

INVESTIGAÇÕES SOBRE ONDAS DE RÁDIO NO ENSINO MÉDIO

Ana Paula Bemfeito¹, Deise Miranda Vianna²

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ,
apbemfeito@globo.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, deisemv@if.ufrj.br

Resumo

As duas atividades apresentadas aqui se constituem em uma seqüência de etapas voltadas para colaborar com o processo de ensino de ondas de rádio no Ensino Médio através de atividades que buscam, de forma suave, uma mudança cultural por parte dos alunos e mesmo dos professores no sentido de promover uma mudança na prática escolar. A primeira tem como meta possibilitar aos alunos vivenciarem o processo de “colocarem uma estação de rádio no ar”. Ao “simularem uma rádio”, procurar-se-á dar conta dos conceitos físicos fundantes relacionados, assim como levar os alunos a compreenderem o funcionamento básico de um aparelho de rádio e a função de seus componentes principais, colaborando para a compreensão dos conceitos de onda eletromagnética e sonora, frequência, comprimento de onda, reflexão de ondas e interferência. A utilização de um transmissor de FM, conectado a um aparelho reproduzidor de MP3, simula uma estação de rádio, que é captada pelo aparelho receptor nas proximidades do conjunto. Essa “estação” interfere e sofre interferência das estações “comerciais” emitidas na mesma frequência. A partir desses eventos, uma série de perguntas é feita.

Outra atividade é proposta quando se deseja trabalhar com a turma o conceito de onda. Através da pergunta disparadora: “O que é uma onda de rádio?” surge a necessidade de se definir o que é onda. A atividade parte da produção de ondas na água contida em uma bacia, que são filmadas e projetadas em câmera lenta para análise do fenômeno junto aos alunos. A maioria dos conceitos principais envolvendo a idéia de onda é explorada a partir desse material produzido pelos estudantes.

Palavras-chave: Ensino de Física; ondas de rádio;

Introdução

Esse trabalho apresenta duas atividades voltadas para trabalhar Ondas de Rádio no Ensino Médio. A primeira das atividades propostas tem como meta proporcionar aos alunos vivenciarem o processo de “colocarem uma estação de rádio no ar”. Ao “simularem uma rádio”, procurar-se-á dar conta dos conceitos físicos fundantes relacionados, assim como levar os alunos a compreenderem o funcionamento básico de um aparelho de rádio. Outra atividade é proposta quando se deseja trabalhar com a turma o conceito de onda.

A escolha de um ensino por investigação

Primeiramente, vamos considerar os aspectos de ordem cognitiva que fundamentam a opção por atividades investigativas. Segundo BORGES (2002),

“as pesquisas sobre ensino-aprendizagem de ciências produziram evidências de que as crianças trazem para a escola um conjunto de

concepções sobre vários aspectos do mundo, mesmo antes de qualquer introdução à ciência escolar. Estas concepções alternativas são adquiridas a partir de sua inserção na cultura comum e da experiência cotidiana com fenômenos e eventos e, freqüentemente, interferem com a aprendizagem das idéias científicas”. (BORGES, 2002, p. 303).

Portanto, a escolha aqui apresentada se baseia em práticas educativas que se voltam para a **ação** do aluno durante o processo ensino-aprendizagem e que, *“com base nos conhecimentos que os alunos já possuem do seu contato cotidiano com o mundo, o problema proposto e a atividade de ensino criada a partir dele venham a despertar o interesse do aluno”*. (AZEVEDO, 2004, p. 22).

A ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: a aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica. (...)

Usar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações. (AZEVEDO, 2004, p. 21-22).

A atividade investigativa proporciona ao professor uma nova postura. O seu papel central não é mais o daquele que “expõe e domina o conteúdo a ser ensinado”, mas o daquele que propõe questionamentos e problemas a serem resolvidos através da investigação. É o gestor de um processo que promove reflexão e idéias novas, através de questionamentos, argumentos. É aquele que sugere as estratégias de trabalho, quem estimula um ambiente de colaboração e inclusão, quem orienta os alunos no processo de construção de seu conhecimento.

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar idéias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as idéias são respeitadas. (CARVALHO e AL., 1998 apud AZEVEDO, 2004, p. 25)

O papel do aluno também se altera muito em um ensino por investigação. Ele não é mais visto como o agente passivo do processo de aprendizagem, mas como o agente promotor de seu próprio conhecimento. *“Deixa de ser um apenas conhecedor de conteúdos, vindo a ‘aprender’ atitudes, desenvolver habilidades, como argumentação, interpretação, análise entre outras”*. (AZEVEDO, 2004, p. 25).

