



Atualmente as correntes pedagógicas mais recentes centram-se no paradigma construtivista como referencial teórico. Em qualquer projeto político pedagógico das escolas de educação básica é comum encontrar a concepção construtivista como norteadora das referidas propostas. Contudo, sua concretização em sala de aula tem encontrado algumas dificuldades. Sem nos ater nas discussões mais específicas sobre elas, uma em particular nos chama a atenção: as aulas experimentais. Mesmo imbuídos e cientes da importância deste referencial teórico que é o construtivismo, alguns professores tem realizado atividades experimentais nas aulas de física utilizando o modelo tradicional de ensino. Este modelo, presente desde a década de 1960, conforme exposto por Pinho-Alves [1] valorizava a experimentação como decorrente de um processo que prima pela observação e pela realização de atividades guiadas por passos, como um receituário. Mas tal modelo vem sendo fortemente criticado pelos pesquisadores, que ao mesmo tempo que o criticam, se eximem de propor aos docentes sugestões de como tais atividades poderiam ser organizadas segundo a concepção construtivista.

Nesse contexto, e preocupados com a realização de práticas experimentais que primem pela construção do conhecimento e não pela simples realização de um conjunto de procedimentos, o presente texto busca propor uma estrutura didático-metodológica para a realização das atividades experimentais em física na orientação construtivista. Essa proposta toma por referencial o construtivismo e estrutura-o em três momentos denominados: “pré-experimental”, “experimental” e

“pós-experimental”. A ênfase está nas etapas anteriores e posteriores à experimentação, oportunizando que os estudantes em conjunto com o professor discutam e reflitam sobre o que irão fazer ou o que fizeram na atividade.

Assim, o presente texto tem por objetivo apresentar e discutir esta nova proposta de organização didático-pedagógica e ao mesmo tempo exemplificar sua utilização em sala de aula, descrevendo inclusive a construção do equipamento didático.

A proposta

As etapas pré-experimental e pós-experimental representam momentos significativos de construção do conhecimento, razão por que a elas se destina um tempo expressivo da atividade experimental. A respeito, Millar [2, p. 115, destaque do autor, tradução nossa] enfatiza a importância dessas etapas, especificando: “Isto pode implicar devotar menos tempo da sala de aula para *fazer* as experiências e mais para *discussão* e *avaliação* de experimentos e resultados”.

A importância de destinar um tempo significativo para os momentos anteriores e posteriores à parte operacional da atividade experimental reside, conforme explicita Rosa [3], no fato de que estas possibilitarão ao professor focalizar os conhecimentos científicos em discussão, mantendo o estudante atento ao objeto de estudo, considerado fundamental dentro de uma concepção construtivista. Diante disso, infere-se que a etapa pré-experimental envolva os seguintes itens: pré-teoria, explicitação dos objetivos; formulação de hipóteses e planejamento das ações. A pós-experimental caracteriza-se pela conclusão da atividade experimental,

A ênfase está nas etapas anteriores e posteriores à experimentação, oportunizando que os estudantes em conjunto com o professor discutam e reflitam sobre o que irão fazer ou o que fizeram na atividade

Cleci T. Werner da Rosa e
Álvaro Becker da Rosa

Curso de Física, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil
E-mail: cwwerner@upf.br

O presente artigo refere-se a uma proposta didático-metodológica para organização das atividades experimentais realizadas em física no Ensino Médio dentro de uma concepção construtivista. O objetivo é ofertar aos professores subsídios para estruturar suas aulas de laboratório de modo a primar pela realização de atividades voltadas à construção do conhecimento e não reduzida a procedimentos do tipo “receita de bolo”. A proposta é estruturada em três etapas, com significativa ênfase na primeira (pré-experimental) e na última (pós-experimental). Como resultado do estudo, apresenta-se um modelo de roteiro-guia que poderá servir de inspiração para os professores organizarem suas atividades experimentais construtivistas.

que representa o fechamento desta atividade e a sistematização dos resultados encontrados. Entre as etapas encontra-se a denominada “experimental”, destinada à parte de execução da atividade experimental, a qual envolve as ações dos estudantes mediante seus planejamentos e propósitos.

Etapa pré-experimental

Na etapa pré-experimental, o primeiro item a integrar é a pré-teoria. Considera-se importante que, ao iniciar uma atividade experimental, sejam proporcionadas ao estudante discussões que lhe mostrem os conhecimentos envolvidos no estudo. Trata-se de uma aproximação da teoria com a experimentação, proporcionando que o estudante se familiarize com os saberes envolvidos e esteja orientado aos conhecimentos em estudo.

A pré-teoria contém uma espécie de contextualização do

A formulação de hipóteses apresenta-se como possibilidade de resgate das concepções prévias dos estudantes, permitindo confrontar saberes advindos de conhecimentos cotidianos

conhecimento, na qual o estudante é instigado a buscar seus conhecimentos, abrindo caminho para o desenvolvimento da atividade. Representa o elo entre a atividade experimental e o conhecimento em estudo, podendo, inclusive, iniciar por situações próximas dos estudantes e vinculadas ao seu cotidiano, desde que acompanhada pelas discussões sobre o conhecimento físico envolvido. Há, portanto, diferentes possibilidades de promover o conhecimento em estudo na forma de pré-teoria, para a qual se ilustram três: formulação de perguntas sobre o conteúdo, exposição de situações-problema ou situações-illustrativas e retomada histórica.

