.

Figura 4 - Variações da temperatura, umidade relativa e precipitação em Dezembro/2017



De modo semelhante, Nicolini et al. (2010) demonstra em suas investigações que as temperaturas compreendidas entre 5° e 30° C, tem 21° C como melhor faixa de crescimento em condições de campo. Em diferente situação, Carlini et al. (2009) com seus experimentos

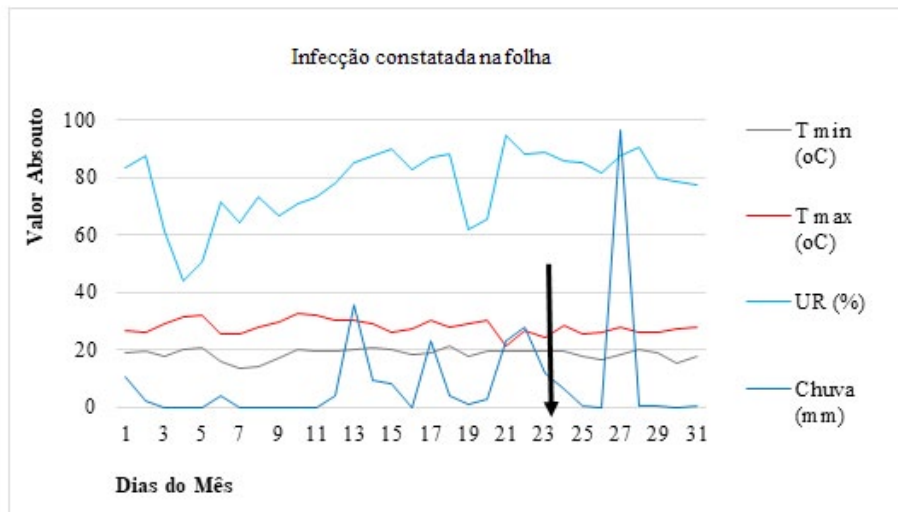
desenvolvidos *in vitro*, obteve as melhores condições de germinação dos uredosporos (96.5%) em placas de Petri a temperaturas controladas em torno de 23° C, o substrato utilizado no experimento continha extrato de folha de soja/ágar. Conforme Galloti et al., (2006); Godoy et al., (2009) a severidade da ferrugem asiática da soja está relativamente vinculada a frequência de chuvas ao longo do ciclo da cultura.

A figura 5 apresenta as variações climáticas ocorridas no mês de janeiro, período em que foi revelado pelas estruturas foliares da soja a presença do fungo (23/01/2018). Este quadro de infecção consiste em pequeníssimos pontos (em média 1mm de diâmetro) geralmente mais escuros do que o tecido sadio da folha, nesse ponto escuro se pode observar uma pequena protuberância parecida com a uma ferida (bolha) que constitui o princípio de formação da frutificação do fungo. As condições climáticas que possibilitaram a emergência da doença na área de estudo tiveram elevação dos índices de pluviosidade, no mês acumulou-se 269 mm, a temperatura e umidade relativa registraram um aumento no período, a (UR) alcançou 80% de média diária com uma pequena queda apenas nos primeiros dias do mês. A variação térmica apresentada ficou entre 19,1 e 28,8 °C com aumento da temperatura mínima. O número de esporos sofreu uma leve queda (Figura 3), provavelmente pelo elevado período de molhamento (enxague da folha) o que dificulta a adesão nas estruturas foliares.

Os índices explícitos no gráfico do mês de janeiro (figura 5) comprovam que, a elevação geral dos dados climáticos associados a um maior período de molhamento (4 a 10 horas) somados ao número de esporos, condições estas verificáveis desde o mês de dezembro, são as variáveis preditoras para o desenvolvimento do inóculo. A presente pesquisa apontou que o parasita foi capaz de germinar nas estruturas foliares entre as temperaturas de 18,9° e 24,3°C, com as melhores faixas

de crescimento entre 14° a 25°C e com taxas de máximas de infecção entre 4 a 6h de molhamento.

Figura 5 - Variações da temperatura, umidade relativa e precipitação em Janeiro/2018



Com relação a este fator, Alves, Furtado e Bergamin (2006) elaboraram uma investigação a fim de analisar a influências das condições climáticas brasileiras no desenvolvimento da doença. O experimento foi conduzido com *P. pachyrhizi* isolado, capturado no Brasil. Os autores quantificaram o efeito da temperatura e da duração do período de molhamento na germinação do fungo. O estudo aponta que a faixa de ótima germinação do fungo é de 15°C a 25°C, resultado semelhante obtidos nas primeiras pesquisas desenvolvidas no passado por Marchetti (1976) e aos levantados por esta investigação.

As variações climáticas ocorridas no mês de fevereiro (Figura 6), após a formação da frutificação do fungo na folha apresenta índices climáticos que permitem a perpetuação da doença e possibilitaram a disseminação na área de estudo. Kawuki, Adipala e Tukamuhabwa (2003)

realizaram pesquisas no país de Uganda onde constataram que as menores perdas de produção ocorreram em regiões com temperaturas médias mais baixas (12,9°C) e as maiores em regiões de temperaturas mais elevadas.

Na área estudo as variáveis climáticas apresentaram índices de pluviosidade em queda no mês e acumulam 129,2 mm, a temperatura e (UR) acompanham essa tendência no período considerado, à (UR) ficou em 71,7% de média diária. A variação térmica aponta valores inferiores ao do mês anterior ficando entre 16,1 e 26,1 °C com quedas entre as máximas e mínimas. O número de esporos retoma o crescimento (Figura 3) provavelmente pelo menor tempo de molhamento contínuo acompanhado pelas desfolhas possibilitando assim a reinfecção de novas estruturas foliares.

Figura 6 - Variações da temperatura, umidade relativa e precipitação em Fevereiro/2018.



A associação entre variáveis climáticas e severidade da ferrugem asiática na soja foram estudadas em diferentes regiões do Brasil por



Del Ponte et al. (2006). Os pesquisadores constataram que os graus de severidade da doença foram significativamente diferentes para cada região do estudo e observaram que a severidade final da doença apresenta forte correlação com os índices de precipitação. Para Dufault et al. (2010) a precipitação contínua acentuada nas lavouras de soja podem causar também efeitos prejudiciais sobre a ocorrência da doença, o autor constatou em algumas leituras de campo que a intensidades entre 45 e 85 mm removeu de 38 a 91% dos esporos depositados nas folhas.

Em face do exposto, cabe ressaltar a importância do acompanhamento e registro das condições meteorológicas que ocorrem ao longo do período de plantio, estas podem, por meio da expressão dos dados climáticos, fornecer subsídios para se gerar recursos que visem auxiliar no controle, manutenção e combate da ferrugem asiática em lavouras de soja.

## 4. CONCLUSÃO

A análise geral dos dados meteorológicos nos permitiu observar que houve relação entre os dados de precipitação, temperatura, UR e o aparecimento dos primeiros sintomas da ferrugem asiática. Por meio dos índices climáticos obtidos a campo podemos inferir que a condição ambiental apresentada é um importante agente facilitador ao aparecimento e o progresso da epidemia do fungo na soja. Destaca-se que os resultados demonstram coerência com dados da literatura para um grande número de casos, especialmente relacionados à temperatura e pluviosidade abaixo ou acima dos limiares favoráveis à infecção.

Os dados climáticos trazidos a pauta apontam que essas variações levam a situações particulares para cada região, com isso concluiu-se que as condições ambientais foram favoráveis e específicas para o estabelecimento

da doença na área de estudo, estas permitiram o desenvolvimento da ferrugem da soja em que apresentaram valores médios entre 14C° e 25° C°, porém, a ação mais intensa ocorreu entre 18,9 e 24,3C°, com tempo de molhamento das superfícies foliares entre 4 a 6 horas.

É importante salientar que o estudo possui limitações porque os dados meteorológicos podem não representar as situações microclimáticas de lavouras em outras localidades. Mesmo assim, esta pesquisa representa uma contribuição na utilização de dados para explorar fatores meteorológicos que influenciam as epidemias de doenças em plantas.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto de Pesquisa Phytus, localizado no município de Itaara-RS, parceiro do LabGeotec/Inpe-SM e do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Bibliografia

ALVES, S.A.M.; FURTADO, G.Q.; BERGAMIN FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). Ferrugem asiática da soja. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 2006. p.37-59.

CARDOSO, F. D. P., ALMEIDA, M. C., DE OLIVEIRA RIBEIRO, R., VIANA, S. F. R., MARQUES, E. E., & BARBOSA, L. (2017). Expansão Recente da Fronteira Agrícola e o Consumo de Produtos Agroquímicos: Indicadores e Possíveis Impactos na Saúde do Trabalhador do Campo em Porto Nacional-Tocantins. Revista de Administração e Negócios da Amazônia, 9(3), 37-59.

CARLINI, R. C., M. M. MULITERNO, F. R. GARCÉS, E E. M. REIS. Efeito da concentração de folhas de soja em substratos para a germinação e crescimento do tubo germinativo de *Phakopsora pachyrhizi*. Tropical Plant Pathology 34 (Suplemento): S117 (Resumo), 2009.

CAMARGOS, R. Ferrugem Asiática da Soja: Informativo técnico Nortox, 3 Ed. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.nortox.com.br/wpcontent/uploads/2018/03/informativo-artigo-03-Rafael.pdf>>. Acesso em: 22/04/2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra 2017/18. 2018. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 12 jun. 2018.

DEBONA, D.; NAVARINI, L.; FAVERA, D.D.; BALARDIN, R.S. Efeito de níveis de cálcio e sombreamento em plantas de soja sobre a infecção por *Phakopsora pachyrhizi*. Tropical Plant Pathology, v. 33, 5, 388-389, 2008.

DEL PONTE, E.M.; GODOY, C.V.; CANTERI, M.G.; REIS, E.M.; YANG, X.B. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p. 533-544, 2006.

DUFAULT, N.S.; ISARD, S.A.; MAROIS, J.J.; WRIGHT, D.L. Removal of wet deposited *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by subsequent rainfall. Plant Disease, St. Paul, v. 94, n. 11, p. 1336-1340, 2010.

DIETRICH, S.S. Rotas Turísticas Para o Município de Itaara – RS: Uma Leitura Geográfica da Paisagem e do Lugar. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. UFSM, 2011, Santa Maria, RS, Brasil.

EMBRAPA, Tecnologias de produção de Soja: região central do Brasil – Perspectivas 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2010.

\_\_\_\_\_, Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil, 2005. Londrina, Embrapa soja; Embrapa cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste; Fundação Meridional, 2004, 239 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção).

GALLOTI, G. J. M., A. A. BALBINOT JR., E R. L. BACKES. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja.

Ciências Agroveterinárias 4(2): 87:93. 2006.

GODOY, C.V.; FLAUSINO, A.M.; SANTOS, L.C.M.; DEL PONTE, E.M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina - PR. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v. 34, n. 1, p. 56-61, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades. 2015. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=431053#>> Acesso em: 10 mar. 2018.

ISARD, S. A., N. S. DUFAULT, M. R. MILES, G. L. HARTMAN, J. M. RUSSO, E. D. DE WOLF, AND W. MOREL. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. *Plant Disease* 90: 941-945, 2006.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; BALARDIN, R. S.; VALE, F. X. R. Ferrugem da soja: epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, Passo Fundo, v.13, p.351-395, 2005.

KAWUKI, R. S., E. ADIPALA, AND P. TUKAMUHABWA. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.). in Uganda, *Journal of Phytopathology* 151: 7-12, 2003.

MARCHETTI, M. A., J. S. MELCHING, AND K. R. BROMFIELD. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology* 66: 461-463, 1976.

MELCHING, J. S., W. M. DOWLER, D. L. KOOGLE and M. H. ROYER. 1989. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. *Plant Disease* 73:117-122.

NICOLINI, F., E. M. REIS, S. M. ZOLDAN, A. L. D. DANELLI, M. ZANATTA, A. AVOZANI, R. B. TONIN, E F. R. GARCÉS. Efeito de temperaturas na germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology* 35 (Suplemento): S143 (Resumo), 2010a.

PHAM, T. A., M. R. MILES, R. D. FREDERICK, C. B. HIL, L AND G. L. HARTMAN. Differential response of resistant soybean genotypes to ten isolates of *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Disease* 93:224-228, 2009.

SILVA, A.C.; LIMA, E.P.C.; BATISTA, H.R. A Importância da Soja Para o Agronegócio Brasileiro: Uma Análise Sob o Enfoque da Produção, Emprego e Exportação. Santa Catarina. 2011. Disponível em: <[http://www.apec.unesc.net/V\\_EEC/sesoes\\_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%20O%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf](http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sesoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%20O%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf)> Acesso em: 21/04/2018.

ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; As Perspectivas de Expansão da Soja. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Saber em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. Ferrugem da Soja: *Phakopsora pachyrhizi*. Londrina: Embrapa Soja, 2005.

TSUKAHARA, R. Y., M. HIKISHIMA, AND M. G. CANTERI. 2008. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias* 29(1):47-52.

# A DENGUE NA BACIA HIDROGRAFICA DO ALTO JACUÍ/RS

Bianca Marques Maio  
Iago Turba Costa  
Cássio Arthur Wollmann

## 1. *Introdução*

A dengue é uma doença de etiologia viral transmitida aos homens por mosquitos vetores, por isso é classificada como uma arbovirose, que significa virose transmitida por artrópodes. Segundo Catão (2012, p. 31), dentre todas as arboviroses conhecidas, a dengue é considerada a única completamente adaptada aos seres humanos e que mantém a circulação dos vírus em áreas urbanas, especialmente as grandes cidades de países tropicais e subtropicais.

O *Aedes aegypti*, mosquito que transmite o vírus da dengue, tem se caracterizado como um inseto de comportamento estritamente urbano sendo raro encontrar amostras de seus ovos ou larvas em reservatórios de água nas matas e zonas rurais

Segundo Adler e Tanner (2015), a dinâmica dessa doença é movida pela modificação urbana tanto do clima como dos habitats.

Assim, o clima influencia o ciclo vital dos insetos vetores do agente infeccioso, mas para que uma doença possa ser registrada, outros aspectos entram em interação, tais como: fatores sociodemográficos (migrações, densidade populacional e condições de salubridade nas quais as pessoas vivem e trabalham), fatores econômicos (circulação de mercadorias e

peças), fatores relacionados às condições e políticas públicas de saúde (estado imunológico da população, efetividade dos sistemas locais de saúde e dos programas específicos de controle de doenças, etc.) e a história da doença no lugar (Mendonça, 2005, p.102).

Devido aos surtos epidêmicos de dengue na última década, tanto no Brasil como em outros países, esta doença transmissível tem sido tratada com status de problema social. Isto porque vem crescendo paulatinamente a Taxa de incidência de dengue, que é o número de casos notificados de dengue, por 100 mil habitantes, na população residente em um determinado espaço geográfico.

No Brasil, segundo o Ministério da Saúde, a dengue tem caráter cíclico, há anos em que ocorrem surtos epidêmicos, noutros, há menos casos. Assim, a taxa anual é bastante variável, ano a ano: enquanto em 2013 foi de 709 casos/100.000hab, em 2014 foi de 250 casos/100.000habitantes, em 2015 foi 820/100.000habitantes e, por fim em 2016, foi de 731 casos a cada 100 mil habitantes. A dengue prolifera em todos os estados da nação (MENDONÇA, SOUZA e DUTRA, 2009, p.259).

No Rio Grande do Sul, nas latitudes mais meridionais do Brasil, até o novo milênio, foi muito restrita; somente em anos recentes as taxas cresceram, tendo seus máximos em 2010 (34,1/100.000hab) e 2016 (28,3/100.000hab), por enquanto, no Rio Grande do Sul, os casos de dengue autóctone têm um comportamento mais sazonal. Aumentam na condição de tempo mais favorável ao desenvolvimento do vetor (prevalência de temperatura mínima e máxima entre 22°C e 30°C com chuvas regulares, mas intermitentes), normalmente entre dezembro a abril, e diminuem quando fica mais frio e desfavorável ao desenvolvimento do vetor (Tumioto et al, 2014, citado por COLLISCHONN, DUBREUIL et MENDONÇA, 2018). Além disso, os números totais variam muito de um ano para o outro, e a frequência das ocorrências é variável mesmo ao



longo do período mais favorável.

A fim de contribuir com os estudos já iniciados no Rio Grande do Sul, sobre essa temática, esse trabalho visa apresentar a localização e a caracterização dos casos de dengue nos anos de 2007 a 2017 nos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí.

## 1.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí, a mais importante Bacia Hidrográfica de domínio estadual, para fins de planejamento foi segmentada em Alto e Baixo Jacuí, sendo a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, situada no Planalto Meridional Brasileiro, onde se localizam os maiores reservatórios de geração de energia Hidrelétrica e uma das maiores produções agrícola do Estado do Rio Grande do Sul (RS), portanto de grande importância para a economia do Estado, sob forte pressão de uso.

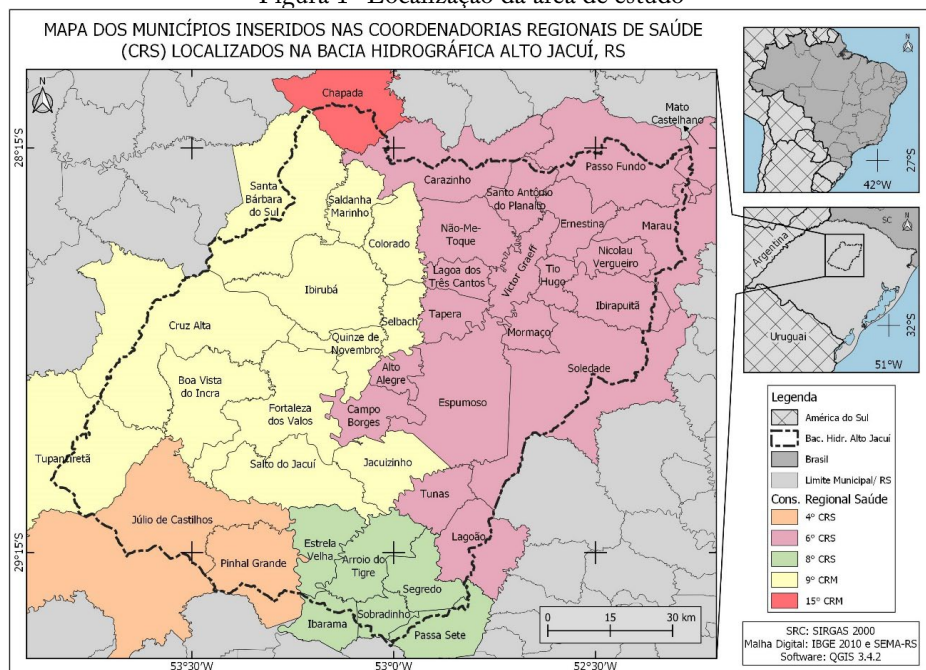
A Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí localiza se entre as coordenadas geográficas 28°08' a 29°55' de latitude sul e 52°15' a 53°50' de longitude oeste (SEMA, 2010). A área abrange 12.985,44 km<sup>2</sup>. Na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí estão inseridos 42 municípios, seja com sua área total ou parcial.

