

COORDENAÇÃO DE ENSINO MÉDIO
Meryna Therezinha Juliano Rosa

ROTEIRO E ACESSORIA PEDAGÓGICA
Otto H M da Silva

COORDENAÇÃO DE MULTIMEIOS
Eziquiel Menta

ILUSTRAÇÃO
Cleverson de Oliveira Dias

ASSESSORIA PEDAGÓGICA
Cleverson de Oliveira Dias
Equimara Branco
Rosângela Menta Mello

DIAGRAMAÇÃO
William Alberto de Oliveira
Rosângela Menta Mello

PROJETO GRÁFICO
William Alberto de Oliveira

COORDENAÇÃO DE MÍDIA
IMPRESSA E WEB
Mônica Schreiber

REVISÃO TEXTUAL
Cássia Regina C. de Freitas
Márcia Regina Galvan Campos
Tatiane Valéria R. Carvalho

Apresentação

A coleção “Problemas em Quadrinhos” é uma produção da Diretoria de Tecnologia Educacional - DITEC e do Departamento de Educação Básica – DEB, da Secretaria de Estado da Educação do Paraná.

O principal objetivo da coleção é disponibilizar aos professores, novas e diferentes linguagens por meio do gênero textual História em Quadrinhos - HQs. Dessa forma, espera-se agregar à prática docente possibilidades de desenvolver atividades lúdicas e dinâmicas, que propiciem aos alunos refletir, solucionar e resolver problemas sobre diferentes situações e contextos, inclusive de forma interdisciplinar, tornando-se um rico material de apoio à prática pedagógica.

Além das HQs, o material apresenta também sugestões de encaminhamentos metodológicos e textos complementares que podem auxiliar o professor na abordagem dos conteúdos tratados em sala de aula.

O material está disponibilizado no formato PDF, prevendo a impressão em tamanho A4.

Histórias em quadrinhos como estas e outros objetos educacionais podem ser encontrados em nosso Portal - www.educacao.pr.gov.br.

A FAÍSCA DA FÍSICA

Numa cidade do interior do Paraná, "João do sítio" teve um problema mecânico em sua camionete. Era um fim de tarde de verão, numa quarta-feira, quando o Ford-69 quebrou próximo a uma escola pública dessa cidade.

Ao abrir o capô do seu veículo, seu João examina o motor, mesmo entendendo muito pouco de mecânica. Ele mexe na correia...



...dirige seu olhar às válvulas, observa o carburador e fica pensativo... Neste momento, aproxima-se do seu carro um senhor segurando uma pasta e uma revista. O seu nome é Carlos e, ao perceber a situação, dirige-se a seu João.



MAS O QUE EXATAMENTE NÃO QUEIMA BEM SEU JOÃO?



OORA! O MOTOR ENGASGA E NÃO QUEIMA. ÀS VEZES FUNCIONA, MAS COMEÇA A FALHAR E PARA.



HÁÁ!
ENTENDI.



VOU TÊ QUE REBOCAR ATÉ A OFICINA DO MANECA. ELE JÁ CONHECE A NOVELA.



PERA AÍ, SEU JOÃO! VAMOS PENSAR UM POUCO SOBRE A QUESTÃO.



SE A QUESTÃO FOR SOMENTE UMA FALHA NO MOTOR, PENSO QUE PODEMOS RESOLVER O PROBLEMA. VAMOS...



SERÁ QUE O MOTOR ESTÁ FORA DO PONTO? OU O CARBURADOR NÃO ESTÁ FUNCIONANDO BEM? MAS, SE FOR O VIRABREQUIM? MAS O QUE PODERÁ SER?

BOM, TAMBÉM PODEM SER AS VELAS QUE NÃO EMITEM DESCARGAS ELÉTRICAS PARA A QUEIMA.

SERÁ O BENEDITO? VAI SAÍ FAÍSCA!

HÁ! EM UM BOM LIVRO DE FÍSICA ENCONTRAREMOS A RESPOSTA PARA A SUA CAMIONETA.

NÃO ME DIGA QUE VOCÊ VAI USAR UM LIVRO PARA FAZER A CAMIONETA FUNCIONAR?

HA

AH!

ISSO MESMO SEU JOÃO! NOS LIVROS DE FÍSICA TÊM MUITOS CONHECIMENTOS QUE EXPLICAM O FUNCIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E MÁQUINAS, COMO É O CASO DOS MOTORES. NESTE CASO A EXPLOSÃO QUE OCORRE É CAUSADA POR DESCARGAS ELÉTRICAS...

... ESTAS DESCARGAS SÃO PROVOCADAS PELAS VELAS, QUE INICIAM A QUEIMA DO COMBUSTÍVEL, FAZENDO O MOTOR FUNCIONAR.

ENTÃO, ACHO QUE PODEM SER AS VELAS QUE NÃO EMITEM DESCARGAS ELÉTRICAS.

VELAS?

SEU JOÃO, PARA REALIZAR A QUEIMA DO COMBUSTÍVEL NO MOTOR A VELA DISPARA UMA FAÍSCA.

TÁ, E DAÍ? ELA NÃO TÁ FUNCIONANDO MESMO...

POIS É, SEU JOÃO, É AÍ QUE ESTÁ O PROBLEMA. ELA NÃO FUNCIONA PORQUE A SUA PONTA, CHAMADA DE ELETRODO, ESTÁ MUITO SUJA OU QUEIMADA.

UÉ! SE TIVER SUJA A GENTE LAVA...

ISSO MESMO! E SE ESTIVER QUEIMADA VAMOS TER QUE TROCAR.



TÁ! COMO SE LAVA VELA?



Carlos usa uma chave especial -chave de vela- para retirar as velas, examinando-as cada uma.

POIS BEM, SEU JOÃO. PRIMEIRO VAMOS VER COMO ELE ESTÁ. O SENHOR TEM UMA CAIXA DE FERRAMENTAS?



CLARO! TÁ QUI, Ó!



O SENHOR ESTÁ COM SORTE, SEU JOÃO. O PROBLEMA PARECE QUE É SÓ SUJEIRA.

ESTÁ VENDO AQUI?



É SÓ LIXAR UM POLQUINHO E PRONTO.



VOCÊ TÁ BRINCANDO! ESSA DOR DE CABEÇA TODA É ISSO AÍ?



Durante a conversa, Carlos faz a limpeza de todas as velas e constata que o problema era somente a sujeira que impedia a ignição.



POIS É, SEU JOÃO. VEJA COMO A FÍSICA PODE NOS AJUDAR A RESOLVER PROBLEMAS!



INTÉ! HÁÁ! E NÃO ESQUECE DE AGRADECÊ A TAL DONA FÍSICA!



fim.

HQ: A Faísca da Física – Sugestão de Atividade

Disciplina: Física

Nível: Ensino Médio

Conteúdo estruturante: Eletromagnetismo

Conteúdo básico: Potencial elétrico

CONTEÚDO ESPECÍFICO	METODOLOGIA	CRITÉRIOS AVALIATIVOS
Diferença de potencial e superfícies equipotenciais	<p>Num primeiro momento os estudantes serão convidados a ler a História em Quadrinhos - HQ. A leitura das imagens e a escrita dos balões, além de possibilitar que se interprete e compreenda a situação-problema proposta, leva à percepção de como as diversas informações captadas, ditas ou não ditas, se relacionam com a questão proposta ao leitor.</p> <p>Isso significa que a HQ precisa ser lida, interpretada, distinguindo o que é necessário para entender a situação proposta. Essa leitura indicará quais decisões tomar e as suposições, hipóteses ou considerações necessárias para a utilização do aporte conceitual que a envolve.</p> <p>Num segundo momento, o professor instigará os alunos, questionando-os, suas respostas serão anotadas no quadro por meio de mapa conceitual, levantando os conhecimentos prévios sobre o assunto.</p> <p>Questões sugeridas:</p> <p>a) De onde vem a energia para gerar a faísca nas velas?</p> <p>b) Como a faísca chega até as velas?</p> <p>c) E outras que o professor considere fundamental para a compreensão dos conceitos explorados.</p> <p>Num terceiro momento, o professor apresentará um paralelo comparando os conceitos prévios dos alunos com os historicamente produzidos (científicos), levando os alunos a se apropriarem dos conceitos básicos de eletromagnetismo relacionados à eletricidade.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Por meio da “Resolução de problemas” espera-se que o estudante possa extrapolar a tradição da “substituição de valores em fórmulas” estabelecendo, entre outras coisas, a relação entre todas as grandezas físicas envolvidas, isto é, o conjunto teórico no qual essa situação se insere.• Compreenda as ideias, definições, leis e conceitos que fundamentam a teoria eletromagnética, entendendo a carga elétrica como um conceito central e as leis de Maxwell como um conjunto teórico que possibilita explicar os fenômenos eletromagnéticos.• Reconheça a inseparabilidade entre carga e campo, entendendo o conceito de campo como uma entidade física mediadora da interação entre as cargas e que a carga tanto cria como sente o campo de outra carga.• Compreenda que o campo elétrico gerado por uma carga modifica as propriedades elétricas do espaço em torno da carga.• Compreenda o modelo teórico da corrente elétrica a partir da ação do campo sobre as cargas.• Diferencie o campo elétrico do magnético, percebendo a inexistência de cargas ou monopolos magnéticos.

