

Secretaria de Estado da Educação - SEED  
Departamento de Educação Básica - DEB

# Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

Ondas Eletromagnéticas

Otto Henrique Martins da Silva

Tiago Ungericht Rocha

Equipe Disciplinar de Física

2013



Av. Água Verde- Vila Izabel – 80.240-900 - Curitiba- PR

(41) 3340-1719



**PARANÁ**

---

**GOVERNO DO ESTADO**

**Secretaria da Educação**

**SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO**

**SUPERINTENDÊNCIA DE EDUCAÇÃO**

**DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA**

**COORDENAÇÃO DE ENSINO MÉDIO**

**EQUIPE DISCIPLINAR DE FÍSICA**

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

## Sumário

### Apresentação

A presente oficina, intitulada *Ondas Eletromagnéticas*, tem como característica central propiciar a discussão de encaminhamentos metodológicos alternativos para o ensino de Física. Neste sentido, dando continuidade às propostas de oficinas apresentadas em semestres anteriores, selecionamos uma nova temática previstas nas Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica e, a partir de então, trazemos um conjunto de sugestões para que o professor possa desenvolver suas aulas.

Num primeiro momento apresentamos os elementos constituintes para que o professor possa elaborar o seu plano de trabalho docente de acordo com os documentos norteadores estaduais. Na sequência apresentamos o encaminhamento desta oficina, seguindo-o por uma discussão teórica sobre a temática e pela descrição da prática experimental *Controle Remoto Rudimentar*. Por fim, fazemos uma breve reflexão em torno do processo avaliativo e apresentamos sugestões de atividades, leituras, vídeos e simuladores.

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

Equipe de Física/DEB - SEED

## **ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

### **Conteúdo Estruturante**

- Eletromagnetismo.

### **Conteúdo Básico**

- Ondas eletromagnéticas; Equações de Maxwell.

### **Conteúdos Específicos**

- Características das ondas eletromagnéticas;
- Geração, transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas;
- O espectro eletromagnético;
- Lei de Faraday;
- Lei de Ampère.

### **Conhecimentos prévios**

- Conceitos de campo elétrico e magnético;
- Corrente elétrica e circuitos simples.

### **Objetivos**

A presente oficina tem por objetivo principal propor metodologias diferenciadas para o ensino de Física, tomando como ponto central a prática demonstrativa. Pretende-se, a partir desta oficina, aliar às metodologias

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

tradicionais elementos que permitam uma formação mais rica aos estudantes de nossa rede. Tais elementos estariam presentes em encaminhamentos que valorizem a dimensão histórico-filosófica do conhecimento científico, bem como as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Elencamos como objetivos específicos para esta oficina:

- Definir o conceito de onda eletromagnética, explicitando suas características fundamentais a partir dos resultados da teoria eletromagnética de Maxwell;
- Discutir os processos de geração, transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas a partir de estudos fenomênicos (experimentos demonstrativos);
- Caracterizar o espectro eletromagnético conhecido por meio das faixas de frequência, explicitando aspectos relacionados à sua descoberta, produção e utilização.
- Promover a relação entre o conhecimento científico e as aplicações tecnológicas no dia a dia das pessoas e na sociedade.
- Proporcionar práticas experimentais que fortaleçam a relação teoria/prática no processo ensino-aprendizagem.

## **Expectativas de aprendizagem<sup>1</sup>**

Espera-se que esta oficina quando desenvolvida em sala de aula possibilite que o estudante:

- *61. Compreenda a onda como uma perturbação no tempo e no espaço que transporta energia sem transporte de matéria.*
- *71. Compreenda as ideias, definições, leis e conceitos que fundamentam a teoria eletromagnética, concebendo a carga elétrica como um conceito central e as leis de Maxwell como um conjunto teórico que possibilita explicar os fenômenos eletromagnéticos.*
- *72. 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.*

---

<sup>1</sup> Caderno de Expectativas de Aprendizagem – Departamento de Educação Básica/SEED, 2012.

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

- 76. *Compreenda que as ondas eletromagnéticas podem ser geradas, por exemplo, por um campo elétrico variável, e que este é devido à oscilação de cargas elétricas.*
- 78. *Explique os circuitos elétricos a partir do corpo de conhecimento do eletromagnetismo sobre fontes, condutores, indutores etc., identificando os elementos constituintes do circuito.*

## **Encaminhamento**

A oficina será iniciada com a demonstração da prática experimental *Controle remoto rudimentar*, cuja montagem está mostrada no item *Experimento*. Durante esta demonstração, os estudantes serão convidados a observar o circuito montado e acompanhar o fenômeno manifestado. Após várias demonstrações, será solicitado aos estudantes que formulem explicações para o fenômeno observado. O professor responsável pela oficina deverá repetir a demonstração, de modo a garantir que todos possam formular argumentos a fim de explicar o fenômeno.