Destes, 23 possuem todo o seu território inserido na Bacia Hidrográfica, 09 possuem mais de 50% do seu território inseridos na Bacia. E os municípios com menos de 50% do seu território inseridos são no total 10. Conforme o censo de 2010, a população urbana residente nos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí representa 55% do total da população da Bacia Hidrográfica, o que corresponde a 624.921 habitantes. Enquanto que a população rural condiz com 45%, sendo um total de 514.425 habitantes. A população total da Bacia Hidrográfica é de 1.138.916 habitantes ou 10,6% da população do Rio Grande do Sul (IBGE, 2010).

O Sistema Nacional de Agravos e Notificações (SINAN) constitui uma rede informatizada, que integra diferentes unidades territoriais: municípios, regiões de saúde, estados e país. Desde 1999, a descentralização política e administrativa do Sistema Único de Saúde (SUS) no Rio Grande do Sul está implementada através de 19 Unidades Regionais de Coordenação da Saúde (CRS) compostas, por sua vez, por um conjunto de municípios (SES/RS, 2002). Os 42 municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí estão divididos em 05 Coordenadorias de Saúde (CRS), que são; 4º (CRS) cidade sede Santa Maria, 6º (CRS) cidade sede Passo Fundo, 8º (CRS) cidade sede Cachoeira do Sul, 9º (CRS) cidade sede Cruz Alta e 15º (CRS) cidade sede Palmeira das Missões.

As coordenadorias com os maiores municípios inseridos na área de estudo são respectivamente: 6º (CRS) com 21 municípios, sendo 08 destes com 100% da área inserida na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí; o 9º (CRS), com 12 municípios, e destes, 09 com 100% da área inserida na referida Bacia; ainda, o 8º (CRS), com 06 municípios e 02 deles com 100% da área na bacia do Alto Jacuí; o 4º (CRS) com 02 municípios e o 15º (CRS) com 01 município, ambos parcialmente inseridos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, (Figura 1).

Figura 1- Localização da área de estudo



Elaboração: Iago Turba Costa (2019).

Os limites da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí encontram-se totalmente inseridos no Planalto Meridional (SEPLAG, 2008), que por sua vez, é formado por rochas basálticas e arenitos intercalados decorrentes de um grande derrame de lavas ocorrido na era Mesozoica (CPRM, 2012). A bacia hidrográfica do Alto Jacuí possui grande variação altimétrica, correspondendo de 85 m a 776 m acima do nível do mar.

Segundo SEMA (2010), os rios Jacuí, Jacuí-mirim, Jacuizinho e Caixões são os principais cursos de água da bacia. O Rio Jacuí, o maior rio do interior do Estado, tem suas nascentes no Planalto Médio, escoando primeiramente no sentido sul e posteriormente no sentido leste (COAJU, 2009).

Os usos dos recursos hídricos da Bacia normalmente estão ligados ao abastecimento público, saneamento, atividades industriais, agrícolas,

pecuária e irrigação, mas os recursos hídricos também são explorados para as atividades de lazer e turismo, geração de energia e mineração. A demanda hídrica total anual na bacia é de 91,07 m<sup>3</sup>, sendo a maior parte da água consumida para irrigação (76%), e a menor, destinada ao setor de abastecimento industrial (1%).

O segundo uso mais expressivo da água na Bacia é a dessedentação animal, com 15% e o abastecimento público vem logo em seguida com 5% da demanda hídrica total da bacia (COAJU, 2012). Já os meses mais críticos para a demanda hídrica superficial, conforme estudos do comitê de Bacias, são os meses de dezembro e janeiro, devido ao consumo destinado a irrigação (COAJU, 2012).

Assim, os setores econômicos predominantes nos municípios que compõe a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí perceber-se com base nos dados do PIB 2014 Valores Adicionado Bruto, a preços correntes, da série revisada, que 24 municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, isto é, 57,14%, tem o setor agropecuário como setor mais relevante. Outros 17 municípios (40,48%) tem os serviços como setor predominante e apenas 1 município (2,38%) tem o seu maior PIB relacionado a indústria. Endente-se que esta situação está diretamente associada ao fato de que a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí é uma área eminentemente agrícola, (ZIANI, FOLETO e WOLLMANN, 2017).

Em relação a qualidade de vida na zona urbana dos municípios, segundo a SEMA (2012), apenas 07 municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí contam com coleta e/ou tratamento de esgoto, fazendo da falta de saneamento a principal fonte de poluição das zonas urbanas. Diante disso, esta situação acaba sendo uma das principais contribuintes para o comprometimento da qualidade das águas na área de estudo. Logo, entende-se que a redução do porte de efluentes domésticos sem tratamento das áreas urbanas da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí é um

dos principais desafios para a melhoria da qualidade das águas, da vida da população e um dos fatores que contribuem para a proliferação de doenças, (ZIANI, FOLETO e WOLLMANN, 2017).

Outro fator que possui expressiva contribuição para a proliferação de doenças, principalmente a dengue, são as características climáticas de uma determinada região, o atlas climático do Rio Grande do Sul mostra que a variação da temperatura média sazonal para o outono na área de estudo varia de 18° a 19°C, na primavera a temperatura média é 19°C. No verão a temperatura média varia entre 23° e 24°C, já para o inverno a temperatura média varia entre 14° e 15°C. A média da temperatura máxima anual, para a área de estudo, varia entre 24° e 25°C. A média da temperatura mínima anual varia entre 13° e 14°C (FEPAGRO/CEMET, 2011). Nota-se que, apenas no verão as temperaturas médias aproximam-se das temperaturas ideais para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, ratificando o comportamento sazonal da dengue no Estado do Rio Grande do Sul.

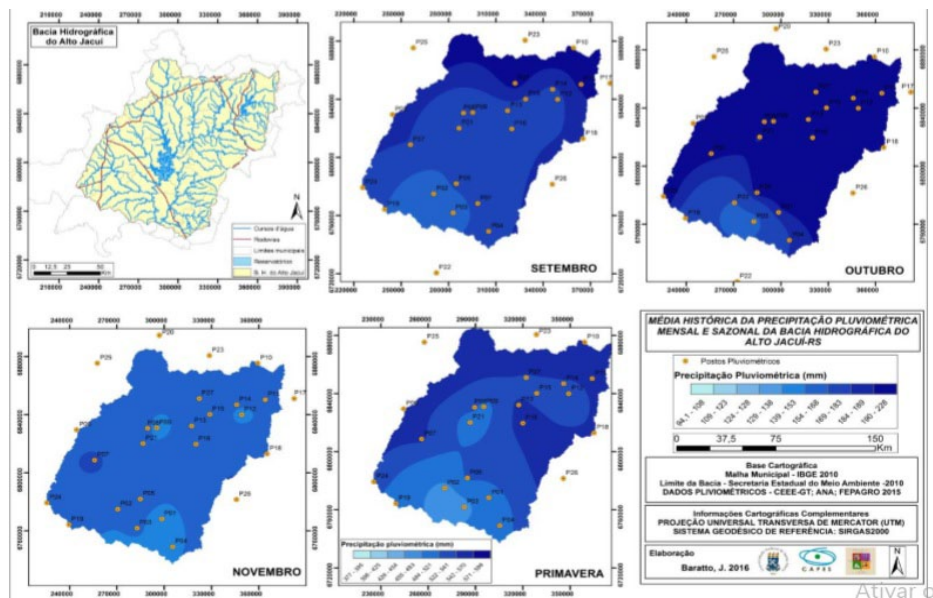
Já em relação a variação da precipitação, BARATTO (2017) e BARATTO e WOLLMANN, (2017), concluíram que a distribuição da precipitação pluviométrica média total anual da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí concentram-se os menores valores na região sul e na região norte e sudoeste os maiores valores de precipitação média anual. Assim, a distribuição das chuvas médias totais acompanha o deslocamento das Frentes Frias, também sofrendo a influência da altitude, sendo que no sul e sudoeste da Bacia Hidrográfica ocorrem os menores valores de precipitação média total e os maiores se localizam na região nortenordeste da mesma.

A autora salienta que a altitude influencia na distribuição das chuvas pois a região leste da bacia hidrográfica apresenta as maiores altitudes. Para o período mensal, foi constatado que ocorreram grandes variações

nos meses do ano na média histórica da precipitação pluviométrica para a Bacia. Sendo o outubro o mês mais chuvoso da Bacia Hidrográfica e março o mês menos chuvoso.

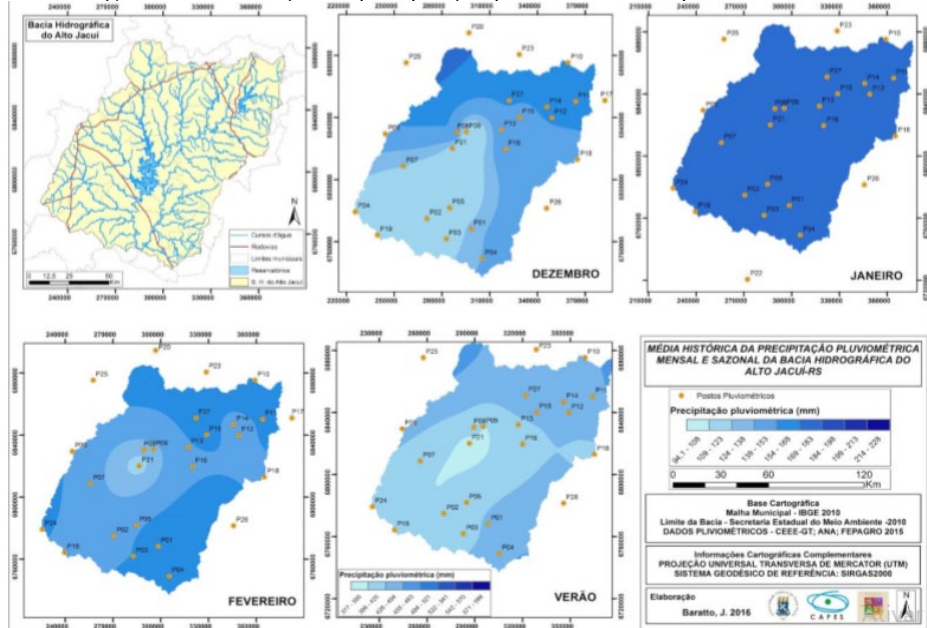
Assim, nos meses da primavera ocorre o maior volume precipitado (Figura 2). Nos períodos sazonais também ocorreram grande variabilidade da distribuição das chuvas, onde na primavera é a estação mais chuvosa para a bacia, enquanto que nos períodos sazonais (Figura 3) a região central da bacia hidrográfica obteve as menores médias. Na primavera e no outono a região norte alcançou as maiores médias de precipitação pluvial, já no inverno a região leste e sudoeste obtiveram as maiores médias, (BARATTO, 2017).

Figura 2- Distribuição da precipitação pluviométrica no período da primavera



Fonte: BARATTO e WOLLMANN (2017)

Figura 3: Distribuição da precipitação pluviométrica no período de verão



Fonte: Fonte: BARATTO e WOLLMANN (2017).

## 2. Materiais e Métodos

Primeiramente foi realizado uma abordagem teórica referente ao mosquito *Aedes aegypti*, a doença dengue, e a breve história da doença no Rio Grande do Sul.

Para espacialização dos dados, os municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuá foram divididos por Coordenadorias Regionais de Saúde definidas no Plano Estadual de Saúde: 2016/2019 (2016). Os dados de notificação dos casos de dengue foram coletados da plataforma DATASUS<sup>1</sup>, que tem por principal objetivo estruturar um sistema de

1 DATASUS: O Departamento de informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) é uma plataforma que entre outras funções disponibiliza informações



informação em saúde, integrar dados em saúde, bem como auxiliar na gestão dos diversos níveis de atenção em do SUS.

Na plataforma DATASUS é disponibilizado um eixo de acesso a informação, que transfere para algumas opções como a de “Informações de Saúde” (TABNET), que por sua vez direciona para informações “Epidemiológicas e de Morbidade”, aonde é possível acessar um grande banco de dados sobre internações, notificações e assistência à saúde, entre elas as notificações de casos de dengue, marcando o União da Federação desejada, no caso dessa pesquisa o RS. O acesso ao TABNET pode ser observado na (Figura 04).

Figura 4- Acesso a plataforma TABMET de informações a saúde no DATASUS



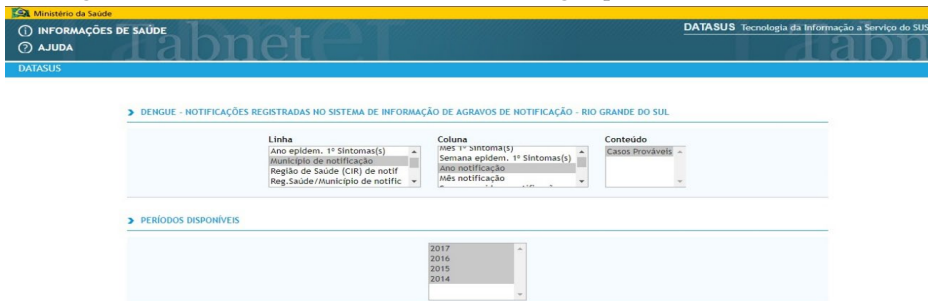
FONTE: DATASUS.

Posteriormente dentro do Eixo de “Epidemiológicas e de Morbidade” escolhendo as opções referentes a dengue e estado do Rio Grande de Sul, tem-se acesso a uma nova aba que disponibiliza as informações referentes apenas a dengue. Desta forma foi escolhido os seguintes mascadores: Linha: Municípios de Notificação; Coluna: Ano epidemiológicas de morbidade e mortalidade por meio das notificações referentes pelas instituições de Saúde vinculadas ao SUS. Pode ser acessada através do site governamental: < <http://datasus.saude.gov.br/>>.



de notificação e Casos Prováveis (coluna fixa para todas as patologias) e no Períodos Disponíveis<sup>2</sup>: 2007 a 2017. Depois de configurados todas os dados são disponibilizados numa planilha com extensão (.xlsx) referente ao Software Excel. A (Figura 05) demonstra o acesso e a configuração dos marcadores disponíveis para os casos de dengue notificados por município.

Figura 5- Acesso aos dados notificados de Dengue para o Rio Grande do Sul



Fonte: DATASUS

Devido a disponibilidade dos dados na plataforma, para esse trabalho, foi utilizado a categoria “notificações de casos de dengue”, assim, foi possível ter acesso a dados do intervalo de ano, 2007 a 2017. Para o ano de 2018 e 2019 os dados ainda não foram disponibilizados na plataforma, pois o DATASUS, disponibiliza os dados apenas depois que todas as coordenadorias de saúde do país alimentarem o banco de dados com suas respectivas informações, esse processo pode tornar-se demorado pela grande complexidade e extensão do território brasileiro com inúmeras coordenadorias.

O programa utilizado para elaboração dos mapas foi o QGIS 3.4.2. Para calcular a taxa percentual de prevalência relativa de notificações

<sup>2</sup> Os dados referentes a 2007 a 2017, precisaram ser coletados de forma separada, pois a plataforma disponibiliza os dados em dois pacotes de informação: “Dengue até 2013” e “Dengue de 2014 em diante”. A forma de acesso aos dados é a mesma, porém no final é preciso fazer a união das planilhas.

de casos de dengue adaptou-se a fórmula de prevalência proposta por Wagner (1998) que consiste na divisão do N° de indivíduos afetados pelo total de indivíduos estudados. Para tanto adaptou-se uma taxa relativa para cada 1000 pessoas de cada cidade da abordagem utilizando-se para cálculo  $Taxa = [(N^\circ \text{ NOTIFIC} / \text{POP.TOTAL}) \times 1000] \times 100$ .

### 3. *Abordagem teórica do mosquito Aedes aegypti e a doença dengue*

O *Aedes aegypti* tem sua provável (ainda não está definitivamente comprovada, na literatura científica) origem no continente africano, onde é encontrado se alimentando e se reproduzindo nas florestas, mesmo na ausência de seres humanos (CATÃO, 2012). Barreto e Teixeira (2008) também reafirmam a origem africana da espécie, mais precisamente ao sul do deserto do Saara. Seria nessa região que a espécie teria se tornado antropofílica (preferência pelo sangue humano), domiciliada e adaptada ao meio produzido pelo homem. No processo de adaptação ao meio antrópico, esse vetor utilizou-se de reservatório de água produzidos pelo homem como local de criadouro para seus ovos, além de habitar área no entorno de residências e posteriormente no interior das mesmas (GUBLER, 1997; BARRETO; TEIXEIRA, 2008).

Essa adaptação ao meio humano (domiciliação, utilização de reservatórios antrópicos) permitiu ao *Aedes aegypti* se tornar presente desde as pequenas vilas até os grandes centros urbanos, além de apresentar sua disseminação propiciada, tanto pelas condições climáticas favoráveis à sua proliferação como pelos meios de transportes. Após a adaptação aos agrupamentos humanos, sua expansão se deu, sobretudo, por meio do intenso comércio marítimo, principalmente o de escravos no Atlântico Sul e no Mar do Caribe. As cidades portuárias e densas eram muito

suscetíveis a epidemias de febre amarela e dengue (CATÃO, 2012, p. 36).

Em sua expansão pelo mundo, esse vetor se espalha por toda faixa tropical e subtropical, mais frequentemente entre as latitudes 35°N e 35°S, podendo, no verão, alcançar a latitude 40°N e 40°S, mas não sobrevivendo ao inverno (BRASIL, 2001). Além da latitude que corresponde às isotermas de 10°C no mês mais frio do inverno, há alguns outros fatores que também são limitantes à vida desse artrópode como é o caso da altitude. O *Aedes aegypti* é encontrado com mais frequência até a cota altimétrica de 1.000 metros, mas alguns estudos relacionam a sua ocorrência até os 2.200 metros (OMS, 1999).

A doença dengue é classificada como uma doença febril aguda, que tem uma grande variação de formas clínicas: dengue clássica, com evolução muitas vezes benigna, mas que gera grande desconforto e é muitas vezes incapacitante para o trabalho, dengue com complicação; e a febre hemorrágica (CATÃO, 2012, p.31-32).

Além destas formas clínicas registradas, é frequente que essa doença se apresente somente como uma leve febre indiferenciada, configurando-se um quadro com poucos sintomas ou até mesmo sem apresentar nenhum sintoma aparente. Esses fatos acarretam, frequentemente, a não detecção pelos próprios infectados ou a não identificação pelos profissionais da saúde, gerando um grande número de subnotificações. Em áreas onde a dengue é endêmica, as infecções ocorrem frequentemente com poucos sintomas (GUBLER, 1997, citato por CATÃO, 2012, p.34). Os casos mais graves têm taxas de letalidade mais altas, e muitas vezes podem levar a óbito se não forem tomadas providências imediatas (BRASIL, 1998).

O vírus da dengue, por ser microscópico é muito difícil de detectar ou localizar numa área, já os mosquitos são mais fáceis de serem detectados por serem visíveis e, porque tanto em sua fase de ovo, quanto de larva, estarem mais restritos geograficamente num criadouro. Para se

analisar a dinâmica da dengue no espaço geográfico, normalmente, parte-se da compreensão das características biológicas, ecológicas, climáticas e sociais envolvidas no ciclo de vida dos mosquitos e nos seus habitats preferenciais, averiguando quais são os fatores propícios e os limitantes para sua existência (CATÃO, 2012).