TEXTOS COMPLEMENTARES:

Manual do aluno: <http://goo.gl/URwK8>

Manual do professor: <http://goo.gl/k6XvB>

A Faísca da Física¹

Professor Otto H. M. da Silva

Este texto direcionado para professor foi produzido para a oficina de Física. É baseada em uma história em quadrinhos (HQ) em que dois personagens – o professor de Física (Carlos) e seu João do sítio – e um velho Ford - proporcionam um desafio: a Física pode ajudar a encontrar a resposta para o problema do motor do velho Ford de seu João do sítio?

O professor Carlos afirma que sim, mas seu João do sítio zomba do conhecimento do professor.



Nesta oficina, além das discussões relacionadas ao contexto da HQ desenvolvidas a partir de textos, vídeos e simuladores disponíveis na WEB, também é demonstrado um experimento sobre o conteúdo de ensino, diferença de potencial elétrico.

SUMÁRIO

Introdução.....	09
Objetivos.....	09
Justificativa	09
Conteúdo Estruturante.....	09
Conteúdo Básico.....	09
Conteúdos Específicos.....	09
Conhecimentos prévios.....	09
Encaminhamentos	09
Recursos.....	13
Experimento.....	13
Sugestão de leitura.....	13
Filmes.....	13
Simuladores.....	13
Referências.....	13
Textos e sites de apoio	13
Anexo I (recortes)	14
Introdução.....	20
A Física da faísca.....	20
Potencial elétrico (V).....	21
Diferença de Potencial (U)	23
Superfícies equipotenciais	24
Avaliação.....	26
Recursos.....	26
Referências.....	27
Textos e sites de apoio	27
Anexos	27

¹ O encaminhamento metodológico abaixo foi elaborado pelo DEB para utilização nas oficinas de 2012.

Introdução

Esta oficina abordará o conceito de potencial elétrico a partir de uma história em quadrinhos (HQs) que relata o problema do motor da camionete de um certo senhor conhecido como João do sítio. Essa situação é bastante típica e ocorre, geralmente, com automóveis cuja manutenção não é frequente, sendo ainda de fácil contextualização, principalmente na modalidade da Educação de Jovens e Adultos - EJA. Pode, também, proporcionar outras discussões relacionadas à própria organização da HQ, por meio de encaminhamentos relacionados ao problema do motor, porém essa história abordará apenas uma dessas possibilidades.

A HQ, nessa oficina, tem como questão principal o problema mecânico da camionete de seu João, que é resolvido por um professor de Física, utilizando conhecimentos sobre eletricidade. Possui 18 quadros que serão previamente recortados e divididos, cujos desenhos e os respectivos textos serão desenvolvidos em três etapas. Assim, para a compreensão da história deve-se montar a sequência correta destes quadros que serão distribuídos durante a oficina.

Ao se desenvolver os conceitos e as discussões, também são sugeridas leituras, vídeos, um experimento e a utilização de simuladores que podem ser acessados na web. Esses recursos proporcionam maior aprofundamento nas discussões e melhor clareza na compreensão do conceito envolvido.

Objetivos

A oficina tem como objetivo proporcionar metodologias diferenciadas que motivem mais os alunos no estudo da Física, possibilitando uma melhor compreensão dos conceitos físicos; mas também oferecer momentos de discussão e aprofundamento aos professores sobre as questões envolvidas.

Justificativa

Os conceitos envolvidos estão presentes no dia a dia, porém a relação teoria/prática é pouco explorada no ensino. Por exemplo, a diferença de potencial e a tensão nas tomadas residenciais; da mesma forma os encaminhamentos diferenciados são poucos utilizados, como, as HQs, o uso das tecnologias educacionais ou as abordagens históricas, etc. Assim, essa oficina procura oferecer outras formas e meios para fazer o enfrentamento a essas questões.

Conteúdo Estruturante

- Eletromagnetismo.

Conteúdo Básico

- Potencial elétrico.

Conteúdos Específicos

- Diferença de potencial elétrico (ddp).
- Superfícies equipotenciais.

Conhecimentos prévios

- Campo elétrico.
- Energia potencial elétrica.

Encaminhamentos

A oficina, depois das primeiras informações, deve ser iniciada com a montagem da HQ por meio da sequência dos quadros, quando também serão esclarecidas as dúvidas sobre a organização e os pontos importantes dessa proposta. Os quadros devem estar recortados e serão distribuídos em três etapas, de acordo com as orientações contidas nesse encaminhamento. Essas etapas, considerando apenas a HQ, estão definidas da seguinte forma:

- a primeira etapa é formada pelos quadros que constam na primeira folha da HQ, mais os dois primeiros da segunda folha;

- a segunda etapa é formada pelos demais quadros da segunda folha, a partir do quadro mostrado a seguir.



- a terceira e última etapa constitui-se nos quadros da terceira folha da HQ.

Durante o desenvolvimento da oficina, os participantes não podem tomar conhecimento dos fatos da HQ da etapa subsequente. Ou seja, quando estiver trabalhando a primeira etapa da HQ, os quadros da segunda ou terceira etapas não podem ser distribuídos; ou quando estiver desenvolvendo a segunda etapa da HQ, os quadros da terceira não podem ser distribuídos. Ainda, em cada etapa, os quadros devem ser entregues aos participantes já recortados e na ordem diferente da sequência original da HQ que, também, não pode ser mostrada.

Inicialmente, na primeira etapa da oficina os quadros são distribuídos e, em seguida, organizados de acordo com a sequência original da HQ. Em seguida, ler-se-á a história com destaque para as hipóteses sugeridas pelo professor Carlos, além de outras que podem aparecer, mas também deve-se ressaltar o desafio proposto pelo professor: um bom livro de Física pode ajudar a resolver o problema da camionete de seu João do sítio. Essa questão será esclarecida no final da oficina, mas pode ser bastante debatida quando se discute a relação entre o conhecimento físico e sua aplicação. Além disso, nesta etapa, serão exploradas as hipóteses propostas pelos participantes que deverão continuar e concluir a HQ, quando realizarem as atividades 1 e 2. Assim, após a realização dessas atividades convide os participantes a apresentarem as respectivas versões, instigando-os a analisarem cada uma das versões apresentadas. Espera-se que essas versões abordem as hipóteses pensadas pelo professor Carlos ou não, porém, informe-os de que apenas uma delas foi escolhida nessa oficina. Contudo, ressalte que qualquer uma dessas hipóteses poderá ser trabalhada em outras oficinas, conforme outro planejamento pedagógico.

Para realizar a segunda etapa distribua os quadros correspondentes, retome a leitura da HQ e enfatize que o desenvolvimento da mesma será de acordo com a hipótese adotada pelo professor Carlos, ou seja, o problema deve ser as velas de ignição que não emitem descargas elétricas. Por conseguinte, a discussão será sobre a vela de ignição e o seu funcionamento e para isso é proposta a atividade 3, quando será elaborado um texto. Portanto, antes de realizar essa atividade, dê as informações e orientações necessárias, cujo encaminhamento está descrito abaixo.

Para uma melhor discussão desse problema, deve-se conhecer a vela e a sua visualização pode ser feita por meio de figuras, todavia é interessante levar e mostrar uma vela usada. Além disso, para entender o funcionamento da vela é necessário compreender a causa física que faz surgir uma faísca elétrica ou um raio, por exemplo, e para subsidiar e motivar a discussão mostre os vídeos *Trovoada*, *CDI Spark 1000* (para os mais interessados sugira o vídeo *Tudo sobre carros: velas iridium*) e leia também a parte do artigo *A Física das Tempestades e dos Raios* que fala sobre esse assunto (*todos* indicados em Recursos). Em seguida, promova a discussão sobre a qual seguem alguns questionamentos que deverão ser respondidos na forma de texto na atividade três.

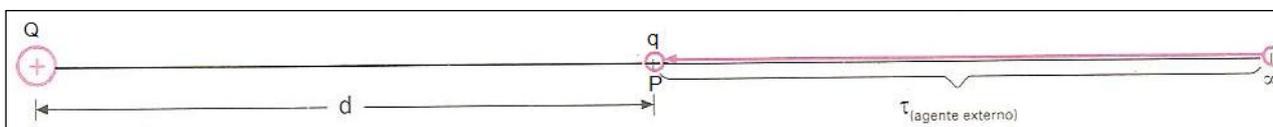
- Por que ocorrem descargas ou faíscas elétricas?
- Como ocorre uma descarga elétrica?
- O que é uma faísca elétrica?
- Onde ocorre esse tipo de fenômeno físico?