A primeira encontra-se associada à formulação de questões segundo estudos teóricos, estando relacionada a uma metodologia dialética na qual o professor apresenta questões e orienta os estudantes a discutir possibilidades. A segunda modalidade (exposição) refere-se a uma descrição mais simples de uma situação próxima do estudante na qual o evento a ser observado se faz presente, representando uma forma de aplicação do saber antes mesmo de ser discutido. Evidentemente, esta modalidade pode levar a perguntas, porém essas não são realizadas de modo direto como na modalidade anterior, mas, sim, decorrem da situação exposta. A terceira possibilidade refere-se à retomada histórica da produção do conhecimento, na qual o professor proporciona momentos de discussões sobre aspectos relacionados ao contexto social

e histórico no qual o conhecimento em estudo foi produzido. É uma reconstrução no sentido epistemológico, de modo a mostrar-lhes questões específicas referentes à produção deste conhecimento.

O importante é que a pré-teoria traga o estudante para a atividade experimental, para que inclua conhecimentos de seu repertório, de seu acervo, seja por meio de imagens, seja de questões, de um texto, da narrativa de processos tecnológicos ou outra situação. O que está em jogo é a preparação do conhecimento envolvido na atividade experimental.

Com base na pré-teoria, propõe-se que os estudantes sejam conduzidos a entender os objetivos propostos pelo professor para a atividade experimental. Mais

especificamente, trata-se de mostrar aos estudantes o conteúdo, estabelecendo contingentes para o estudo. Pode haver um ou mais objetivos, porém todos explicitados oralmente ou por escrito,

conduzindo a que os estudantes saibam o que é desejado que seja analisado na oportunidade. É importante destacar que isso não pode ser interpretado como atividade experimental direcionada para uma conclusão previamente estabelecida por ele, mas, sim, que, ao deixar claro o objetivo, orienta-se a ação dos estudantes e, por consequência, compartilha-se com todos um mesmo objeto de investigação. Nesse momento, julga-se propício analisar os equipamentos disponíveis para realizar a atividade experimental, uma vez que eles auxiliam o entendimento do objetivo.

Outro aspecto a ser considerado na etapa pré-experimental é a necessidade da formulação das hipóteses, as quais devem anteceder a observação a ser realizada, não o contrário. A respeito, considera-se que a formulação dessas hipóteses no desenvolvimento das atividades experimentais construtivistas assume papel de condição indispensável e servem para guiar a realização da atividade.

Considera-se serem as atividades experimentais uma excelente oportunidade de levar os estudantes a fazer apostas e estabelecer inferências sobre o conhecimento. Representa a oportunidade dos estudantes exporem seus pensamentos e a forma como articularam suas ideias, compartilhando-as com seus colegas e professores.

A formulação de hipóteses apresenta-

A pré-teoria contém uma espécie de contextualização do conhecimento, na qual o estudante é instigado a buscar seus conhecimentos, abrindo caminho para o desenvolvimento da atividade

se como possibilidade de resgate das concepções prévias dos estudantes, permitindo confrontar saberes advindos de conhecimentos cotidianos. Além disso, mas, também por isso, as hipóteses possibilitam aos estudantes mobilizar os conhecimentos já presentes em suas estruturas cognitivas, construindo-os e reconstruindo-os de forma contínua e progressiva. As hipóteses indicam que há “algo” a ser testado, verificado, no transcorrer da atividade. Contudo, não se quer dizer que a formulação de hipóteses aqui defendida seja a mesma do cientista, nem significa aplicar o método experimental como referência, mas, sim, fazer inferência ao que será observado como forma de direcionar o olhar ao objeto do conhecimento. É a oportunidade dos estudantes dialogarem com seus conhecimentos e suas observações.

Para finalizar a proposta dos itens da etapa pré-experimental menciona-se a necessidade do planejamento das ações, representando o momento de pensar na execução da atividade. Desta forma, é proposto que os estudantes sejam levados, antes de realizar o experimento, a refletir sobre o que irão fazer, traçando por escrito ou mentalmente sua trajetória. Um bom começo para isso é a seleção dos conhecimentos necessários à atividade experimental, como a expressão de relações entre as variáveis, por exemplo (fórmulas).

O planejamento se associa ao tradicional procedimento, mas a proposta é que se diferencie deste, não apresentando receitas estruturadas e compostos por passos rígidos e sequenciais. Ao contrário, deseja-se que esse “modo de fazer” seja entendido como decorrente das discussões iniciais presentes na etapa pré-experimental, sendo apresentado de forma a levar os estudantes a pensarem e planejarem suas ações entendendo o que e por que proceder de determinada forma.

Etapa experimental

Na etapa experimental, é prevista a execução da atividade experimental. Executar uma atividade

experimental significa operar o planejado, testar hipóteses previstas, tendo claro o objetivo almejado, e, normalmente, significa também, manusear equipamentos.

A execução pressupõe um sujeito ativo intelectualmente e engajado com a atividade, capaz de construir seus conhecimentos em um processo de interação social. Considerando que, habitualmente,

as atividades experimentais são realizadas em grupos de trabalho, isso demanda, além das condições já especificadas, negociação de saberes e de operações com equipamentos, diálogos entre companheiros e com o professor, visualização de possibilidades e confronto de conhecimentos, seja consigo mesmo, seja com seus colegas.

