

# Especialização de Mineração e Meio Ambiente

## Controle e Monitoramento Ambiental na Mineração



Mônica Arlinda Vasconcelos Ramos

# **Controle e Monitoramento Ambiental na Mineração**

Cruz das Almas - BA

2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

R175c

Ramos, Mônica Arlinda Vasconcelos.

Controle e monitoramento ambiental na  
na mineração Mônica Arlinda Vasconcelos Ramos.\_  
Cruz das Almas: UFRB.

45p.; il.

ISBN: 978-85-5971-039-7

1.Mineração – Impactos ambientais.  
2.Mineração – Monitoramento ambiental.  
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,  
Superintendência de Educação Aberta e a  
Distância. II.Título.

CDD:574.2

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA - UFRB**

**Silvio Luiz de Oliveira Soglia**

Reitor da Universidade Federal da Bahia - UFRB

**Georgina Gonçalves dos Santos**

Vice Reitora da Universidade Federal da Bahia - UFRB

**SUPERINTENDÊNCIA DE EDUCAÇÃO ABERTA E A DISTÂNCIA-SEAD**

**Ariston de Lima Cardoso**

ariston@ufrb.edu.br

Superintendente – Coordenador UAB

Docente/CETEC

**Adilson Gomes dos Santos**

adilsongomes@ufrb.edu.br

Coordenador Adjunto UAB

Docente/CETEC

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS - CCAAB**

**Elvis Lima Vieira**

e-mail: elvieira@ufrb.edu.br

Diretor

**Josival Santos Souza**

e-mail: jsouza@ufrb.edu.br

Vice-Diretor

**Marcela Rebouças Bomfim**

reboucas.marcela@ufrb.edu.br

Coordenador do Curso Especialização  
em Mineração e Meio Ambiente - Ead

**Giselle Chagas Damasceno**

gdamasceno@ufrb.edu.br

Vice-Coordenador do Curso Especialização  
em Mineração e Meio Ambiente - Ead

**EQUIPE DE PRODUÇÃO DA SEAD**

**Agessandro Azevedo Carvalho**

agesandro@ufrb.edu.br

Técnico em Assuntos Educacionais

**Alberto Roque Cerqueira de Azevedo**

betoazevedodrums@hotmail.com

Técnico em Audiovisual

**Sabrina Carvalho Machado**

sabrina@ufrb.edu.br

Assistente em Administração

**Carlos André Lima de Matos**

andhremattos@gmail.com

Diagramador - Estagiário

**Lailson Brito dos Santos**

lailsonsantos10@hotmail.com

Estagiário

**Dayane Sousa Alves**

dayane.alves@ufrb.edu.br

Chefe do Núcleo de Mídias  
Assistente em Administração

**Luiz Artur**

luiz.atr@ufrb.edu.br

Assistente em Administração

**Raimar Ramos de Macedo Filho**

raimarfilho@hotmail.com

Diagramador - Estagiário

**Jônatas de Freitas Santos**

moodle@ufrb.edu.br

Técnico em Informática

**Ravi Oliveira dos Santos**

ravi\_oliver@hotmail.com

Estagiário

SEAD - UFRB

Casa N° 1 - Campus Universitário. Telefone: (75) 3621-6922.

Rua Rui Barbosa, 710 - Centro. Cruz das Almas-BA

## **OLÁ TURMA,**

Nessa primeira etapa do componente trataremos a respeito do controle e monitoramento ambiental na mineração, atividades de suma importância na gestão e no planejamento ambiental dos empreendimentos dessa natureza, os quais utilizam recursos naturais e causam, em sua maioria, impactos ambientais negativos significativos.

Iniciaremos nossos estudos a partir do entendimento do controle ambiental e da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981), seus principais instrumentos, incluindo a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), o Zoneamento Ambiental, o Estabelecimento de Padrões de Qualidade e o Licenciamento Ambiental.

Encerrando essa primeira etapa, será enfatizado o licenciamento ambiental na mineração enquanto instrumento de controle, desde a implantação até a desativação dos empreendimentos minerários.

Na segunda etapa serão discutidas as principais medidas adotadas para mitigação dos impactos mais relevantes da mineração, incluindo a disposição de estéril, rejeitos e produtos, com enfoque nas barragens de rejeito.

Trataremos das medidas para gestão dos recursos hídricos, controle de poeira, ruídos e vibrações, bem como a respeito das principais ações para mitigação dos impactos sobre a biodiversidade.

Bom estudo!!!

Profa. Mônica Arlinda

# Sumário

<b>1</b>	<b>O CONTROLE AMBIENTAL .....</b>	<b>9</b>
1.1	LICENCIAMENTO AMBIENTAL	9
1.2	LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO	15
<b>2</b>	<b>CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO</b>	<b>21</b>
2.1	DEPÓSITO DE ESTÉRIL, REJEITO E PRODUTO	21
2.2	GESTÃO E CONTROLE DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO	24
2.3	CONTROLE E MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE	35
2.4	GESTÃO E CONTROLE DOS RECURSOS HÍDRICOS	35
2.5	CONTROLE DE POEIRA	39
2.6	CONTROLE DE RUÍDO E VIBRAÇÕES	40



# 1. O CONTROLE AMBIENTAL

O Controle Ambiental constitui num instrumento de gestão voltado para a prevenção, redução e mitigação dos impactos ambientais negativos causados pelas atividades antrópicas.

É um poder-dever do Estado, o qual deve exigir que as diferentes atividades humanas sejam exercidas com observância aos preceitos estabelecidos pela legislação de proteção ao meio ambiente. Deste modo, intervenções capazes de alterar as condições ambientais negativamente ficam submetidas ao controle ambiental (ANTUNES, 2012).

A Política Nacional de Meio Ambiente, **Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981)** prevê no seu Artigo 2, Inciso V, o controle e o zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras, assim como traz diferentes mecanismos para controle ambiental, incluindo o *estabelecimento de padrões de qualidade, o licenciamento, o cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras e ou utilizadoras de recursos ambientais*, dentro outro instrumentos.

## 1.1 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O licenciamento é uma modalidade de controle ambiental específica para atividades que, devido às suas dimensões, sejam potencialmente capazes de causar degradação ambiental, tendo como finalidade atestar a viabilidade ambiental dos projetos, antes da implantação, asse-

gurando as medidas de adequação ambiental na implantação e operação do empreendimento ou atividade (ANTUNES, 2012; MONTAÑO & RANIERI, 2013).

De acordo com o estabelecido na **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 237 de 1997**, o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle através da LICENÇA AMBIENTAL. Esta, por sua vez, constitui num ato administrativo, o qual deve ser obedecido pelo empreendedor para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores, ou aqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

O licenciamento é a base estrutural do tratamento das questões ambientais pela empresa, através do qual é iniciado contato do empreendedor com o órgão ambiental. Nesse processo a empresa passa então a conhecer suas obrigações quanto ao adequado controle ambiental de sua atividade (FIRJAN, 2004).