Para orientar as formulações elaboradas pelos alunos é sugerido o seguinte roteiro:

1. *Identifique os componentes presentes na montagem experimental.*
2. *Faça um diagrama de circuito representando a montagem experimental.*
3. *O que ocorre quando o faiscador é acionado? Explique o fato observado do ponto de vista físico.*
4. *O que acontece quando o "interruptor" sofre uma pequena agitação? Explique.*

A partir da discussão em torno das respostas apresentadas, sugerimos ao professor que faça a apresentação do conceito de onda eletromagnética, bem como de suas propriedades e aplicações. Para isso, indicamos o texto de apoio *Onda Eletromagnética* (parte integrante dessa oficina), os respectivos simuladores indicados no corpo do texto e, principalmente, o fenômeno físico relacionado às ondas eletromagnéticas no experimento bem como outros experimentos simples sugeridos no item *Atividades Experimentais*.

Em relação aos conceitos apresentados no referido texto, convém destacar que os mesmos devem ser abordados numa perspectiva que dê

## Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

significado aos conceitos físicos, necessitando também estabelecer uma relação concreta entre o conhecimento físico apresentado e as suas respectivas aplicações no dia a dia, como também, as tecnológicas que utilizam esse conhecimento físico (onda eletromagnética). Como sugestões de exemplos relacionados têm-se as indicações que constam no texto, mas também experimentos simples (*Interferindo nas ondas de rádio, Celular fora de área*) e outros um pouco mais trabalhosos (sugestões que podem ser trabalhadas em outras oportunidades) e interessantes informações em sites de divulgação científica e aplicações tecnológicas. Nestas indicações há muita informação que pode ser utilizada durante o ensino do conceito de onda eletromagnética, principalmente em relação às ondas de rádio e osciladores eletromagnéticos. Ainda em relação às aplicações tecnológicas, o professor poderá utilizar notícias de divulgação científica interessantes, como a transmissão de eletricidade sem fio e a utilização de ondas eletromagnéticas para destruir minas terrestres à distância. Estas informações são importantes não só para contextualizar o conteúdo de ensino, mas também para evidenciar a função social do conhecimento científico e as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Em relação aos dois experimentos simples mencionados acima é importantes que sejam realizados durante a aula, pois evidenciam as ondas eletromagnéticas e proporcionam interações dos alunos com o fenômeno físico estudado. A realização desses experimentos pode ocorrer durante a explicação do espectro das ondas eletromagnéticas, sendo estes, exemplos concretos de uma dada faixa de frequência.

Finalmente, as sugestões restantes (Objetos educacionais e vídeos – exceto o vídeo *Experiência Ondas Eletromagnéticas*) podem ser utilizadas na retomada do conteúdo de ensino *Onda Eletromagnética*, pois estes possibilitam outra abordagem do conceito em questão e das aplicações tecnológicas e suas utilizações na sociedade. Esta retomada pode ser realizada após a avaliação de aprendizagem sobre o conteúdo proposto, porém com enfoques direcionados às dificuldades que os alunos apresentarem no processo de ensino-aprendizagem.

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

## Onda Eletromagnética

O estudo sobre o eletromagnetismo desenvolvido na educação básica, numa perspectiva mais ampla, busca explorar as relações entre campo e carga elétrica (exceto para o magnetismo), e também entre os campos elétrico e magnético. Estas relações são concretizadas por meio da lei Gauss – cuja particularidade pode ser verificada na expressão para o cálculo do campo

elétrico para cargas pontuais ( $E=k\frac{Q}{d^2}$ ) –, das leis de Faraday e de Ampère que

tratam, respectivamente, da obtenção de um campo elétrico ou uma força eletromotriz induzida a partir da variação do fluxo do campo magnético e do cálculo do campo magnético a partir de uma corrente ou da variação do fluxo do campo elétrico. Estes conteúdos trabalhados na Física básica do ensino médio resultaram da grande síntese elaborada por James Clerck Maxwell denominada de *Tratado sobre eletricidade e Magnetismo*, obra publicada em 1873 que uniu a eletricidade, o magnetismo e a óptica através da chamada Teoria Eletromagnética.