Portanto, mesmo quando realizadas no laboratório, propõe-se que as atividades sejam estruturadas a partir de problemas:

Um problema, diferentemente de um exercício experimental ou de um de fim de capítulo do livro-texto, é uma situação para a qual não há uma solução imediata obtida pela aplicação de uma fórmula ou algoritmo. Pode não existir uma solução conhecida por estudantes e professores ou até ocorrer que nenhuma solução exata seja possível. Para resolvê-lo, tem-se que fazer idealizações e aproximações. Diferentemente, um exercício é uma situação perturbadora ou incompleta, mas que pode ser resolvida com base no conhecimento de quem é chamado a resolvê-lo. (BORGES, 2002, p. 303)

BORGES (2002) sugere o quadro abaixo, como recurso para comparar exercícios e problemas abertos, representados em seus extremos. *“Entre esses dois*

extremos que determinam quem tem o controle ou a responsabilidade por certas etapas da atividade prática, há um número de possibilidades com divisão de tarefas entre o professor e os estudantes” (BORGES, 2002, p. 304).

Tabela II. 1 – Contínuo problema-exercício

Aspectos	Laboratório Tradicional	Atividades investigativas
Quanto ao grau de abertura.	<i>Roteiro pré-definido</i>	<i>Variado grau de abertura</i>
	<i>Restrito grau de abertura</i>	<i>Liberdade total de planejamento</i>
Objetivos da atividade.	Comprovar leis	Explorar fenômenos
Atitude do estudante.	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Fonte: BORGES, A. T.; “Novos rumos para o laboratório escolar de ciências”, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, pp. 291-313, dez. 2002.

As atividades que são apresentadas aqui são instrumentos de uso inicial por parte dos alunos, procurando mais **promover uma atitude pró-investigação** do que já executar uma atividade investigativa no sentido efetivo dessa ação pedagógica.

São atividades iniciais, que buscam, de forma suave, uma mudança cultural por parte dos alunos e mesmo dos professores. São ações exploratórias que, mesmo ainda bastante estruturadas, diferem do procedimento de um laboratório tradicional, por conta do seu caráter de exploração dos fenômenos e da responsabilidade que os alunos adquirem na investigação. Nesse sentido, se considerarmos o quadro acima, apresentado por BORGES (2002), as atividades que serão apresentadas já possuem algumas características investigativas.

Uma primeira atividade: Simulando uma rádio

Os objetivos dessa atividade são a compreensão do funcionamento básico de um rádio e a função de seus componentes principais, assim como iniciar a compreensão dos conceitos de onda eletromagnética e sonora, frequência, comprimento de onda, reflexão de ondas, interferência.

A atividade abaixo será realizada com a turma dividida em grupos com 3 ou 4 componentes.

Para a realização dessa atividade o aluno deverá dispor de:

- Um MP3 player;
- Um rádio portátil (de preferência com visor digital, para sintonizar a rádio com precisão), com pilhas (um segundo MP3 com função FM com caixas acústicas pode substituir o rádio);
- Papel alumínio, plástico, papel celofane, papel pardo;

- Um transmissor de FM, como encontrado em lojas de informática e eletrônicos (pelo menos 1 por grupo);
- Uma panela.

Momento 1: Nesse momento, os alunos irão explorar o funcionamento básico do rádio, explorando o aparelho e verificando as funções de seus componentes.

TEXTO PARA O ALUNO:

1º) O que denominamos normalmente de “rádio” é, na verdade, um receptor de ondas de rádio. Esse aparelhinho, hoje pode ser tão pequeno, que se encontra embutido nas maiorias dos que tocam MP3 e freqüente nos celulares. Em seus primórdios, já teve dimensões bem maiores. Primeiramente, vamos explorar um pouco o receptor de ondas de rádio mais freqüente no nosso dia-a-dia, o receptor de FM/AM. Todos os componentes do grupo colocam os seus rádios em cima da mesa. Comparem os visores desses rádios. Denominamos de “banda de FM” a parte que possui os números que sintonizamos as estações de FM. E da “banda de AM” a que sintoniza as estações de AM. Responda as perguntas abaixo, em seu caderno. Não se preocupe se você não souber responder a todas as perguntas. Os textos a seguir lhe ajudarão a respondê-las.