### TIPOS DE LICENÇA AMBIENTAL

De acordo com a Resolução CONAMA n. 237 de 1997 o Poder Público, no exercício de sua competência de controle, poderá expedir as seguintes licenças:

- I- **Licença Prévia (LP)** - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
- II- **Licença de Instalação (LI)** - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes;
- III- **Licença de Operação (LO)** - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento dos condicionantes das licenças anteriores.

Licenças ambientais específicas poderão ser definidas pelo CONAMA, quando necessário, onde serão considerados aspectos como a natureza, características e peculiaridades da

atividade ou empreendimento, assim como a compatibilização do processo de licenciamento com as etapas de planejamento, implantação e operação da atividade ou empreendimento.

O itinerário para o licenciamento ambiental inclui as seguintes etapas, conforme Resolução **CONAMA n. 237 de 1997**:

- I- Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida;
- II- Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- III- Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente), dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;
- IV- Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- V- Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;
- VI- Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- VII- Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;
- VIII- Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

Como apresentado acima, o órgão ambiental competente define os documentos e estudos necessário para iniciar o processo de licenciamento ambiental, os quais devem ser apresentados no requerimento da licença. Os estudos solicitados referem-se à caracterização

da atividade ou empreendimento, seus impactos, suas medidas de controle e prevenção, mitigação, manejo e recuperação ambiental.

Segue abaixo descrição mais detalhada de alguns estudos e documentos solicitados no licenciamento ambiental:

### **RELATÓRIO DE CONTROLE AMBIENTAL**

O Relatório de Controle Ambiental, previsto na **Resolução CONAMA n. 10 de 1990**, é um documento técnico exigido no processo de licenciamento, na hipótese de dispensa do EIA/RIMA, no qual são apresentados os estudos relativos aos aspectos ambientais da localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou um empreendimento que não gera impactos ambientais significativos.

### **PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL**

É voltado para os projetos executivos de minimização de impactos ambientais avaliados na fase prévia do empreendimento ou atividade, tendo por finalidade a proposição de medidas mitigadoras e de controle ambiental, as quais devem ser adotadas para mitigar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos envolvidos no processo de instalação ou operação do empreendimento ou atividade.

### **RELATÓRIO AMBIENTAL PRELIMINAR**

Tem por objetivo avaliar a viabilidade ambiental de uma atividade ou empreendimento potencial ou efetivamente causador de poluição ambiental, incluindo a análise qualitativa do meio físico, biótico e socioeconômico, a avaliação dos impactos decorrentes do empreendimento, das medidas mitigadoras e de controle ambiental, sendo apresentado na fase da Licença prévia, a partir do qual será exigido, ou não, EIA e RIMA.

### **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

Envolve a caracterização sistemática da qualidade ambiental da área de influência do empreendimento ou atividade, servindo de base para a identificação, previsão e avaliação

dos impactos ambientais, bem como para a definição das medidas mitigadoras e de controle ambiental.

### **PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD)**

Consiste em um documento técnico contendo um conjunto de medidas voltadas para a recuperação de ambientes degradados, a uma forma de utilização não degradada e equilibrada.

Reúne informações, diagnósticos, levantamentos e estudos que permitam a avaliação da degradação, ou alteração, a partir dos quais serão definidas as medidas adequadas para a recuperação da área.

Conforme Instruções Normativas do IBAMA (BRASIL, 2011) e do ICMBIO (BRASIL, 2014), no PRAD deverá ser caracterizada toda a área degradada e o seu entorno, detalhado os agentes causadores da degradação, a proposta de recuperação, os parâmetros a serem recuperados, o modelo de recuperação, as técnicas e ações a serem executadas para recuperação ambiental, os custos, insumos, cronograma de execução, além das ações para monitoramento e avaliação da efetividade da recuperação.

### **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA**

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é um documento técnico exigido no processo de avaliação de impacto ambiental (AIA), com base no qual serão tomadas as decisões quanto à viabilidade ambiental de um projeto, quanto à necessidade de medidas mitigadoras e compensatórias e quanto ao tipo e o alcance dessas medidas (SÁNCHEZ, 2013).

Conforme estabelecido na Resolução CONAMA n. 01, de 23 de janeiro de 1986, o EIA obedecerá as seguintes diretrizes gerais:

- I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
- II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
- III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos,

denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV - Considerar os planos e programas governamentais propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

### **RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - RIMA**

O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), considerando a Resolução Conama n. 01 de 1986, refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental. Deve ser apresentado de forma objetiva e adequada através de uma linguagem acessível, de modo que as vantagens e desvantagens do projeto possam ser compreendidas pela sociedade, assim como as conseqüências ambientais relacionadas à sua implementação. Este documento deverá conter a seguinte estrutura:

I - Objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;

II - Descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação, a área de influência, as matérias primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;

III - Síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;

IV - Descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;

V - Caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;

- 
- VI - Descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;
- VII - Programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;
- VIII - Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

## 1.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO

A mineração constitui numa modalidade de uso temporário do solo e inclui as seguintes etapas: prospecção e pesquisa mineral, delineamento da jazida e planejamento da lavra, produção e beneficiamento do minério, e recuperação ambiental (Figura 1.1). É uma atividade de extração de recursos naturais não renováveis que fornece matéria-prima para as indústrias, contribuindo para o desenvolvimento da economia e para a geração de emprego e renda (IBRAM, 2012).

Apesar da sua relevância para a economia, a mineração exerce um forte impacto sobre o meio ambiente e em função disso é necessária a adoção de mecanismos eficientes de controle e gestão, ao longo de todo o processo da produção mineral, de modo a prevenir a degradação e aumentar o desempenho ambiental.

O licenciamento da extração de minério, sendo uma atividade modificadora do meio ambiente, depende da avaliação de impacto ambiental, podendo ser exigido estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, ou Relatório de Controle Ambiental (RCA), os quais são submetidos à aprovação do Órgão Ambiental Competente, conforme estabelecido nas Resoluções do Conama n. 01 de 1986, n. 09 e n. 10 de 1990.

Conforme Resolução do **Conama n. 10 de 06 de dezembro de 1990**, o empreendimento de extração de mineral classe II, a critério do órgão ambiental competente, em função de sua natureza, localização, porte e demais peculiaridades, poderá ser dispensado da apresentação dos Estudos de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. No caso de dispensa, deve ser apresentado um Relatório de Controle Ambiental (RCA), elaborado de

Figura 1.1: Ciclo de vida de uma jazida. Fonte: Vale (IBRAM, 2013).



acordo com as diretrizes estabelecidas pelo órgão ambiental competente.