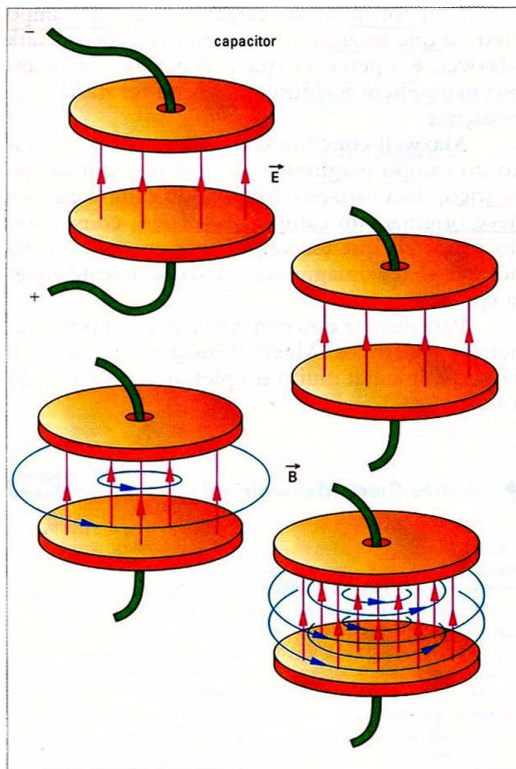
Para o estudo da onda eletromagnética é necessário, portanto, ter como aporte teórico a teoria eletromagnética de Maxwell e, especificamente, as leis

de Faraday ( $\varepsilon=-\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ ) e Ampère ( $B=\frac{\mu_0 i}{2\pi r}$ ) que expressam as relações das

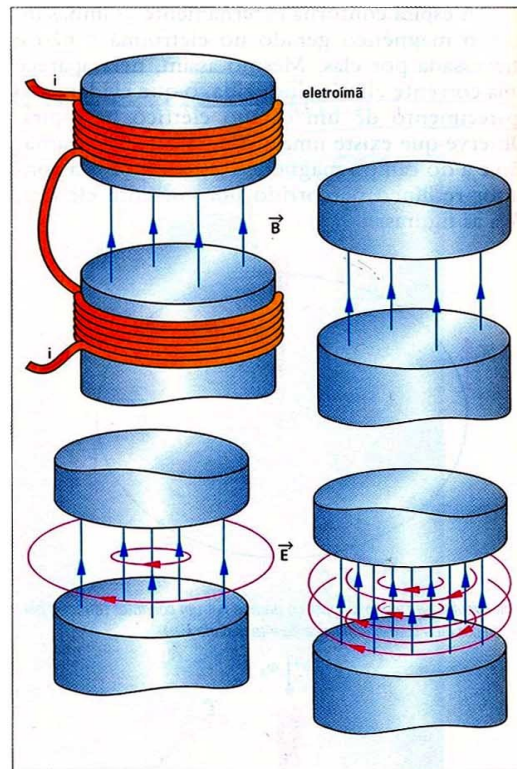
variações dos fluxos de campo e os campos gerados – no caso de Ampère tem-se o resultado de um caso específico. Em relação à questão da variação do campo magnético gerar um campo elétrico e vice versa, Maxwell indagou se estes campos gerados não poderiam produzir outros campos elétricos e magnéticos. Ao realizar estudos sobre essas situações, Maxwell além de concluir que a variação do fluxo do campo magnético gera um campo elétrico e, de forma simétrica, a variação de um campo elétrico produz um campo magnético, verificou também que os campos gerados poderiam ser variáveis e, estes, poderiam gerar outros campos variáveis como ocorrem nos capacitores e bobinas mostrados na figura abaixo:



# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013



À medida que o capacitor é carregado ou o campo elétrico aumenta, o número de linhas de força, verticais, aumenta, fazendo aparecer um campo magnético também variável (linhas de campo circulares).



Enquanto a intensidade da corrente elétrica aumenta na bobina do eletroímã, o campo magnético (linhas de campo verticais) aumenta, fazendo aparecer um campo elétrico também variável (linhas de força circulares).