A discussão deve ser centrada no funcionamento da vela e na causa que produz as descargas elétricas. Ou seja, a descarga elétrica ocorre porque no eletrodo da vela há dois polos que produzem uma diferença de potencial devido ao acúmulo de cargas. Assim, na região entre os polos aparece um campo elétrico como o que ocorre entre duas placas paralelas, considerando algumas simplificações. A descarga se dá quando a *rigidez dielétrica* do meio é rompida, devido à ionização do ar provocada pela diferença de potencial entre os polos. A rigidez dielétrica do meio, neste caso o ar, corresponde ao valor limite da intensidade do campo elétrico desse meio que se comporta como isolante. Caso a tensão (ddp) aplicada seja superior a este limite, o meio se torna condutor devido à ionização do ar,

ocorrendo descargas elétricas (estas explicações não devem ser dadas enquanto os participantes estiverem discutindo e respondendo as questões, mas retomada posteriormente).

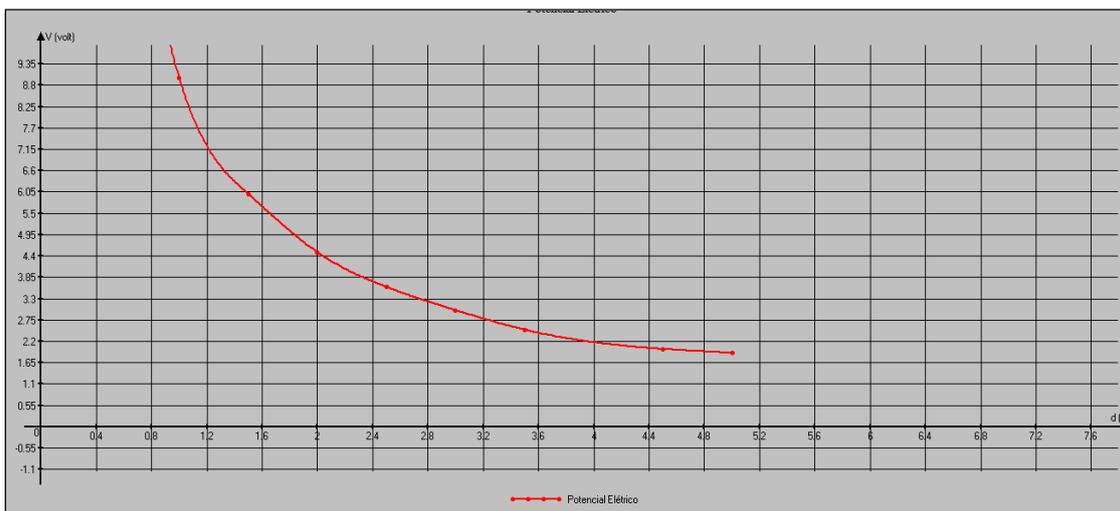
Ao se considerar os aspectos e as discussões realizadas, introduz-se a definição de potencial elétrico por meio da energia potencial elétrica e, na sequência, os conceitos de diferença de potencial e superfícies equipotenciais. Em relação ao potencial elétrico (V) uma questão fundamental é a definição do respectivo referencial e, para isso, este referencial é igual ao definido para a energia potencial elétrica. Sobre essa questão, pode-se mostrar a aplicação do referencial por meio dos simuladores (Charges and Fields), verificando como o potencial aumenta ou diminui para uma carga positiva ou negativa. Portanto, ao acessar este aplicativo retire uma carga positiva (ou negativa) do retângulo e posicione no interior da região delimitada pela linha pontilhada. Depois, marque a opção "Mostrar números" no retângulo verde e com o dispositivo móvel "equipotencial e voltagem", insira várias curvas e os respectivos valores. Assim, poderá observar os valores plotados e compará-los com as previsões indicadas nos referenciais, tanto para cargas positivas quanto para as negativas, mas não informe nada ainda sobre as curvas (superfícies equipotenciais).

O potencial de uma carga pontual é calculado na atividade quatro, por meio do trabalho realizado por um agente externo sobre uma carga quando a mesma é deslocada do infinito até uma distância da carga que gera o campo, conforme mostra a figura a seguir.



Como o cálculo deste trabalho já foi realizado ($\tau_{\infty \rightarrow d} = k \frac{Qq}{d}$), basta aplicar o teorema do trabalho e o resultado na definição de potencial elétrico, obtendo: $V = k \frac{Q}{d}$ – que é o potencial elétrico de uma carga pontual num ponto P. Vale lembrar que o trabalho total realizado sobre a carga de prova q isolada é nulo, porque a mesma permanece em repouso antes e depois do deslocamento, ou seja: $\tau_{total} = \tau_{F_{externa}} + \tau_{F_{elct}} = 0$, pois o trabalho da força externa e o trabalho da força elétrica são iguais, mas de sinais contrários. No entanto, a análise deve ser feita considerando o sistema formado pelas duas cargas (Q e q), sobre o qual a força externa ($F_{externa}$) realiza trabalho positivo ($\tau_{F_{externa}} > 0$).

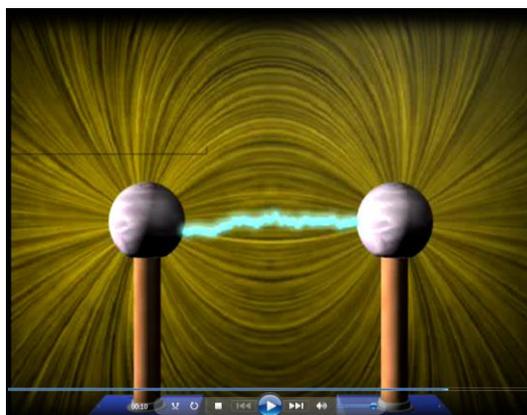
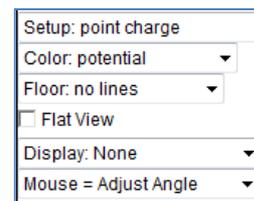
Na atividade cinco, será obtida a curva do potencial em função da distância (d) da carga pontual por meio da simulação com o software Charges and Fields (disponível no link em Recursos/Simuladores). A questão consiste em descobrir qual o formato da curva desse potencial (V) em função da distância (d), dado os valores de V (volt) e de d (m). Para isso, obtêm-se estes valores por intermédio da visualização das curvas de potencial (superfícies equipotenciais) que podem ser plotadas utilizando os recursos desse aplicativo. Após a obtenção de 10 a 15 coordenadas (V, d), constrói-se um gráfico V versus d num papel milimetrado para a obtenção da curva (você pode obter a formatação desse papel no link <http://www.printfreegraphpaper.com/>). Essa curva que corresponde à equação do potencial para uma carga Q em um meio de constante eletrostática k, pode ser utilizada no desenvolvimento do conceito do potencial elétrico.



A curva a ser construída na atividade sete tem a forma de uma hipérbole, como a representada abaixo.

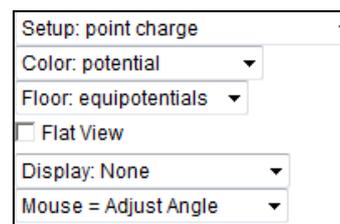
Porém, para visualizar esse tipo de curva em três dimensões acesse o aplicativo *Electricity and Magnetism: Statics* (disponível em Recursos/Simuladores) e mostre o potencial sem as superfícies equipotenciais. Para isso selecione as opções conforme a figura ao lado.

A diferença de potencial (U) entre dois pontos é obtida da mesma forma que o potencial, porém os pontos (A e B) são arbitrários e na atividade seis tem-se a sua aplicação. Entretanto, faça uma demonstração do experimento *Gerador eletrostático gotejante* de Kelvin para introduzir o conceito de diferença potencial, explorando os efeitos visuais das descargas geradas por diferença de potenciais de milhares de volts (esta demonstração deverá ser evitada em ambientes com alta umidade porque prejudica o funcionamento do gerador). Já no vídeo *Descarga elétrica em geradores de Van der Graaff* (disponível no link Recursos/Filmes) poderá visualizar uma simulação, onde se observa a intensidade do campo elétrico aumentar através do acréscimo das linhas de campo e o momento em que o meio torna-se condutor devido à ionização do ar (a figura abaixo ilustra o instante em isso ocorre na simulação). Em relação ao vídeo mostre o momento relacionado à descarga elétrica que ocorre no gerador eletrostático gotejante, conforme ilustra a figura a seguir.



Ao realizar o experimento e exibir a simulação no vídeo, resgate a discussão sobre a descarga elétrica, pedindo aos participantes que leiam as explicações formuladas sobre a causa física que faz surgir uma faísca elétrica ou um raio. Depois, considerando essa simulação, o experimento e as explicações formuladas anteriormente neste texto, mas que não foram dadas naquele momento, aponte no vídeo o momento em que a rigidez dielétrica do meio é rompida e a descarga elétrica ocorre – que é o que acontece na vela de ignição, no experimento, no raio ou relâmpago etc. Em seguida, faça algumas comparações e/ou contrapontos entre as explicações formuladas pelos participantes e a do texto subsidiada pela simulação do vídeo.

Após a definição de superfícies equipotenciais, acesse o aplicativo anterior e selecione as opções de acordo com o quadro a seguir. Mostre o potencial de vários ângulos e para outras distribuições de carga, indicando onde estão localizadas as superfícies equipotenciais.