(As cinco primeiras perguntas abaixo são adaptadas a partir do material do Grupo de Reelaboração de Ensino de Física (GREF), que está disponível para download em <http://axpfep1.if.usp.br/~gref/eletro/eletro5.pdf>)

Pergunta 1: Os dados correspondentes à banda de FM variam entre que valores numéricos? E os de AM?

Pergunta 2: Qual é a unidade desses dados?

Pergunta 3: Qual é a finalidade de cada botão, chave seletora, entradas e saídas presentes no aparelho?

Pergunta 4: Quais são suas alternativas como fonte de energia?

Pergunta 5: Por onde são recebidos os sinais emitidos pelas estações?

Momento 2: Agora, os alunos trabalharão com uma simulação simples do fenômeno de interferência entre estações de rádio utilizando um transmissor de FM, um MP3 player e um rádio portátil comum.

O professor deve orientar seus alunos para realizar esses experimentos com uma intensidade sonora não muito grande, para que os grupos consigam trabalhar no mesmo espaço. Quanto maior o espaço, melhor. Além disso, procurar comparar as freqüências escolhidas pelos grupos, para que cada grupo trabalhe com uma freqüência distinta dos outros, para que não ocorra interferência nesse momento.

TEXTO PARA O ALUNO:

2º) Imagine-se um radialista. Grave uma simulação de um programa de rádio no seu aparelhinho MP3. Um “programa” de uns 10 minutos está bom. Use a criatividade. Em seguida, conecte o seu transmissor de FM no MP3, selecione uma determinada freqüência no transmissor de FM e ligue o rádio (ou o segundo MP3 player que está sendo usado como receptor – nesse caso, plugue no mesmo as caixinhas de som). Sintonize o rádio naquela na mesma freqüência que você selecionou no transmissor de FM.



Figura 01 – Transmissor de FM
Figura 02 – MP3 Player



Figura 03 – Transmissor de FM plugado no MP3 Player, transmitindo para um rádio

Pergunta 6: O que acontece?

3º) Vamos fazer o caminho inverso. Sintonize o rádio (ou o segundo MP3 player que está sendo usado como receptor) em uma estação pré-escolhida. Selecione o transmissor de FM para a mesma estação. Mantenha o MP3 emissor ligado e plugado no transmissor de FM. Qual transmissão está prevalecendo, a “sua” estação, ou a estação comercial que estava “tocando” antes de ligar o transmissor?

Se for a “sua” estação, a criada por vocês, afaste o transmissor de FM do rádio até prevalecer a estação que estava tocando antes.

Se for a estação que estava tocando antes, aproxime o transmissor de FM da antena, até a “sua” estação “tocar” no rádio.

Existe um momento, nessa “troca” de transmissões que parece que as duas estão tocando juntas, às vezes prevalecendo uma, às vezes outra.

Pergunta 7: O que está acontecendo, nesse momento destacado acima?

4º) Ligue o 2º transmissor de FM exatamente na frequência que vocês trabalharam no 3º momento.

Pergunta 8: O que aconteceu?

5º) Troque os dois transmissores de lugar, plugando o 2º transmissor no MP3 e o 1º permanecendo somente ligado, não conectado a nada.

Pergunta 9: O que aconteceu?

6º) Embrulhe o transmissor de FM conectado ao MP3 com papel alumínio. Faça um embrulho bem fechadinho com mais de uma camada.

Pergunta 10: O que aconteceu?

7º) Embrulhe o transmissor de FM conectado ao MP3 com papel e com o plástico. Faça um embrulho bem fechadinho com mais de uma camada.

Pergunta 11: O que aconteceu?

8º) Leia os textos abaixo:

Texto 1:

Ao observarmos o rádio, concluímos que a “banda de FM” varia de 88 a 108 MHz e a de AM varia de 530 a 1710 kHz. O Hz é o “Hertz” que significa a quantidade de ciclos da onda por segundo. O “M” antes do MHz quer dizer “um milhão de vezes” e o “k” antes do kHz quer dizer “mil vezes”. Portanto, se você sintonizar, em FM, na estação, 99,7 MHz, significa que a onda de rádio que corresponde a essa estação possui 99,7 milhões de oscilações completas (ou ciclos) por segundo.

Texto 2: (extraído do livro do GREF, Grupo de Reelaboração de Ensino de Física (GREF), que está disponível para download em <http://axpfep1.if.usp.br/~gref/eletro/eletro5.pdf>)

Qualquer aparelho de rádio apresenta um botão para sintonia da estação, outro para volume, visor para identificação da estação, alto-falante e antena (mesmo o "radinho de pilha" tem uma antena que se localiza na parte interna do aparelho), além de uma ligação com a fonte de energia elétrica (pilha e/ ou tomada).