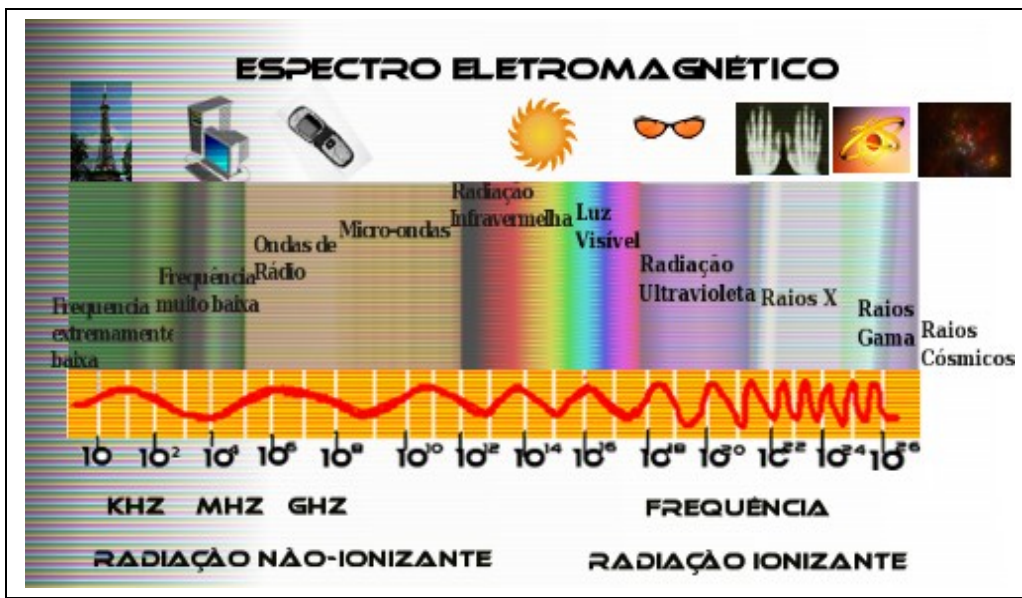
Fonte: GASPARG, 2000, P.274

Em ambos os casos, quando as baterias são ligadas ou desligadas, a variação de um campo dá origem ao outro. A certeza da existência dessa inter-relação levou Maxwell a uma conclusão extraordinária: se um campo elétrico variável faz aparecer um campo magnético variável, esse campo magnético variável deve fazer aparecer outro campo elétrico variável, que por sua vez faz aparecer outro campo magnético variável, que por sua vez... Maxwell concluiu por meio desse encadeamento sucessivo que os campos elétricos e magnéticos deveriam propagar-se pelo espaço, como se fossem ondas, as *ondas eletromagnéticas*. (GASPARG, 2000, p. 274). [para visualizar a propagação de uma onda eletromagnética unidimensional, acesso o simulador *Propagação de Ondas Eletromagnéticas*].

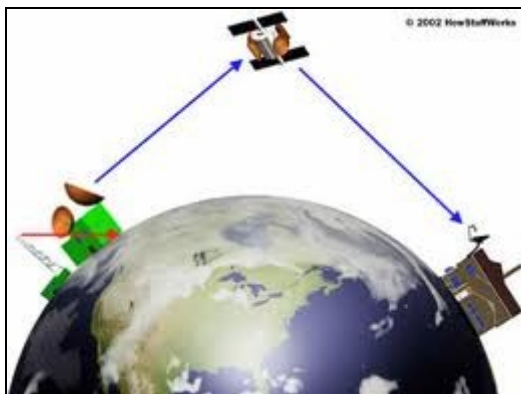
As ondas eletromagnéticas ao serem produzidas, possuem uma frequência bem definida e determinada pela fonte geradora. Assim, estas

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

ondas podem ser produzidas dentro de amplo espectro eletromagnético, ou seja, com frequências extremamente baixas como as ondas de sinais de TV e muito altas, como os raios gama e cósmicos. Para visualizar melhor a faixa de frequência e onde ela pode ocorrer, veja a figura a seguir.



As aplicações das ondas eletromagnéticas são inúmeras e diversificadas e vão desde ao uso na transmissão de informações de sons e imagens para as rádios e TV até as aplicações na medicina para a obtenção de diagnóstico e tratamento, como a radioterapia, radiologia diagnóstica e medicina nuclear. Mas, podem-se destacar outras aplicações na área de segurança



(radares, sistemas de detecção de pessoas, bloqueadores de celulares), de dispositivos domésticos e comerciais (controles remotos, portas automáticas, acendimento e desligamentos de lâmpadas, *wireless*, *Wi-Fi*) além da ampla utilização na forma de luz visível como as lâmpadas (led, lâmpadas incandescentes e fluorescentes, neon, etc.) e a luz natural produzida pelo Sol. Em relação a estas

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

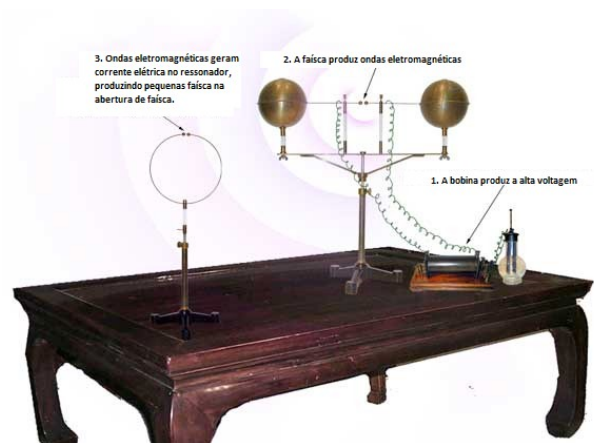
aplicações iremos, nesta oficina, explorar os aspectos de geração e recepção das ondas eletromagnéticas que ocorrem, por exemplo, nos sistemas de transmissão de sons e imagens como as rádios AM e FM e as rede de TV aberta.