Etapa pós-experimental

A última etapa proposta é a pós-experimental, na qual está previsto o momento de fechamento da atividade experimental, representado pela conclusão. A proposta é que esta conclusão fuja da habitualmente presente no laboratório tradicional, que se destina apenas à apresentação dos resultados. Na nova proposta a conclusão ganha *status* de discussão dos resultados obtidos, representando um momento de construção do conhecimento. Para isso, é preciso prever ações para

esta etapa, de modo a levar o estudante a buscar os resultados, interpretando-os, confrontando-os e discutindo-os. Dessa forma, concluir significa retomar o realizado, a fim de identificar possíveis falhas no processo, ou mesmo para sintetizar e revisar a atividade. Para isso é necessário destinar um tempo significativo a essa etapa, conduzindo-a de modo que os estudantes, geralmente já cansados e saturados, sintam-se estimulados e realimentados.

Exemplo de roteiro-guia

Na busca por proporcionar uma maior clareza aos docentes sobre como é possível organizar um roteiro construtivista, apresenta-se um exemplo relativo ao estudo do movimento de velocidade constante, o MRU. Para tanto, foi organi-

zado um roteiro-guia apresentado no quadro a seguir (Quadro 1) para trabalhar com os estudantes do Ensino Médio. Nele foi deixado espaços em branco para contemplar os registros dos estudantes referente a seus diálogos durante a atividade experimental, bem como os resultados encontrados na atividade. Nesse artigo, optou-se por deixar o

roteiro-guia na forma como apresentado aos estudantes, considerando que seu preenchimento varia de um contexto educacional para outro.

A situação de contextualização apresentada nesse roteiro-guia decorre de escolhas dos estudantes frente às situações vivenciadas por eles, podendo ser alterada pelos professores. No exemplo apresentado neste artigo, a escolha foi pelo movimento do avião e pela engarrafadora de

A conclusão ganha *status* de discussão dos resultados obtidos, representando um momento de construção do conhecimento

Quadro 1

1. Vamos conversar sobre o movimento dos objetos representados nas Figs. 1 e 2, anotando o que pode ser identificado em comum, segundo as discussões do grupo.



Figura 1 - Avião em voo.



Figura 2 - Movimento da esteira.

2. Continuando a discussão vamos desenvolver uma atividade experimental referente ao movimento de uma bolha de ar dentro de um tubo de vidro (lâmpada) contendo água.
3. Para conhecer o equipamento, escreva ao lado do desenho na Fig. 3, o nome do referido equipamento.

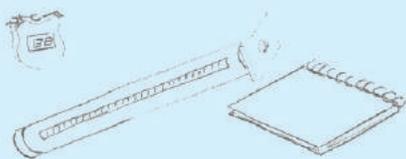


Figura 3 - Desenho dos equipamentos utilizados na atividade experimental.

4. Para estudar o comportamento da velocidade da bolha de ar, vamos pensar e discutir o seguinte: a velocidade dessa bolha se mantém constante durante todo seu percurso ou sofre alteração (aumenta ou diminui)?
5. De quais conhecimentos precisamos para determinar a velocidade da bolha?
6. Temos de pensar como fazer antes de iniciar! Prestem atenção nas questões abaixo, discutindo-as em seu grupo.
 - a) Como fazer a bolha iniciar o movimento?
 - b) Para saber se a velocidade é constante ou variável, é preciso verificar a velocidade da bolha em pequenos trechos de deslocamento, ou basta saber a velocidade média percorrida ao longo do tubo?
 - c) Considerando que vocês tenham optado por saber a velocidade em pequenos trechos, quais as grandezas físicas que precisam ser determinadas para isso?
 - d) Como organizar o grupo? Discutam como fazer para que um de vocês registre o tempo (t); outro, a posição (S) e terceiro faça as anotações (Atenção! Tudo deve ser simultâneo).
 - e) Chegando ao consenso de quem fará o quê, vamos pensar como fazer. A sugestão é que vocês verifiquem a posição da bolha a cada três segundos de movimento; assim, o responsável por verificar o tempo assinala quando passar três e o responsável pela leitura da posição da bolha "canta" essa posição para o terceiro fazer a anotação.
 - f) Tudo precisa ser registrado em uma tabela, para que ao final possa ser determinado o valor da velocidade da bolha de ar nos trechos correspondentes (a cada três segundos).
 - g) **CALMA!** Ainda não é hora de iniciar. Pensem sobre de onde (posição " S ") vocês deverão iniciar a contagem do tempo (acionar o cronômetro).
 - h) Para ter mais segurança nas medidas, repitam, no mínimo, três vezes o procedimento, anotando cada posição na tabela, e depois obtenham o " S " médio.

Quadro 1 (continuação)

7. Começando a atividade: para iniciar a atividade, voltem e leiam atentamente o item 6, lembrando de fazer, no mínimo, três tomadas de valores para a posição da bolha (S_1 , S_2 , S_3) antes de registrar a definitiva (S média) na tabela. Construam uma tabela para os valores do tempo e da posição.
8. Conversando sobre os resultados
 - a) O resultado encontrado para as

- velocidades em cada trecho foi o esperado pelo grupo?
 - b) O movimento da bolha de ar pode ser considerado um movimento de velocidade constante?
 - c) Justificando a resposta anterior, registrem as conclusões do grupo.
9. Ao concluir a atividade, pensem em um nome para ela, registrando-o no espaço abaixo.

10. O que os outros grupos encontraram?

Chegou a hora de discutirem com seus colegas o que encontraram, justificando seus resultados. Porém, para isso aguardem o momento em que vai ser retomada a atividade e solicitado que cada grupo faça sua explanação. Após, registrem os comentários finais da atividade realizada.

bebidas, por se tratarem de tema em voga para os estudantes do da região de Passo Fundo.