As linhas de campo podem ser visualizadas em conjunto com as superfícies equipotenciais formando um ângulo de 90° . Mostre através dos simuladores (Electric Field Lines e Charges and Fields) essa visualização, cuja demonstração da perpendicularidade entre curvas será realizada na atividade sete.

A demonstração pode ser realizada da seguinte forma:

Como V_A e V_B estão na mesma superfície equipotencial, então $V_B - V_A = 0$, pois $V_B = V_A$. Logo, o trabalho da força \vec{F} sobre a carga q no deslocamento entre A e B é nulo, ou seja, $\tau = 0$. Mas o trabalho realizado por uma força \vec{F} é dado por: $\tau = Fd \cos\theta$, onde θ é o ângulo entre a direção da força e do movimento, portanto, o ângulo deverá ser de 90° para que $\cos\theta = 0$.

Na última atividade (8), constroem-se as superfícies equipotenciais em duas situações distintas e isso possibilita uma melhor interpretação dessas superfícies em relação às distâncias entre duas curvas subsequentes.

Para a conclusão da oficina retome a HQ ao realizar a terceira etapa distribuindo os restantes dos quadros. Após a montagem e leitura destes quadros, resgate o desafio proposto pelo professor Carlos e pergunte aos participantes o que prevaleceu: se as gargalhadas do seu João do sítio ou a corajosa afirmação desse professor (pergunte se estão lembrados do desafio).

Recursos

Experimento²

- construção de um gerador eletrostático gotejante. Física na Escola, v. 9, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/gerador.pdf>.

Material:

- aproximadamente 3 m de cano PVC de 25 mm e 0.5 m (PVC) de 32 mm;
- dois recipientes plásticos de 1 L;
- fios condutores (aproximadamente 2 m);
- dois gotejadores (utilizados para aplicação de soro);
- duas arruelas de 2,5 cm de diâmetro externo e 1,5 cm de diâmetro interno;
- dois pedaços pequenos de arame;
- duas latas de refrigerante de alumínio;
- dois pedaços de PVC de 12 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro;
- suportes (ou similares) para fixar os canos, os recipientes e os arames, conforme ilustra a figura no texto indicado.

Sugestão de leitura

- SABA, M.M.F. A Física das Tempestades e dos Raios. Física na Escola, v. 2, n. 1, 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>

Vídeos:

- CDI Spark 1000 - 10000rpm w/ denso iridium spark plug. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=W8V0ULIWBm&feature=endscreen&NR=1>.
- Tudo sobre carros: Velas Iridium. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=vMZjAbbC5c&feature=related>.
- Trovoada: Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=sVag22xPkgU&feature=related>.
- Descarga elétrica geradores de Van der Gaff: Disponível em: <http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/electrostatics/vdgdischarge/vdgdischarge.htm>.

Simuladores

- Linhas de campo elétrico e superfícies equipotenciais. Disponível em: <http://www.mta.ca/faculty/science/physics/suren/FieldLines/FieldLines.html>.
- Plotando superfícies equipotenciais. Disponível em: http://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields/charges-and-fields_pt_BR.html.
- Problemas causados pelas descargas elétricas. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=SJgsTBnZIM8>.

Referências

GASPAR, Alberto. Física 3 – Eletromagnetismo e Física Moderna. SP: Ática, 2009.

² Este experimento é mais facilmente demonstrado em dias de baixa umidade. Para realizá-lo, leia atentamente as instruções e recomendações do artigo Construção de um gerador eletrostático gotejante.



A FAÍSCA DA FÍSICA

Numa cidade do interior do Paraná, “João do sítio” teve um problema mecânico em sua camionete. Era um fim de tarde de verão, numa quarta-feira, quando o Ford-69 quebrou próximo a uma escola pública dessa cidade.

Ao abrir o capô do seu veículo, seu João examina o motor, mesmo entendendo muito pouco de mecânica. Ele mexe na correia...



...dirige seu olhar às válvulas, observa o carburador e fica pensativo... Neste momento, aproxima-se do seu carro um senhor segurando uma pasta e uma revista. O seu nome é Carlos e, ao perceber a situação, dirige-se a seu João.



OLÁ SEU JOÃO, O QUE HOUVE COM O VELHO FORD DESSA VEZ?

DEVE SER O MESMO DE SEMPRE. O MOTOR NÃO TÁ QUEIMANDO BEM!



SE A QUESTÃO FOR SOMENTE UMA FALHA NO MOTOR, PENSO QUE PODEMOS RESOLVER O PROBLEMA. VAMOS...

<p>MAS O QUE EXATAMENTE NÃO QUEIMA BEM SEU JOÃO?</p> 	<p>OORA! O MOTOR ENGASSA E NÃO QUEIMA. ÀS VEZES FUNCIONA, MAS COMEÇA A FALHAR E PARA.</p> 	<p>HÁÁ! ENTENDI.</p> 	<p>VOU TÊ QUE REBOCAR A CAMIONETA ATÉ A OFICINA DO MANECA. ELE JÁ CONHECE A NOVELA.</p> 
--	---	---	--



PERA AÍ, SEU JOÃO! VAMOS PENSAR UM POLICO SOBRE A QUESTÃO.



SERÁ QUE O MOTOR ESTÁ FORA DO PONTO? OU O CARBURADOR NÃO ESTÁ FUNCIONANDO BEM? MAS, SE FOR O VIRABREQUIM? MAS O QUE PODERÁ SER?



BOM, TAMBÉM PODEM SER AS VELAS QUE NÃO EMITEM DESCARGAS ELÊTRICAS PARA A QUEIMA.

SERÁ O BENEDITO? VAI SAÍ FAISCA!



HÁ! EM UM BOM LIVRO DE FÍSICA ENCONTRAREMOS A RESPOSTA PARA A SUA CAMIONETA.



NÃO ME DIGA QUE VOCÊ VAI USAR UM LIVRO PARA FAZER A CAMIONETA FUNCIONAR?

HA

AH!

ISSO MESMO SEU JOÃO! NOS LIVROS DE FÍSICA TÊM MUITOS CONHECIMENTOS QUE EXPLICAM O FUNCIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E MÁQUINAS, COMO É O CASO DOS MOTORES. NESTE CASO A EXPLOSÃO QUE OCORRE É CAUSADA POR DESCARGAS ELÉTRICAS...



... ESTAS DESCARGAS SÃO PROVOCADAS PELAS VELAS, QUE INICIAM A QUEIMA DO COMBUSTÍVEL, FAZENDO O MOTOR FUNCIONAR.



ENTÃO, ACHO QUE PODEM SER AS VELAS QUE NÃO EMITEM DESCARGAS ELÉTRICAS.



VELAS?



SEU JOÃO, PARA REALIZAR A QUEIMA DO COMBUSTÍVEL NO MOTOR A VELA DISPARA UMA FAÍSCA.



TÁ, E DAÍ? ELA NÃO TÁ FUNCIONANDO MESMO...



UÊ! SE TIVER SUJA A GENTE LAVA...

POIS É, SEU JOÃO, É AÍ QUE ESTÁ O PROBLEMA. ELA NÃO FUNCIONA PORQUE A SUA PONTA, CHAMADA DE ELETRODO, ESTÁ MUITO SUJA OU QUEIMADA.



ISSO MESMO! E SE ESTIVER QUEIMADA VAMOS TER QUE TROCAR.



TÁ! COMO SE LAVA VELA?



POIS BEM, SEU JOÃO. PRIMEIRO VAMOS VER COMO ELE ESTÁ. O SENHOR TEM UMA CAIXA DE FERRAMENTAS?



CLARO! TÁ QUI, O'!



Carlos usa uma chave especial -chave de vela- para retirar as velas, examinando-as cada uma.



O SENHOR ESTÁ COM SORTE, SEU JOÃO. O PROBLEMA PARECE QUE É SÓ SUJEIRA.



ESTÁ VENDO AQUI?



É SÓ LIXAR UM POUQUINHO E PRONTO.



VOCÊ TÁ BRINCANDO! ESSA DOR DE CABEÇA TODA É ISSO AÍ?



Durante a conversa, Carlos faz a limpeza de todas as velas e constata que o problema era somente a sujeira que impedia a ignição.



**POIS É, SEU JOÃO. VEJA COMO
A FÍSICA PODE NOS AJUDAR A
RESOLVER
PROBLEMAS!**



**INTÉ! HÁÁ! E NÃO
ESQUECE DE AGRADECÊ
A TAL DONA FÍSICA!**



fim.

A Faísca da Física³

Professor Otto H. M. da Silva

Este texto, para o estudante, foi criado para uma oficina, e, além das discussões relacionadas ao contexto da HQ desenvolvidas a partir de textos, vídeos e simuladores disponíveis na WEB, também é demonstrado um experimento sobre o conteúdo de ensino Diferença de Potencial Elétrico. Essa oficina é baseada em uma história em quadrinhos (HQ) em que dois personagens – o professor de Física (Carlos) e seu João do sítio – e um velho Ford proporcionam um desafio: a Física pode ajudar a encontrar a resposta para o problema do motor do velho Ford de seu João do sítio?



O professor Carlos afirma que sim, mas seu João do sítio zomba do conhecimento do professor.