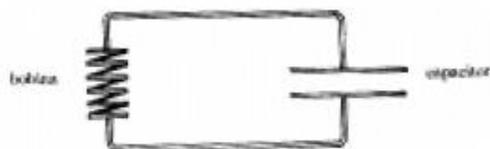
A função desta fonte de energia é fazer funcionar o circuito elétrico interno do aparelho. As mensagens são recebidas através da antena que pode ser interna ou externa. Posteriormente, o som, ainda transformado em corrente elétrica, é enviado até o circuito do alto-falante.

Mesmo desligado, a antena está recebendo as informações transmitidas pelas estações, entretanto, elas não são transformadas e recuperadas como som, pois os circuitos elétricos encontram-se desligados. (...)

O sistema pelo qual transmitimos o som do rádio envolve várias etapas. No microfone da estação até o alto-falante do aparelho receptor, o som passa por várias fases e sofre diversas transformações:

- produção de som pela voz humana, música, etc;
- as ondas sonoras, que são variações da pressão do ar que atingem o microfone;
- no microfone o som é convertido em corrente elétrica alternada de baixa frequência;
- esta corrente elétrica de baixa frequência é "misturada" com uma corrente de alta frequência, produzida na estação que serve para identificá-las no visor do aparelho. Além disso, esta corrente elétrica de alta frequência serve como se fosse o veículo através do qual o som será transportado através do espaço até os aparelhos de rádio;
- essa "nova" corrente elétrica se estabelece na antena da estação transmissora e através do espaço a informação se propaga em todas as direções;
- a antena do aparelho de rádio colocada nesse espaço captará essa informação;
- se o aparelho estiver sintonizado na frequência da corrente produzida pela estação, o som poderá ser ouvido pelo alto-falante.

Tanto para enviar o som até os aparelhos como para sintonizar a estação é necessário um circuito chamado de circuito oscilante, constituído de uma bobina e de um capacitor.



A bobina é um fio condutor enrolado em forma de espiral e o capacitor é constituído de duas placas condutoras, separadas por um material isolante e representado no circuito pelo símbolo (). Os dois traços verticais representam as placas separadas pelo isolante.

Texto 3:

Um rádio sofre interferência constante. É a interferência o fenômeno que faz com que a transmissão de uma estação se superponha à outra, seja integral ou parcialmente. A interferência pode ser observada também ao ligar, próximo a um rádio, um liquidificador, um secador de cabelo, um barbeador, entre outros eletrodomésticos.

Texto 4:

O papel alumínio age, em relação às ondas de rádio, do mesmo modo que um espelho em relação à luz e, por isso, o transmissor de FM deixa de enviar as informações quando embrulhado.

Fonte: Adaptado do livro do GREF, Grupo de Reelaboração de Ensino de Física.

Uma segunda atividade: A comunicação por ondas de rádio

1º momento: Inicia-se o trabalho perguntando aos alunos como eles imaginam que essa comunicação acontece. Após essa discussão, o professor solicita aos alunos que leiam o texto a seguir e anotem as dúvidas que surgiram. Em seguida, o professor faz um levantamento dessas dúvidas e procura esclarecê-las.

TEXTO PARA O ALUNO:

Na atividade que fizemos com o transmissor de FM, conseguimos gerar uma onda eletromagnética que, essencialmente, viabilizou o envio da mensagem da gravação para um aparelho que não tinha conexão física alguma com o MP3, o receptor de ondas de rádio, chamado simplesmente de rádio. Esse tipo de transmissão permite a comunicação entre pontos do espaço sem contato ou proximidade física, finalidade principal da comunicação por rádio.

Como ocorre essa comunicação?

Desde a captação da voz pelo microfone no local onde se origina a estação de rádio até o alto-falante do aparelho receptor sintonizado nessa estação, várias etapas se sucedem. A tabela abaixo apresenta essas principais etapas e tece alguns comentários:

Quadro 01 – Comunicação por Rádio

COMUNICAÇÃO POR RÁDIO	
ETAPA	DETALHAMENTOS
1. O som é produzido por algum instrumento sonoro como, por exemplo, a voz ou um instrumento musical alcança o microfone;	O som é um tipo de onda distinto da onda de rádio. Enquanto a onda de rádio é uma onda eletromagnética , o som é uma mecânica , que necessita de um meio material para se propagar. No caso de alguém falando em frente ao microfone, a onda sonora emitida por uma pessoa se propaga através de variações da pressão do ar até alcançar o microfone;
2. No microfone, ocorre a conversão do som em corrente elétrica de baixa frequência, denominado sinal de áudio;	Essa corrente de baixa frequência é a que possui as características do som original.
3. A estação produz uma corrente elétrica de alta frequência que é combinada com a corrente de baixa frequência;	Essa corrente de alta frequência é a que caracteriza a frequência da estação de rádio. Quando combinada com a corrente de baixa frequência, funciona como o meio de transporte do som original, sendo, por isso, denominada corrente portadora. Essa combinação de correntes é denominada modulação. Quando essa modulação altera a frequência da corrente portadora, ocorre a modulação em frequência (FM). Quando altera a amplitude, ocorre a modulação em amplitude (AM). As figuras a e b a seguir mostram o processo de modulação.
4. Essa corrente modulada, depois de amplificada, leva os elétrons livres da antena transmissora a se acelerarem na mesma frequência. Cargas elétricas aceleradas geram ondas denominadas eletromagnéticas . As ondas de rádio são ondas desse tipo.	As ondas eletromagnéticas, ao contrário das ondas mecânicas, não necessitam de meio material para se propagarem. Depois de geradas na antena, essas ondas se propagam pelo espaço.
5. Na antena do aparelho receptor, a onda de rádio é captada até ser convertida em onda sonora pelo alto-falante.	O processo que ocorre no aparelho receptor de ondas de rádio, o rádio, é basicamente o inverso das etapas descritas acima. Se o receptor estiver sintonizado na mesma frequência que a da onda de rádio que transmite o sinal da estação, a onda é convertida em corrente elétrica. No detector, transforma-se em sinal de áudio que, por sua vez, provoca a vibração do diafragma do alto-falante, sendo convertido em onda sonora.

Fontes: GREF – Física 3 – Eletromagnetismo – p. 234-248

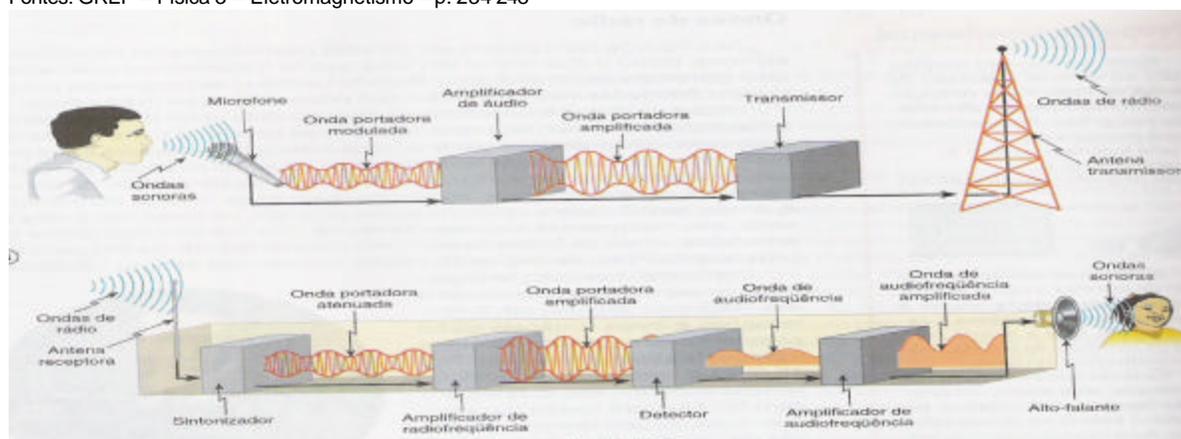


Figura 04 – Transmissão e Recepção das Ondas de Rádio

Fonte: TORRES, C. M. A. et al.; *Física: ciência e tecnologia*, São Paulo, Editora Moderna, 2001.

Na nossa atividade, a saída do MP3 nada mais é do que um sinal de áudio. Esse sinal é convertido em onda de rádio pelo transmissor de FM.

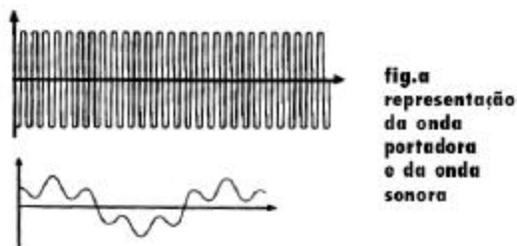


fig. b representação da onda sonora modulada em amplitude (AM) e em frequência (FM)



Figura 05 – Representações das ondas portadoras e ondas sonoras

Fonte: GREF, Leituras de Física, Eletromagnetismo, 1998.