Construção do equipamento didático

Para construir o equipamento didático utilizado no experimento toma-se por referencial o apresentado nas obras de Diez [4] e Heineck e cols. [5]. Para tanto é necessário uma lâmpada fluorescente de 20 W (60 cm, pode ser “queimada”), um pedaço de madeira (tipo MDF) de 40 x 40 x 3 mm, chave de fenda, alicate, furadeira, uma tampa de vidro de penicilina ou rolha de borracha, cola a prova d'água (silicone), areia grossa seca, papel milimetrado e papel adesivo transparente (tipo Contact).

Pegue a lâmpada pela extremidade com cuidado (enrole em um pano para proteção em caso de quebra ou use luvas de couro), e retire os dois pinos metálicos de uma das extremidades, utilizando um alicate. Retire também o plástico junto aos pinos até ficar exposta a extremidade de vidro. Muito cuidado porque a lâmpada é muito frágil. Chegando-se a parte de vidro, ainda na mesma lateral, é necessário fazer um furo. Para isso utilize um a chave de fenda, conforme ilustrado no Fig. 4, encostando e batendo de leve (cuidado para não quebrar a lâmpada).

Com o orifício feito, procede-se à lim-



Figura 4 - Procedimento para extração da parte superior da lâmpada.

peza da lâmpada, inserindo-se areia seca em seu interior (cerca de 4 colheres de sopa). Tampe com o dedo e agite a lâmpada para soltar o pó branco do interior.¹

No centro do MDF realiza-se um furo utilizando-se a furadeira, cujo diâmetro deve ser igual ao da rolha, colando-o na extremidade aberta da lâmpada. Para colar (Fig. 5) utilize a cola de silicone ou adesivo de poliuretano (não confundir com espuma de poliuretano), que deve secar por 24 horas.

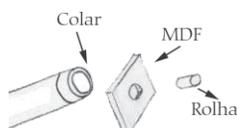


Figura 5 - Procedimento para colar o MDF.

Ao longo do tubo e por fora deste cola-se uma tira de papel milimetrado para servir de escala, utilizando cola branca escolar. Nesse papel é necessário graduar a escala desejada para o experimento.

Colar o papel Contact transparente, conforme ilustra a Fig. 6, para proteção sobre o papel milimetrado. Após a construção do equipamento, ele deve ser preenchido com água,² vedando a saída

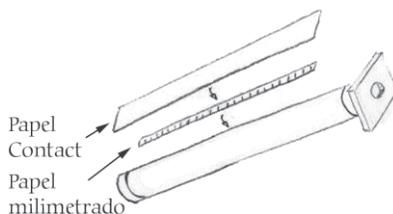


Figura 6 - Procedimento para graduação do equipamento.

com a rolha. Ao encher deve-se ter o cuidado de deixar uma bolha de ar de tamanho pequeno, que será o móvel do movimento do experimento.

Notas

¹Atenção. O pó branco contido no interior da lâmpada contém mercúrio e deve ser manuseado com cuidado, evitando tocar as mãos diretamente por um tempo prolongado. A areia utilizada para limpar a lâmpada já misturada ao pó branco, não deve ser jogada no lixo comum e sim no descarte especial para lâmpadas.

²Pode criar limo na água, o que deixa a mesma turva, e impede a conservação por muito tempo. Para evitar isso acrescenta-se a água 5 ou 6 gotas de água sanitária ou hipoclorito de sódio.

Referências

- [1] J. Pinho-Alves, *Atividades Experimentais: Do Método À Prática Construtivista*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- [2] R. Millar, *Studies in Science Education* **14**, 109 (1987).
- [3] C.T.W. Rosa, *Metacognição e as Atividades Experimentais em Física*. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- [4] S.A. Diez, *Experiência de Física na Escola* (Ed. Universitária da UFP, Passo Fundo, 1996).
- [5] R. Heineck, A.B. Rosa, C.T.W. da Rosa, L. Wickert, C.A.S. Perez e T.C.F. de Souza, *Física Mecânica* (Ed. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008).



.....

Andre Rafael Cunha

Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
E-mail: cunha@lmpt.ufsc.br

Gerson Gregório Gomes

Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Araranguá, SC, Brasil
E-mail: gerson.gomes@ifsc.edu.br

.....

Poderíamos questionar se o termo *moderna* é o mais adequado para designar os avanços da física durante as primeiras décadas do séc. XX, tendo em vista que quase um século se passou e já estamos bastante familiarizados com vários de seus produtos em nosso cotidiano, a exemplo de CD's, ponteiros laser e fotocélulas, entre outros. Apesar dessa inegável familiaridade, temos o receio que jamais poderemos nos vangloriar do completo entendimento sobre tais avanços, já que eles proporcionaram à nossa civilização ideias tão novas quanto a interpretação do universo, que nossos sentidos ainda insistem em rejeitar, mesmo depois de avisados. Durante a jornada acadêmica, esforços são devotados - tanto por parte dos educadores quanto por parte dos estudantes - para que possamos romper a barreira de nossa ignorância com relação à natureza. Infelizmente, esses obstáculos não são ultrapassados pela simples exigência de uma burocrática grade curricular. Isso acarreta que, mesmo após obterem seus respectivos graus, os futuros professores carregarão lacunas que somente seriam sanadas caso optassem por respectiva especialização.

Esse é o caso do conceito, por exemplo, de massa relativística (ou simplesmente massa) ensinado nos corriqueiros textos que servem de guia nos cursos de física básica das universidades brasileiras. Dessa forma, tal entendimento é naturalmente perpassado aos alunos do Ensino Médio, os quais, por vezes, são incitados a comprovarem seu entendimento, nas mais diversas formas de avaliação, sobre esse e outros assuntos da física que denominamos por *moderna*.