No ciclo de vida do mosquito, o período de incubação extrínseco do vírus, depende da quantidade de vezes que se alimenta e a duração de seu ciclo reprodutivo são aspectos influenciados por fatores climáticos, como temperatura, precipitação e umidade, podendo ocasionar sazonalidade na transmissão, com picos endêmicos e estações mais quentes e úmidas, assim, as condições de temperatura e umidade influenciam diretamente na eclosão do ovo e a emergência da forma alada em um período de tempo de dez dias. Em ambientes com temperatura maior o ciclo de vida pode ser mais rápido (7 dias), por outro lado em ambiente mais frio tende a se prolongar um pouco mais (FIOCRUZ, s.d).

Na sua fase adulta o mosquito pode viver por até 30 dias (tempo de vida médio). Durante este tempo, tanto os machos quanto as fêmeas precisam se alimentar, mas neste aspecto há uma grande diferença entre os sexos. Os machos se alimentam exclusivamente de soluções açucaradas de origem vegetal; as fêmeas, por sua vez, se alimentam também destes açúcares, mas também se alimentam de sangue. No momento da picada a fêmea inocula sua saliva.

Esta saliva possui algumas substâncias com propriedades anestésicas, que fazem com que a pessoa não sinta a picada e não mate o mosquito; além disso, possui também soluções anticoagulantes, que fazem com que o sangue possa ser inoculado pelo vetor e chegue ao seu aparelho bucal e depois digestivo. Este sangue é essencial à reprodução destes mosquitos. A fêmea se alimenta de sangue a cada três dias, quando

ela completa seu ciclo gonotrófico<sup>3</sup>. Cada ciclo desses pode resultar em uma média de 100 a 150 ovos. Como um mosquito fêmea pode viver até 30 dias ela pode produzir cerca de 1000 ovos num mês (FIOCRUZ, s. d).

Em relação aos fatores sociais, Catão (2012, p.52) considera que um dos principais fatores que influencia na distribuição e na densidade do *Aedes aegypti* são os depósitos de água no domicílio, no peridomicílio ou em áreas de uso coletivo (cemitérios, borracharias, floriculturas) que servem como local de ovoposição (criadouros) para os mosquitos da dengue. Constata-se, assim que o processo de urbanização característico da maior parte das cidades brasileiras contribui de maneira significativa na expansão do mosquito da dengue, pois os ambientes urbanos se encaixam como habitats ideais para os vetores desta doença, ainda que, no Rio Grande do Sul as condições climáticas no período de inverno contribuam para a diminuição das condições ambientais ideais para a proliferação do mosquito da dengue é notório o crescente surgimento do vírus no Estado, alertando a população e os poderes públicos para o problema de saúde pública que afeta a sociedade.

### 3.1 Dengue no Rio Grande do Sul

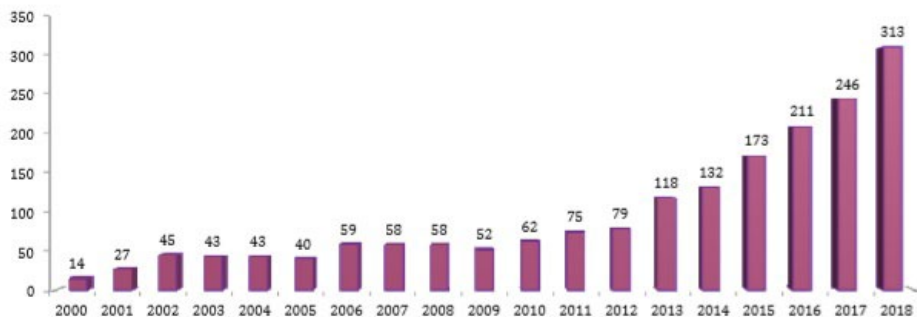
O primeiro foco do mosquito *Aedes aegypti* no Rio Grande do Sul (RS) foi identificado em 1995, no município de Caxias do Sul; no ano seguinte, a doença passou a ser de notificação compulsória (COLLISCHONN, DUBREUIL et MENDONÇA, 2018). Também neste período, o Ministério da Saúde começa a implantar ações relativas ao Plano de Erradicação do *Aedes aegypti* (PEAa), que, posteriormente, muda para uma perspectiva de controle e transforma-se no Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) e se estende a todo o território

3 O ciclo gonotrófico do mosquito é o nome atribuído ao período, de uma sugada de sangue e ovopostura até que ele retorne para se alimentar novamente.

nacional. No estado do Rio Grande do Sul, em 2000, a Secretaria Estadual da Saúde (SES) descentraliza as ações epidemiológicas de controle do mosquito (SES/RS, 2008).

A partir de 1995, o número de municípios nos quais o mosquito foi encontrado cresceu e a partir do ano de 2009 até o ano 2018 esse número cresceu exponencialmente (SES/RS, 2018) (Figura 06). Este aumento do número de municípios nos quais se registra o vetor acaba também por influenciar na distribuição da doença (COLLISCHONN, DUBREUIL et MENDONÇA, 2018).

Figura 6- Municípios infestados por *Aedes aegypti*, RS, 2000- 2018

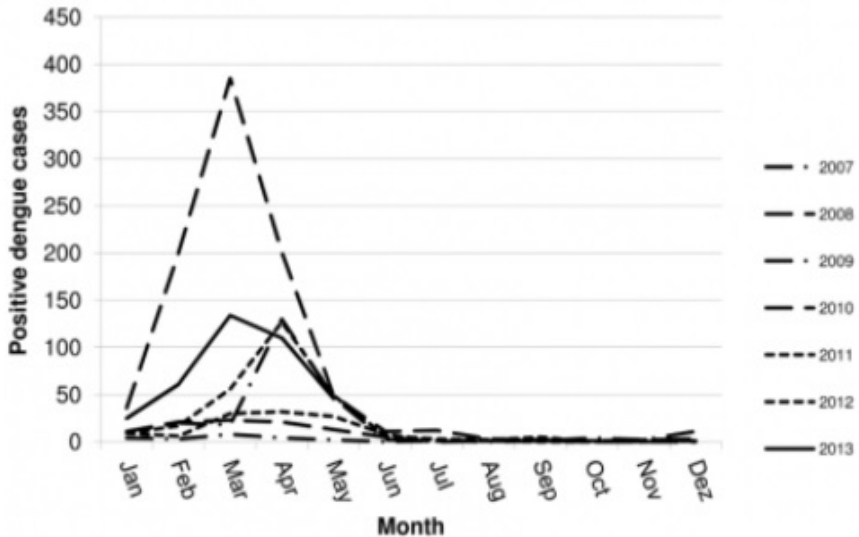


Fonte: SISPNCD- RS

No que se refere à distribuição da ocorrência da dengue no Rio Grande do Sul ao longo do ano, cabe salientar que, apesar de coincidirem os períodos de maior incidência da doença com outras áreas tropicais do país, as razões são diversas. Em grande parte do Brasil tropical do Hemisfério Sul, as ocorrências de dengue coincidem com o período mais chuvoso do ano (COLLISCHONN, DUBREUIL et MENDONÇA, 2018). No Rio Grande do Sul as infecções por dengue ocorrem durante os períodos mais quentes do ano, Assim, o máximo de registros da doença ocorre nos primeiros meses do outono (março, abril), e pouquíssimos casos são reportados de julho a novembro (inverno e primavera), como demonstrou

Tumioto et al.(2014) citado por COLLISCHONN, DUBREUIL et MENDONÇA (2018) (, (Figura 07). Outro fator importante é que a notificações dos casos autóctones ocorrem após as notificações dos casos importados.

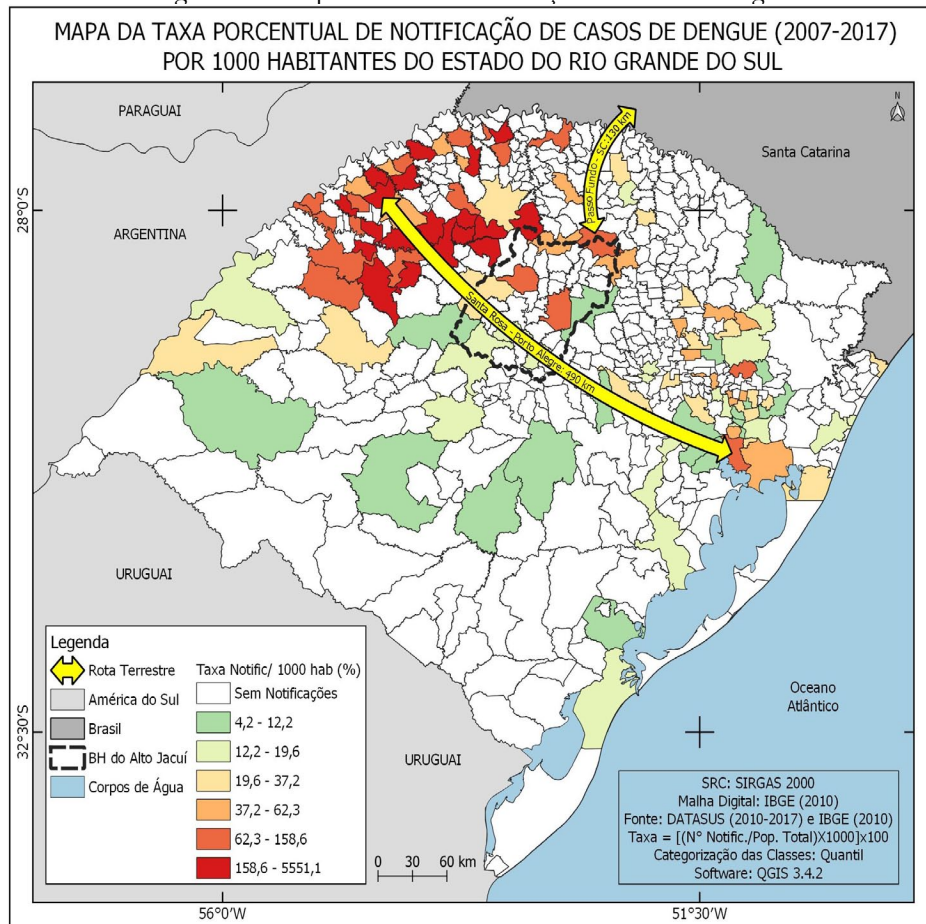
Figura 7- Distribuição mensal dos casos de dengue no Rio Grande do Sul (2007- 2013)



Fonte: Tumioto et al (2014)

Além disso, no Rio Grande do Sul há uma grande variabilidade interanual e espacial dos casos positivos de dengue, ora estes casos ocorrem mais ao norte e noroeste do estado, ora na região metropolitana (COLLISCHONN, DUBREUIL et MENDONÇA, 2018). Em relação a taxa porcentual de notificações de casos de dengue entre os anos de 2007 a 2017 os municípios do norte e noroeste tiveram maior notoriedade na taxa de notificação dos casos de dengue, como mostrado no trabalho de (COLLISCHONN, DUBREUIL et MENDONÇA, 2018), (Figura 6).

Figura 8- Taxa porcentual de notificação *de* casos de dengue



Elaboração: Iago Turba Costa (2019)

Ao longo destes anos também já circularam todos os quatro sorotipos da dengue neste estado (DENV1, DENV2, DENV3 e DENV4), sendo que DENV 1 e DENV2 predominaram nos anos com maior número de casos registrados. As cidades e suas características singulares influenciam na distribuição e na manutenção da dengue, como as estações ferroviárias e rodoviárias, os aeroportos e portos que possuem e vão influenciar na orientação e na intensidade dos fluxos de pessoas, e,



por conseguinte, de vírus e vetores, (CATÃO, 2012). Ainda em relação a (Figura 08) destacamos a rota terrestre; entre o município de Santa Rosa e a Região Metropolitana de Porto Alegre, e a rota do município de Passo Fundo com o Estado de Santa Catarina, ambas as rotas passam pela região da Bacia do Alto Jacuí e a intensa circulação comercial dessas rotas contribuem para a importação e surgimento do vírus no Estado e principalmente nessas regiões.

Em estudos recentes, COLLISCHONN. et al, (2018), concluíram que no Rio Grande do Sul, em comparação a outros Estados do país, apresenta baixos coeficientes de incidência da dengue. Tal estudo tomou-se por base os dados objetivos relacionados a mudanças no quadro da doença, tais como: o número de municípios nos quais o mosquito está presente aumentou exponencialmente de 2007 a 2017; o máximo de casos autóctones ocorreu em 2010, porém em 2015 e 2016 os registros da doença aconteceram em todas as regionais de saúde; todos os sorotipos da dengue circularam pelo estado, com predominância do tipo 1.

Em relação a área de pesquisa desse trabalho, a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí é um recorte geográfico que abrange 42 municípios do Rio Grande do Sul e concentra 1.138.916 de habitantes, correspondendo a 10,6% da população total do Rio Grande do Sul, possui grande importância hídrica e econômica para o Estado, além de estar próximo e ser rota terrestre das áreas que correspondem as maiores taxas de casos de dengue (norte e noroeste).

## 4. *A taxa porcentual de notificação de casos de dengue nos municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí*

Com o propósito de evitar a ocorrência de infecções pelo vírus da dengue, detectar precocemente as epidemias, controlar as epidemias em curso, reduzir o risco de transmissão da doença nas áreas endêmicas e ainda reduzir a sua letalidade mediante diagnóstico precoce e tratamento oportuno e adequado, o agravo deveria ser notificado à autoridade sanitária o mais rapidamente possível. As notificações registradas passam a integrar o SINAN (Sistema Nacional de Agravos de Notificação) através de cada Coordenadoria Regional de Saúde. Os primeiros casos confirmados se registram após análise laboratorial, porém, quando há uma clara circulação viral numa localidade, para os demais casos, o critério de confirmação é clínico-epidemiológico.

Como mencionado anteriormente, a descrição realizada aqui é referente aos dados de notificação e não dos casos confirmados, visto a disponibilidade dos dados.

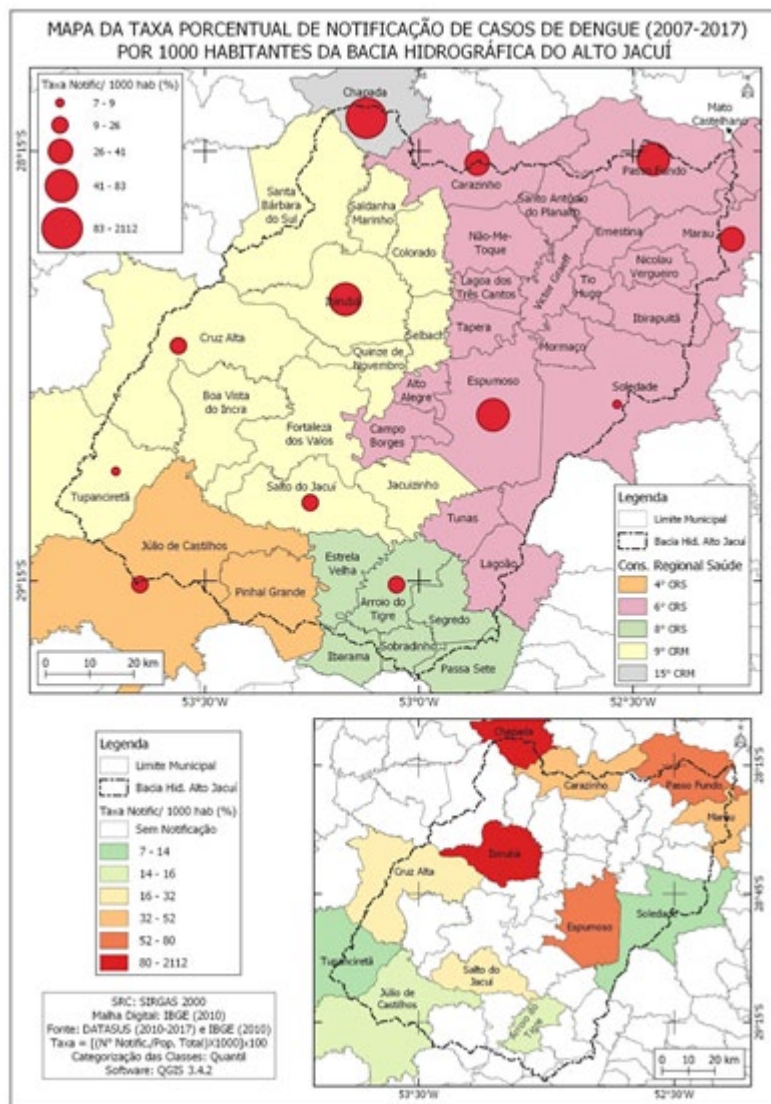
Através do “Mapa da taxa de notificação de casos de dengue (2007-2017) por 1000 habitantes da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, (Figura 04) podemos observar a distribuição espacial das notificações divididas pelas Coordenadorias Regionais de Saúde (CRS) e, ainda, verificar quais os municípios que tiveram as maiores taxas de notificações nesse período.

Na 4º CRS está inserido 02 municípios, Júlio de Castilho com 37,40% da área total dentro da Bacia do Alto Jacuí e Pinhal Grande com 77,92% da área total dentro da Bacia do Alto Jacuí, a representatividade da taxa de notificação para essa área é pequena, apenas o município de Júlio de Castilho apresenta notificação. O 6º CRS apresentam os maiores números de municípios inseridos na Bacia e por sua vez corresponde os

maiores números de notificações dos casos de dengue, dos 21 municípios 04 apresentaram notificações de casos de dengue e as maiores taxas percentuais correspondem respectivamente aos municípios de Passo Fundo (46,14% da área total inserida na bacia), Espumoso (100% da área total inserida na bacia), ambos com a mesma taxa porcentual, Carazinho (49,02% da área total inserida na bacia) e Soledade (66,40% da área total inserido na bacia).

A 8º CRS, apenas o município do Arroio do Tigre (100% da área total inserida na bacia) apresenta taxa de notificação, a 9º CRS 03 municípios apresentaram notificações ao longo do período em análise que foram; o município de Ibirubá (100% da área total inserida na bacia), o município de Cruz Alta (60,45% da área total inserida na bacia) e o município de Salto Jacuí (100% da área total inserida na bacia). Por última, a 15º CRS, apenas o município de Chapada (21,16% da área total inserida na bacia) faz parte dessa Coordenadoria e que está parcialmente dentro da área de estudo, pode-se observar que é o município que apresentou a maior taxa porcentual de notificação de casos de dengue no período de 2007 a 2017, é também, o município que está localizado mais próximo de uma das regiões que mais ocorre casos dengue no Rio Grande do Sul.

Figura 9- Taxa porcentual de notificação de casos de dengueElaboração:



Iago Turba Costa (2019)

Observa-se, também no mapa da Figura 04, que na porção sul da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí foram notificadas as menores taxas porcentuais de casos de dengue para o período analisado, essa região da bacia, porção sul, apresenta as menores médias de precipitação, esse pode

ser um dos diversos fatores que contribui para a manutenção do habitat ideal de proliferação do mosquito *Aedes aegypti*. Já na porção norte da bacia, foram registradas as maiores taxas percentuais de casos de dengue e, diferentemente da porção sul, corresponde a maior média de precipitação, fator que contribui para a manutenção do habitat ideal do mosquito.