Sumário

Introdução.....	20
A Física da faísca	20
Potencial elétrico (V).....	21
Diferença de Potencial (U)	23
Superfícies equipotenciais	24
Avaliação	26
Recursos.....	26
Sugestão de leitura	26
Filmes.....	26
Simuladores	26
Referências.....	27
Textos e sites de apoio	27
Anexos.....	27

³ O encaminhamento metodológico abaixo foi elaborado pelo DEB para utilização nas oficinas de 2012.

Introdução

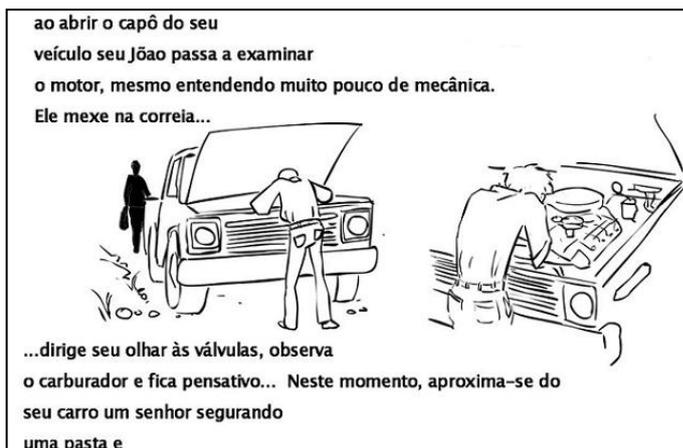
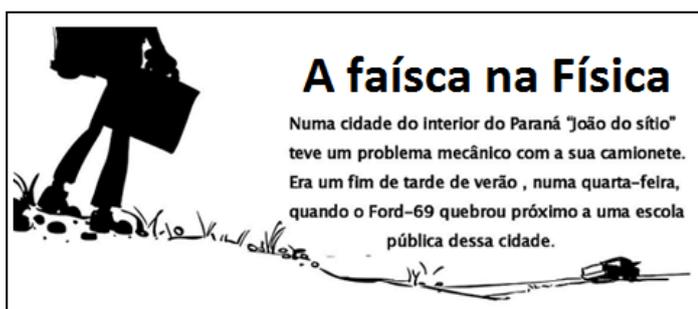
A história em quadrinhos (HQ) – *A Física da faísca* – relata o problema mecânico da camionete de seu João do sítio que ficou quebrada na estrada de uma pequena cidade do interior do Paraná. Isso ocorreu num fim de tarde, num dia de verão, quando o professor de Física, Carlos, aproximou-se da caminhonete de seu João para ajudá-lo. A partir daí a HQ é desenvolvida tendo como foco o funcionamento da vela de ignição que está relacionada ao conteúdo de ensino Diferença de Potencial Elétrico.

Esta proposta oferece, ainda, algumas discussões relacionadas à própria organização da HQ ao possibilitar outros encaminhamentos, porém a história abordará apenas uma dessas possibilidades. Para tanto, é preciso conhecê-la e montar uma sequência correta dos quadros que serão distribuídos em três etapas, contendo os desenhos e os respectivos textos.

Durante o desenvolvimento do Conceito de Potencial Elétrico e das discussões, também são sugeridas leituras, vídeos, um experimento e a utilização de simuladores acessados na web, com o objetivo de proporcionar maior aprofundamento nas discussões e melhor clareza na compreensão do conceito envolvido.

A Física da faísca

A HQ não está pronta. E para conhecer essa história monte a sequência correta dos quadros que serão fornecidos durante a oficina. A história deve conter uma sequência lógica dos fatos, por exemplo, em relação ao primeiro momento temos uma narrativa sobre o início da HQ até o professor de Física (Carlos) se aproximar de seu João. De acordo com este momento, os dois quadros correspondentes são:



Assim, a HQ será montada à medida em que os quadrinhos forem sendo fornecidos.

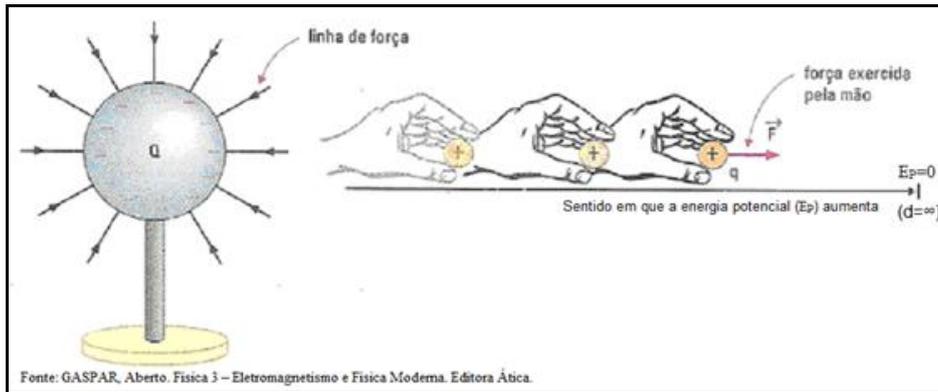
Durante a primeira etapa da montagem da HQ e considerando a organização dos fatos segundo a sequência original dessa história, será explorada a forma como o problema do motor foi encaminhado. Para isso, após a montagem e a leitura da HQ, responda às questões a seguir e depois discuta com os colegas quanto à coerência das respostas.

1. Ao tomar conhecimento do problema, Carlos formulou algumas hipóteses conforme mostra a primeira parte da HQ. Você sugeriria outra hipótese ou adotaria uma dessas? Qual a sua hipótese?

2. Ao considerar a sua hipótese para o problema, proponha uma solução para consertar a camionete de seu João do sítio e descreva os procedimentos passo a passo. Essa descrição deverá conter também o fim da HQ. (Para isso, use as folhas de respostas disponíveis em anexo).

3. O professor Carlos também propõe uma solução ao considerar a sua hipótese. Os próximos quadros da HQ revelarão esta hipótese e uma nova questão que será discutida em grupo e respondida por meio de um texto. Desse modo, observe atentamente as informações e orientações realizadas pelo docente da oficina e depois escreva o texto solicitado no espaço indicado a seguir.

No caso de $Q < 0$ e $q > 0$, para realizar trabalho positivo sobre o sistema o agente externo afasta a carga q , conforme indica a figura a seguir. Dessa forma, a energia potencial aumenta no sentido de Q para o infinito, ou seja, a partir de valores cada vez mais negativos tendendo ao zero no infinito.

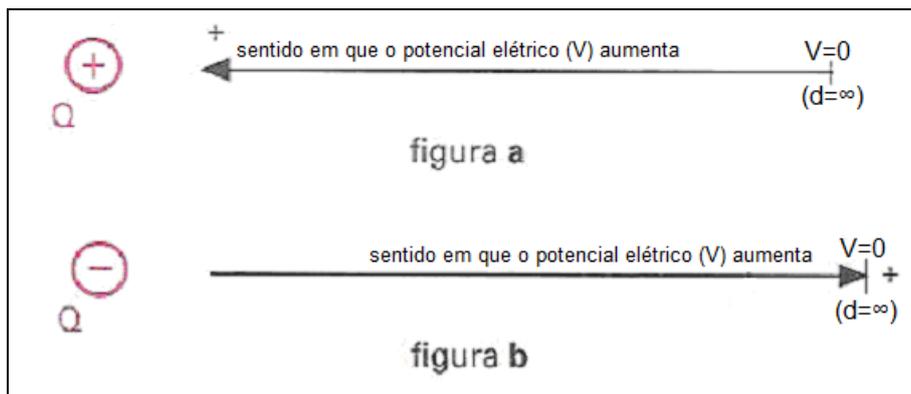


Fonte: GASPAR, Aberto. Física 3 – Eletromagnetismo e Física Moderna. Editora Ática.

Para o potencial elétrico (V) e ao considerar a carga teste (q) positiva, o referencial é o mesmo da energia potencial (E_p), pois é definido em função dessa energia. Assim, o referencial do potencial elétrico será:

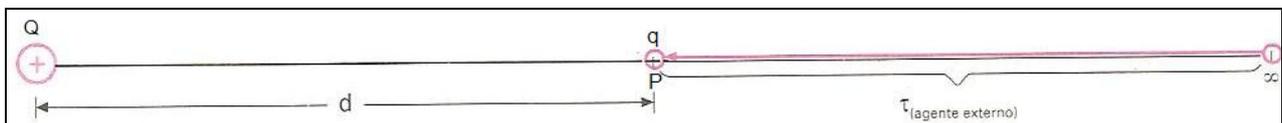
- zero no infinito, ou seja, muito distante da carga;
- possui o sentido positivo do infinito para a carga Q , quando esta é positiva;
- possui o sentido positivo da carga Q para o infinito, quando a carga Q for negativa.

A figura abaixo mostra o referencial para o potencial elétrico.