Para a efetiva operação do empreendimento de mineração, é necessária a LICENÇA DE OPERAÇÃO, assim como a PORTARIA DE LAVRA, expedida pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). A concessão da Portaria de lavra fica condicionada à apresentação ao DNPM, por parte do empreendedor, da Licença de Instalação, conforme previsto na **Res. CONAMA n. 09 de 06 de dezembro de 1990**.

Segue abaixo os tipos de licença ambiental e dos documentos necessários referentes à extração de minerais classe II, conforme **Res. CONAMA n. 10 de 06 de dezembro de 1990**, e minerais das Classes I, III, VI, V, VI, VII, VIII e IX, conforme **Res. CONAMA n. 09 de 06 de dezembro de 1990**, nas Tabelas 1.1 e 1.2, respectivamente.

Tabela 1.1: Tipos de Licença Ambiental e documentos necessários durante o processo de licenciamento ambiental para extração de minerais da Classe II, conforme Res. CONAMA n.10 de 06 de dezembro de 1990.

TIPO DE LICENÇA	DOCUMENTOS NECESSÁRIOS
<b>LICENÇA PRÉVIA - LP</b>	1 - Requerimento da LP 2 - Cópia da publicação do pedido da LP 3 - Estudos de Impacto Ambiental - EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, conforme Resolução CONAMA nº 1/86, ou nº 1/86, ou Relatório de Controle Ambiental.
<b>LICENÇA DE INSTALAÇÃO – LI</b>	1 - Requerimento da LI 2 - Cópia da publicação do pedido da LI 3 - Cópia da publicação do pedido da LP 4 - Cópia da autorização de desmatamento expedida pelo órgão competente. 5 - Plano de Controle Ambiental 6 - Licença da Prefeitura Municipal.
<b>LICENÇA DE OPERAÇÃO – LO</b>	1 - Requerimento da LO 2 - Cópia publicação do pedido de LO 3 - Cópia da publicação da LI 4 - Cópia do registro de licenciamento

Tabela 1.2: Tipos de Licença Ambiental e documentos necessários durante o processo de licenciamento ambiental para extração de minerais das Classes I, III, VI, V, VI, VII, VIII e IX, conforme Res. CONAMA n.09 de 06 de dezembro de 1990.

TIPO DE LICENÇA	DOCUMENTOS NECESSÁRIOS
<b>LICENÇA PRÉVIA - LP</b>	<p>(fase de planejamento e viabilidade do empreendimento)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Requerimento da LP</li> <li>2 - Cópia da publicação do pedido da LP</li> <li>3 - Certidão da Prefeitura Municipal</li> <li>4 - Estudos de Impacto Ambiental - EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, conforme Resolução CONAMA nº 1/86</li> </ol>
<b>LICENÇA DE INSTALAÇÃO – LI</b>	<p>(fase de desenvolvimento da mina, de instalação do complexo minerário, inclusive a usina, e implantação dos projetos de controle ambiental)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Requerimento da LI</li> <li>2 - Cópia da publicação do pedido da LI</li> <li>3 - Cópia da publicação da concessão da LP</li> <li>4 - Cópia da comunicação do DNPM julgando satisfatório o PAE</li> <li>- Plano de Aproveitamento Econômico</li> <li>5 - Plano de Controle Ambiental</li> <li>6 - Licença para desmate expedida pelo órgão competente, quando for o caso.</li> </ol>
<b>LICENÇA DE OPERAÇÃO – LO</b>	<p>(fase de lavra, beneficiamento e acompanhamento de sistemas de controle ambiental)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Requerimento da LO</li> <li>2 - Cópia publicação do pedido de LO</li> <li>3 - Cópia da publicação da concessão da LI</li> <li>4 - Cópia autenticada da Portaria de Lavra</li> </ol>

---

Ao longo de todo o ciclo da atividade da mineração (pesquisa, implantação, operação e fechamento), são necessárias autorizações, as quais estão vinculadas à apresentação de documentos e estudos técnicos, de modo que a atividade seja desenvolvida com o máximo de controle e planejamento, evitando assim danos aos recursos naturais e o comprometimento da qualidade ambiental.

Como já dito, nas etapas iniciais do licenciamento são exigidos os estudos ambientais (EIA e RIMA, ou RCA) e planos de controle ambiental, e na operação são executados os projetos relacionados ao controle dos impactos e as atividades de monitoramento. Por fim, na fase de fechamento, as ações relacionadas com a desativação da atividade, incluindo a recuperação da área degradada, atrelada ao Plano de Fechamento.

O fechamento de uma mina refere-se ao processo de desativação, ou descomissionamento, e envolve todas as ações para remoção das instalações utilizadas durante a operação, e implantação de medidas que garantam a segurança e a estabilidade da área, incluindo a recuperação ambiental e a implementação de programas sociais. Na etapa de pós-fechamento é então completada a desativação, sendo executadas ações de monitoramento, manutenção e programas sociais, com base em um plano específico de fechamento (IBRAM, 2013).



## 2. CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO

### 2.1 DEPÓSITO DE ESTÉRIL, REJEITO E PRODUTO

Na mineração, é produzido material estéril a partir do processo de decapeamento, na fase de lavra, assim como rejeito, após o processamento mineral, para os quais devem ser definidos locais para armazenamento e destinação final adequados, a fim de evitar danos ao meio ambiente. Do mesmo modo, devem ser definidas áreas de estocagem do material produzido após extração e processamento mineral.

Conforme estabelecido na **Norma Reguladora da Mineração n. 19** (BRASIL, 2001), a disposição de estéril, rejeitos e produtos deve ser prevista no Plano de Lavra – PL e a construção de depósitos deve ser precedida de estudos geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos, incluindo dispositivos de drenagem e gestão de segurança, de modo a evitar danos ambientais.

Segue abaixo orientações da NRM 19 (BRASIL, 2001), em relação à disposição de estéril, rejeitos e produtos:

Os depósitos de estéril, rejeitos ou produtos, assim como as barragens, devem ser mantidos sob supervisão de profissional habilitado e dispor de monitoramento da percolação de água, da movimentação, da estabilidade e do comprometimento do lençol freático.