## 5. Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo localizar e caracterizar os casos de dengue nos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, de forma geral, os municípios inseridos na Bacia apresentam baixa taxa de notificação de casos dengue em relação aos municípios do Noroeste do Norte e da Região Metropolitana bem como Porto Alegre. Os municípios que apresentaram as maiores notificações, principalmente os municípios de Chapada e Passo Fundo, ambos os municípios estão classificados em Coordenadorias Regionais diferentes, 13º e 6º respectivamente, e localizam-se na porção norte da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, tal região, segundo os trabalhos de BARATTO (2017) apresentam as maiores médias de precipitação pluviométrica, principalmente na primavera.

Os municípios com as menores taxas de notificações de casos de dengue localizam-se na porção Sul da Bacia, inseridos nas coordenadorias 4º e 8º, que corresponde, segundo BARATTO (2017), as menores médias pluviométricas, principalmente na primavera, estação com as maiores médias de precipitação pluviométrica.

Além disso, outro fator importante é em relação a circulação comercial e populacional, como é o caso da rota do município de Santa Rosa e Região Metropolitana e a rota Passo Fundo e o Estado de Santa Catarina, essas Regiões apresentam taxa significativa de casos de dengue e tal rota passa pelos municípios da Bacia do Alto Jacuí, potencializando

a importação do vírus para a região da Bacia.

Por fim, este trabalho ressalta a importância de estudar a dengue numa percepção complexa e sistêmica, visto que a doença se prolifera em condições climáticas específicas e dissemina na dinâmica do espaço urbano. Então para os próximos estudos, na área da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, indicamos uma análise detalhada dos casos de dengue confirmados, o ano das maiores notificações de casos, e as condições climáticas atuantes, além de uma abordagem detalhada das rotas comerciais de toda a Bacia. A tarefa de monitorar o ambiente para que se extingue o *Aedes aegypti*, e consecutivamente a dengue, do território nacional passa tanto pelas ações individuais como coletivas, e este trabalho foi feito para que possa iniciar pesquisas aprofundadas nessa região que resulte no controle deste importante vetor.

## 6. *Lista de siglas*

COAJU- Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí

CPRM- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CRS- Coordenadoria Regional de Saúde

DATASUS- Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil.

DENV- Tipos Imunológicos

FEPAGRO- Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OMS- Organização Mundial da Saúde

PIB- Produto Interno Bruto

PEAa- Plano de Erradicação do *Aedes aegypti*

PNCD- Programa Nacional de Controle da Dengue

SEMA- Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente

SEPLAG- Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Gestão  
SES- Secretaria Estadual de Saúde  
SINAM- Sistema Nacional de Agravos e Notificações  
SUS- Sistema Único de Saúde

## *Agradecimento*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01

## Bibliografia

ADLER, F. R.; TANNER, C. J. Ecosistemas urbanos – princípios ecológicos para o ambiente construído. (Tradução Maria Beatriz de Medina). São Paulo: Oficina de textos 2015.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C, A. Espacialização da precipitação pluvial média total mensal e sazonal da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí/RS. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, 2017, Campinas. Anais <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2056>, acesso, 20 mar 2019.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C, A. Precipitação histórica do mês de outubro para a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí/RS. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v.39, Ed. Esp. PROCAD/CAPES 2017, p. 41 – 57

BARRETO, M; TEIXEIRA, C. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 64, p. 53-72, 2008

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

BRASIL, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde -DATASUS Informações de saúde Epidemiológicas e Morbidade. Disponível em <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203> Acesso em: 10 mar 2019.

CATÃO, R. C. Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional. 1. ed.



São Paulo: Cultura Acadêmica (Unesp), 2012. 175.p

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geológico do Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/>>

COMITE DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ. Plano de gerenciamento da Bacia hidrográfica do Alto Jacuí: Relatório-T2. Passo Fundo, 2009.

COLLISCHONN. E, DUBREUIL. D, MENDONÇA. F, Relações entre o clima e saúde: o caso da dengue no Rio Grande do Sul no período de 2007 a 2017, Confins [En ligne], 37 | 2018, mis en ligne le 10 octobre 2018, consulté le 20 mars 2019. URL : <http://journals.openedition.org/confins/15431>

GUBLER, D. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global health problem, Goro (Ed), New York: CAB International, p. 1- 22, 1997

FIOCRUZ. Aedes aegypti – Introdução aos Aspectos Científicos do Vetor. Conjunto de Videoaulas. Disponível em < [http://157.86.113.53/?page\\_id=310](http://157.86.113.53/?page_id=310) > Acesso em 23 nov. 2016.

IBGE censo 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> >. Acesso em: 10 mar. 2019

MENDONÇA, F. A. Clima, tropicalidade e saúde: uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, No. 1, p. 100-112, 2005.

MENDONÇA, F. A.; SOUZA, A. V.; DUTRA, D. A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. In: Sociedade e Natureza (Online) vol.21 no.3 Uberlândia, 2009

ROSSATO. M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL. Centro Estadual de Vigilância em Saúde. RS. Sinan-RS-Net. Dengue. Disponível em <http://200.198.173.165/scripts/defthtm.exe?snet/denguersnet>. Acesso: 04 mar, 2019.

SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL. Centro Estadual de Vigilância em Saúde. Informativo Epidemiológico Dengue, Chikungunya e Zika Vírus Setembro de 2017. Disponível em <http://www.saude.rs.gov.br/upload/arquivos/carga20171136/06093648-informativo-epidemiologico-dengue-chik-e-zika-se-43-2017.pdf>. Acesso: 04 mar 2019.

SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL. Plano de Contingência para Dengue no Estado do Rio Grande do Sul. 2008. Disponível em: <http://www1.saude.rs.gov.br/dados/1298557617151Plano%20Estadual%20de%20Contigencia%20Dengue%20RS.pdf>. Acesso: 05 mar 2019.

SEPLAG. Mapa Geomorfológico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008. 1 mapa, color. Escala 1:4000.000. Porto Alegre, dezembro, 2008. Disponível em < [http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=791&cod\\_menu=790&tipo\\_menu=APRESENTACAO&cod\\_conteudo=1330](http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=791&cod_menu=790&tipo_menu=APRESENTACAO&cod_conteudo=1330)>. Acesso em 10 mar. 2019.

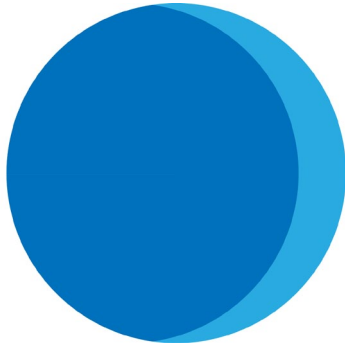
PLANO ESTADUAL DE SAÚDE: 2016/2019. Grupo de Trabalho de Planejamento, Monitoramento e Avaliação da Gestão (Org.) Porto Alegre, 228 p. Il. ISBN 978-85-60517-13-8 2016. Disponível em <http://www.saude.rs.gov.br/upload/arquivos/201701/05153251-pes-2016-2019-sesrs.pdf> Acesso em: 21 de março de 2019

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control, new edition. Geneva: Organização Mundial da Saúde, 2009.

TUMIOTO, G. L.; GREGIANINNI, T. S.; DAMBROS, B. P.; CESTARI, B. C.; NUNES, Z. M. A.; VEIGA, A. B. V. Laboratory surveillance of dengue in Rio Grande do Sul, Brazil, from 2007 to 2013. PLoS ONE. v. 9, n. 8, Article e104394, 6 pp., 2014.

ZIANI, P.; FOLETO, E. M.; WOLLMANN, C. A. Análise e Caracterização Geográfica da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí/RS. Ciência e Natura, Santa Maria, v.39, Ed. Esp. PROCAD/CAPES 2017, p. 58 – 74

WAGNER, M. B. Medindo a ocorrência de doença: prevalência ou incidência? Jornal de Pediatria. Rio de Janeiro. Vol. 74, n. 2 (abr. 1998), p. 157-62, 1998.



# JUSTIÇA AMBIENTAL E RACISMO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO JAGUARÉ, SÃO PAULO/SP<sup>1</sup>

Rúbia Gomes Morato  
Felipe André Dias  
Fernando Shinji Kawakubo  
Marcos Roberto Martines  
Ailton Luchiari (*in memoriam*)

## 1. Introdução

São Paulo, como outras cidades brasileiras, é marcada pela desigualdade social e pelos problemas ambientais potencialmente danosos à população. Entretanto, raramente estas questões são estudadas de maneira integrada.

Problemas ambientais e decorrentes da falta de infraestrutura urbana atingem majoritariamente os segmentos mais desfavorecidos da população, como nos bairros severamente afetados pelas inundações

1 Uma versão preliminar deste trabalho foi submetida ao XIII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Geografia (XIII ENANPEGE), que será realizado no Departamento de Geografia da USP em setembro de 2019.

urbanas, contaminação por indústrias, residências localizadas nas proximidades de aterros sanitários e “lixões”. Os moradores convivem com o mau cheiro, a concentração de insetos e outros perigos para a saúde. Situação semelhante é enfrentada por aqueles que habitam as vizinhanças dos reservatórios para retenção das águas pluviais, conhecidos popularmente como “piscinões”, para onde convergem ratos, baratas e outras pragas urbanas (MORATO, 2008).

Os bairros onde vivem a população de alto e médio padrão não apresentam esses inconvenientes de forma tão dramática, pelo contrário, nos bairros de alto padrão principalmente, há arborização urbana para garantir uma paisagem mais agradável e melhorar o conforto térmico, muito relevante no clima tropical.

O objetivo desta pesquisa foi analisar a distribuição espacial da qualidade ambiental, e sua relação com a renda e a composição racial da população da bacia hidrográfica do Córrego do Jaguaré, na zona oeste do Município de São Paulo, pela perspectiva da justiça ambiental e racismo ambiental.

## 2. *Justiça Ambiental e Racismo Ambiental*

O conceito de justiça ambiental emergiu na década de 1970 nos Estados Unidos, entre movimentos sociais de negros, índios, latinos e populações de baixa renda, vizinhos de depósitos de lixo químicos e radioativos e de indústrias com efluentes poluentes.

O princípio da justiça ambiental é que populações vulneráveis não sejam expostas a uma carga maior de problemas ambientais, tais como áreas sujeitas à inundação, escorregamentos, contaminadas, com falta de infraestrutura urbana, serviços públicos e arborização em seus locais de residência. Quanto maior a concentração dos problemas ambientais

decorrentes da ausência dos serviços públicos e infraestrutura urbana entre a população mais vulnerável, maior a injustiça ambiental.

A identificação da justiça ambiental constitui-se num importante instrumento para o planejamento por parte dos órgãos públicos e fornece argumentos consistentes para a sustentação das reivindicações de movimentos sociais.

O racismo ambiental diz respeito às injustiças sociais e ambientais que recaem de forma desproporcional sobre etnias vulnerabilizadas (HERCULANO; PACHECO, 2006).

Esse racismo não está restrito apenas a práticas e ações que tenham tido intenção racista, mas engloba as que igualmente causem impacto racial, não importando a intenção que as originou. Assim, o estudo e a pesquisa sobre racismo ambiental, no Brasil e no mundo, envolvem não apenas grupos negros ou indígenas, mas também outras identidades culturais, tais como pescadores, caiçaras, caipiras, jangadeiros, populações ribeirinhas, marisqueiros, catadores de coco de babaçu, camponeses, catadores de sementes, extrativistas (MOUTINHO-DA-COSTA, 2011).

Segundo Bullard (2004), o racismo é um potente fator de distribuição seletiva das pessoas no seu ambiente físico; influencia o uso do solo, os padrões de habitação e o desenvolvimento de infraestrutura. Esse é especialmente o caso das favelas no Brasil, dos subúrbios da África do Sul e dos guetos nos EUA. O racismo é ainda um importante fator para explicar a iniquidade social, a exploração política, o isolamento social, a falta de saúde e bem estar de negros seja no Brasil, na África do Sul ou nos EUA.

Morato e Machado (2015) realizaram um estudo sobre a justiça ambiental no Distrito da Vila Andrade, no Município de São Paulo e constataram uma situação de profunda injustiça ambiental. Os resultados revelaram a desigualdade entre os bairros com mansões e apartamentos de

luxo e as comunidades em situação precária. Os segmentos mais vulneráveis da população, tanto do ponto de vista racial como socioeconômico, estão expostos a maior carga de problemas decorrentes da falta de infraestrutura urbana e qualidade ambiental, afetando a qualidade de vida destes moradores.

### 3. Área de Estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do Córrego do Córrego do Jaguaré, um tributário da margem esquerda do Rio Pinheiros, na zona oeste do Município de São Paulo, abrangendo uma área de 28,2 km<sup>2</sup>, que corresponde a 1,9% da área total do município.

O Córrego Jaguaré nasce próximo da divisa dos municípios de São Paulo e Taboão da Serra, após a confluência com o Córrego Itaim, e está canalizado ao longo da Avenida Escola Politécnica até a sua foz no Rio Pinheiros. As elevações na bacia variaram de 860 m na cabeceira até 720 m no exutório (SÃO PAULO, 2016).

A bacia está inserida entre as subprefeituras do Butantã e Lapa, abrangendo completamente os distritos de Raposo Tavares e Rio Pequeno, e parcialmente os distritos do Butantã e do Jaguaré, sendo este último o único que faz parte da Subprefeitura da Lapa, conforme a Figura 1.



## LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO DO JAGUARÉ NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO/SP

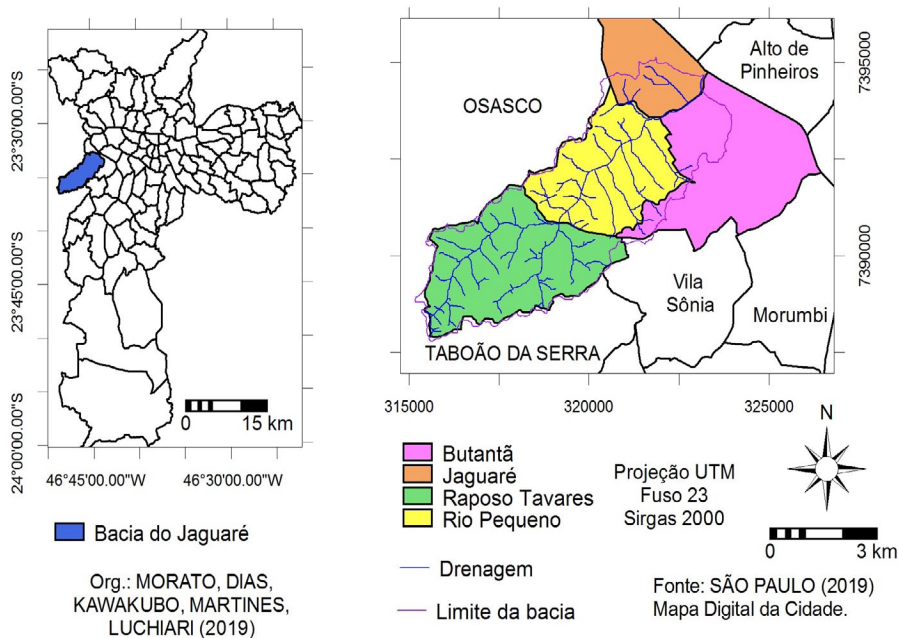


Figura 1 – Área de Estudo

É uma área urbanizada, com muitos cursos d'água subterrâneos ou canalizados. Tem grande diversidade de categorias de uso, incluindo indústrias, principalmente no Jaguaré (GOLDENSTEIN; ROSSINI, 1972) e na Rodovia Raposo Tavares, áreas habitacionais de alto, médio e baixo padrão, inclusive comunidades, como a São Remo e Jaguaré, alguns centros comerciais locais e a Universidade de São Paulo, que está inserida parcialmente na bacia, apresentando um padrão de ocupação distinto, com mais áreas livres, mais arborização urbana e uma área preservada de Mata Atlântica.

## 4. Metodologia

A metodologia proposta para a avaliação da justiça ambiental em áreas urbanas divide-se em duas etapas. Na primeira, é analisada a qualidade ambiental de cada setor censitário, a partir de indicadores considerados relevantes para assegurar a qualidade de vida e a saúde da população, gerando-se um índice de justiça ambiental que varia de 0 a 1.

Esta metodologia foi aplicada por Morato et al (2018) na bacia hidrográfica do Córrego do Morro do “S”, na zona sul de São Paulo e possibilitou revelar uma profunda desigualdade na qualidade ambiental, associada tanto à renda como à raça da população.

A qualidade ambiental urbana, para fins desta pesquisa, é entendida como a provisão de condições adequadas para o conforto e a saúde da população (MORATO, KAWAKUBO, 2006). Assim, incluem-se as condições de abastecimento de água, o destino da água servida e do lixo, a disposição de energia elétrica, a arborização e a presença de rampas de acessibilidade e os riscos.

O abastecimento de água pela rede geral é consagrado como a condição mais adequada para as áreas urbanas, pois há a “garantia” de potabilidade assegurada pelos órgãos oficiais de saneamento básico. Outras formas de abastecimento, como poços, nascentes ou rios estão mais sujeitas à contaminação, podendo trazer riscos à saúde da população.

Em relação ao esgotamento sanitário, também são consagradas como adequadas, a conexão com a rede geral ou a disposição de fossa séptica. Outras formas de despejo de esgoto sanitário, como para fossas rudimentares, valas, rios, lagos ou mar, representam sérios riscos de contaminação nas aglomerações urbanas.

Os serviços de coleta de lixo domiciliar são igualmente

reconhecidos como importantes. A falta de disposição destes serviços pode levar a população a dar destinos inadequados para o lixo, como a queima, o descarte em terrenos baldios ou logradouros, em rios, lagos ou mares. Estes destinos inadequados, também submetem a população aos riscos de contaminação.

Foi considerada também a disposição de energia elétrica nos domicílios por companhia distribuidora.

Um atributo muito importante, porém negligenciado, no desenvolvimento das cidades é o da cobertura vegetal. A vegetação, diferentemente da terra, do ar e da água, não é uma necessidade óbvia na paisagem urbana. A cobertura vegetal, ao contrário de muitos outros recursos físicos da cidade, é relacionada pela maioria dos cidadãos mais como uma função de satisfação psicológica e cultural do que com funções físicas (NUCCI, 2001).

A arborização é uma variável incluída pela primeira vez no censo de 2010. Para fazer o levantamento, o IBGE considera a presença de arborização na face de quadra do domicílio, na face de quadra oposta ou no canteiro central (IBGE, 2011).

A existência de rampas de acessibilidade é outra novidade do censo de 2010. Para tal, o IBGE considera a existência de rampa ou rebaixamento de calçadas nas esquinas destinadas especificamente para dar acesso a pessoas que utilizam cadeira de rodas, não sendo consideradas rampas para acesso de veículos (IBGE, 2011).

Isto mostra o quanto a preocupação com a arborização urbana e a acessibilidade são recentes no âmbito institucional. As rampas são essenciais para as pessoas com alguma dificuldade de mobilidade (temporária ou parcial), e também são úteis para carrinhos de bebê ou de compras. A ausência delas dificulta a locomoção plena das pessoas na cidade.