5. Determine o potencial elétrico (V) no ponto P do sistema representado abaixo, considerando que o trabalho realizado por um agente externo para deslocar a carga q do infinito até uma distância d da carga Q , é igual a:

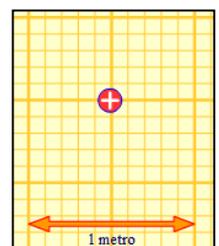
$$\tau_{\infty \rightarrow d} = k \frac{Qq}{d}$$



6. O resultado encontrado acima mostra como o potencial (V) depende da distância (d) à carga

(Q), isto é: $V = k \frac{Q}{d}$. Para verificar a variação da potência em função da distância será

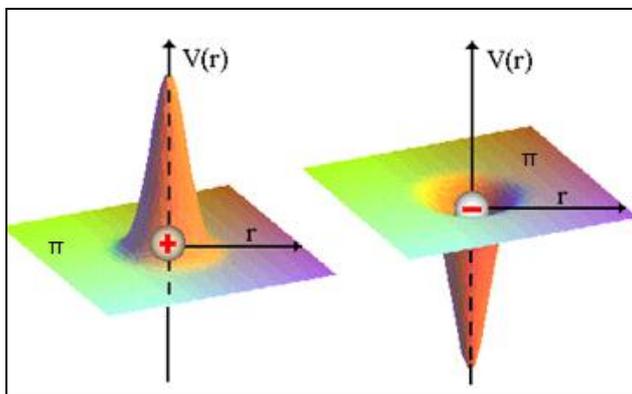
realizada uma simulação com o software *Charges and Fields* (disponível no link em Recursos/Simuladores) para a obtenção das coordenadas (V , d). Para isso, acesse esse aplicativo e marque nas opções “Grade” e “Mostrar números”, depois retire uma carga positiva do retângulo e posicione num ponto que facilite a leitura das distâncias, como



mostra a figura anterior. Com o dispositivo móvel “equipotencial e voltagem”, insira várias curvas e os respectivos valores, obtendo de 10 a 15 coordenadas (V, d) e construa o gráfico V versus d num papel milimetrado (para isso use o papel milimetrado disponível em Anexos).

Potencial (V)	Distância (m)	Potencial (V)	Distância (m)

A curva obtida representa a forma do *Potencial Elétrico de uma carga pontual*, considerando $V = f(d)$. Porém, a visualização dessa curva em três dimensões possibilita uma compreensão melhor do potencial elétrico como mostra a figura a seguir. Esta figura representa o potencial em torno de uma carga positiva e negativa num referencial, cuja origem coincide com o centro das cargas.

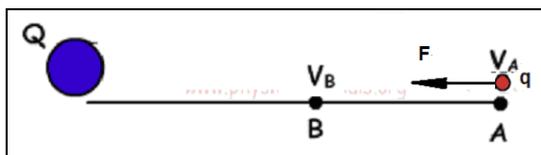


Observe que o potencial elétrico é nulo para certas distâncias (r) que se encontram sobre o plano (π) e aumenta, em módulo, próximo das cargas. Na carga positiva, o potencial aumenta a partir da carga no sentido positivo do eixo V(r) e na carga negativa, aumenta, em módulo, ao se aproximar da carga no lado negativo do eixo V(r).

No caso de várias cargas (Q_1, Q_2, Q_3 etc), o potencial num dado ponto (P) é a soma algébrica dos demais potenciais nesse mesmo ponto, ou seja: $V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$. No entanto, pode-se obter também uma diferença de potenciais: $V_A - V_B$, também chamada de *tensão elétrica*. Para observar este conceito físico na prática, observe o experimento *Gerador eletrostático gotejante* demonstrado a seguir pelo docente da oficina.

Diferença de Potencial (U)

Considere, agora, a carga positiva q sendo deslocada do ponto A até o ponto B, através do trabalho (τ) realizado por um agente externo F num campo elétrico gerado por Q.

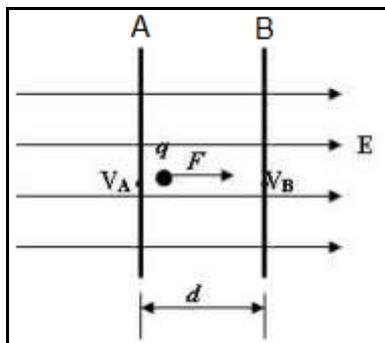


O trabalho sobre o sistema ocorre devido às forças conservativas, portanto, esse trabalho deve ser igual à variação da energia potencial do sistema, ou seja, $\tau = E_{P_B} - E_{P_A}$. Mas o potencial elétrico no ponto A é dado por

$V_A = \frac{E_{P_A}}{q}$; e em B: $V_B = \frac{E_{P_B}}{q}$. Considerando os dois potenciais (V_A e V_B) a expressão do trabalho pode ser escrita da

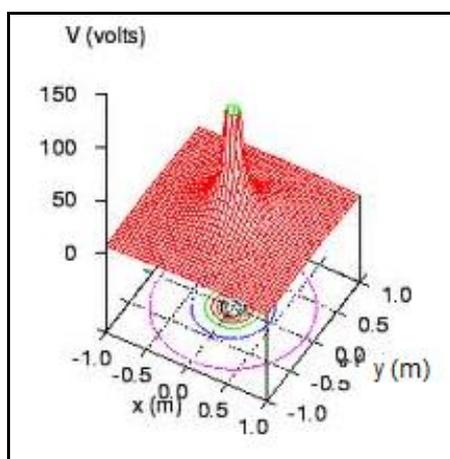
seguinte forma: $\tau = q(V_B - V_A)$, onde $(V_B - V_A)$ é denominada de *diferença de potencial elétrico* ou simplesmente ddp. Essa diferença é usualmente representada por U e, portanto, dada por: $U = \frac{\tau}{q}$.

7. Considere o campo elétrico uniforme (E) mostrado na figura abaixo e calcule a ddp entre os pontos A e B, quando uma carga q se move de A para B.



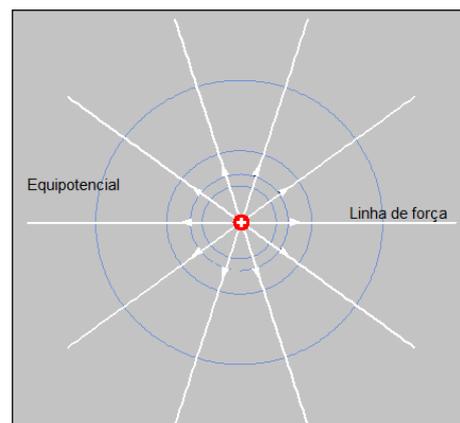
Superfícies equipotenciais

No gráfico do potencial de uma carga pontual, como o da figura a seguir, pode-se observar que o potencial é nulo para distâncias superiores a 1 m do centro da carga e maior que zero para distâncias inferiores a esta. No entanto, para pontos equidistantes do centro da carga o valor do potencial é o mesmo, ou seja, é constante. Estas regiões cujo potencial é constante são chamadas de *superfícies equipotenciais* e, nesse gráfico, são representadas pelas projeções circulares coloridas no plano XY. Veja que, neste caso, para distâncias superiores a 1 m a superfície equipotenciais são regiões planas; mas, para distâncias inferiores a estas são apenas circunferências concêntricas, conforme mostra o gráfico abaixo.



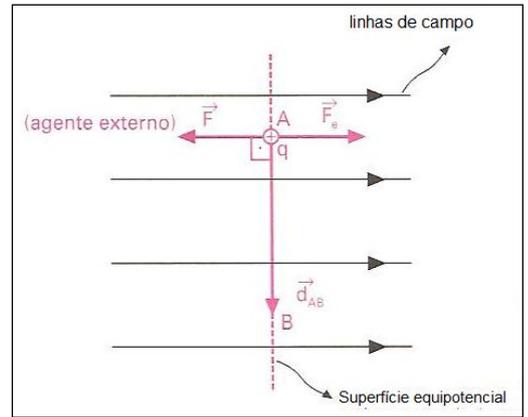
A visualização das superfícies equipotenciais pode ser feita em conjunto com as linhas de força de um campo elétrico. Esta representação é mostrada na figura ao lado, onde as linhas de forças são as retas e as circunferências são as superfícies equipotenciais (ou equipotenciais).

Portanto, a visualização do campo elétrico também pode ser ilustrada por meio das superfícies equipotenciais, como também o faz as linhas de força de um campo. No entanto, ao contrário do que ocorre ao longo de uma linha de campo, se uma carga elétrica se deslocar sobre uma superfície equipotencial não há realização de trabalho. Isso ocorre porque não há diferença de potencial.