A disposição de estéril, rejeitos e produtos deve observar os seguintes critérios:

- a) devem ser adotadas medidas para se evitar o arraste de sólidos para o interior de rios, lagos ou outros cursos de água, conforme normas vigentes;
- b) a construção de depósitos próximos às áreas urbanas deve atender aos critérios estabelecidos pela legislação vigente garantindo a mitigação dos impactos ambientais eventualmente causados;
- c) dentro dos limites de segurança das pilhas não é permitido o estabelecimento de quaisquer edificações, exceto edificações operacionais, enquanto as áreas não forem recuperadas, a menos que as pilhas tenham estabilidade comprovada;
- d) em áreas de deposição de rejeitos e estéril tóxicos ou perigosos, mesmo depois de recuperadas, ficam proibidas edificações de qualquer natureza sem prévia e expressa autorização da autoridade competente;
- e) no caso de disposição de estéril ou rejeitos sobre drenagens, cursos d'água e nascentes, deve ser realizado estudo técnico que avalie o impacto sobre os recursos hídricos, tanto em quantidade quanto na qualidade da água;
- f) quando localizada em áreas a montante de captação de água sua construção deve garantir a preservação da citada captação;
- g) deve estar dentro dos limites autorizados do empreendimento e;
- h) devem ser tomadas medidas técnicas e de segurança que permitam prever situações de risco.

No caso de disposição de estéril, rejeitos e produtos em terrenos inclinados, devem ser adotadas medidas de segurança para assegurar sua estabilidade. Durante o alteamento e construção dos sistemas de disposição, deve ser feito o monitoramento da estabilidade dos taludes e dos impactos ao meio ambiente, devendo ser controlados regularmente todos os depósitos e bacias de decantação, assim como suas instalações.

A deposição de substâncias sólidas em pilhas deve ser precedida de projeto técnico, o qual deverá conter as seguintes informações:

- 
- a) alternativas para o local de disposição as quais contemplem a geologia, condições meteorológicas, topografia, pedologia, lençol freático, implicações sociais e análise econômica;
  - b) a geotecnia e hidrogeologia;
  - c) caracterização do material a ser disposto nas pilhas;
  - d) parâmetros geométricos da pilha e metodologia de construção;
  - e) dimensionamentos das obras civis;
  - f) avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras;
  - g) monitoramento da pilha e dos efluentes percolados;
  - h) medidas para abandono da pilha e seu uso futuro;
  - i) reabilitação superficial da pilha e
  - j) cronograma físico e financeiro.

Na determinação da capacidade, das dimensões e do método construtivo dos depósitos devem ser adotadas medidas para evitar ou minimizar:

- a) erosão pela água;
- b) erosão eólica;
- c) deslizamento do material;
- d) decomposição química e dissolução parcial do material depositado com liberação de substâncias poluidoras e
- e) incêndio ou queima.

Devem ser consideradas as seguintes regras básicas para conformação das pilhas:

- a) desmatamento, preparo da fundação, retirando-se a terra vegetal;
- b) impermeabilização da base da pilha, onde couber;

- c) implantação do sistema de drenagem na base e no interior da pilha visando a estabilidade do talude;
- d) compactação da base da pilha, quando couber;
- e) disposição do material em camadas;
- f) obediência a uma geometria definida com base em análises de estabilidade;
- g) efetuar drenagem das bermas e plataformas;
- h) construir canais periféricos a fim de desviar a drenagem natural da água da pilha
- i) proteção superficial com vegetação dos taludes e bermas já construídos.

## 2.2 GESTÃO E CONTROLE DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO

### BARRAGENS DE REJEITO

As barragens de rejeito são importantes estruturas utilizadas para acumulação dos rejeitos gerados nos processos de lavra e beneficiamento, sendo parte integrante do processo produtivo. Para sua implantação, é exigido uma gama de conhecimentos, incluindo as características dos materiais com os quais serão realizadas as obras, o entendimento da dinâmica construtiva, das operações da mina e também das características do meio físico, constituindo assim em um projeto multidisciplinar (SOARES, 2010).

Em estudo realizado pelo IBRAM (2013), foi identificado que embora algumas mineradoras apresentem alto desempenho na gestão de barragens, de um modo geral a situação é bem preocupante, pela ausência de conhecimento dos principais conceitos técnicos sobre a **gestão de segurança** nos vários níveis operacionais, e pela dificuldade de monitoramento dessas estruturas pelos órgãos fiscalizadores. Os riscos e impactos ambientais associados às barragens de rejeito e depósitos de estéril estão dentre os mais significativos para a indústria de mineração, o que tem exigido destas empresas a adoção de medidas de gestão que reduzam esses riscos e aumentem a eficiência destas estruturas.

Muitas empresas tem investido na melhoria dos projetos de construção e gestão dessas barragens, em técnicas de beneficiamento do minério mais eficientes, na redução da quanti-

dade de rejeito e na reutilização desse material em processos de aterramento e na agricultura (IBRAM, 2013).

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) é o órgão responsável pela fiscalização das barragens de rejeito, conforme definido na **Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010**, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e estabelece o Plano de Segurança de Barragem.

Em relação à Barragem de rejeito, a Norma Regulamentadora da Mineração n. 19 (NRM-19), supramencionada, exige, para sua construção, a confecção de um projeto técnico, o qual deve considerar os seguintes aspectos:

- a) alternativas para o local da disposição do barramento que contemplem a bacia hidrográfica, a geologia, topografia, pedologia, estudos hidrológicos, hidrogeológicos e sedimentológicos, suas implicações sociais e análise econômica;
- b) geotecnia, hidrologia e hidrogeologia;
- c) impermeabilização da base, quando couber;
- d) caracterização do material a ser retido no barramento e da sua construção;
- e) descrição do barramento e dimensionamento das suas obras componentes -;
- f) avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras;
- g) monitoramento do barramento e efluentes;
- h) medidas de abandono do barramento e uso futuro e;
- i) cronograma físico e financeiro.

De um modo geral, é imprescindível que as empresas de mineração atendam as exigências dos órgãos fiscalizadores e invistam em melhorias na concepção, construção e gestão dessas barragens, principalmente no monitoramento e na gestão de risco.

**DECRETO DNPM 70.389 de 17 de maio de 2017**

Em 17 de maio de 2017 foi publicada no Diário Oficial da União a **Portaria DNPM n. 70.389**, (BRASIL, 2017), a qual estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de **Segurança da Barragem**, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.

O referido documento define como *barragem de mineração* as seguintes estruturas: barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, utilizados para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas, excluindo-se deste conceito as barragens de contenção de resíduos industriais.

Traz ainda as seguintes definições:

- BARRAGEM DE MINERAÇÃO ATIVA: estrutura em operação que esteja recebendo rejeitos e/ou sedimentos oriundos de atividade de mineração;
- BARRAGEM DE MINERAÇÃO EM CONSTRUÇÃO: estruturas que estejam em processo de construção de acordo com o projeto técnico;
- BARRAGEM DE MINERAÇÃO EXISTENTE: estrutura cujo início do primeiro enchimento ocorrer em data anterior à do início da vigência desta Portaria;
- BARRAGEM DE MINERAÇÃO NOVA: estrutura cujo início do primeiro enchimento ocorrer após a data de início da vigência desta Portaria;
- BARRAGEM DE MINERAÇÃO EM PROCESSO DE FECHAMENTO: estrutura que não opera mais com a finalidade de contenção de sedimentos e/ou rejeitos mas ainda mantém características de barragem de mineração;
- BARRAGEM DE MINERAÇÃO DESCARACTERIZADA: aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos e/ou rejeitos, não possuindo mais características de barragem de mineração sendo destinada à outra finalidade;
- BARRAGEM DE MINERAÇÃO INATIVA OU DESATIVADA: estrutura que não está recebendo aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim mantendo-se

com características de uma barragem de mineração.