Para exemplificar a situação acima, transcrevemos abaixo a Questão 10 da prova do Vestibular 2007 da Universidade Federal de Santa Catarina.¹

A física moderna é o estudo da física desenvolvida no final do século XIX e início

do século XX. Em particular, é o estudo da mecânica quântica e da teoria da relatividade restrita.

Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S) em relação às contribuições da física moderna.

- 01. Demonstra limitações da física newtoniana na escala microscópica.
- 02. Nega totalmente as aplicações das leis de Newton.
- 04. Explica o efeito fotoelétrico e o laser.
- 08. Afirma que as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
- 16. Comprova que a velocidade da luz é diferente para quaisquer observadores em referenciais inerciais.
- 32. Demonstra que a massa de um corpo independe de sua velocidade.

A resposta certa de acordo com o gabarito oficial é: 01 + 04 + 08 = 13. Alertamos para o fato de que o enunciado do problema requer que marquemos a(s) resposta(s) correta(s). Analisemos algumas proposições apresentadas.

Sentença 08

Para dar início a nossa crítica, poderíamos indagar se o texto da sentença 08 está devidamente redigido. O fato de expressarmos que as "leis da física são as mesmas para todos os referenciais inerciais", não é um avanço proporcionado pela física moderna (atentemos para a expressão "são as mesmas"). O princípio de relatividade de Galileo, que já aparece no *Principia* de Newton, nos diz o mesmo, com a diferença que incluía apenas a mecânica.

O princípio constante na sentença 08 é a premissa básica e uma ambição de qualquer ciência: que seus resultados sejam válidos em qualquer parte do universo. Faria sentido estudar física caso não "fosse a mesma" para os variados referenciais? Poderíamos esboçar que o aquilo que a física moderna nos responde é que as leis devem "ter a mesma forma (matemática)" para os citados referenciais. Essa

Nesta breve nota argumentamos sobre a necessidade de sincronização entre os desenvolvimentos propiciados pela parte da física moderna e aquilo que é veiculado no Ensino Médio, principalmente sobre o conceito da grandeza massa. Fazendo uso de uma questão de um exame vestibular recente buscamos exemplificar, do ponto de vista técnico, os equívocos cometidos na interpretação de alguns conceitos físicos, bem como a pertinência e emergência deste assunto.

sentença ainda não satisfaz a noção técnica correta, pois carecemos de um jargão apropriado. Nussenzveig [1, p. 295] nos dá um exemplo de como a sentença poderia ser reescrita para a segunda lei de Newton: “a 2ª lei de Newton é covariante por transformação de Galileu”. Naturalmente, isso se tornaria impraticável em nível do Ensino Médio. Além disso, poderia suscitar questões epistemológicas quanto ao significado do conceito de “lei”. Entretanto, é inegável as interpretações que essa sentença é capaz de despertar.

Em física, é pulsante a convicção que, devido à complexidade de determinados temas, temos que rompê-los gradativamente, e que os degraus superiores irão desvendar e refinar os problemas e soluções naqueles que o precedem. Como poucos estudantes optarão por profissões que possam continuar essa jornada, gostaríamos de argumentar – para aqueles que discordam destas palavras – que deveríamos ao menos ponderar sobre a perigosa lógica binária presente no ensino de ciências: “isso é verdadeiro e aquilo é falso!”².

Sentença 32

Prossigamos agora para outro importante ponto: a sentença 32. Ela afirma que a física moderna “Demonstra que a massa de um corpo independe de sua velocidade”. Essa sentença é admitida como errada no gabarito oficial da referida prova. Entretanto, apesar de contradizer os textos usuais, a sentença está correta!

Em relatividade e mecânica quântica, a massa de uma partícula fundamental é uma grandeza escalar ou, utilizando termos técnicos, *invariante*. Ou seja, é uma das grandezas físicas que rotulam uma partícula fundamental. Esta abordagem é encontrada mesmo em livros didáticos de Ensino Médio, p. ex., Ref. [3, p. 385–386].

Constatemos a inconsistência de considerar a massa como sendo dependente da velocidade. Em um átomo, é sabido que o núcleo, com massa muito maior, é rodeado por elétrons em movimento, cuja massa é significativamente menor. Imaginemos que tais elétrons se movimentem com uma velocidade que consideraremos como relativística – como por vezes o fazem. Suas massas iriam adquirir tamanha magnitude de tal modo que a estrutura do átomo se desconfiguraria, alterando a densidade de determinado elemento químico. Poderíamos ainda nos deparar com

o surpreendente cenário: um elétron tão rápido que possuiria a massa da Terra!

É bem verdade que o conceito de massa relativística não é impensadamente proposto. Suas raízes remetem à ideia de massa inercial introduzida pela 2ª lei de Newton que busca traduzir o quanto um corpo físico resiste ao movimento quando lhe é aplicada uma força. Em virtude disso, para compatibilizar as expressões matemáticas relativísticas com as clássicas, faz-se uso do conceito de massa relativística. Acreditamos que esta questão está suficientemente bem discutida (e esclarecida) no artigo de Lemos [4].

Apesar de alguns livros-textos fornecerem os conceitos de massa de repouso para designar a quantidade de matéria invariante que caracteriza cada partícula (ver Ref. [5, p. 318]), e fazer a devida distinção com a chamada massa relativística, do ponto de vista observacional trata-se de um conceito pernicioso e ludibriador capaz de prejudicar nossa interpretação acerca dos fenômenos físicos.