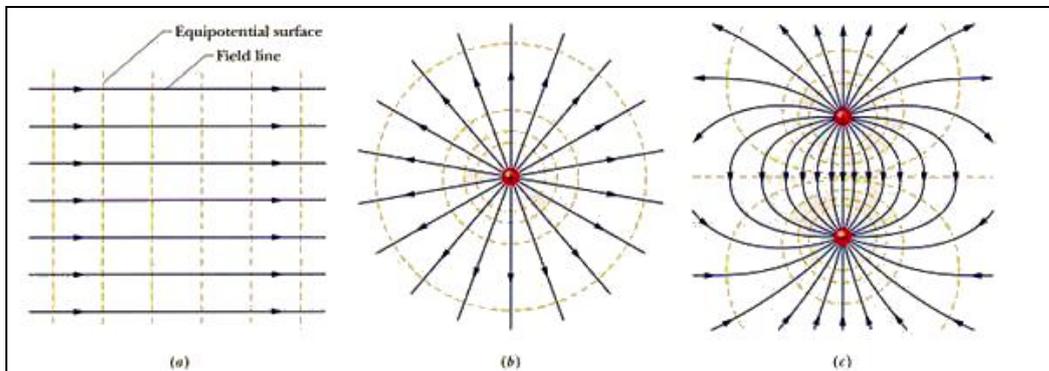


8. Na figura ao lado, considere a carga q se deslocando ao longo da superfície equipotencial AB, sob a ação das forças \vec{F} (força externa) e \vec{F}_e (força elétrica).

Mostre que as superfícies equipotenciais devem ser perpendiculares às linhas de força em cada ponto do campo elétrico.



Abaixo, são ilustradas algumas configurações de superfícies equipotenciais.



9. Acesse o simulador Charges and Fields e realize as atividades solicitadas a seguir.
- Construa superfícies equipotenciais cuja ddp entre duas superfícies subsequentes seja constante e construa, também, o respectivo gráfico do potencial elétrico (para isso use o papel milimetrado disponível em Anexos);
 - Construa superfícies equipotenciais cuja distância entre duas superfícies subsequentes seja constante e construa, também, o respectivo gráfico do potencial elétrico (para isso use o papel milimetrado disponível em Anexos).

Vimos que o potencial caracteriza o campo elétrico e que este também pode ser visualizado por meio das superfícies equipotenciais. No entanto, o vetor campo elétrico e o potencial elétrico estão estreitamente relacionados de modo que a existência do vetor campo elétrico determine o comportamento do potencial, ou seja:

- se o vetor campo elétrico (\vec{E}) não varia com a distância (é constante), o potencial varia linearmente com a distância: $\vec{E} \equiv \text{constante} \Rightarrow U = Ed$;
- se a intensidade do vetor campo elétrico é inversamente proporcional ao quadrado da distância, o potencial é proporcional ao inverso da distância: $\vec{E} \propto \frac{1}{d^2} \Rightarrow V \propto \frac{1}{d}$.

Vamos voltar ao problema da camionete de seu João do sítio.

Ainda não sabemos como o professor Carlos resolveu o problema da camionete. Para saber como isso ocorreu, monte o final da HQ e, se possível, repita os procedimentos do professor Carlos com a ajuda e a orientação do docente da oficina.

E, então, a Física ajudou a encontrar a resposta para o problema do motor do velho Ford de seu João do sítio? Se você, agora, sabe o que é uma vela de ignição e passou a compreender o seu funcionamento, associando-o com o conhecimento físico, então a resposta é sim!

No entanto, em relação a esta oficina gostaria de obter algumas informações importantes para análise e aprimoramento e, para isso, sua participação é fundamental. Para participar leia o item a seguir.

Avaliação

Prezado(a) participante, este material busca proporcionar metodologias diferenciadas que motivem mais os alunos no estudo da Física. Dessa forma, espera-se que o ensino, apoiado nesse material, possibilite melhor compreensão e maior aprofundamento dos conceitos físicos estudados – como no caso do potencial elétrico trabalhado nessa oficina.

Ao considerar a realização da oficina, pretende-se analisá-la quanto à execução e aos possíveis objetivos alcançados e para isso gostaria de contar com a sua imprescindível colaboração.

Para participar, acesse o formulário indicado no link:
<https://docs.google.com/spreadsheets/viewform?formkey=dFpjQ1E2cHRqdIVIOGtvUmVoTXBxSUE6MQ>

Muito obrigado.

Recursos

⁴Experimento

- Construção de um gerador eletrostático gotejante. Física na Escola, v. 9, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/gerador.pdf>.

Material.

- aproximadamente 3 m de cano PVC de 25 mm de diâmetro e 0.5 m (PVC) de 32 mm (diâmetro);
- dois recipientes plásticos de 1 L;
- fios condutores (aproximadamente 2 m);
- dois gotejadores (utilizados para aplicação de soro);
- duas arruelas de 2,5 cm de diâmetro externo e 1,5 cm de diâmetro interno;
- dois pedaços pequenos de arame;
- duas latas de refrigerante de alumínio;
- dois pedaços de PVC de 12 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro;
- suportes (ou similares) para fixar os canos, os recipientes e os arames, conforme ilustra a figura no texto indicado.

Sugestão de leitura

- SABA, M.M. F. A Física das Tempestades e dos Raios. Física na Escola, v. 2, n. 1, 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>

Vídeos

- CDI Spark 1000 - 10000rpm w/ denso iridium spark plug. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=W8V0ULIWBrM>.
- Tudo sobre carros: Velas Iridium. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=vMZjJAbc5c&feature=related>.
- Trovoada: Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=sVag22xPkgU&feature=related>.

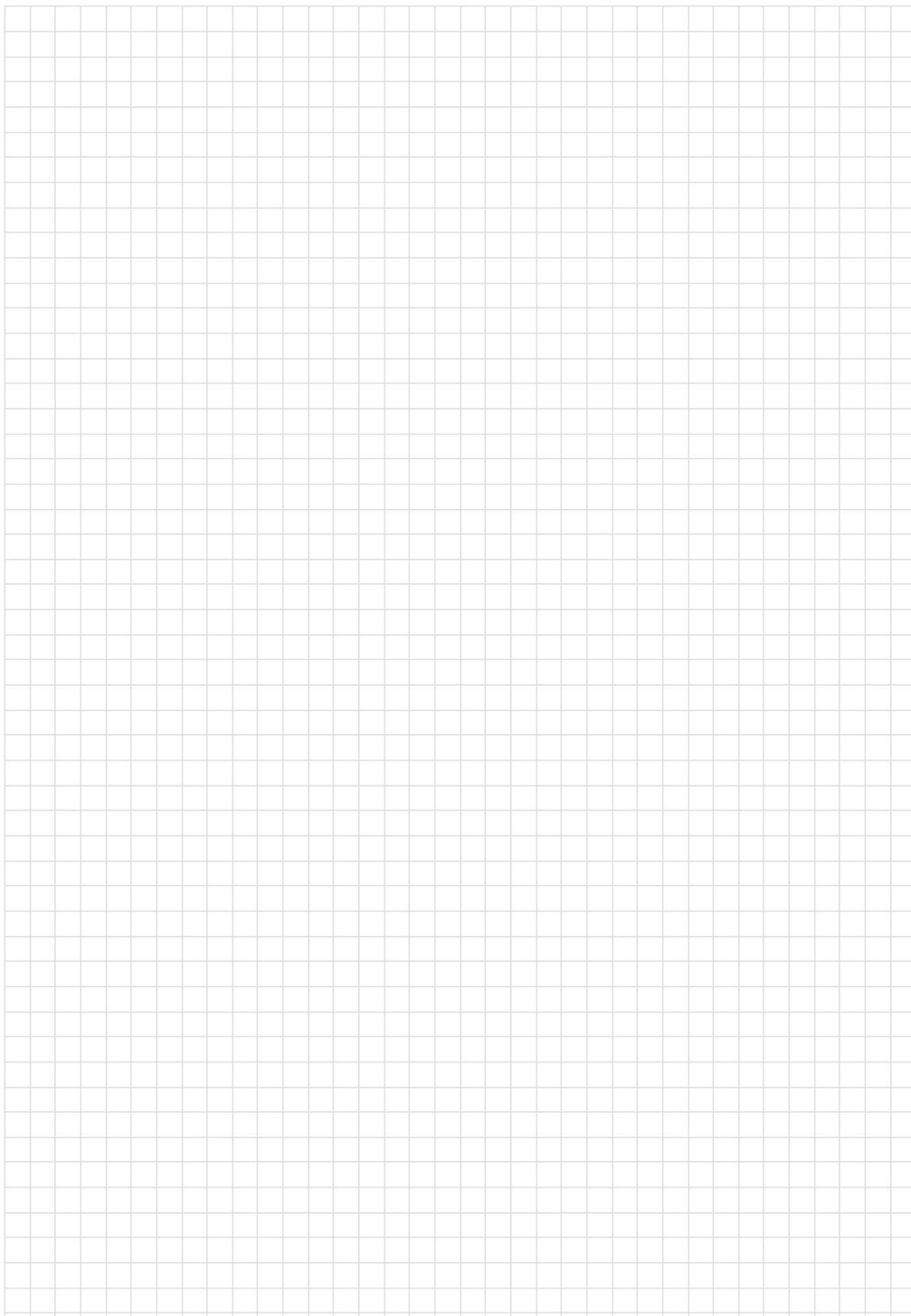
Simuladores

- Electric Field Lines. Disponível em: <http://www.mta.ca/faculty/science/physics/suren/FieldLines/FieldLines.html>.
- Charges and Fields. Disponível em: http://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields/charges-and-fields_pt_BR.html.
- Electricity and Magnetism: Statics. Disponível em: <http://www.falstad.com/mathphysics.html>.
- Electric Fields. Disponível em: http://www.mhhe.com/physsci/physical/giambattista/electric/electric_fields.html.