As barragens de mineração (em construção, em operação e as desativadas) deverão ser cadastradas pelo empreendedor no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração – SIGBM. Estas estruturas serão classificadas pelo DNPM em consonância com o art. 7º da Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), de acordo com o quadro de classificação quanto a Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, nas classes A, B, C, D e E, conforme Tabela 03, devendo o empreendedor elaborar mapa de inundação para auxílio na classificação referente ao DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA), em até 12 meses após a data de início da vigência desta Portaria.

Tabela 2.1: Classificação da categoria de risco e do dano potencial associado (DPA), conforme Portaria DNPM n. 70.389 de 17 de maio de 2017.

<b>Dano potencial associado</b>			
<b>Categoria de risco</b>	<b>ALTO</b>	<b>MÉDIO</b>	<b>BAIXO</b>
<b>ALTO</b>	A	B	C
<b>MÉDIO</b>	B	C	D
<b>BAIXO</b>	B	C	E

Conforme esse Decreto, é obrigação do empreendedor a implementação de um sistema de monitoramento de segurança de barragem e a disponibilização das informações para as equipes ou sistemas das Defesas Civis estaduais e federais e do DNPM.

## **PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM**

Conforme **Portaria DNPM n. 70.389 (2017)**, o Plano de Segurança da Barragem (PSB), instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens, deverá ser implementado pelo empreendedor e servirá como documento-base para a implementação das medidas de gestão da segurança da barragem, devendo conter as seguintes informações:

- Volume I- Informações Gerais e Documentação técnica do Empreendimento ;
- Volume II- Planos e Procedimentos;
- Volume III- Registros e Controles e;
- Volume IV- Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

A seguir, o detalhamento das informações a serem apresentadas em cada volume do PSB.

**Volume I - Informações gerais**

1. Identificação do Empreendedor
2. Caracterização do empreendimento;
3. Estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem atualizadas;
4. Declaração da classificação da barragem pelo DNPM quanto à categoria de risco e dano potencial associado;
5. Licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais.

**Volume I - Documentação técnica do Empreendimento**

1. Características técnicas do Projeto e da Construção;
2. Projetos (básico e/ou executivo), caso existam;
3. Projeto como construído (as built), no caso de do Empreendimento barragem construída após a promulgação da Lei n.º 12.334, de 2010;
4. Projeto como está (as is), no caso de barragem construída antes da promulgação da Lei n.º 12.334, de 2010, que não possua o projeto “as built”.

**Volume II - Planos e Procedimentos**

1. Plano de operação, incluindo, mas não se limitando, à/aos:
  - a) Regra operacional dos dispositivos de vertimento, caso existam;
  - b) Procedimentos para atendimento às regras operacionais definidas pelo Empreendedor ou por entidade responsável, quando for o caso.
2. Planejamento das manutenções;
3. Plano de monitoramento e instrumentação;

4. Planejamento das inspeções de segurança da barragem; e
5. Manuais dos equipamentos com cronogramas de testes e calibração, caso existam.

### **Volume III - Registros e Controles**

1. Registros de Operação;
2. Registros da Manutenção;
3. Registros de Monitoramento e Instrumentação;
4. Fichas de Inspeções de Segurança de Barragens;
5. Registros dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos, caso existam;
6. Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (RISR) contendo, minimamente:
  - a) Identificação do representante legal do empreendedor;
  - b) Identificação da equipe externa contratada responsável técnica pela elaboração do Relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem, quando for o caso;
  - c) Descrição das inspeções quinzenais executadas durante o semestre, contemplando as eventuais anomalias encontradas, as tratativas executadas assim como sua eventual reclassificação com relatório fotográfico contendo, pelo menos, as anomalias com pontuações 6 ou 10 no Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo V.
  - d) Análise da estabilidade da Barragem de Mineração a qual concluirá pela Declaração de Condição de Estabilidade tendo por base os índices de fator de segurança descritos na Norma Brasileira ABNT NBR 13.028 ou Norma que venha a sucedê-la, fazendo uso das boas práticas da engenharia;
  - e) Caracterização tecnológica dos rejeitos: Natureza do rejeito, características físicas de granulometria, mineralogia e plasticidade dos rejeitos, parâmetros de resistência em condições drenadas e não drenadas e susceptibilidade dos rejeitos ao fenômeno da liquefação, quando for o caso;

- f) Declaração de Condição de Estabilidade da Barragem, conforme Anexo III.
- g) Ciente do empreendedor ou de seu representante legal;
- h) Níveis de controle da instrumentação

7. Relatórios Conclusivos de Inspeção de Segurança Especial, contendo, minimamente:

- a) Identificação do representante legal da empresa, assim como da equipe multidisciplinar externa contratada pelo empreendedor, com a identificação do responsável técnico para a mitigação das anomalias identificadas;
- b) Avaliação das anomalias que resultaram na pontuação máxima de 10 (dez) pontos, em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de; Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo V, encontradas e registradas, individualmente, identificando possível mau funcionamento e indícios de deterioração ou defeito de construção
- c) Relatório fotográfico contendo as anomalias que resultaram na pontuação máxima de 10 (dez) pontos, em qualquer coluna do quadro de Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem identificadas;
- d) Reclassificação, quando necessário, quanto à pontuação do Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem de cada anomalia identificada na Ficha de Inspeção Especial;
- e) Comparação com os resultados da Inspeção de Segurança Especial anterior, quando houver;
- f) Ações adotadas para a eliminação das anomalias que resultaram na pontuação máxima de 10 (dez) pontos, em qualquer coluna do quadro de Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem constatadas;
- g) Avaliação do resultado de inspeção e revisão dos registros de instrumentação disponíveis, indicando a necessidade de manutenção, reparos ou de novas inspeções especiais, recomendando os serviços necessários;
- h) Classificação, quando da primeira Inspeção Especial, e reclassificação, quando da segunda ou posterior Inspeção Especial, da pontuação do Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem, de acordo com Anexo IV;

- i) Classificação do resultado das ações adotadas nas anomalias que resultaram na pontuação máxima de 10 (dez) pontos, em qualquer coluna do quadro de Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem, em extinto, controlado e não controlado:
8. Ciente do empreendedor ou de seu representante legal.