Um dos resultados mais brilhantes da teoria eletromagnética de Maxwell foi a conclusão de que a luz é uma onda eletromagnética, portanto, semelhante à onda eletromagnética apontada pela sua teoria. De acordo com este resultado a velocidade ( $c$ ) de propagação das ondas eletromagnéticas seria

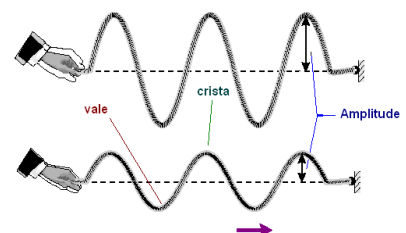
dada pela expressão  $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ , onde  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$  é a permeabilidade

magnética do vácuo e  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$  é a permissividade elétrica também do vácuo. Ao substituir estes valores na expressão acima, chega-se ao valor de, aproximadamente, 300 mil km/s que corresponde à velocidade da luz no vácuo, cujo valor foi amplamente obtido experimentalmente por diversas técnicas científicas.

A obtenção experimental das ondas eletromagnéticas só foi possível em 1887 através do experimento produzido por Heinrich Rudolf Hertz (vide figura abaixo), onde uma faísca produzida por uma fonte de alta tensão gerava um pulso.



Do ponto de vista prático, a geração de ondas eletromagnéticas pode ser compreendida

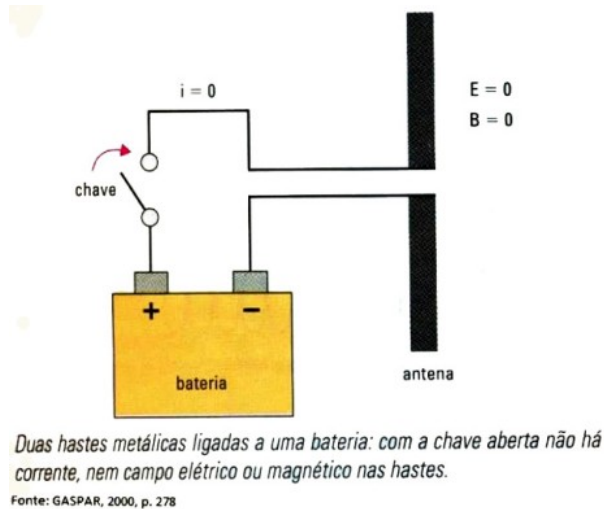


## Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

segundo o dispositivo<sup>2</sup> mostrado abaixo, contudo a sua propagação ocorre no ar e também no vácuo. Esse dispositivo é análogo aos pulsos de uma onda mecânica produzida numa corda esticada que ao ser sofrer oscilação produz ondas mecânicas que se propagam na corda com velocidade  $v$  e frequência  $f$  (vide figura acima).

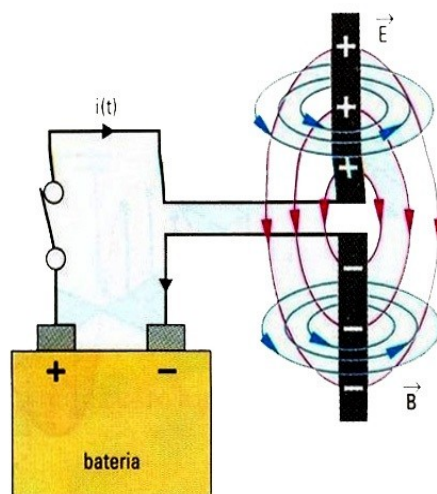
Para as ondas eletromagnéticas, estas podem ser geradas através das “lâminas vibrantes” que produzem pulsos eletromagnéticos ao ligar e desligar a chave do sistema formado por uma antena emissora (duas hastes condutoras) ligada a uma bateria, conforme mostra a figura abaixo.



Quando a chave é ligada (vide figura abaixo), os portadores de cargas fluem da bateria para as hastes da antena até que as mesmas fiquem carregadas, como ocorrem nas placas de um capacitor. Ao produzirem esse movimento, os portadores de cargas fazem aparecer nas hastes um campo elétrico variável crescente que gera um campo magnético variável também crescente. Este processo produz um pulso eletromagnético que se propaga pelo espaço como um pulso mecânico se propaga numa corda esticada.

---

<sup>2</sup> Adaptado do livro Eletromagnetismo Física Moderna. Editora, 2000, p. 276 e 277.



Com a chave fechada, as hastes se carregam como as placas de um capacitor.  
Fonte: GASPAR, 2000, p.278

Quando o fluxo de cargas cessa, o campo elétrico se estabiliza e o campo magnético se anula. Porém, ao se desligar a chave o campo elétrico se extingue no interior das hastes, gerando um campo magnético variável decrescente, numa situação análoga à da chave ligada. Dessa forma, se a chave for ligada e desligada seguidamente, serão produzidos pulsos eletromagnéticos sucessivos que se propagaram pelo espaço [**para visualizar a geração e recepção de uma onda eletromagnética, acesse o simulador de transmissão de ondas de ondas de rádio**]. Caso esse liga-desliga seja substituído por oscilações eletromagnéticas, como as produzidas por um circuito capacitor-indutor, haverá a produção de ondas eletromagnéticas que se propagarão a partir da antena [**para ver o funcionamento de um oscilador eletromagnético acesse o simulador Circuito Oscilatório Eletromagnético**].