⁴ Este experimento é mais facilmente demonstrado em dias de baixa umidade. Para realizá-lo, leia atentamente as instruções e recomendações do artigo “Construção de um gerador eletrostático gotejante”.

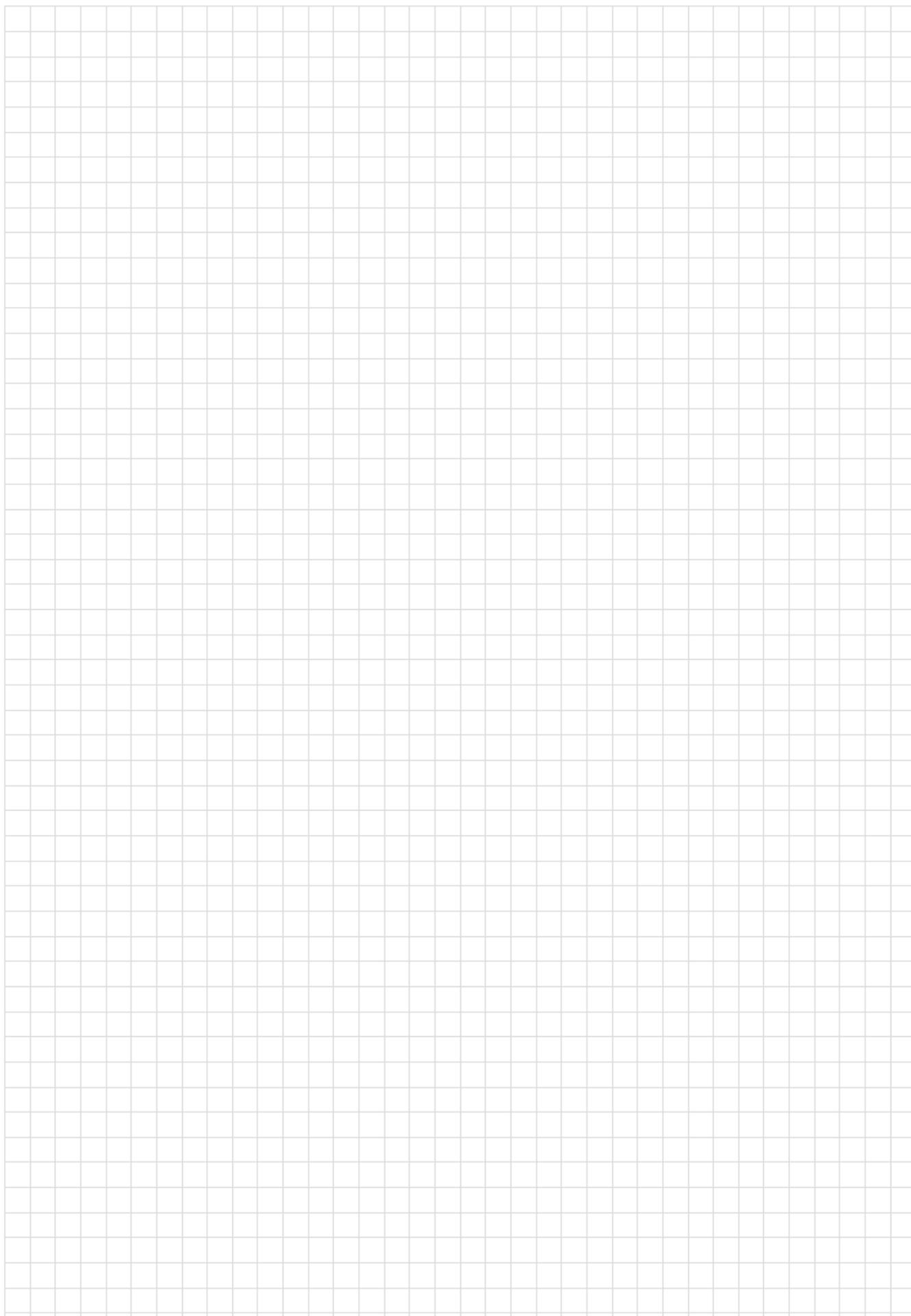
Lined writing area for student responses.

Gráfico da atividade 5.



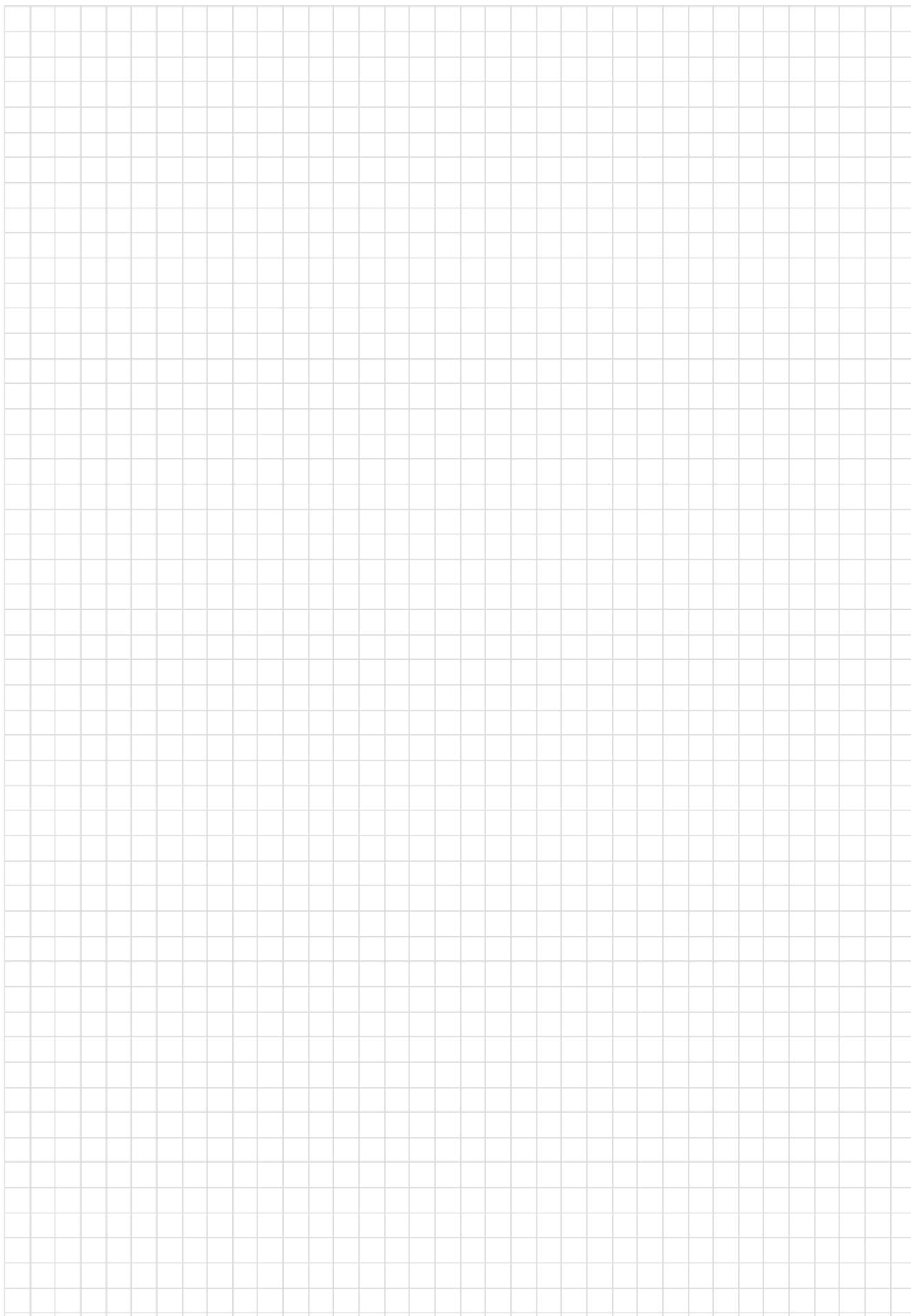
PrintFreeGraphPaper.com

Gráfico da atividade 8a.

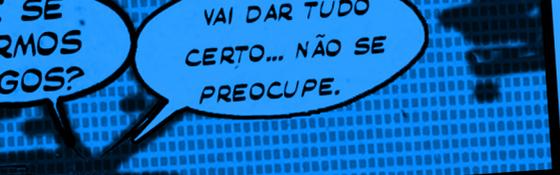


PrintFreeGraphPaper.com

Gráfico da atividade 8b.



PrintFreeGraphPaper.com



GOVERNADOR DO ESTADO DO PARANÁ
Beto Richa

SECRETÁRIO DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
Flávio Arns

DIRETOR GERAL DA SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
Jorge Eduardo Wekerlin

SUPERINTENDENTE DA EDUCAÇÃO
Eliane Vieira Rocha

DIRETORIA DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL
Rogério Bufrem Riva

DEPARTAMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA
Maria Cristina Theobald



WWW.EDUCACAO.PR.GOV.BR



PRODUÇÃO
Multimeios