#### **Volume IV - Revisão Periódica de Segurança da Barragem**

1. Resultado de inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas;
2. Reavaliação dos projetos existentes, de acordo com os critérios de projeto aplicáveis à época da revisão.
3. Reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado;
4. Atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de vertimento existentes;
5. Reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento;
6. Reavaliação do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração - PAEBM, quando for o caso;
7. Revisão dos relatórios das revisões periódicas de segurança de barragem de anteriores;
8. Relatório Final do estudo; e
9. Declaração de Condição de Estabilidade.

#### **Volume V - Plano de Ação de Emergência - PAEBM**

1. Apresentação e objetivo do PAEBM;
2. Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações;

3. Descrição geral da barragem e estruturas associadas;
4. Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3;
5. Ações esperadas para cada nível de emergência;
6. Descrição dos procedimentos preventivos e corretivos;
7. Recursos materiais e logísticos disponíveis para uso em situação de emergência;
8. Procedimentos de notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação) e Sistema de Alerta;
9. Responsabilidades no PAEBM (empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil);
10. Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS assim como dos pontos vulneráveis potencialmente afetados;
11. Declaração de Encerramento de Emergência, quando for o caso;
12. Plano de Treinamento do PAE;
13. Descrição do sistema de monitoramento utilizado na Barragem de Mineração;
14. Registros dos treinamentos do PAEBM;
15. Relação das autoridades competentes que receberam o PAEBM e os respectivos protocolos;
16. Relatório de Causas e Consequências do Evento em Emergência Nível 3, contendo, no mínimo:
  - a) Descrição detalhada do evento e possíveis causas;
  - b) Relatório fotográfico;
  - c) Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados, conforme o caso;
  - d) Em caso de ruptura, a identificação das áreas afetadas;
  - e) Consequências do evento, inclusive danos materiais, à vida e à propriedade;
  - f) Proposições de melhorias para revisão do PAEBM;

- g) Conclusões do evento; e
- h) Ciência do responsável legal pelo empreendimento.

Todos os documentos relacionados ao PSB devem ser elaborados e organizados pelo empreendedor, até o início do primeiro enchimento da barragem. O referido documento deverá estar disponível para utilização pela Equipe de Segurança de Barragem e para serem consultados pelos órgãos fiscalizadores e da Defesa Civil.

Serão revisados, periodicamente, os procedimentos relacionados à segurança das barragens, incluindo neste processo o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção; o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor; a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente; a realização de novas análises de estabilidade; a análise da segurança hidráulica em função das condições atuais de enchimento do reservatório, e a análise da aderência entre projeto e construção.

Caso as conclusões deste processo indiquem a não estabilidade da estrutura, esta informação deve ser transmitida ao DNPM, o que implicará, de imediato, na interdição da barragem e a suspensão, pelo empreendedor, do lançamento de efluentes e/ou rejeitos no reservatório. A periodicidade máxima da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) será definida em função do DPA, sendo:

- I. DPA alto: a cada 3 (três) anos;
- II. DPA médio: a cada 5 (cinco) anos; e
- III. DPA baixo: a cada 7 (sete) anos.

Além da revisão supramencionada, a Barragem deverá passar por inspeção regular de Segurança, a qual deve ser realizada pelo empreendedor, observadas as seguintes prescrições:

- I. Preencher, quinzenalmente, as Fichas de Inspeção Regular, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade;

- II. Preencher, quinzenalmente, o Extrato da Inspeção de Segurança Regular da Barragem no SIGBM, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade; e
  
- III. Elaborar, semestralmente, o Relatório de Inspeção de Segurança Regular da barragem (RISR) com a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), onde esta deverá ser enviada ao DNPM via sistema por meio do SIGBM, entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro.

As barragens de mineração sem previsão de retorno das operações e em situação de abandono, devem ser recuperadas ou desativadas pelo empreendedor, que comunicará ao órgão fiscalizador as providências adotadas.

### **PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO**

Nas Barragens com DPA alto, ou quando exigido pelo DNPM, o Plano de Segurança da Barragem (PSB) deverá incluir um Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), o qual deverá contemplar a identificação e análise das possíveis situações de emergência; os procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem; os procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação; a estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência, conforme estabelecido no **Art. 12 da Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010**.

Em situações de emergência, o empreendedor deve avaliá-la e classificá-la, por intermédio do coordenador do PAEBM e da equipe de segurança de barragens, e em seguida declarar a situação de emergência e executar as ações descritas no **PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA**.

## 2.3 CONTROLE E MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE

Como já mencionado, a atividade de mineração exerce um forte poder de intervenção sobre o meio ambiente, o que pode causar sérios danos à biodiversidade. Quanto mais remota é a área de exploração, maior a magnitude dos impactos, principalmente se as áreas forem ambientalmente e socialmente sensíveis (IBRAM, 2012). Em função disso, a atividade é submetida a avaliação de impacto ambiental e sua operação está condicionada a restrições e ao atendimento de condicionantes.

Para implantação de um empreendimento minerário, são realizadas intervenções no ambiente, o que muitas vezes implica na supressão de vegetação nativa e conseqüentemente na perda da biodiversidade local. A supressão de vegetação se faz necessária para a implantação da estrutura administrativa, para a abertura das frentes de lavra e respectivos acessos, para instalação da área de processamento mineral, bem como para a disposição de estéril, rejeito e produtos. Durante o funcionamento da atividade, ruídos e vibrações são produzidos, intervenções no solo e nos corpos hídricos são realizadas, o que altera a qualidade do ambiente, afetando a biota.

As medidas adotadas em relação à proteção da biodiversidade devem ser implementadas desde a fase da instalação do empreendimento até sua desativação, e deve incluir medidas para a mitigação dos impactos negativos, incluindo neste processo o monitoramento da flora e fauna, a implementação de projetos de conservação (em Unidades de Conservação, áreas de preservação permanente, áreas de reserva legal), o combate à caça e pesca, a recuperação de áreas degradadas e o monitoramento dos processos de reabilitação.

## 2.4 GESTÃO E CONTROLE DOS RECURSOS HÍDRICOS

A mineração está condicionada, em grande parte, à utilização dos recursos hídricos, os quais são requeridos nas suas diversas etapas, incluindo a lavra, beneficiamento, transporte dos minérios, aspersão de pistas e praças para controle de poeira, e na lavagem de equipamentos (ANA, 2006).

São utilizadas na mineração águas de origem superficial (oriundas de barragens ou grandes reservatórios, cursos de água, lagos, dentre outros), de origem subterrânea, de reciclagem

e recirculação. As águas de origem superficial são as mais adequadas aos processos de beneficiamento, pela sua acessibilidade e por não possuírem contaminações significativas; as águas subterrâneas são mais utilizadas onde sua oferta tem relativa abundância e carência de água superficial, ou restrição ambiental para a utilização dessas águas. Em relação às águas de reciclagem e recirculação, as mais comuns são as oriundas dos reservatórios das barragens de rejeitos ou resultantes dos processos de desaguamento por filtragem, peneiramento, espessamento (ANA, 2006).