Por fim, foram utilizadas duas informações sobre riscos. A primeira foi o levantamento de riscos geológicos realizado pela Prefeitura do Município de São Paulo e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), que consideraram a relação entre a probabilidade de ocorrência de um processo (escorregamento, solapamento de margem) e as consequências a ele atribuídas (número de moradias atingidas). Esta metodologia de levantamento dos riscos seguiu os critérios definidos pela Secretaria Nacional de Programas Urbanos do Ministério das Cidades para o desenvolvimento e implantação de ações de prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários (favelas, loteamentos irregulares, etc.). A outra informação sobre os riscos foram as ocorrências propriamente ditas, associadas a inundações, enchentes, deslizamentos e risco de deslizamento, também levantadas pela prefeitura. Todos os dados relacionados aos riscos estão disponíveis para download no Mapa Digital da Cidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2018).

O índice sintético de justiça ambiental foi obtido por meio da média dos sete índices básicos, variando de zero a 1. Zero para as piores condições e 1 para as melhores.

A bacia hidrográfica do Córrego do Jaguaré possui 616 setores censitários, dos quais 62 não apresentaram todos os dados necessários para o cálculo do índice de justiça ambiental. Assim foram analisados 554 setores censitários, que correspondem a 89,93% do total.

Também foram analisados os rendimentos mensais médios por domicílio e a distribuição racial da população para verificar alguma possível associação. Os rendimentos mensais médios por domicílios em reais no ano de 2010 são fornecidos pelo IBGE, assim como a distribuição racial, que considera os grupos de brancos, negros, pardos, indígenas e amarelos.

## 5. Discussão e Resultados

As variáveis utilizadas para a composição do índice de justiça ambiental foram o abastecimento de água pela rede geral, esgotamento sanitário pela rede geral, coleta de lixo por serviço de limpeza, energia elétrica por companhia distribuidora, rampa de acesso para pessoas com dificuldade de locomoção na calçada, a arborização na calçada ou canteiro central e os riscos geológicos (de escorregamento, solapamento, inundação e enchente). A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos resultados encontrados.

Tabela 1. Indicadores de infraestrutura urbana e qualidade ambiental.

	Abast. água	Esgot. sanit.	Coleta de lixo	Energia elétrica	Arborização	Rampa	Riscos Geol.	Justiça Ambiental
Mínimo	0,136	0,000	0,002	0,016	0,000	0,000	0,000	0,360
Máximo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Média	0,993	0,855	0,831	0,896	0,647	0,154	0,930	0,790
Desvio padrão	0,304	0,328	0,350	0,301	0,297	0,297	0,252	0,130

É possível constatar que os serviços com melhor cobertura para os domicílios são o abastecimento de água, com 99,3% em média, seguido pela energia elétrica, com 89,6%, o esgotamento sanitário, com 85,5% e a coleta de lixo com 83,1%. São serviços públicos que caminham para a universalização. Os domicílios sem estes serviços estão majoritariamente nas comunidades.

A arborização é contrastante, pois é muito mais presente nas áreas de alto padrão, exercendo importante papel paisagístico e contribuindo

para o conforto térmico. A média geral de arborização foi de 64,7%. Nas comunidades a arborização é praticamente inexistente, tornando os bairros mais áridos e desprovidos dos benefícios que a vegetação poderia proporcionar.

A praticamente inexistência de rampas de acesso para cadeirantes nas calçadas é um problema generalizado. A média foi de apenas 15,4% para toda a área de estudo. Do total de 544 setores analisados, 92 não tinham nenhuma rampa para cadeirantes. Apenas 60 setores censitários tinham mais de 90% das calçadas com rampas e destes, só cinco setores tinham 100% dos domicílios com rampas na calçada, sendo estes últimos, todos localizados em áreas de alto padrão. Isso evidencia a gravidade da questão da acessibilidade da cidade para seus cidadãos. Constata-se que o problema é generalizado, mas atinge com mais intensidade a população que tem menos condições de adaptação.

Os riscos foram outro problema importante, pois 7% dos setores censitários tinham a presença de áreas de risco de escorregamento, escorregamento/solapamento, e solapamento ou o registro de ocorrência de pelo menos um desses riscos entre novembro de 2016 e maio de 2017.

Os setores censitários com os melhores índices estão nos bairros mais centrais, muitas vezes com centros comerciais regionais, como o Jardim Bonfiglioli, o Parque dos Príncipes, a Vila São Francisco, os Jardins Sarah e Ester Yolanda. Já os setores censitários com os piores índices apresentam principalmente áreas sujeitas à inundação ou escorregamentos, muitas vezes em áreas de comunidades, como no Jardim D'Abril, no Arpoador e a Vila Nova Esperança.

A Figura 2 apresenta o mapa de justiça ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Jaguaré. As áreas em branco estão próximas da média do índice na bacia, que foi 0,790, as áreas em tons de azul são áreas privilegiadas com índices superiores à média e as áreas em tons de

vermelho com índices abaixo da média. As áreas em cinza não puderam ter o índice calculado por ausência de um ou mais dados.

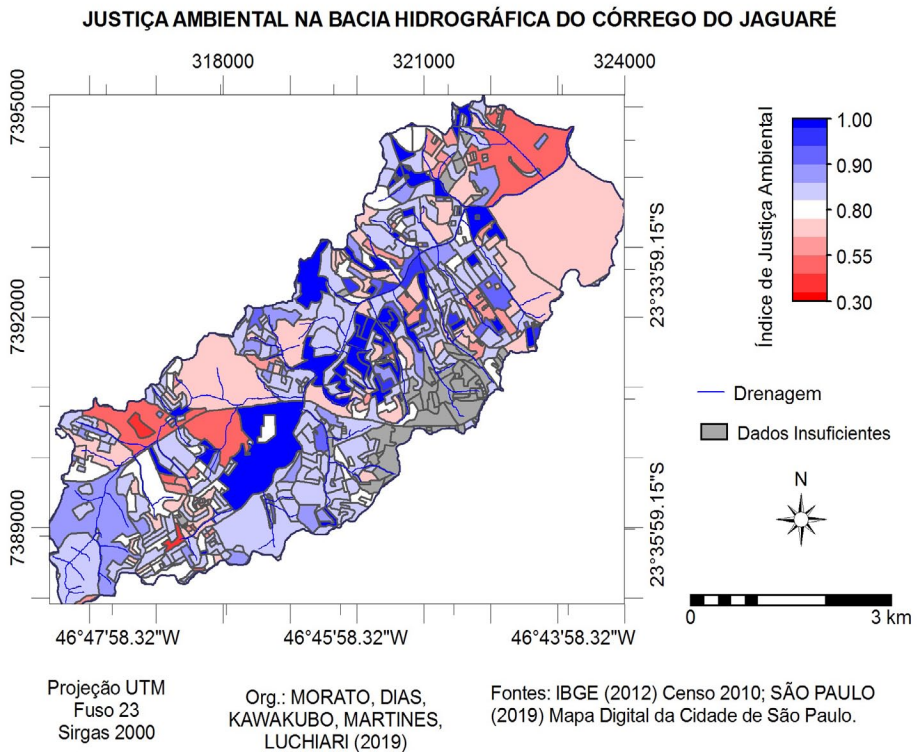


Figura 2 – Mapa Síntese

A população foi dividida em cinco grupos, de acordo com o índice

de justiça ambiental, utilizando as quebras naturais para minimizar a variância dentro de cada classe e maximizar a variância entre as classes diferentes. Para cada grupo foi obtida a composição racial e a renda, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Relação entre o índice de justiça ambiental, o rendimento mensal domiciliar e a raça.

Índice de Justiça Ambiental	No. de setores	População (pessoas)	Renda média (R\$)	Branco (%)	Negros (%)	Pardos (%)	Indígenas (%)	Amarelos (%)
0,93 a 1,00	63	30.577	5.409,97	79,4	4	13,3	0,1	3
0,80 a 0,92	310	166.205	4.346,90	70,2	5	21	0,1	4
0,68 a 0,79	116	87.943	2736,46	62,8	7	28,2	0,1	2
0,57 a 0,67	44	41.371	1716,02	47,1	7	42,9	2,1	1
0,36 a 0,55	11	4.522	1436,44	44	8	46,8	0,2	1

É possível observar claramente o viés racial na questão da justiça ambiental, ou o racismo ambiental. A proporção de brancos aumenta na medida em que o índice de justiça ambiental sobe. Em contrapartida, há menor proporção de negros, pardos e indígenas quando o índice de justiça ambiental é mais elevado. No estrato com o pior índice de justiça ambiental, há 44% de brancos e 55% de negros, pardos e indígenas somados. Já no estrato com os melhores índices de justiça ambiental a proporção de brancos é de 79,4%, enquanto a soma de negros, pardos e indígenas que atinge apenas 13,3%. Os amarelos, apesar da menor presença, tem relação semelhante aos brancos. Com os rendimentos mensais, o comportamento é análogo.



## 6. Conclusões

Os dados do IBGE, analisados por meio da ótica da justiça ambiental e racismo ambiental permitiram identificar desigualdades presentes na bacia hidrográfica do Córrego do Jaguaré. Apesar dos índices de cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário pela rede geral, coleta de lixo por serviço de limpeza e energia elétrica por companhia distribuidora serem relativamente elevados, existem problemas relacionados a arborização, a presença de áreas de risco e falta de rampas para cadeirantes.

Constatou-se que 7% dos setores censitários tinham a presença de áreas de risco ou o registro de ocorrência de pelo menos um dos riscos. A situação da arborização urbana não é positiva, com índice médio de 64,7%. Já as rampas para cadeirantes encontram-se disponíveis para apenas 15,4%, em média.

O índice sintético de justiça ambiental permitiu uma visão geral das questões ambientais e de infraestrutura urbana. Como esperado, as comunidades apresentaram índices mais baixos e os bairros de alto padrão os índices mais elevados.

Estratificando-se a população segundo o índice de justiça ambiental e analisando os rendimentos de cada grupo, foi possível verificar como a desigualdade de renda afeta as condições de moradia da população.

O índice de justiça ambiental também apresenta forte relação com a composição racial da população. Quanto pior o índice de justiça ambiental, maior a proporção de negros, pardos e indígenas. Os setores com índices de justiça ambiental mais elevados ficam restritos majoritariamente à população branca, caracterizando o racismo ambiental.

Assim, a bacia hidrográfica do Córrego Jaguaré apresenta grande injustiça ambiental e racismo ambiental, pois os segmentos mais

vulneráveis da população, com rendimentos menores e maior proporção de negros, pardos e indígenas, estão expostos a maior carga de problemas decorrentes da falta de infraestrutura urbana e qualidade ambiental, afetando a qualidade de vida destes moradores. Os brancos, ao contrário, estão em proporção cada vez maior quando os índices de justiça ambiental são melhores, e possuem os maiores rendimentos. Os amarelos, apesar da menor proporção em termos populacionais, também estão em situação privilegiada, semelhante aos brancos.

## 7. *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Os autores também manifestam seu agradecimento à Prefeitura do Município de São Paulo e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística pela disponibilização dos dados utilizados nesta pesquisa.

## 8. *Bibliografia*

BULLARD, R. Enfrentando o racismo ambiental no século XXI. In: ACSELRAD, H.; HERCULANO, S., PÁDUA, J. A. *Justiça Ambiental e Cidadania*. Rio de Janeiro: Ed. Relume-Dumará, p. 41-66, 2004.

GOLDENSTEIN, L., ROSSINI, R. E. O Distrito Industrial do Jaguaré , SP. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, n. 47, p. 30-72. 1972.

HERCULANO, S.; PACHECO, T. (Org.). *Racismo Ambiental. I SEMINÁRIO BRASILEIRO CONTRA O RACISMO AMBIENTAL*. Rio de Janeiro: FASE, 2006.

IBGE. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário - Documentação do Arquivo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. Base de Informações por Setor Censitário: Censo Demográfico 2010 – Resultados do Universo (São Paulo/SP). Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

MORATO, R. G.; MACHADO, R. P. P. ; MARTINES, M. R. Mapeamento da justiça ambiental e racismo ambiental na bacia do Córrego do Morro do S, São Paulo/SP. *Geoambiente On-line*, v. 1, p. 214-233, 2018.

MORATO, R. G. *Análise espacial e desigualdade ambiental no Município de São Paulo*. 2008. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - FFLCH/USP. São Paulo, 2008.

MORATO, R. G.; MACHADO, R. P. P. Análise Espacial da Justiça Ambiental no Distrito da Vila Andrade - São Paulo/SP. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL JUSTIÇA ESPACIAL E DIREITO À CIDADE, 2015, São Paulo. Anais. São Paulo: GESP/USP, 2015. v. 1. p. 1-21.

MORATO, R. G., KAWAKUBO, F. S. Metodologia para o Mapeamento e Análise da Desigualdade Ambiental Urbana na Subprefeitura da Lapa (São Paulo, Brasil) com apoio de Geoprocessamento. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, Madri, n.7, 2006.

MOUTINHO-DA-COSTA, L. Territorialidade e racismo ambiental: elementos para se pensar a educação ambiental crítica em unidades de conservação. Pesquisa em Educação Ambiental, v.6, n.1 p.101-122, 2011.

NUCCI, J. C. Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: um Estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo, Humanitas/FFLCH/USP, 236p, 2001.

SÃO PAULO (Prefeitura); Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (Org.). Caderno de bacia hidrográfica: córrego Jaguaré. São Paulo: SIURB/FCTH, 2016, 120.

SÃO PAULO (Prefeitura). Mapa Digital da Cidade de São Paulo. Disponível em: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>>. 2019.

# KIT DE ROCHAS E MINERAIS DA BACIA DO RIO CLARO: PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO COM ABORDAGEM INVESTIGATIVA

Patrícia da Silva Gomes  
Assunção Andrade de Barcelos  
João Batista Pereira Cabral  
Michaela Andréa Bette Camara

## 1. *Introdução*

Uma bacia hidrográfica é considerada uma unidade territorial, formada por diferentes camadas compostas de rochas e minerais, mas que possui um comportamento dinâmico e se encontra em constante transformação. Podemos encontrá-las com distintos tipos de origem e formação, relacionados à sua localidade, propriedades e características físicas, as quais, influenciadas pelos diferentes tipos de geologia, relevo, solo e clima, serão criadas, moldadas e alteradas, resultando em diversos tipos de rochas. A partir dos tipos de rochas e minerais de determinada região, podemos compreender e ter conhecimento sobre sua gênese e utilização de cada um desses elementos.

Para melhor compreender a geologia da bacia hidrográfica do Rio Claro, assim como seus minerais e rochas, nesse estudo, foram construídos kits compostos por rochas e minerais, no intuito de proporcionar um material didático para aulas de Geografia mais dinâmicas e ser capaz de

despertar nos alunos o interesse pelo conhecimento dentro da área de geociências. Apresentando-se os diferentes tipos de rochas e minerais sob a forma de kit, gera-se curiosidade sobre sua origem e formação, estimulando o aluno a absorver o conhecimento teórico durante o momento prático.

São diversos os usos e aplicações a partir da construção de kit de rochas e minerais. Um exemplo proposto por Silva (2016) demonstra a importância do ensino do ciclo das rochas relacionado com o cotidiano, por meio de um jogo como material pedagógico para a aprendizagem, orientando como confeccioná-lo e utilizá-lo. Usar esse jogo levando à problematização e contextualização para o ensino, busca auxiliar, motivar e estimular os alunos a desenvolverem habilidades, propondo métodos que auxiliem os professores, tornando as aulas mais dinâmicas e prazerosas.

Em outras pesquisas que abordam a construção de acervo de minerais e rochas, em específico para o ensino de geociências, vemos sua importância e utilidade para o ensino. Segundo Nunes et al. (2013), que confeccionaram uma litoteca a partir da coleta de amostras de minerais e rochas em diferentes regiões da Bahia, em diferentes formações geológicas, eles corroboram na melhoria do ensino de geociências, em ações de pesquisa, extensão e Educação Ambiental.

No estudo de Constante e Vasconcelos (2010), aplica-se atividade lúdico-prática envolvendo os alunos na sua concretização, que serão capazes de identificar fatores e processos relativos à formação, tipos e ciclo das rochas, por meio de questionamentos realizados na disciplina de Ciências Naturais, em uma escola pública da Região Norte de Portugal. Moreno e Volkmer (2016) abordam o tema rochas e seus minerais constituintes relacionando-o a temas da Geografia Física, apresentando uma proposta didática para o Ensino Fundamental e Médio no Estado do Paraná, propondo material didático em forma de pranchas temáticas,

ilustradas, com uso de apresentação multimídia.

Scabello e Batista (2016) constataram, após conteúdos teóricos e dos procedimentos científicos, como observação, descrição, identificação e classificação, para a compreensão da origem e do ciclo das rochas entre outros, visto por meio de avaliações e exercícios, a necessidade de elaboração de atividade prática de identificação de minerais e classificação de rochas.

Jorge et al. (2014), por meio de observação de rochas e pesquisa bibliográfica, utilizando-se da exposição de rochas e minerais do Museu Augusto Ruschida, da Universidade de Passo Fundo, catalogaram as rochas pertencentes ao acervo do Museu e produziram materiais sobre o ciclo das rochas, como maquetes e banners, contribuindo com a aprendizagem no ensino fundamental, associando Geologia e o ensino da Geografia em sala de aula.

No trabalho de Almeida, Araújo e Mello (2015), do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, (IGEO/UFRJ), são propostos recursos didáticos, como cursos de capacitação em temas da área de Geociências, a professores do ensino médio e fundamental da rede pública, assim como a elaboração de coleções didáticas dos principais tipos de rochas e minerais e livros paradidáticos. No mesmo intuito, Vargas et al. (2015) desenvolveram um projeto pelo Departamento de Mineralogia e Petrologia Ígnea (DMPI), na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em que promovem a capacitação de professores na aplicação de ações, materiais e metodologias de ensino contextualizado de Geologia.

Entre os exemplos de material didático para o ensino na área de geociências, temos kits paleontológicos, compostos por réplicas e uma cartilha, usados em aulas práticas, auxiliando a desvendar a história evolutiva da Terra, proposto por Bergqvist e Prestes (2014). Por sua vez, Bourotte et al. (2014) confeccionaram kits didáticos composto por rochas,

minerais e areias, fichas de atividades, brochura explicativa e suporte computacional para a compreensão de conceitos geocientíficos.

Cunha et al. (2008) desenvolveram atividade didática, buscando articular teoria e prática por meio de interpretação de dados de análise instrumental de caracterização elementar, estrutural e mineralógica, de minerais e rochas, em que as amostras foram selecionadas e analisadas por fluorescência de raios X, difração de raios X de pó, microscopia eletrônica de varredura com sonda EDS e microscopia óptica (Petrografia), para os alunos, em seguida, por meio da interpretação dos dados, poderem analisar e identificar as amostras.

Assim, percebemos como o estudo na área de geociências e das rochas e minerais são um importante recurso para o desenvolvimento da sociedade moderna, pois, seu uso aplica-se a uma infinidade de empregos, tais como, enriquecimento de solos pobres, produção de medicamentos, produtos químicos, industriais e até mesmo sal de cozinha, entre outros, estando presente em nossas vidas e cotidiano, justificando o desenvolvimento deste trabalho.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo possibilitar aos estudantes conhecer as rochas e minerais existentes em uma bacia hidrográfica, identificar, classificar e montar kits de rochas e minerais como recurso didático, os quais, posteriormente, servirão de auxílio para os professores durante as aulas práticas.

## 2. Metodologia

Esta pesquisa visa à confecção de kits de rochas e minerais como recurso didático. As amostras utilizadas para sua montagem foram coletadas durante as aulas e trabalhos a campo, adquiridas na bacia hidrográfica do Rio Claro, localizada no sudoeste do Estado de Goiás.