Aliás, é exatamente isso que a despojada sentença supracitada é capaz de despertar.

Como assuntos peculiares despertam opiniões divergentes, há muitos que advogam que a presente contenda é uma mera questão de terminologia e definição, ao capricho da satisfação ou estética pessoal [5, p. 319]. Acreditamos que a parcialidade sobre o conceito de massa relativística está além do escopo da convenção.

Toda ciência busca uma linguagem própria e precisa que visa comunicar seus resultados de maneira inequívoca e consistente. Como exemplo, invocamos os avanços da ciência newtoniana que percebeu a necessidade de caracterizar o momento linear como uma grandeza dotada de magnitude, direção e sentido, o qual posteriormente denominou-se de vetor para distingui-lo de grandezas onde apenas a magnitude é importante (*escalar*). Assim, quando afirmamos, por exemplo, que uma força que age sobre um corpo é um vetor, nós o fazemos com o intuito de tornar precisa a descrição da mesma, e que tal terminologia é dotada de significado, ou seja, temos uma linguagem própria para comunicar nossos resultados. Reafirma-

Em física, é pulsante a convicção que, devido à complexidade de determinados temas, temos que rompê-los gradativamente, e que os degraus superiores irão desvendar e refinar os problemas e soluções naqueles que o precedem

mos, então, a posição com relação ao conceito de massa em relatividade: um (escalar) invariante, *i.e.*, a massa independe da velocidade [4, 6].

Compartilhamos com alguns colegas a impressão que quanto mais avançamos em nossa formação acadêmica, menos somos capazes de resolver problemas e exercícios pelos quais passamos há tempos. Talvez isso floresça de uma suposta evolução no entendimento, capaz de nos despertar uma postura crítica mais aguçada; somado com uma possível negligência não intencional, a qual impele ao avaliador o descuido na redação de enunciados no ato de transportar uma questão totalmente localizada no âmbito de uma disciplina, para sua completa descontextualização no decurso de uma prova, sendo assim, capaz de gerar confusões e dúvidas naqueles com um mínimo de discernimento.

Aproveitemos esse exemplo como um alerta, tendo em vista que tal equívoco tem influência direta no futuro de estudantes

que se apresentam para serem testados diante das nossas tão discutidas formas de avaliação, como o vestibular e processos de seleção em pós-graduações. Essa experiência pode também ser útil para reafirmarmos nossos votos para com as tão discutíveis e fugazes “verdades científicas” válidas nos dias atuais.

Agradecimentos

ARC agradece à CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina.

Notas

¹Disponível em http://www.coperve.ufsc.br/provas_ant/2007-3-amarela.pdf com sua respectiva resposta em http://www.coperve.ufsc.br/provas_ant/2007-gab-3-amarela.html. Acessado em 10 de outubro de 2011.

²A imprecisa expressão usada na sentença 08 ocorre *ipsis litteris* na respeitada série de física básica de Nussenzveig [2, p. 182], como enunciado do princípio de relatividade restrita. Poderíamos, talvez, abrandar a crítica neste caso pela frase ali ocorrer devidamente contextualizada.

Referências

[1] H.M. Nussenzveig, *Curso de Física Básica: Mecânica* (Edgard Blücher, São Paulo, 1996).

[2] H.M. Nussenzveig, *Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade e Física Quântica* (Edgard Blücher, São Paulo, 1998).

[3] A. Máximo e B.A. Alvarenga, *Curso de Física* (Scipione, São Paulo, 2006), v. 3.

[4] N.A. Lemos, *Revista Brasileira de Ensino de Física* v. **23**, 3, (2001).

[5] A. Gaspar, *Física* (Ática, São Paulo, 2005), v. 3.

[6] L.B. Okun, *Phys. Today* v. **42**, 31, (1989).



.....
Elymar Souza de Oliveira
 E-mail: elymar@ig.com.br

Isaias dos Santos Lima
 E-mail: isaiasufrb@gmail.com

Glênon Dutra
 E-mail: glenon.ufrb@gmail.com

Centro de Formação de Professores,
 Universidade Federal do Recôncavo da
 Bahia, Amargosa, BA, Brasil

.....

Este trabalho propõe a construção de uma fonte de luz de raios paralelos para banco óptico mais simples e mais barata do que as presentes no mercado. A construção desta fonte poderá facilitar a difusão desse tipo de equipamento, tornando-o mais acessível a instituições de ensino e professores de física do Ensino Médio. A própria discussão envolvendo a escolha do emissor de luz para a fonte é útil para a formação do professor de física em disciplinas de instrumentação para o ensino em cursos de licenciatura.

Fontes de raios paralelos utilizam-se do seguinte princípio da óptica geométrica: se “um feixe de raios paralelos ao eixo principal incide sobre uma lente convergente, emerge convergindo os raios de luz para um ponto denominado *foco imagem F*” [1]. No entanto, “como a lente é constituída de dois dioptrios, há um segundo foco que é denominado *foco objeto F*” [1] como visto nas Figs. 1 e 2.

De acordo com o princípio da reversibilidade, podemos concluir que, ao colocarmos uma fonte pontual sobre em um dos focos da lente, teremos feixes de raios paralelos ao seu eixo principal emergindo do outro lado da lente (Fig. 2).