Segue abaixo Tabela 2.2 detalhando o uso da água na atividade de mineração.

A alta interação entre os recursos hídricos e a mineração nas suas diversas etapas pode levar a uma série de impactos, incluindo aumento da turbidez, pelos sedimentos finos em suspensão, introdução de poluentes, como os metais, óleos e graxas, alteração do regime hidrológico dos cursos d'água e dos aquíferos, rebaixamento do lençol freático, dentre outros (MECHI & SANCHEZ, 2010), os quais podem comprometer a qualidade deste recurso, sendo necessária a adoção de medidas para gestão e controle.

A viabilidade técnica e econômica, e o êxito da produção mineral, estão diretamente relacionados com um correto uso das águas, considerando o seu uso múltiplo e sustentável. Nesse contexto, não se pode desconsiderar a importância do seu reuso, reciclagem e recirculação nas diversas etapas da mineração, bem como a adoção de medidas de controle de poluição (OLIVEIRA & LUZ, 2001; ANA, 2006; IBRAM 2013).

Segue abaixo, na Tabela 2.3, os principais poluentes da água na mineração e suas medidas de controle.

Em relação à poluição da água na mineração, vale destacar a drenagem ácida da mina (DAM), formada a partir da oxidação de minerais sulfetados, caracterizada por valores baixos de pH, altas concentrações de sulfato e metais dissolvidos, com características químicas variando em função do depósito mineral (SKOUSEN, 1996; FARFAN *et al.*, 2004; MELO *et al.*, 2014).

Estudos tem sido realizados para remediar áreas afetadas por estes efluentes, incluindo o trabalho realizado por Fungaro & Izidoro (2006) intitulado *Remediação de drenagem ácida de mina usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas*. Neste trabalho, foi utilizada zeólita

Tabela 2.2: Interações da água em processos de mineração (Fonte IBRAM, 2013)

PROCESSO	UTILIZAÇÃO DA ÁGUA
<b>LAVRA</b>	Desmonte hidráulico. Aspersão de pistas e praças para controle de emissão de poeira. Lavagem dos equipamentos. Transporte de materiais.
<b>BARRAGENS</b>	As barragens de contenção de sedimentos: estruturas construídas com o objetivo de conter sedimentos carregados em períodos de chuva, garantindo a qualidade do efluente final. As barragens de rejeitos: bacia de acumulação dos rejeitos gerados nas instalações de beneficiamento de minério e a acumulação da água a ser reutilizada no processo industrial.
<b>PILHA DE ESTÉRIL</b>	Pilhas de estéril podem causar interferência do escoamento superficial, que pode vir a gerar, dependendo do tamanho e da forma, pequenos desvios de água.
<b>REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>	Exploração das águas subterrâneas para a viabilização da lavra a céu aberto ou subterrânea.
<b>PROCESSAMENTO MINERAL</b>	Processo de flotação - processo físico-químico de superfície, usado na separação de minerais, que dá origem à formação de um agregado, partícula mineral e bolha de ar, o qual, em meio aquoso, flutua sob a forma de espuma. A composição química da água constitui um parâmetro de controle da flotação. Processos de lavagem - Etapas do tratamento de minérios que demandam utilização de elevados volumes de água para limpeza do minério. Concentração gravítica – processo de separação que utiliza a proporção sólido/água para análise detalhada do balanço de água, bem como da densidade ótima de polpa para cada operação. Processos hidrometalúrgicos - Processos onde há reações de dissolução do metal de interesse em meio ácido ou a dissolução em meio alcalino.
<b>ÁGUA COMO MEIO DE TRANSPORTE</b>	A água é o meio de transporte mais utilizado no processamento mineral. Assim, é usado de forma intensa como meio de transporte nas mais variadas operações, tais como: na lavra como desmonte hidráulico; na lavagem de minérios e nos processos de concentração a úmido.

Tabela 2.3: Principais poluentes da água na mineração, sua origem e medidas de controle.

POLUENTE	ORIGEM	CONTROLE
Orgânicos	Estações Sanitárias Oficinas Mecânicas Vilas Residenciais Refeitórios	Fossas Sépticas Estação de Tratamento de Esgoto
Sais	Minério Estéril Rejeito Reagente	Correção de pH Precipitação seletiva
Cianetos	Lixiviação de minério de ouro	Oxidação Degradação natural
Metais	Minério Estéril	Precipitação e filtração Precipitação e Flotação Sequestro em leitos
Partículas sólidas	Drenagem Erosão Efluente do beneficiamento	Sistema de drenagem Bacia de Decantação Adição de Substância coagulante Clarificação
Ácidos	Minérios sulfetados	Neutralização Pântanos artificiais
Álcalis	Rochas carbonáticas Reagentes básicos	Correção de pH

sintetizada a partir de cinzas de carvão na descontaminação de água piritosa de mina, pelo processo de troca iônica, tendo obtido um bom resultado no tratamento do efluente.

#### DICA DE LEITURA!

**FUNGARO, D. A. & IZIDORO, J. C. Remediação de drenagem ácida de mina usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas leves de carvão. Quím. Nova [online]. 2006, vol.29, n.4, pp.735-740. ISSN 0100 - 4042.**

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000400019>

De um modo geral, o tratamento dos efluentes da mineração inclui a remoção dos contaminantes e a separação sólido-água, através de diferentes técnicas, incluindo processos de adsorção, coagulação, floculação, precipitação, extração por solvente e precipitação iônica,

filtração por membrana, dentre outras (OLIVEIRA & LUZ, 2001).

A Norma Regulamentadora da Mineração n. 19 (NRM-19) estabelece que os efluentes líquidos da atividade de mineração devem ser tratados, de modo a alcançarem qualidade aceitável, considerando os parâmetros estabelecidos pelos órgãos reguladores, e assim evitar a contaminação dos recursos hídricos. Nesse processo devem ser esgotadas todas as possibilidades técnicas e econômicas de forma a maximizar a quantidade de água a ser recirculada.

## 2.5 CONTROLE DE POEIRA

A geração de poeira na mineração está associada a vários processos, incluindo a perfuração, o desmonte das rochas, o beneficiamento, a abertura das cavas e vias de acesso, o transporte e carregamento de minérios e a movimentação de máquinas e equipamentos em vias não pavimentadas. Para correção desse problema, as empresas tem adotado uma série de medidas, incluindo o controle da detonação no desmonte das rochas, a pavimentação das vias e o uso de sistemas convencionais de molhamento de pista por caminhão pipa, ou sistemas de irrigação (MMA, 2001; BACCI et al., 2006; DANTAS et al., 2015).