Para iniciar o trabalho, primeiramente deve-se escolher a área de pesquisa - no caso, a área desse estudo abrange a Bacia do Rio Claro - GO. Após escolher o local, é realizada uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos, sites e periódicos a respeito de temas relacionados a informações geológicas referentes à área de estudo. Em seguida, busca-se um mapa geológico do local, de forma que seja possível detectar o tipo de formação geológica que ocorre na região, possibilitando saber quais tipos de rochas e minerais se originaram no local escolhido. Com essas informações, iniciam-se a sua identificação e classificação, seguindo as características macroscópicas.

Os minerais, bem como os principais tipos de rochas, sendo elas ígneas, sedimentares e metamórficas, possuem características e origens distintas, razão pela qual são classificados de formas diferentes. Para a análise e classificação das amostras de rochas e minerais, seguiu-se a proposta de Popp (1998), Teixeira et al. (2009), Schumann (2002) e Sgarbi (2012).

Devido à grande variedade de minerais, torna-se difícil seu reconhecimento e classificação. Nesse caso, é importante identificar algumas propriedades físicas dos minerais, que podem fornecer elementos suficientes para a sua identificação, (Popp, 1998). Neste trabalho, o método de investigação utilizado para identificar os minerais foi através de suas feições macroscópicas, com observação das propriedades físicas visíveis, seguida de alguns testes físicos simples, para caracterizar e determinar um mineral, conforme Sgarbi (2012). Desta forma quanto mais caracteres analisados, mais fácil será a sua classificação.

Entre as propriedades mais importantes e de fácil identificação dos minerais, tem-se a definição de cor, podendo alguns possuir cores variadas ou cor constante, outras observações que podem ser feitas são quanto ao brilho do mineral - se é metálico ou não metálico (Sgarbi, 2012). Com a

clivagem, observamos como o mineral se quebra, e a direção dos planos de possíveis faces do cristal; quanto a fratura dos minerais, quando há, quebra por conta dos planos da clivagem, são classificadas em conchoidal, plana e irregular, podendo revelar sua cor verdadeira (Popp, 1998).

Conforme Sgarbi (2012), temos também a diafanidade, que é a transparência de um mineral, sendo transparente, translúcido ou opaco. Nas inclusões, vemos a agregação com outros minerais; um outro teste a se realizar é o de riscar um mineral sobre uma superfície de porcelana e ver a cor que está deixo; além de testar a resistência de um mineral a ser riscado e que utilizando a escala de Mohs determinamos a escala de dureza do mineral (Popp, 1998). Estas são propriedades que auxiliam na identificação e classificação dos minerais.

Os principais critérios de classificação para as rochas ígneas são a textura, que se relaciona ao grau de cristalização (inteiramente cristalizada, parcialmente cristalizada e vítrea), o tamanho dos cristais, classificadas em fanerítica (quando os minerais são vistos a olhos nus), afanítica (quando não podem ser vistos a olho nu) e subfanerítica (que apresenta minerais muito pequenos, porém ainda vistos) e quanto à relação mútua, apresentando-se em equigranular (cristais com tamanhos aproximados) e inequigranular (cristais de tamanhos distintos) (Popp, 1998).

De acordo com Popp (1998), as rochas ígneas, dependendo do tipo de ocorrência, podem conter estruturas vesiculares - cavidades vazias - ou amígdalas - junção de outros tipos de minerais, a sua cor também auxilia em sua identificação, sendo definidas como leucocrática, quando exibem cor clara, mesocrática, com cor intermediária, e melanocrática, de cor escura. Outro detalhe é que as rochas ígneas são, em sua maioria, duras e resistentes, e não se encontram fósseis nas mesmas. Estes são os principais fatores a serem observados nas rochas ígneas para classificá-las.

Entre as principais características para classificar as rochas

sedimentares, temos, a sua origem, podendo ser clásticas, químicas e orgânicas, sendo formadas devido à influência dos processos exógeno e a granulometria, que é o tamanho dos grãos nas rochas sedimentares, divididos em pelitos, psamitos e psefitos (Popp, 1998).

Mais uma de suas características se refere ao tipo de compactação, sendo coerentes, quando a rocha se encontra bem consolidada e firme, ou incoerentes, quando estão soltas tal como a areia; e além disso observar características como inclusões, restos de animais ou concreções são também caracteres típicos que podem ser encontrados em rochas sedimentares, permitindo seu reconhecimento (Popp, 1998).

O método para investigar as rochas metamórficas inicia-se, segundo Popp (1998), com o reconhecimento do tipo de metamorfismo que originou a mesma, que pode ser regional ou de contato, já as estruturas estão relacionadas aos diferentes tipos de metamorfismo, como estrutura maciça, granular, xistosa, gnáissica e cataclástica.

O grau de metamorfismo é mais uma observação que pode ser feita. Ainda de acordo com Popp (1998), nesse quesito, a rocha passa por maiores ou menores pressão e temperatura, resultando em diferentes graus de metamorfismo, que são o epimetamórfico, mesometamórfico, catametamórfico e ultrametamórfico; tem-se ainda outra característica das rochas metamórficas, relativa aos tipos de foliação, que depende da rocha da qual originou, classificando-se em clivagem, xistosa e bandada gnáissica.

### 3. *Resultados das Observações Macroscópicas*

No presente trabalho, após serem confeccionadas as caixas com amostras de rochas e minerais, as mesmas foram classificadas pela

descrição macroscópica das amostras coletadas, observando os principais critérios de classificações, bem como suas propriedades físicas, tendo, ao final, segundo suas origens e formações, os minerais e três tipos principais de rochas: rochas ígneas, sedimentares e metamórficas.

### *3.1. Classificação dos Minerais*

Considerando-se a grande quantidade de espécies de minerais e algumas características semelhantes, muitas vezes, tornam-se difíceis a análise e descrição dos mesmos, podendo gerar alguma confusão durante sua classificação. Quando isso ocorre, deve-se buscar mais de uma característica (Figura 1). Segundo Sgarbi (2012), entre os critérios de classificação dos minerais, temos a cor, que é o mais fácil de ser observado, porém, alguns minerais possuem coloração definida e outros da mesma espécie terão cores variadas, como no caso do quartzo.

Segundo Teixeira et al (2009), os minerais que têm cores característica são chamados de idiocromáticos, enquanto os alocromáticos apresentam cores variadas. Na (Figura 1), contemplamos um exemplo de minerais alocromáticos, pois, os quartzos têm uma grande variedade de cor.

Figura 1: Variedades de cor do quartzo.



Fonte: Própria autora (2018).

O brilho também é uma das propriedades físicas que foi observada nos minerais coletados (Figura 2). De acordo com Sgarbi (2012), o termo brilho refere-se à aparência geral de uma superfície mineral à luz refletida, sendo classificados como metálicos os minerais opacos - por exemplo ouro ou hematita - e não metálicos, com características vítrea e sedosa, tais como o quartzo. Na (Figura 2) temos um exemplo da hematita como metálica e o quartzo não metálico.

Figura 2: Hematita na foto A, com brilho metálico; quartzo na foto B, não metálico.



Fonte: Própria autora (2018).

De acordo com Popp (1998), a dureza expressa a resistência de um mineral à abrasão ou ao risco (Figura 3), utilizando a escala de Mohs, que se refere à escala de dureza de alguns minerais em ordem crescente de 1 a 10, tem-se mais um dos testes físicos para determinar o mineral, podendo ser feito em sala de aula, utilizando desde a unha até moeda e canivete para riscá-lo, demonstrando que os minerais mais resistentes sempre riscam os de menor dureza.

À clivagem, ainda segundo Popp (1998), é a forma com que muitos minerais se quebram segundo planos relacionados com a estrutura molecular interna e paralelos às possíveis faces do cristal, faz-se, assim, uma análise do mineral, verificando que alguns possuem clivagem, enquanto outros não, caso tenha clivagem, deve-se observar a direção e forma da clivagem.

Alguns minerais não têm clivagem, expondo somente fraturas, onde conforme Teixeira et al (2009), essas podem ser irregulares ou conchoidais (em forma de concha), quando apresentam ranhuras concêntricas, como no quartzo, em um fragmento de quartzo com fratura conchoidal, pode-se ver algumas amostras com a verdadeira cor do mineral.

Conforme Sgarbi (2012), também foi realizado o teste para determinar a traço do mineral, verificando-se a cor que o mesmo deixa ao ser riscado sobre uma superfície de porcelana branca despolida, onde os minerais não metálicos e de dureza maior que a porcelana deixam traço branco, enquanto que muitos de brilho metálico deixam traços diferentes. Como a hematita, que deixa um traço castanho avermelhado sobre a porcelana, conforme visto na (Figura 3).

**Figura 3:** Cor do Traço da hematita



Fonte: Própria autora (2018).

Outra característica dos minerais é a diafanidade. Segundo Sgarbi (2012), a diafanidade é a transparência que possui um mineral, em que é possível ver sua capacidade de transmitir luz, de acordo com esse critério, os minerais são classificados como transparentes, quando capazes de transmitir a luz através do mineral e podendo ser visualizado através do mesmo; translúcidos, quando transmitem a luz difusamente, mas não é transparente, e por último; opacos, em que é impenetrável a luz visível em um mineral, mesmo nas bordas mais finas.

Segundo Schumann (2002) as inclusões são intercrescimentos em que alguma matéria sólida, líquida ou gasosa se prende em outros minerais durante sua formação (Figura 4), algumas inclusões ou matérias estranhas afetam a transparência, as inclusões nos minerais são relativamente frequentes, sejam elas da mesma espécie ou de espécies diferentes, e dão um quadro claro da formação do cristal que as inclui. Na (Figura 4) temos um exemplo de quartzo enfumaçado com inclusões de rutilo.

**Figura 4:** Quartzo enfumaçado com inclusões de rutilo.



Fonte: Própria autora (2018).

Existem outras características físicas que podem ser observadas nos minerais, entretanto, os principais critérios para sua classificação consistem nos citados anteriormente, conforme (Tabela 1), por meio de observação de algumas de suas propriedades macroscópicas mais relevantes, sendo importantes para sua assimilação.



**Tabela 1:** Principais critérios de classificação dos minerais.

CLASSIFICAÇÃO DOS MINERAIS	
COR	Possui Variedades
	Cor Constante
BRILHO	Metálico
	Não-Metálico
DUREZA	Mole
	Média
	Alta
CLIVAGEM	Possui (boa, regular ou ruim)
	Não Apresenta
FRATURA	Irregular
	Conchoidal
	Plana
TRAÇO	Cor do risco sobre placa de porcelana não-brilhante (fosca)
DIAFANEIDADE	Transparente
	Translúcido
	Opaco
INCLUSÕES	Associação com outros minerais

Fonte: Adaptado de Popp (1998). Organização própria autora (2018).

### 3.2. Classificação das Rochas Ígneas

Quanto às rochas ígneas, também foram observadas algumas características físicas para sua identificação, seguindo os principais critérios de classificação para as rochas ígneas, a começar pelo seu modo de ocorrência, sendo dois tipos básicos, segundo Popp (1998): plutonismo, em que a consolidação ocorre no interior da crosta, dando origem às rochas intrusivas; vulcanismo, quando o magma irrompe e derrama-se à superfície para formar rochas efusivas.

A textura das rochas ígneas está relacionada à forma de ocorrência,

tamanho dos cristais e relação mutua dos cristais. Quanto à textura, podem ser caracterizadas como textura cristalizada, textura parcial e vítrea, assim a ocorrência de matéria vítrea nas rochas é característica de rochas efusivas; já as formas totalmente cristalizadas ocorrem em intrusões, em que o tamanho dos cristais, às vezes, dá uma certa ideia do tamanho do corpo (Popp, 1998). No entanto, nem sempre na amostra de rochas ígneas é fácil a identificação destes caracteres, por conta disto e necessário sempre buscar mais caracteres para poder classificar a amostra.

Quanto ao tamanho dos cristais, as rochas são divididas em fanerítica, afanítica e subfanerítica. Portanto, as rochas com textura cristalina, em que o tamanho dos cristais dos minerais é visível a olho nu, são fanerítica; as rochas ígneas que possuem cristais minerais muito pequenos, são chamadas de afanítica, por serem invisíveis a olho nu; as subfanerítica possuem cristais parciais, de tamanho reduzido, no entanto ainda é possível sua visualização, outro critério é a relação mútua dos cristais, separados em equigranular - quando os cristais têm tamanho aproximado - e inequigranular, em que seus cristais têm tamanhos diferentes (Popp, 1998).

Foi analisado outro caractere macroscópico das rochas ígneas, em que algumas delas possuem estrutura vesicular e amigdalóide (Figura 5). Segundo Popp (1998), existem rochas vulcânicas que apresentam pequenas cavidades esféricas ou de outras formas, originadas pela expansão dos gases quando de sua efusão, podem se apresentar vazias (vesículas) ou preenchidas (amígdalas) por minerais secundários. Vemos na (Figura 5) um Basalto Vesicular Amigdaloidal encontrado na Formação Serra Geral da bacia do Rio Claro. Esta é uma das características mais fáceis de ser observada, em que algumas das amostras coletadas foram examinadas e comparadas com as de exposição do laboratório de Geociências Aplicadas da UFG - Regional Jataí.

Figura 5: Basalto Vesicular Amigdaloidal



Fonte: Própria autora (2018).

As rochas basálticas da bacia do rio claro são muito utilizadas pela indústria civil por intermédio da brita, que utiliza na construção de residências e edifícios.

A cor também é um dos parâmetros de classificação das rochas ígneas e sua coloração depende dos minerais nela presentes. São separadas em leucocrática, mesocrática e melanocrática. Para Popp (1998), leucocrática é uma rocha em que em sua composição predominam os minerais de coloração clara; mesocráticas são rochas de coloração média; já melanocrática são aquelas cujas composições são dominadas por minerais de coloração escura e, geralmente, subsilicosos. Abaixo, na (Tabela 2), temos os principais caracteres para identificação das rochas ígneas.

**Tabela 2:** Principais critérios de classificação das rochas ígneas.

CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS ÍGNEAS	
TEXTURA	Cristalizada
	Parcialmente
	Vítrea
TAMANHO DOS CRISTAIS	Fanerítica
	Afanítica
	Subfanerítica
RELAÇÃO MÚTUA	Equigranular
	Inequigranular
ESTRUTURAS	Vesicular
	Amigdalóide
COR	Leucocrática
	Mesocrática
	Melanocrática

Fonte: Adaptado de Popp (1998). Organização própria autora (2018).

### 3.3. Classificação das Rochas Sedimentares

As rochas sedimentares são formadas pela deposição de matéria mineral ou orgânica, como restos de animais e folhas. Segundo Popp (1998), as rochas sedimentares formam-se ao longo do ciclo exógeno de transformação das rochas, em que ocorre um conjunto de fenômenos, sob a influência de agentes externos.

Assim, a classificação das rochas sedimentares (Figura 6), começa pela sua origem, sendo de três tipos: clásticas ou detríticas, que são originadas pelo acúmulo de detritos de rochas preexistentes; de origem química, oriundas da precipitação de substâncias que se tornaram solúveis devido a uma reação química, como os calcários; de origem orgânica ou biogênicas, formadas pelo acúmulo de material vegetal ou animal (Popp, 1998). As rochas sedimentares, da formação Botucatu e Irati, são utilizadas

na confecção de calçada e correção de solo.

Figura 6: Rochas sedimentares quanto à origem

A: Arenito origem detrítica

B: Calcário origem química

C: Calcário origem orgânica



Fonte: Própria autora (2018).

Outro fator que pode ser examinado nas rochas sedimentares é quanto à sua granulometria, que define o tamanho de seus grãos, sendo dividido em três tipos: pelitos, psamitos e psefitos. Os pelitos são grãos muito pequenos, do tamanho de siltes e argilas e quase insensíveis, os psamitos têm grãos que são mais perceptíveis ao toque e se encontram do tamanho de grãos de areia; os psefitos são quaisquer outros que sejam maiores que os grãos de areia, como os conglomerados (Popp, 1998).

Na compactação, durante a classificação, observa-se que são camadas de sedimentos depositadas uma sobre a outra, por fatores externos como o vento, visto durante a coleta de amostras. Para Popp (1998), conforme aumentam essas camadas, exerce-se cada vez mais pressão e peso sobre as camadas, que, conseqüentemente, vão sendo compactadas, elas podem ser coerentes - as quais passam pelo processo de compactação e cimentação, que são a deposição dos minerais presentes nas rochas, que se unem com os sedimentos, formando essa colagem e, finalmente formando, as rochas - e incoerentes - que são todo esse material solto, tal como a areia, argila e silte.

Para a identificação das rochas sedimentares, (Tabela 3) também podem ser consideradas outras características, como as estratificações, além de qualquer feição ou estrutura diferenciada que apresentar, tais como marcas de ondulações, concreções, inclusões (como pegadas e restos de animais), entre outras (Popp, 1998). Características essas como a deposição do sedimento e fósil, já foram encontradas em campo durante as coletas e estudos na Bacia do Rio Claro.

Tabela 3: Principais critérios de classificação das rochas sedimentares.

CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS SEDIMENTARES	
ORIGEM	Clásticas ou Detríticas
	Químicas
	Orgânicas ou Biogênicas
GRANULOMETRIA	Pelitos
	Psamitos
	Psefitos
COMPACTAÇÃO	Coerentes
	Incoerentes
OUTROS	Estratificação
	Outras estruturas diferentes das anteriores

Fonte: Adaptado de Popp (1998). Organização própria autora (2018).

### 3.4. Classificação das Rochas Metamórficas

Para poder classificar as rochas metamórficas, é necessário ter noção do tipo de metamorfismo que ocorreu, o qual influi diretamente em sua metamorfose e características que elas terão, iniciando assim sua identificação. Conforme Popp (1998), as rochas metamórficas, após passarem por altas temperaturas e pressão, seus minerais modificam-se,

passando a ter novas características, que se chama de metamorfismo, dentre os tipos de metamorfismo, os mais importantes são o regional e o de contato.

Popp (1998) ensina que o metamorfismo regional se desenvolve em regiões que sofreram tectonismo intensivo, compressões e dobramentos de extensas áreas (placas) e temperaturas muito elevadas. Sendo assim, para sua formação, foram necessárias elevadas temperaturas e pressão, e que, por ser áreas de tectônicas, podem ter se formado onde há montanhas. Ainda segundo Popp (1998), o metamorfismo de contato desenvolve-se ao redor de corpos ígneos intrusivos, sendo que os fatores dominantes na sua formação é a temperatura e as soluções gasosas que emanam do corpo ígneo, enquanto a pressão tem um papel secundário.

As rochas metamórficas, dependendo da rocha que ela se originou podendo ser ígnea ou sedimentar mais o metamorfismo que sofreu, formarão diferentes estruturas, entre elas temos a maciça, que sofreu compactação, como o quartzito. Quanto às estruturas granulares, para Popp (1998), quando o metamorfismo se dá sem pressão orientada, as estruturas que se formam não são orientadas; as estruturas xistosas pouco metamorfoseadas podem apresentar minerais quase imperceptíveis; já quando se alteram numa rocha estruturas xistosas e granulares, a estrutura resultante é chamada gnáissica; por último, a estrutura cataclástica é resultado do esmagamento e cisalhamento das rochas e minerais, com presença de pedaços de rochas e minerais fragmentados e deformados.