### Experimento Controle Remoto Rudimentar

O experimento proposto<sup>3</sup> consiste em dois dispositivos (gerador e receptor) com suas respectivas antenas e os seguintes elementos: dispositivo piezoelétrico (gerador de tensão), cabos e conexões, interruptor (liga/desliga o

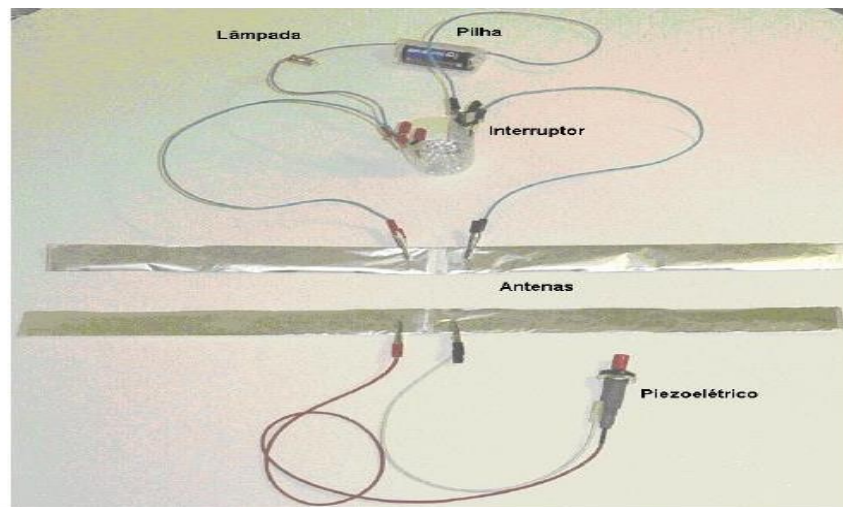
---

<sup>3</sup> Adaptado a partir da dissertação de mestrado de Rogério Vogt Cardoso dos Santos, disponível em [http://web.if.usp.br/cpgi/sites/default/files/Rogerio\\_Vogt\\_Cardoso\\_dos\\_Santos.pdf](http://web.if.usp.br/cpgi/sites/default/files/Rogerio_Vogt_Cardoso_dos_Santos.pdf) (Último acesso em 12/04/2012).

## Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

circuito), lâmpada com soquete e bateria com suporte conforme ilustra a figura abaixo.



Ao montar o experimento, o professor demonstrará o funcionamento do mesmo ao acionar o dispositivo piezoelétrico (“magiclick”), que emitirá um pulso eletromagnético a partir da primeira antena mostrada na figura acima. Este pulso (onda eletromagnética) será detectado pela segunda antena, acionando o interruptor (copinho com as contas enroladas com papel alumínio) que fecha o circuito e faz a lâmpada ascender. Para desligar o circuito, basta bater de leve no interruptor e a corrente será interrompida, pois a lâmpada irá apagar.

### Material:

- Uma lâmpada de 1,5 V;
- Um soquete para a lâmpada;
- 1 m (aproximadamente) de fio de cobre encapado;
- Oito garras tipo “jacaré”;
- Uma pilha pequena de 1,5 V;
- Um suporte para pilha;
- Papel alumínio;
- Cartolina;
- Fita adesiva;
- Um copinho de plástico;

## Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

- 60 a 80 bolinhas de plástico<sup>4</sup> (0,5 cm de diâmetro);
- Um faiscador<sup>5</sup> piezelétrico.

Montagem:

Passaremos a montar primeiramente o “interruptor”. Neste caso o interruptor será constituído pelo copinho plástico, por papel alumínio e pelas bolinhas de plástico (contas). Para formar os terminais do interruptor, recorte dois pedaços de papel alumínio de 25 cm por 15 cm e dobre-os ao meio, um por vez,



formando um pedaço de 25 cm por 7,5 cm. A seguir, dobre o papel ao meio de forma que obtenha as dimensões 12,5 cm por 7,5 cm; repita mais duas vezes este procedimento de modo que as dimensões finais dos terminais sejam, aproximadamente, de 7,5 cm por 3 cm. Finalmente, ao colocar esses terminais na posição vertical dentro do copo, tocando o fundo do mesmo e adjacente às paredes, coloque 65 bolinhas (encapadas com papel alumínio) dentro do copinho (ver figura acima).