De acordo com a Norma Regulamentadora da Mineração, **NRM-09 - Prevenção contra Poeiras, BRASIL (2001)**, quando ultrapassados os limites de tolerância à exposição a poeiras minerais, após monitoramento com os trabalhadores, devem ser adotadas medidas técnicas e administrativas que reduzam, eliminem ou neutralizem seus efeitos sobre a saúde. Em toda a mina deve estar disponível água em condições de uso, para controle da geração de poeiras nos postos de trabalho, em que rocha ou minério estiver sendo perfurado, cortado, detonado, carregado, descarregado ou transportado. As operações de perfuração ou de corte devem ser realizadas por processos umidificados com o intuito de evitar a dispersão da poeira no ambiente de trabalho e, nos casos em que haja impedimento de umidificação, devem ser utilizados outros dispositivos ou técnicas de controle.

Ações de controle de poeira são imprescindíveis para evitar danos ao meio ambiente (poluição atmosférica), à saúde dos trabalhadores e à comunidade do entorno.

## 2.6 CONTROLE DE RUÍDO E VIBRAÇÕES

A atividade de mineração gera vibrações e ruídos nas suas diversas etapas, entre elas: detonação e desmonte das rochas, abertura das frentes de lavra, carregamento, transporte e descarregamento do minério, estocagem do produto, dentre outras. As vibrações e ruídos causados podem gerar desconforto acústico nos funcionários e na comunidade do entorno, assim como o comprometimento da estrutura de edificações (BACCI, et al., 2006).

Medidas de controle tem sido adotadas, incluindo melhorias nas técnicas de detonação, realizando-as em períodos mais adequados, considerando os horários de maior ruído, as condições metereológicas e o uso de tampões (SILVA, 2000).

A Norma Regulamentadora da Mineração (BRASIL, 2001) estabelece que os ruídos, vibrações e ultralanchamentos decorrentes da atividade não devem ultrapassar os limites estabelecidos pelas normas vigentes. A NRM estabelece ainda os critérios para as detonações, bem como para o monitoramento das vibrações no solo e no ruído no ar.

# Referências

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração.** Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/>> Acesso em: 08.jun.2017.

ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental.** 14. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012.

BACCI, D. de L. A C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. de: **Aspectose impactos ambientais de pedreira em área urbana.** Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, 59(1): 47-54, jan. mar. 2006.

BRASIL, Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 08.jun.2017.

\_\_\_\_\_ Instrução Normativa IBAMA n. 04 de 13 de abril de 2011. **Estabelece os procedimentos para elaboração de Projetos de Recuperação Ambiental.** Disponível em: <[www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0004-130411.PDF](http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0004-130411.PDF)> Acesso em:08.jun.2017.

\_\_\_\_\_ Instrução Normativa ICMBIO n. 11 de 11 de dezembro de 2014. **Estabelece procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada - PRAD, para fins de cumprimento da legislação ambiental.** (Processo nº 02127.000030/ 2013-48). Disponível em:

<[www.icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br)> Acesso em: 08.jun.2017.

\_\_\_\_\_. Portaria DNPM n. 237 de 18 de outubro de 2001. **Aprova as Normas Regulamentadoras da Mineração**. Disponível em: <[www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)>. Acesso em: 08.jun.2017.

\_\_\_\_\_. Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens, Cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm)> Acesso em: 08.jun.2017.

\_\_\_\_\_. Portaria DNPM n. 70.389 de 17 de maio de 2017. **Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/portaria-dnpm-n-70389-de-17-de-maio-de-2017-seguranca-de-barragens/view>> Acesso em: 08.jun.2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Conama n. 01 de 23 de janeiro de 1986** - In: Resoluções Conama, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: 08.jun.2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Conama n. 09 de 06 de dezembro de 1990** - In: Resoluções Conama, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: 08.jun.2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Conama n. 10 de 06 de dezembro de 1990** - In: Resoluções Conama, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: 08.jun.2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Conama n. 237 de 19 de dezembro de 1997** - In: Resoluções Conama, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: 08.jun.2017.

DANTAS, H. F. S. de A. et al. **Análise da exploração minerária e seus impactos, visando a recuperação de áreas degradadas: estudo de caso no município de Pedra Lavrada-PB**. Revista Geoambiente on-line [on-line], Jataí, n. 25, p.42-56, jul/dez, 2015.

FIRJAN. **Manual de Licenciamento ambiental: guia de procedimento passo a passo**. Rio

de Janeiro: GMA, 2004.

IBRAM. **Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de história**. 2012. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002130.pdf>>. Acessado em: 08. jan.2017.

IBRAM. **Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de história**. 2013. Disponível em: <[www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004089.pdf](http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004089.pdf)>. Acessado em: 08.jan.2017.

FARFAN, J. R. J. Z.; BARBOSA FILHO, O.; SOUZA, V. P. de. **Avaliação do potencial de drenagem ácida de rejeitos da indústria mineral**. Rio de Janeiro: CETEM:MCT, 2004. 58 p.

FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C. **Remediação de drenagem ácida de mina usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas leves de carvão**. Quím. Nova [online]. 2006, vol.29, n.4, pp.735-740. ISSN 0100-4042. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000400019>.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo**. Revista Estudos Avançados, v.24, n. 68, p.209-220, 2010.

MELLO, J. W. V. De; DUARTE, H. A.; LADEIRA, A. C. Q. **Origem e Controle do Fenômeno Drenagem Ácida de Mina**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, [S.L], n. 8, p. 24-29, mai. 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental. IBAMA - **Manual de Normas e Procedimentos para Licenciamento Ambiental no Setor de Extração Mineral**. Brasília, 2001. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/MANUAL\\_mineracao.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/MANUAL_mineracao.pdf)>. Acesso em 20 mai. 2017.

MONTAÑO, M.; RANIERI, V. E. L. **Análise de viabilidade ambiental**. In: **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

OLIVEIRA, A. P. A.; LUZ, B. A. **Recursos hídricos e tratamento de águas na mineração**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 36p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SILVA, V.C.; ANTONINI, A.; KOPPE, J.; Floyd, J.; Cerello, L.; Crosby, W.; Hogan, T.; **Problemas**

**gerados pelas detonações.** IGCE. Unesp. Rio Claro, SP. 2000. Apostila. 165 p.

SKOUSEN, J. P.;ZIEMKIEWICZ. **Acid Mine Drainage Control and Treatment.** 2nd Ed. National Research Center for Coal and Energy, National Mine Land Reclamation Center, West Virginia University, Morgantown, WV, 1996.

SOARES, L. **Barragem de Rejeito.** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2010. Apostila de aula.

MINISTÉRIO DA  
**EDUCAÇÃO**



ISBN 978-855971039-7



9

788559

710397