Outro critério utilizado para a identificação das rochas metamórficas foi o grau de metamorfismo, classificado em epimetamórfico, mesometamórfico, catametamórfico e ultrametamórfico. Conforme Popp (1998), o metamorfismo ocorre com mais ou menos intensidade em função da temperatura e pressão, sendo o grau mais baixo chamado epimetamórfico, o grau intermediário mesometamórfico, o

grau mais intenso catamamórfico e, nas fases mais intensas, ditas de ultrametamórfico.

Nos graus mais baixos, a granulação das rochas é mais fina, quase não sendo possível sua visualização, no grau intermediário, os cristais já podem ser visualizados, o mais resistente tem ocorrência de minerais como o feldspato, silimanita, granada, entre outros, já nas fases mais intensas, no ultrametamorfismo, os minerais têm composição alterada, tendo rochas com aspectos intermediários entre metamórficas e ígneas (Popp, 1998).

Novamente, as características do tipo de foliação dependem do tipo de metamorfismo. Essas diferentes foliações e texturas auxiliam na sua classificação, sendo mais um dos caracteres observados para sua identificação e uma das feições mais fáceis de serem notadas. De acordo com Guerra e Guerra (1997), a foliação constitui um tipo de arranjo dos minerais, ao longo de planos, como resultado da orientação paralela desses minerais. A foliação se divide em três grupos: clivagem, xistosa e bandada gnáissica.

De acordo com Popp (1998), a clivagem caracteriza-se por ter granulação muito fina, vem em planos e se quebrar em placas, como a ardósia (Figura 7); a foliação xistosa, são rochas de xistosidade acentuada e cristais bem visíveis, apresentando folhas e placas delgadas; as rochas de bandada gnaíssica são aquelas com granulação grosseira e mais resistentes; apresentam uma orientação nítida dos minerais presentes, formando bandas ou faixas em tons claros e escuros. Na (Figura 7), seguem exemplos dos tipos de foliação.



Figura 7: Tipos de foliação.

A: Ardósia com foliação clivada



B: Xisto de foliação xistosa



C: Gnaisse de foliação bandada gnáissica



Fonte: Própria autora (2018).

A classificação das rochas metamórficas é bastante complexa, dependendo das principais propriedades físicas para identificá-las. Na (Tabela 4), apresentam-se os principais critérios para identificação das rochas metamórficas.

Tabela 4: Principais critérios de classificação das rochas metamórficas.

CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS METAMÓRFICAS	
TIPOS DE METAMORFISMO	Regional
	Contato
ESTRUTURA	Maciça
	Granular
	Xistosa
	Gnáissica
	Cataclástica
	Epimetamórfico
GRAU DE METAMORFISMO	Mesometamórfico
	Catametamórfico
	Ultrametamorfismo
	Clivagem
TIPOS DE FOLIAÇÃO	Xistosa
	Bandada Gnáissica

Fonte: Adaptado de Popp (1998). Organização própria autora (2018).

### 3.5. Confeção do Material Didático

Segundo a proposta de Rocha et al. (2007), feita a classificação das amostras de rochas e minerais, foram selecionadas amostras de 10 minerais, 5 rochas ígneas, 5 sedimentares e 5 metamórficas para serem inseridas no kit (Figura 8), onde o material didático confeccionado, kits podem ser doados a instituições de ensino público e privada, para serem usadas pelos professores para ministrar aulas práticas com os kits de rochas e minerais.

**Figura 8:** Caixa com amostras de rochas e minerais.



Fonte: Própria autora (2018).

Objetiva-se, com isso, instigar a capacidade de observação dos alunos ao examinarem as amostras, comparando-as e estabelecendo a diferença entre elas, de forma a contribuir com sua aprendizagem, aprofundando o entendimento dos processos e materiais geológicos, referentes aos aspectos físicos visíveis, a compreensão da constante evolução e modificação da Terra, bem como repassar aos alunos a importância de se preservar os recursos no meio ambiente.

## 4. *Considerações Finais*

O conhecimento sobre rochas e minerais é muito importante para a compreensão da dinâmica da Terra, revelando-nos algumas de suas estruturas e de sua história. Não obstante, tem relevância para a sociedade também, já que é um recurso com muitas utilidades e aplicações.

O material didático elaborado e apresentado nesse estudo, ao ser utilizado em sala de aula, servirá como ferramenta que contribuirá para o aprendizado dos alunos em sala de aula, auxiliando o professor durante a explicação da matéria e afins, permitindo que, além da parte teórica, o aluno tenha contato com a parte prática, dando significado ao conteúdo, aumentando, em consequência, sua compreensão e conhecimento acerca do meio ambiente. É importante que o professor utilize o material de forma correta, considerando o nível escolar dos alunos e a disciplina em que será usado, de maneira que busque o interesse do aluno, de forma a promover uma maior compreensão sobre os processos geológicos e mineralógicos, a partir da observação das amostras.

O trabalho tem muitas possibilidades de aplicação e uso, recomendando-se que continue com o desenvolvimento do mesmo, visto ser uma valiosa ferramenta didática para o ensino, ampliando a busca pelo conhecimento e concepção das estruturas que arranjam a litosfera

Terrestre e as Ciências da Terra.

## *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

## Bibliografia

ALMEIDA, Cícera Neysi; ARAÚJO, Creuza; MELLO, Edson Farias. Geologia nas escolas de Ensino Básico: a experiência do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Terræ Didatica*, Rio de Janeiro-RJ, v. 11, n. 3, p.150-161, 29 jun. 2015. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/4945>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

BERGQVIST, LÍlian Paglarelli; PRESTES, Stella Barbara Serodio. Kit Paleontológico: um material didático com abordagem investigativa. *Ciência & Educação (Bauru)*, Bauru-SP, v. 20, n. 2, p.345-357, 16 jan. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132014000200345&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132014000200345&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 09 jan. 2019.

BOUROTTE, Christine Laure Marie et al. Kit didático “da rocha ao grão” ... de areia. *Terræ Didatica*, São Paulo-SP, v. 10, n. 3, p.298-304, 2014. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/8432>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CONSTANTE, Andreia; VASCONCELOS, Clara. Atividades lúdico-práticas no ensino da Geologia: complemento motivacional para a aprendizagem. *Terræ Didatica*, Porto, Portugal, v. 6, n. 2, p.101-124, 2010. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/8375>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CUNHA, Carlos Jorge da et al. Ensino de técnicas de análises de minerais com ênfase na interpretação de dados: teoria e prática na formação do geólogo. *Terræ Didatica*, Campinas-SP, v. 1, n. 4, p.14-27, 2008. Disponível em: <<https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v4/pdf-v4/pdf-v4-art2.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. Novo dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 652 p.

JORGE, Márcia da Silva et al. A geologia prática no ensino da geografia. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 2014, Vitória/ES. Anais... Vitória-ES: 2014. Disponível em: <[http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1405003891\\_ARQUIVO\\_Geologianoensinodageografia\\_CBG\\_2014.pdf](http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1405003891_ARQUIVO_Geologianoensinodageografia_CBG_2014.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MORENO, Elisabete Aparecida; VOLKMER, Susana. VISÃO INTEGRADA DA GEOGRAFIA FÍSICA A PARTIR DO ESTUDO DE ROCHAS E MINERAIS – UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO. 2016. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/947-4.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

NUNES, Fábio Carvalho et al. Acervo de Minerais e Rochas: Instrumento para o Ensino de Geociências. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/980319/acervo-de-minerais-e-rochas-instrumento-para-o-ensino-de-geociencias>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

POPP, José Henrique. Geologia geral. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 376 p.

ROCHA, Isabel Rodrigues da et al. OFICINA DE GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE. In: IV CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 4., 2007, Goiânia. Anais... . Goiânia: Editora da UFG, 2007. p. 3278 - 3280. Disponível em: <<http://projetos.extras.ufg.br/conpeex/2007/comissao.htm>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

SCABELLO, Andréa Lourdes Monteiro; BATISTA, Maicon Henrique Marques. Geologia aplicada à Geografia: reflexão sobre a Iniciação à Docência. Form@re. Revista do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica / Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, v. 4, n. 2, p.178-186, 2016. Disponível em: <<http://www.ojs.ufpi.br/index.php/parfor/article/view/4709>>. Acesso em: 09 jan. 2019.

SCHUMANN, Walter. Gemas do mundo. 9. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 2002.

SGARBI, Geraldo Norberto Chaves (Org.). Petrografia macroscópica das rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2012. 632 p.

SILVA, Adailton Araújo da. Proposta de um jogo didático no ensino de Geociências: o ciclo das rochas no Ensino Fundamental. 2016. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais) - Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2016. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/14265>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

TEIXEIRA, Wilson et al (Org.). Decifrando a Terra. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

VARGAS, Thais et al. Aplicação dos conhecimentos básicos de Geologia de forma interdisciplinar nos Ensinos Fundamental e Médio – RJ. Interagir: pensando a extensão, Rio de Janeiro-RJ, n. 20, p.53-66, 2015. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/interagir/issue/view/1222>>. Acesso em: 10 jan. 2019.



## Sobre os autores

ADEMIR DE CÁSSIO MACHADO PERANSONI - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade da Região da Campanha, Especialização em Educação Ambiental pela Universidade de São Paulo (2012), Mestre em Ensino de Ciências Exatas pelo Centro Universitário UNIVATES (2015) e atualmente é aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação do curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui experiência na área de Biologia Geral e Licenciatura com Formação de Professores na área de Etnomatemática. Atualmente é Técnico de Laboratório de Biologia da Universidade Federal do Pampa e integra o Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC-UFSM) com pesquisas voltadas para o Sensoriamento Remoto de vegetação fitopatologicamente comprometidas.

AILTON LUCHIARI (*in memoriam*) – Coursou Bacharelado em Geografia na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1980), mestrado em Sensoriamento Remoto no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1985) e doutorado em Geografia (Geografia Física) na Universidade de São Paulo (1993). Tornou-se Livre Docente em 2013 pela Universidade de São Paulo. Foi professor da Universidade de São Paulo, atuando na área de Geociências, com ênfase em geoprocessamento, cartografia ambiental, sensoriamento remoto, tratamento digital de imagens e sistema de informação geográfica

ALÉCIO PERINI MARTINS - Doutor (2015), Mestre (2009), Licenciado e Bacharel (2007) em Geografia pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Docente nos cursos de Graduação e Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, onde é

coordenador do Laboratório de Geoinformação e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado e Doutorado). Tem experiência na área de Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas: Geotecnologias (com ênfase em Sensoriamento Remoto), Planejamento e Análise Ambiental, Modelagem em Geografia Física e Climatologia Geográfica.

**ALESSANDRA APARECIDA DA LUZ MORAES** - Formada no Curso Técnico em Geoprocessamento, pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (2015 - 2016). Acadêmica do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento, pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (2017). Atualmente está atuando como Bolsista no projeto de pesquisa de Levantamento de área irrigada por pivô-central no estado do Rio Grande do Sul, utilizando-se imagens de satélite.

**ALINE NUNES DA SILVA** - Graduada em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2014-2018), sendo orientada pelo Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann, com ênfase de suas pesquisas na escala topoclimática, efeito orográfico, gradientes verticais e atualmente unidades de conservação. E-mail: [alinendeca@hotmail.com](mailto:alinendeca@hotmail.com)

**ASSUNÇÃO ANDRADE DE BARCELOS** - Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí (2014), Mestrado em Geografia, (2017), orientador Professor Dr. João Batista Pereira Cabral. Doutorando em Geografia na Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí, área: “Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro” linha de pesquisa: “Análise Ambiental do Cerrado Brasileiro”, orientador: Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral. Atuando principalmente na linha de pesquisa: Classificação de Corpos D’água, Índice de Qualidade

da Água. Participante do Projeto de Pesquisa Análises Integrada em Bacias Hidrográficas com distintos usos e ocupação do solo entre as Universidades: UFG/Regional Jataí, USP e UFSM. Servidor Público Federal da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí.

**BIANCA MARQUES MAIO** - Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas (2009-2013). Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas sob orientação da professora Dr<sup>a</sup>. Erika Collischonn. Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (ingresso, 2018), orientador professor Dr. Cássio Arthur Wollmann. Integrante do Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical (LaCAS). Atua nas seguintes temáticas: Climatologia Geográfica, Clima Urbano, Clima e Saúde e Planejamento Ambiental. E-mail: [biankamaio@hotmail.com](mailto:biankamaio@hotmail.com)

**CÁSSIO ARTHUR WOLLMANN** - Graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2004-2007), sendo orientado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria da Graça Barros Sartori. Doutor (Doutorado Direto – 2008-2011) e Pós-doutor (2017-2018) pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo (USP - São Paulo, SP), sendo orientado e supervisionado pelo Prof. Dr. Emerson Galvani, cujos temas centrais da tese e estagio pós-doutoral desenvolvidos foram a Climatologia Geográfica e a Climatologia Agrícola. Atualmente, Professor Adjunto (Nível IV) do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria, atuando nos Cursos presenciais de Geografia (Bacharelado e Licenciatura Plena), Licenciatura em Geografia (EaD/UAB) e no Programa de Pós-Graduação em Geografia. E-mail: [cassio\\_geo@yahoo.com.br](mailto:cassio_geo@yahoo.com.br).

CELSONO CARVALHO BRAGA - Técnico em Agrimensura, pela Escola Técnica Federal de Goiás (1993), graduado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (1998) e mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás - Campus de Jataí (2012). Doutorado em Geografia da Universidade Federal de Goiás (UESPA) (2017). É professor de educação técnica e tecnológica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) desde 1994, atuando no Curso Técnico em Agrimensura. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Hidrogeografia, atuando principalmente nos seguintes temas: sólidos em suspensão, sedimentometria, batimetria de reservatórios de UHEs, bacia hidrográfica, descarga sólida total.

CRISTIANO NIEDERAUER DA ROSA - Doutorando no programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Tecnólogo em Geoprocessamento pela UFSM, e Técnico em Geoprocessamento pela UFSM. Tem experiência na área de Geociências com ênfase nos seguintes temas: Cartografia, Sistemas de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto/Processamento digital de imagens, análise de produtos advindos de VANT, topografia e geodésia. Realizou estágio curricular na empresa Engambih por cinco meses. Membro dos Grupos de Pesquisa Modelagem hidroambiental e ecotecnologias, e Geotecnologias aplicadas à análise ambiental. Atualmente trabalha no Centro Climático e Polar da UFRGS, com ênfase no Sensoriamento Remoto da água no continente Antártico, e participa Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) como voluntário no projeto Núcleo de Inteligência Terrestre, organizado pela Fundação Parque Tecnológico de Itaipu e ITAIPU binacional.

DAIANE FERREIRA BATISTA - Doutora em Geografia com ênfase na Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro, pela UFG Jataí (2018). Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás, UFG, Jataí (2016). Licenciada em Geografia pela Universidade Estadual de Goiás - UEG, Iporá (2014). Atuação nos seguintes temas: Educação - Ensino de Humanidades (Geografia, História, Sociologia e Filosofia), Pesquisas Científica - em Geomorfologia, Dinâmica Fluvial, Qualidade Hídrica, Solos e Sedimentos de Bacias Hidrográficas, com ênfase em metais pesados e parâmetros limnológicos. Atua como professora substituta do IF Goiano Iporá, na área de Humanidades com as disciplinas de Sociologia, História, para alunos do Ensino Médio (1º, 2º e 3º anos) e PROEJA - Professora do 3º Ano do Ensino Médio de Geografia no Colégio Engemed.

DENISE CRISTINA BORGES - Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura, pela Universidade do Vale dos Sinos – UNISINOS (2012). Bolsista no Instituto de Pesquisas de Planárias durante a graduação na UNISINOS. Exerceu função na Secretaria de Meio Ambiente do Município de Campo Bom, na coordenação de projetos ambientais, emissão de pareceres e laudos ambientais (2009-2014). Pós-graduada em Especialização em Sistemas de Gestão Integrada, Ênfase em Meio Ambiente e Responsabilidade Social pela Universidade Feevale (2015). Mestre em Geografia: Dinâmicas da natureza e Qualidade Ambiental do Cone Sul, pelo Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM (2017). Atua na área de consultorias ambientais e ensino na área de ciências e biologia. E-mail: deniseborges\_cb@yahoo.com.br

ELIANE MARIA FOLETO - Licenciada em Geografia, Doutora em Enga.. Produção: Gestão Ambiental (UFSC). Professora Associada IV do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Centro de Ciências Naturais e Exatas/ Universidade Federal de Santa Maria. Coordena o Laboratório de Hidrogeografia (HIDROGEO), Participa do Grupo de Pesquisa em Patrimônio Natural, Geoconservação e Gestão da Água (PANGEA), atua na temática de: Áreas Protegidas, Gestão de Recursos Hídricos, Planejamento e Ordenamento Territorial. Coordena os Projetos: Mapeamento e Diagnóstico de Áreas Protegidas na Região Central do RS; O Contexto da Gestão e dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul; Centro de Educação e Pesquisas Ambientais - CEPA/RPPN Estadual MO´Á, Itaara, RS. Representa a UFSM junto ao Conselho Administrativo da Fundação MO´Á desde 2003.

EMERSON GALVANI - Doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, em 2001, em Botucatu/SP. Mestre em Agrometeorologia pela ESALQ/USP, em 1995. Atualmente é Professor Doutor da Universidade de São Paulo. Atua na área de Geografia, com ênfase em Geografia Física, Climatologia e Microclimatologia. Em seu currículo Lattes os termos mais frequentes na contextualização da produção científica e tecnológica são: microclima, balanço de energia, atributos climáticos, microclima de ambientes específicos. Bolsista de pesquisa e produtividade do CNPq (1D). Atualmente é coordenador do Curso de Geografia da Universidade de São Paulo; Editor Chefe da Revista Brasileira de Climatologia, e Vice-Presidente da Comissão de Graduação da FFLCHC. E-mail: egalvani@usp.br.

EZEQUIEL PEREIRA DA SILVA - Graduando do curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal de Goiás desde o ano 2016, participa do projeto de pesquisa “Análise integrada em Bacias Hidrográficas: Estudos Comparativos com distintos usos e ocupação do solo” entre as Universidades: UFG/Regional Jataí, USP e UFSM, no qual, exerce a função de gerenciar o banco de dados climáticos da bacia hidrográfica do Rio Claro sob orientação do Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral da Universidade Federal de Goiás Regional/Jataí. Atualmente é monitor da disciplina de Introdução à Climatologia.

FELIPE ANDRÉ DIAS - Bacharel em Geografia pela Universidade de São Paulo (2017) e cursa licenciatura em Geografia também pela Universidade de São Paulo. Mestrando do Programa de Geografia Física da Universidade de São Paulo. Possui experiência em Cartografia Temática, Formulação de Indicadores e Índices, Análise de Dados Censitários e Sistema de Informação Geográfica, trabalhando principalmente com Índice de Qualidade de Vida.

FELIPE CORREA DOS SANTOS - Geógrafo, Licenciado em Geografia, Especialista em Geomática, Mestre em Geografia e Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria.