Comparação a outros bancos ópticos

Utilizamos como base de apoio para comparação a lanterna laser portátil (Fig. 3) com duplo feixe que faz parte do banco óptico Cidepe®, cuja função se con-

Atividades didáticas experimentais em bancos ópticos normalmente fazem uso de uma fonte de luz de raios paralelos. A confecção desse tipo de fonte muitas vezes requer a utilização de lâmpadas com características bem definidas que dificultam ou aumentam os custos para aqueles que desejam construir um banco óptico. Este trabalho foi escrito tendo como objetivo a descrição da construção de uma fonte de raios paralelos utilizando como base materiais de baixo custo e fácil manuseio.

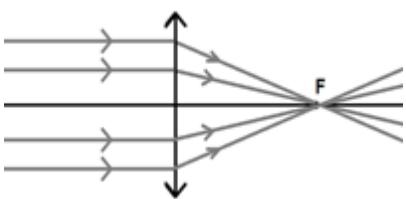


Figura 1 - Raios paralelos atravessando uma lente convergente.

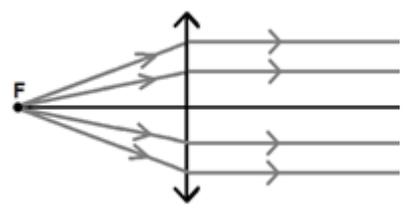


Figura 2 - Fonte pontual emitindo a partir do foco de uma lente convergente.

centra no estudo da óptica geométrica, geometria e deficiências de visão, presente no acervo de Materiais de Laboratório na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. O funcionamento do mesmo consiste em dois feixes de laser paralelos, os quais emergem através de um espalhador removível. Ambos os lasers são alimentados por uma bateria.



Figura 3 - Lanterna laser portátil Cidepe®.

A utilização desse tipo de banco óptico permite trabalhar com apenas dois feixes de luz monocromática vermelha, restringindo assim o uso em atividades onde seja necessária a aplicação de um número maior de raios paralelos ou da utilização de um pincel de luz. O outro modelo de banco óptico analisado é baseado na utilização de uma lâmpada incandescente, cuja

fonte de luz em si é uma pequena lâmpada com o filamento retilíneo. Neste caso, a obtenção de raios paralelos se dá pelo alinhamento entre o filamento da lâmpada a uma grelha ou a uma fenda como visto na Fig. 4.

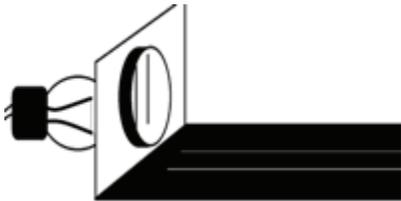


Figura 4 – Raios paralelos são obtidos colocando-se o filamento da lâmpada no foco da lente e paralelo a uma fenda.

O filamento da maioria das lâmpadas comuns é irregular (Fig. 5), dificultando a construção caseira de bancos ópticos que se utilizem destes. Este problema não aparece se utilizarmos uma lâmpada do tipo LED, que, em alguns casos, podemos considerar como uma fonte pontual.



Figura 5 - Lâmpada com filamento reto (esquerda) vs. lâmpada com filamento irregular, mais comum (direita).

Uma outra dificuldade em relação a utilização da lâmpada incandescente na construção do banco óptico está relacionada ao consumo de energia, como é o caso do aparato apresentado na Fig. 6 que possui potência nominal de 15 W, enquanto um LED de 3 W é suficiente para obtermos resultados semelhantes.



Figura 6 - Fonte típica para banco óptico utilizando lâmpada incandescente.

Nesse viés, foi desenvolvido uma fonte de raios paralelos por meio da utilização de materiais de baixo custo, visto que se trata de um aparato experimental bas-

tante útil para instituições educacionais.

O aparato experimental

Material necessário

- 2 pilhas AA;
- 1 porta-pilhas;
- 1 chave liga desliga;
- 1 resistor 30 Ohm (1/4 W)
- 50 cm de fio fino (fio de telefone);
- 1 LED neon - plástico (no experimento em questão utilizamos a cor azul);
- 1 lupa 60 mm Ø;
- Fita isolante;
- Pistola de cola quente;
- 1 bastão de cola quente;
- Tesoura;
- 1 folha de papel "Duplex" ou de rigidez similar (cor preta).

Metodologia

Para construir uma fonte de raios paralelos, é preciso basicamente colocar uma fonte luminosa pontual no foco de uma lente convergente, justamente para que a propagação dos raios emergentes a ela seja paralela. Nesse caso, utilizamos como lente convergente uma lupa comum, como as comercializadas em papeterias.

Encontrando o foco da lupa

O primeiro passo consiste em localizar o foco da lupa caso a adquirida não o indique. Projetamos a luz do Sol (Fig. 7) ou de qualquer outra fonte luminosa em um anteparo, desde que esta fonte esteja longe o suficiente da lupa para que seus raios possam ser considerados paralelos, de modo a concentrar toda a luz em um ponto. Posteriormente medimos distância focal da lupa que é o espaço compreendido entre a lupa e este ponto.



Figura 7 - Projeta-se a luz do Sol em um anteparo e em seguida mede-se a distância da lupa ao anteparo.

Construção do cilindro I

Utilizamos a folha de papel Duplex de cor preta para construir um cilindro

(Fig. 8) que deve ter um diâmetro igual ao diâmetro da lupa e comprimento em torno de 3/4 da distância focal. Posteriormente, fixamos o cilindro à lupa com o auxílio da fita isolante, mantendo a parte preta desse papel voltada para dentro, com o intuito de minimizar as reflexões decorrentes da parede interna do cilindro.



Figura 8 - Cilindro I feito de papel duplex fixado à lupa.