2º momento: O objetivo é levar os alunos a vivenciarem uma prática que os leve ao conceito de onda. É importante que o professor destaque a pergunta disparadora: O que é uma onda de rádio? Tentando responder a essa pergunta, surge a necessidade de se definir o que é onda. Para que os alunos possam chegar ao conceito de onda, a seqüência proposta é a descrita no texto “As ondas”. Se houver condições de filmarem com uma câmera digital um breve filme, para reproduzi-lo no computador em câmera lenta, a visualização do isopor não se deslocando para os lados, apenas subindo e descendo à medida que a onda passa por ele, pode ser visualizada com extrema clareza. A velocidade ideal é 1/16 x.

TEXTO PARA O ALUNO:

As ondas

Como já sabemos, ondas de rádio são ondas eletromagnéticas com determinados valores de frequência.

Vamos explorar um pouco o que são ondas. Para tanto, procuraremos simular como atua um cientista ante uma questão que quer investigar.

Um cientista, com frequência, tem uma idéia prévia sobre o que irá pesquisar. Essa idéia é influenciada por toda a sua visão de mundo, pela sua cultura, por seus valores, que são reflexos do momento histórico em que vive e, não podemos esquecer, muitas vezes pelos interesses de quem financia suas pesquisas.

Você, assim como um cientista, vai começar sua investigação. Nessa etapa, o cientista parte para uma série de práticas de modo a verificar a compatibilidade da idéia que possui do fenômeno que estuda com os dados experimentais. Entretanto, é importante chamar atenção para o fato de que muitas descobertas científicas aconteceram quando eram realizados experimentos que estavam voltados para outras investigações ou por mero acaso.

Uma maneira de tornar essa prática possível pode ser a atividade abaixo.

Pegue uma bacia, um pedacinho de isopor e uma pedrinha (que pode ser substituída por feijão ou milho). Se possuir uma câmera fotográfica digital com função filmadora, sua exploração qualidade bem melhor.

Encha a bacia com água de modo que o nível do líquido possua pelo menos 8 cm. Espere até a água não apresentar nenhuma ondulação em sua superfície. A bacia deve estar bem nivelada. Coloque suavemente o pedacinho de isopor flutuando a uma pequena distância do centro da bacia. Agora jogue uma pedrinha a uma distância de uns 20 cm do isopor e observe o que acontece. **Se você possuir uma câmera digital que possua função de filmadora**, filme o que está acontecendo e reproduza no computador em câmera lenta. A “velocidade” da câmera lenta ideal para essa visualização ideal é 1/16 x.

Observe que os círculos formados na bacia têm um centro comum: o local onde a pedra caiu. Esses círculos se afastam do centro e atingem o isopor.

Procure responder:

O que acontece com o isopor?

O que você imagina que fez o isopor subir e descer?

Responda novamente: o que são ondas?

Após essa investigação, vamos ao conceito de onda. Verifique se sua análise anterior aproximou-se da discussão apresentada no Texto 1 abaixo. Avalie os pontos de divergência entre a sua análise e os conceitos apresentados. Registre suas conclusões.

Considerações Finais

Essas duas atividades, como já colocado, buscam fazer parte do conjunto do repertório de propostas para sala de aula que colaborarão para a conquista de um ensino por investigação. Acreditamos que as duas propostas dão conta de promover atitudes dessa ordem junto aos alunos, já que o processo promove reflexão, questionamentos, argumentos e coloca a ação do aluno como a parte mais ativa do processo. Pensamos que, com práticas desse tipo, o aluno desenvolverá ações mais participativas, e de investigação, em breve período de tempo.

Referências

AZEVEDO, M. C. P. S.; **Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, A. M. P. (org.); *Ensino de Ciências*, São Paulo, Pioneira Thompson Learning, 2004, pp. 19-33.

BORGES, A. T.; **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, pp. 291-313, dez. 2002.

GRAF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física; *Física 3-Eletromagnetismo*, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

GRAF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física; *Leituras de Física – Eletromagnetismo*. Disponível em <http://www.fep.if.usp.br/~graf/eletro/eletro5.pdf>. Acesso em 08 de maio de 2008.

TORRES, C. M. A. et al.; **Física: ciência e tecnologia**, São Paulo, Editora Moderna, 2001.