FERNANDA LUISA RAMALHO - Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Goiás, tendo como orientador o Prof<sup>o</sup> Dr. Luis Felipe Soares Cherem. Bacharel e licenciada (2015) em Geografia pela Faculdade de Ciências Integradas do Pontal (FACIP/UFU). Mestre em Geografia (2017) pela Universidade Federal do Goiás (UFG)/Regional

Jataí, com atuação em análise do índice de qualidade de água, tendo como orientador o prof<sup>o</sup> Dr. João Pereira Batista Cabral. Atualmente é professora substituta pela Universidade Federal de Jataí no curso de Geografia. Membro do laboratório de Pesquisa Geociência Aplicada (UFG)/Regional Jataí. Além de participar do Grupo de Pesquisa - GEPDA (Grupo de Estudos e Pesquisas em Dinâmicas Ambientais), desde 2014, na Universidade Federal de Uberlândia/Campus Pontal, e do projeto de pesquisa Análise Integrada em Bacias Hidrográficas: Estudos Comparativos com distintos usos e ocupação do solo: entre as Universidades: UFG/Regional Jataí, USP e UFSM.

FERNANDO SHINJI KAWAKUBO - Possui graduação em Geografia pela Universidade de São Paulo (2001), mestrado em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (2005) e doutorado em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (2010). Atualmente é professor da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando nos seguintes temas: sensoriamento remoto, geoprocessamento, fragilidade ambiental, uso da terra/cobertura vegetal, análise de mistura espectral, classificação de imagens e superfícies impermeáveis.

GISELI KRAMER - Geógrafa, doutoranda no programa de pós-graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (Bolsista FAPERGS/CAPES) integrante do Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) da UFSM e voluntária no projeto Núcleo de Inteligência Terrestre, organizado pela Fundação Parque Tecnológico de Itaipu e ITAIPU binacional. Conteudista de educação a distância. Mais de cinco anos de experiência na docência do ensino superior, com ênfase em geoprocessamento, sensoriamento remoto, geologia,



gestão ambiental, e metodologia da pesquisa. Experiência em curso de pós-graduação de perícia, auditoria e gestão ambiental. Experiência nos cursos de graduação de Gestão Ambiental. Atuou como coordenadora de estágios supervisionados, monitorias e tutorias acadêmicas, de projetos de extensão e de pesquisa. É Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Especialista em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental pela Universidade Paranaense (UNIPAR). Formada em Geografia pela UFSM.

IAGO TURBA COSTA - Graduado em Geografia Licenciatura Plena pela Universidade Federal de Santa Maria (2013-2017). Mestrando e bolsista CAPES do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) pela UFSM com ingresso em 2018, sendo orientado pelo professor Dr. Cássio Arthur Wollmann. Membro integrante do Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical (LaCAS). Atuação científica com produções acadêmicas voltada para a Climatologia Geográfica, Clima e Educação; Percepção Climática; Climatologia Médica e Bioclimatologia Humana. E-mail: iagoturba06@gmail.com

ISMAEL LUIZ HOPPE - Possui graduação em Licenciatura Plena (2015) e bacharelado (2018) em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria e Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (2018), na linha de Pesquisa: Dinâmicas da Natureza e Qualidade Ambiental do cone Sul, sendo orientado pelo Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann. E-mail: ismael.hoppe@hotmail.com

JAKELINE BARATTO - Graduada em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2011-2015), sendo orientada pelo

Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann. Técnica em Meio Ambiente pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Geografia (2015-2017) com o tema precipitação pluviométrica em bacia hidrográfica. Doutoranda em Geografia (2017) ambos pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Santa Maria (UFSM – Santa Maria, RS), sendo orientado pelo Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann. Tema atual da tese é análise do nevoeiro e da precipitação oculta no Parque Nacional de Aparados da Serra. E-mail: jekeline.jake@hotmail.com

JANDERLEI VELASQUE DAL OSTO - Técnico em Geoprocessamento pelo Colégio Politécnico da UFSM, graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria, atualmente é aluno de mestrado do Programa de pós-graduação em geografia da Universidade Federal de Santa Maria (PPGGEO-UFSM) e aluno do curso de Geografia Licenciatura Plena pela mesma instituição de ensino. Tem experiência na área de geociências, com estudos focados nos seguintes temas: Geoprocessamento, uso e cobertura da terra, análise de variáveis limnológicas, bacias hidrográficas e sensoriamento remoto. Realizou estágio curricular na empresa Plátano Ambiental no segundo semestre de 2016. Atualmente ministra aulas de geografia em cursinhos preparatórios para vestibulares, ENEM e ESA.

JOÃO BATISTA PEREIRA CABRAL - Possui graduação em Geografia pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Imaculada Conceição (1994). Mestrado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus Rio Claro (2001). Doutorado em Geologia pela Universidade Federal do Paraná (2006). Pós-Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é

professor Associado I da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí, Editor Chefe da revista científica Geoambiente On-line, pesquisador na área de Geociências com ênfase em Geografia Física e Geologia Ambiental, atuando principalmente nas linhas de pesquisa: Recursos Hídricos (Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico); Aspectos Hidroclimáticos; Hidrossedimentologia; Geotecnologias Aplicada ao Estudo de Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos.

JOÃO PAULO DELAPASSE SIMIONI – Graduado em Geografia (bacharelado) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), mestre em Geografia (análise ambiental) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e doutorando em Sensoriamento Remoto (UFRGS). Tem experiência nas áreas de climatologia geográfica, pulsos de inundação, sensoriamento remoto e áreas úmidas. E-mail: joao.delapasse@ufrgs.br.

JULIANE BEATRIZ LISSNER - Graduada em Geografia Licenciatura Plena pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Especialista em Gestão Pública Municipal pela Universidade Federal do Pampa; Mestre em Geografia - área de concentração em análise ambiental - pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é vice-diretora na Escola Municipal Patrício Dias Ferreira, em Caçapava do Sul - RS, Doutoranda em Geografia pela UFSM.

JURANDYR LUCIANO SANCHES ROSS - É geógrafo formado pela Universidade de São Paulo (1972), com mestrado e doutorado em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (1987). Professor titular da Universidade de São Paulo, foi chefe do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geomorfologia,

atuando principalmente nos seguintes temas: geomorfologia, cartografia, gestão ambiental, zoneamento ecológico-econômico e planejamento ambiental territorial. Foi consultor do MMA para projetos de ZEE no período 1992/2002. Atuou como consultor ou orientação técnica científica em diversos projetos de Zoneamento Ecológico-econômico, Planos Diretores Municipais e Planos de Manejo de Unidades de Conservação Federais e Estaduais.

**MÁRCIO GREYCK GUIMARÃES CORREA** - Geógrafo pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Doutor em Ciências (Geografia Física) pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo (FFLCH/USP). Atualmente é professor coordenador de núcleo pedagógico na área de Geografia na Diretoria de Ensino Região Centro-Oeste da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo. Trabalha com Geografia Física, tendo trabalhos publicados nas áreas de Climatologia e Hidroclimatologia.

**MARCOS AUGUSTO GOMES DOS SANTOS** - Formado no curso Técnico em Geoprocessamento, pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Membro dos grupos de pesquisa no LabGeotec (Laboratório de Geotecnologias), coordenado pelo Dr. Waterloo Pereira Filho e Serveg (Laboratório de Sensoriamento da Vegetação), coordenado pela Dra. Tatiana Mora Kuplich.

**MARCOS ROBERTO MARTINES** - Possui graduação em Geografia pela Universidade de São Paulo (1998) e mestrado em Geografia (Geografia

Humana) pela Universidade de São Paulo (2005) e Doutorado em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (2011). Tem experiência na área de Geografia Física, Cartografia e Geociências, com ênfase em Geoprocessamento, atuando principalmente nos seguintes temas: Geografia Física, Cartografia Temática e Sistemática, Geoprocessamento, Diagnóstico e Análise Ambiental, Modelagem Cartográfica e Álgebra de Mapas, Banco de Dados Geográfico e Sensoriamento Remoto

MICHAELA ANDRÉA BETTE CAMARA - Possui graduação em DIREITO pelo CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DE JATAÍ (1997). Especialista em Gestão de Pessoas nas Organizações Públicas pela UFG (2010). Mestre em Geografia pela UFG, Campus Jataí, cuja pesquisa é na área de Mobilidade Urbana, Acessibilidade e Direito à Cidade. Doutoranda em Geografia junto ao PPGEIO da Regional Jataí/UFG. Atualmente, é Assistente em Administração (TAE) da Universidade Federal de Goiás e Coordenadora de Extensão e Cultura da Regional Jataí da UFG. Membro do Núcleo de Acessibilidade e Inclusão da Regional Jataí da UFG. Atua junto ao cerimonial universitário. Delegada Regional da Região Centro-Oeste no FORCIES - Fórum dos Organizadores de Cerimônias Universitárias e Acadêmicas das Instituições de Ensino Superior Brasileiras.

MICHELLE ODETE DOS SANTOS - Geógrafa, é Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia Física FFLCH/USP, desenvolvendo pesquisas sobre Geomorfologia e análise de áreas com potencial para escorregamentos. Também é a responsável técnica do LABCART – Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento Professor André Libault (DG-FFLCH/USP). Contato: michelleos@usp.br.

PATRÍCIA DA SILVA GOMES - Graduanda do curso de Geografia em Licenciatura, na Universidade Federal de Goiás (UFG) Regional Jataí. MEMBRO DO Laboratório de Pesquisa Geociências Aplicada (UFG)/ Regional Jataí. Participante do Projeto de Pesquisa Análise Integrada em Bacias Hidrográficas com distintos usos e ocupação do solo entre as Universidades: UFG/Regional Jataí, USP e UFSM.

PATRICIA MICHELE PEREIRA TRINDADE - Formada em Geografia Bacharelado (2008 – 2011) e mestre do Programa de Pós-Graduação em Geografia (2012 – 2014) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde desenvolveu projetos de pesquisa e extensão relacionados à geografia física, educação ambiental, geoprocessamento e sensoriamento remoto. Atualmente é doutora em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e integrante do Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) da Universidade Federal de Santa Maria, onde realiza pesquisa sobre urbanização e ilhas de calor urbanas com apoio dos produtos de Sensoriamento Remoto (imagens termais), Cartografia, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e dados de temperatura derivados de experimento de campo.

PATRÍCIA TINOCO SANTOS - É Mestra em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2018). Possui graduação em Geoprocessamento (2015) e Agrimensura (2012), ambas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Atualmente é professora de ensino básico, técnico e tecnológico e pesquisadora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (Campus Jataí). Também é pesquisadora na Universidade Federal de Jataí (UFJ). Tem experiência na área de Geomática, com ênfase em topografia, cartografia e geoprocessamento.

PATRÍCIA ZIANI - Licenciada em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da UFSM. Doutoranda pelo PPGGEO da UFSM e bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Recursos Hídricos, Bacias Hidrográficas, Áreas Protegidas, Unidades de Conservação, Hidrogeografia e Paisagem. Participante do Grupo de Pesquisa em Patrimônio Natural, Geoconservação e Gestão da Água (PANGEA) e do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD). E-mail: pathyziani@gmail.com.

PAULO MIGUEL DE BODAS TERASSI - Geógrafo e Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Doutorando em Ciências (Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (FFLCH/USP). Tem experiência em Geografia Física, com ênfase em Climatologia Geográfica.

POLLYANNA FARIA NOGUEIRA - Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/ REJ. Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/ REJ - com o título ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO RIO CLARO (GO). Possui experiência na área de Geografia, com ênfase em estudos Limnológicos, análise de bacias hidrográficas e Educação. Participa de projetos desenvolvidos pelo laboratório de Geociências Aplicadas - LGA/UFG. Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Goiás UFG/REJ.

RAFAEL DEZORDI - Graduado no curso superior de tecnologia em Geoprocessamento (UFSM), atualmente é aluno de mestrado do programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (PPGGEO-UFSM). Possui experiência na área de Geociências, com ênfase em Geoprocessamento, com atuação nos seguintes temas: drenagem, bacia hidrográfica, geoprocessamento, uso e cobertura do solo, sensoriamento remoto, cartografia, sistemas de informações geográficas, cadastro multifinalitário, mapeamento de delimitação de reserva particular do patrimônio natural (RPPN), modelagem de variáveis limnológicas oticamente ativas. Realizou estágio curricular na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Uva e vinho de Bento Gonçalves com atuação no cadastro de vitícolas, manutenção de perfiz geológicos. Membro dos projetos de Pesquisas Utilização de sensores remotos para avaliar o índice de estado trófico da água, em uma área piloto na margem esquerda do reservatório da hidrelétrica de Itaipu e formação de rede de áreas protegidas na região central do Rio Grande do Sul.

REGINA MARIA LOPES - Doutorado em Geografia pela UFGD/ Universidade Federal da Grande Dourados-MS, mestre em Geografia pela UFG/Universidade Federal de Goiás (2011) possui especialização em Meio: Educação e gestão Ambiental/UFG (2010) e graduação/licenciatura e bacharelado em Geografia (2004) pela mesma universidade. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em climatologia geográfica, atuando principalmente nos seguintes temas: topoclima, microclima e monitoramento ambiental e climático em bacias hidrográficas. Professora do curso de Bacharelado/Licenciatura em Geografia/UFJ, atuando nas disciplinas de Introdução a Climatologia e Climatologia Aplicada a Geografia. Presidente da Associação de Amigos do Museu Histórico de Jataí (AAMUHJ-2018/19) e Vice -presidente da Associação dos



Geógrafos Brasileiros (AGB) seção Jataí (2014-2017).

ROSANGELA DO AMARAL - Possui Bacharelado (2000) e Licenciatura (2001) em Geografia e Mestrado em Geografia Física (2005) pela Universidade de São Paulo (USP). É pesquisadora científica do Instituto Geológico (IG), da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: fragilidade ambiental, erosão, inundação, cartografia geomorfológica, recuperação de áreas degradadas e desastres naturais. Atualmente é aluna de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Geografia Física (PPGF) do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP.

RÚBIA GOMES MORATO - Possui graduação em Geografia (2000), mestrado em Geografia Física (2004) e doutorado em Geografia Humana (2008) pela Universidade de São Paulo (2008). Atualmente é professora de Cartografia do Departamento de Geografia da USP. Atuou por 6 anos como Especialista em Laboratório no Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto da USP. Foi professora conferencista de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Ourinhos) em 2007. Entre 2009 e 2014 foi professora da Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG). Realiza pesquisas nas áreas de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) aplicados aos estudos ambientais e socioeconômicos. É mãe da Flavinha.

SANTHIÉLY LÁKSMI SILVA GOMES - Graduada em Geografia (Licenciatura Plena) pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) 2015. E-mail:

santhielygeo@gmail.com

SHEYLA OLÍVIA GROFF BIRRO - Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí “Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro” linha de pesquisa “Análise Ambiental do Cerrado Brasileiro”. Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. João Batista Pereira Cabral. Co-orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross. (2017-2018). Licenciada e Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia/Campus Pontal (2016). Integrante do Laboratório de Geociências Aplicadas-UFG/Jataí. Participante do grupo de pesquisa, em trabalho de parceria entre as universidades UFG/Regional Jataí, USP e UFSM, com apoio do PROCAD/CAPES no projeto de pesquisa intitulado “Análises Integrada em Bacias Hidrográficas com distintos usos e ocupação do solo.” Atuando em estudos no campo de Geociências; Geomorfologia e Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas.

SUSY FERREIRA OLIVEIRA - Doutora em Geografia na Universidade Federal de Goiás (UFG) 2014. Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2013). Especialista pela Universidade Federal de Goiás em Meio Ambiente: Educação e Gestão Ambiental (2011). Possui graduação em Licenciatura em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2006). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Climatologia Geográfica, atuando principalmente nos seguintes temas: bacia hidrográfica, conhecimento, organização, precipitação, banco de dados, espacialização e ensino fundamental. Atua como Professora efetiva da Educação Básica no município de Rio Verde – GO.

Tatiana Mora Kuplich - Possui graduação em Ciências Biológicas

pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, especialização em Organização do Espaço (DESS em Aménagement des Territoires) pela Université Toulouse II na França, Mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, São José dos Campos) e PhD. pela School of Geography da University of Southampton na Inglaterra. Em 2002 foi aprovada em concurso para a Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) do INPE de São José dos Campos. Em janeiro de 2008 transferiu-se para o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS), unidade do INPE em Santa Maria (RS), onde é a Chefe desde agosto de 2018. Fez Pós-Doutorado no Laboratório VIPER (Visualization and Image Processing for Environmental Research) de Dar Roberts na University of California Santa Barbara, EUA. É docente e orientadora da Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua no estudo dos biomas brasileiros através de dados e técnicas de sensoriamento remoto.

THIAGO ROCHA - Doutorando (2019) e Mestre pelo Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGGeo), pela Universidade Federal de Goiás (UFG) - Regional de Jataí-GO (2018), na área, de Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro. Especialização em Ordenamento Ambiental e Desenvolvimento Sustentável (2016), graduação/licenciatura em Geografia (2015), ambos pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) - Campus Iporá. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em climatologia geográfica, atuando principalmente nos seguintes temas: clima urbano, conforto térmico, agroclimatologia, topoclima, microclima e monitoramento ambiental e climático em bacias hidrográficas com o uso de georreferenciamento. Atua no Projeto de Pesquisa Intitulado: Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos

comparativos com distintos usos e ocupação do solo. Participa como voluntário do projeto de pesquisa: O clima urbano de Iporá: as influências geourbanas e a formação de ilhas de calor em cidades de pequeno porte coordenado pelo Prof. Valdir Specian. Professor de Geografia na rede Estadual de Educação, no Estado de Goiás (SEDUCE).

**VAGNER APOLLO DUARTE** - Graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2014 - 2017), sendo orientado do Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2018). Membro do Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical (UFSM). Elaborando pesquisas principalmente na área de Climatologia Geográfica, com foco nos seguintes temas: Bacia Hidrográfica, Variabilidade Pluviométrica, Eventos Climáticos Extremos e Climatologia Agrícola. E-mail: [vagnerduarte@hotmail.com](mailto:vagnerduarte@hotmail.com).

**WATERLOO PEREIRA FILHO** - Geógrafo pela Universidade Federal de Santa Maria (1983), mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, doutorado em Geografia pela Universidade de São Paulo e pós-doutorado pela University of Victoria - Canadá. Atualmente é professor da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atua principalmente nos seguintes temas: Limnologia, Uso da Terra e Geotecnologias. Seus projetos principais: 1) Utilização de sensores remotos para avaliar o índice de estado trófico da água, em uma área piloto na margem esquerda do reservatório da Hidrelétrica de Itaipu; 2) Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo; 3) Comparação limnológica e espectral em reservatórios dos rios Paraná e Jacuí

YESICA RAMIREZ FLORES - Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria, Tecnóloga em Geoprocessamento pela Universidade Federal de Santa Maria. Técnica em Geoprocessamento pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. Bolsista CAPES.

ZILDA MARIANO DE FÁTIMA (*in memoriam*) - cursou graduação em Geografia Licenciatura na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1993), graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1994), mestrado em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola) pela Universidade de São Paulo (1998) e doutorado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2005). Foi coordenadora do Laboratório de Climatologia e Estação Meteorológica: <http://climatologiaufg.blogspot.com.br> (até junho de 2013) e Coordenadora do Curso em Bacharelado em Geografia de dezembro de 2012 a junho de 2013. Foi Professora Associada I, da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, na Graduação e no Mestrado em Geografia, com experiência na área de Geociências, com ênfase em Climatologia Geográfica e educação ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: clima rural, clima urbano, geografia médica, material didático em climatologia e educação ambiental.