O próximo passo consiste na montagem das antenas. Para tal recorte quatro pedaços de papel alumínio com as seguintes dimensões: 30 cm por 14 cm. Em seguida, dobre duas vezes cada pedaço para que possam atingir as dimensões de 30 cm por 3 cm e, aos pares e alinhados, fixe-os com fita crepe em papel cartolina com um espaçamento de 0,3 cm entre eles, conforme ilustra a figura abaixo:

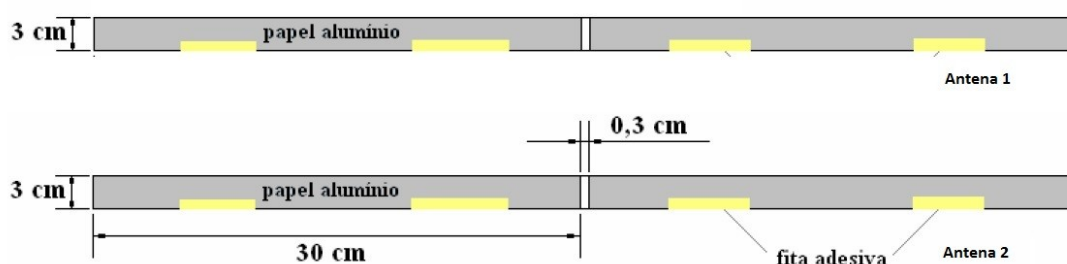
---

<sup>4</sup> Este material pode ser adquirido em lojas de armarinhos.

<sup>5</sup> O faiscador piezelétrico pode ser encontrado em lojas de equipamentos para gás. Uma alternativa viável consiste na aquisição de um acendedor de fogão do qual se pode retirar o faiscador piezelétrico.

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---



Na sequência deve-se conectar a lâmpada de 1,5 volts em série a uma pilha pequena e esse conjunto deve ser conectado ao "interruptor". O interruptor, por sua vez, deve ser conectado a uma das antenas. Por sua vez, o faiscador piezelétrico deverá ser conectado a outra antena.

Após a montagem final do experimento, deve-se fazer um ajuste no interruptor de forma que este fique no limiar entre acender a lâmpada e não acender. Para isso, a quantidade de bolinhas dentro do copinho deve ser alterada para mais ou para menos – isso é necessário para o bom funcionamento do experimento.

Para fazer o experimento funcionar basta acionar o faiscador. Este induz uma corrente elétrica capaz de romper a rigidez dielétrica da pequena camada de óxido de alumínio (isolante) existente na superfície do papel alumínio, fazendo com que a lâmpada acenda. Para que ela se apague, basta realizar uma pequena agitação no interruptor.

## **Avaliação**

De acordo com as Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica, a avaliação "deve se fazer presente, tanto como meio de diagnóstico do processo ensino-aprendizagem quanto como investigação da prática pedagógica" (PARANÁ, 2008, p.31). Neste sentido, entendemos que o processo avaliativo assume uma importância vital nas aulas de Física, pois garante ao professor elementos que podem possibilitar a compreensão das dificuldades enfrentadas pelos estudantes, bem como subsidiar uma reflexão crítica em torno da prática pedagógica.

Deste modo entendemos que a reflexão sobre o papel da avaliação deve ser encarada como um elemento primordial uma vez que a concepção de avaliação assumida pelo professor implicará em suas escolhas. Os possíveis



# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

instrumentos a serem escolhidos pelo professor cumprirão com o seu papel se forem selecionados de forma consciente e crítica. Indicamos como possíveis instrumentos de avaliação para os temas abordados nesta oficina as questões discursivas, a interação dos estudantes em aula, o relatório sucinto explicando o funcionamento do experimento e a relação do fenômeno físico com situações do cotidiano e aplicações tecnológicas, bem como o desenvolvimento de projetos de investigação que contemplem estudos sobre temas relacionados (ver sugestões em sites) e montagens experimentais de baixo custo.

Considerando a dimensão diagnóstica do processo avaliativo, é importante frisar que, em situações nas quais os estudantes apresentarem rendimento inferior ao desejável, o professor deve promover a retomada dos conteúdos abordados. Neste sentido, sugerimos ao professor a utilização dos recursos “*Física Vivencial. Ondas Eletromagnéticas*” (em Objetos educacionais) e “*Acessa Física. Ondas Eletromagnéticas*” (em Vídeos), indicados ao final deste texto. Estes recursos são apropriados, pois fazem uma retomada dos conteúdos a partir de outras situações e com o mesmo objetivo de ensino.

Em relação ao relatório, cabe ao professor verificar as explicações dadas pelos alunos e comparar com as formulações elaboradas pelos mesmos quando na demonstração do experimento. Esta ação deverá auxiliar na orientação dos pontos a serem explorados na retomada do conteúdo de ensino *Ondas Eletromagnéticas*, com os respectivos recursos indicados.

## **Sugestões de atividades, leituras, vídeos e simuladores**

### Atividades Experimentais

- Ponto Ciência: Interferindo nas ondas de rádio. Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=436&INTERFERINDO+NAS+ONDAS+DE+RADIO>. Acessado em: 10/04/2013.
- Ponto Ciência: Celular fora de área. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/20735/Celular%20fora%20de%20area.pdf?sequence=1>. Acessado em: 10/04/2013.

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

- Comunicações Ópticas. Disponível em: [http://www.ifi.unicamp.br/vie/F809/F809\\_sem1\\_2010/PauloH-Edmilson\\_RF1.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/vie/F809/F809_sem1_2010/PauloH-Edmilson_RF1.pdf). Acessado em: 10/04/2013.
- Visualizando ondas eletromagnéticas estacionárias (um experimento na cozinha de casa). Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.21, n. especial: p. 171-178. 2004. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10002>. Acessado em: 10/04/2013.

## Objetos educacionais

- Física Vivencial. Ondas Eletromagnéticas. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19982/Executar.html?sequence=20>. Acessado em: 10/04/2013.

## Vídeos

- Acessa Física. Ondas Eletromagnéticas.  
Descrição: Esta atividade irá apresentar o tema “ondas eletromagnéticas”, que engloba a discussão sobre o espectro eletromagnético, abordando alguns tipos de radiações eletromagnéticas, como raios-X, raios gama, raios ultravioleta, raios infravermelho, entre outros. Disponível em: [http://177.71.183.29/acessa\\_fisica/index.php/acessafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Ondas-Eletromagneticas](http://177.71.183.29/acessa_fisica/index.php/acessafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Ondas-Eletromagneticas). Acessado em: 10/04/2014.
- Experiência Ondas Eletromagnéticas. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=Ddcca18D2l8>. Acessado em: 10/04/2014.

## Simuladores

- Propagação de Ondas Eletromagnéticas. Disponível em: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/emWave/emWave-port.html>
- Transmissão de ondas de ondas de rádio. Disponível em: <http://www.ba.infn.it/~fisi2005/animazioni/animazione032.html>. Acessado em: 10/04/2013.
- Circuito Oscilatório Eletromagnético. Disponível em: [http://www.walter-fendt.de/ph14br/osccirc\\_br.htm](http://www.walter-fendt.de/ph14br/osccirc_br.htm). Acessado em: 10/04/2013.

## Sites

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

- Como funciona o radio. Disponível em:  
<http://informatica.hsw.uol.com.br/radio.htm>. Acessado em: 10/04/2013.
- Como funcionam as ondas de rádio. Disponível em:  
<http://informatica.hsw.uol.com.br/ondas-de-radio1.htm>. Acessado em:  
10/04/2013.
- Como funcionam os osciladores: Ressonadores. Disponível em:  
<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/osciladores3.htm>. Acessado em:  
10/04/2013.

## Aplicações tecnológicas

- Ondas eletromagnéticas destroem minas terrestres a distância. Inovação Tecnológica. Disponível em: <  
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=ondas-eletromagneticas-destroem-minas-terrestres&id=010115110303> >. Acesso em: 10/04/2013.
- Fenda espacial eletromagnética é possível, dizem cientistas. Disponível em:  
< <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160071024>. Acesso em: 10/04/2013.
- WiTricity - vem aí a era da transmissão de eletricidade sem fios. Disponível em: < <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115070611> >. Acessado em: 10/04/2013.

## Propostas de Oficinas de Física

- A Faísca da Física: [material do aluno](#); [material do professor](#); [versão SEED/PR](#). Disponível em: <http://professorpesquisadoref.blogspot.com.br/>.
- Máquinas Térmicas e a 2ª lei da Termodinâmica: [material do aluno](#); [material do professor](#); [Legendas da Ciência - Episódio "Queimar"](#) (documentário). Disponível em: <http://professorpesquisadoref.blogspot.com.br/>.
- [Interferência, Difração, Polarização e Espalhamento da Luz](#). Disponível em: <http://professorpesquisadoref.blogspot.com.br/>.

# Formação em Ação: Oficina de Física/1º semestre 2013

---

## Referências

SANTOS, Vogt Cardoso dos. **Antenas e radiofrequências**: Complexificando o conhecimento cotidiano. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, São Paulo, 2007. Disponível em:

[http://web.if.usp.br/cpgi/sites/default/files/Rogério\\_Vogt\\_Cardoso\\_dos\\_Santos.pdf](http://web.if.usp.br/cpgi/sites/default/files/Rogério_Vogt_Cardoso_dos_Santos.pdf). Acesso em: 10/04/2013.

GASPAR, Alberto. **Física: eletromagnetismo e Física Moderna**. Editora Ática, São Paulo, 2000.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica**. Curitiba: Seed/DEB-PR, 2008.