Construção do cilindro II

Fizemos o cilindro II com diâmetro suficiente para que este coubesse dentro do cilindro I, ficando bem ajustado. Posteriormente, recortamos um disco de papelão de modo que pudéssemos utilizá-lo como tampa do cilindro II. A seguir, fizemos um orifício com o diâmetro do LED para que esse pudesse ser encaixado no centro do disco (Figs. 9 e 10). Utilizamos a pistola de cola quente como ferramenta para fixarmos o LED no orifício do disco e, em seguida, o disco de papelão ao cilindro II (Fig. 11).



Figura 9 - Disco de papelão com orifício central.

Construção do circuito elétrico

Montamos o circuito do aparato conforme o esquema da Fig. 12. Utilizamos fio paralelo do tipo "cabinho" para conectarmos em série o interruptor, o resistor e o LED ao porta-pilhas.



Figura 10 - Disco de papelão com LED fixado.

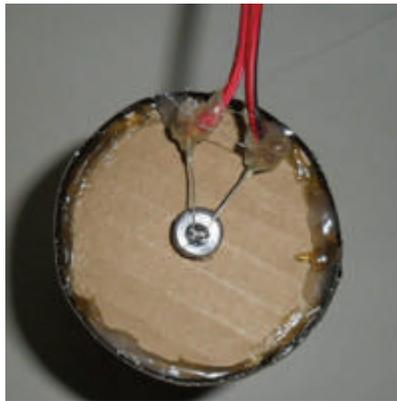


Figura 11 - Disco de papelão com LED e cilindro II montado.

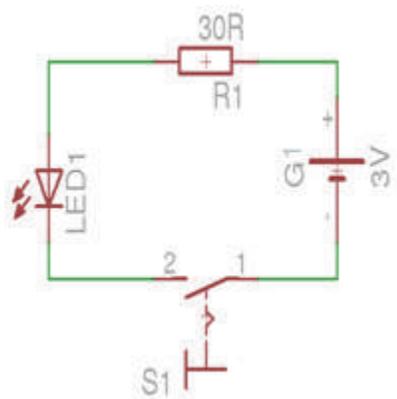


Figura 12 - Esquema de montagem do circuito elétrico.

OBS: Uma vez que estamos trabalhando com um diodo (LED), poderá não ocorrer o funcionamento na primeira tentativa, mas este problema, em geral, pode ser reparado invertendo os fios no LED. Se mesmo assim o LED não acender, deve ser substituído por outro.

Funcionamento

Uma vez realizadas todas as etapas anteriores, introduzimos o cilindro II no cilindro I, colocamos as pilhas no porta-pilhas, acendemos o LED acionando o interruptor para verificarmos se está funcionando corretamente e fazemos o ajuste



Figura 13 - Aparato montado pronto para o uso.

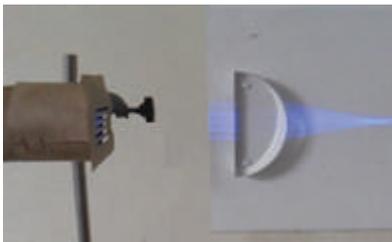


Figura 14 - Utilização do aparato em uma lente convergente.

do pincel de luz que consiste basicamente em afastar ou aproximar o LED da lupa.

Observações e ajustes

Pode acontecer do pincel de luz ser muito estreito em decorrência do ângulo de iluminação que é característico da fabricação de cada LED. Isso ocorre porque este já possui, por fabricação, uma geometria que influencia o ângulo sólido do feixe de luz emitido e, por conseguinte, a abrangência da área iluminada na lente (Figs. 15 e 16). Uma forma de contornar esse problema é aproximar ou afastar o LED (Fig. 17) da região a ser iluminada. Porém, fazendo isto, retiramos o LED do ponto focal da lupa, inviabilizando a construção do banco óptico. A melhor maneira de contornar o problema é lixar a extremidade do LED e, posteriormente, aplainá-la com o auxílio de uma lixa bastante fina (lixa d'água nº 400).

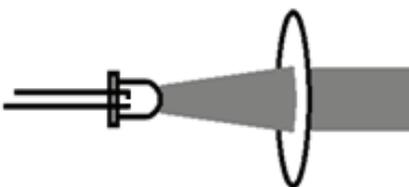


Figura 15 - LED com ângulo sólido que possibilita pincel de luz estreito.

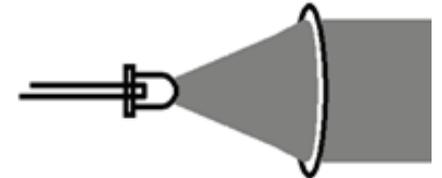


Figura 16 - LED com ângulo sólido que permite pincel de luz mais largo.

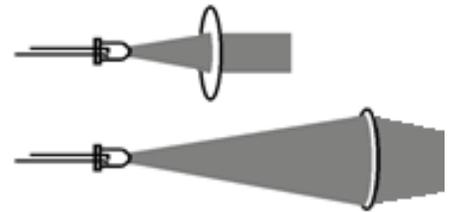


Figura 17 - LED com mesmo ângulo sólido e posições diferentes em relação à lupa.



Figura 18 - LED com a extremidade curva.



Figura 19 - LED com a extremidade plana.

Análise qualitativa

Utilizando o aparato proposto, podemos perceber que o mesmo mostrou-se suficiente para explorar diversos conceitos da óptica geométrica (Fig. 14), incluindo a utilização das lentes, do mesmo modo que seriam explorados com o aparato apresentado na Fig. 20 (que possui dois lasers) ou com o aparato da Fig. 21 (que possui uma lâmpada incandescente como fonte luminosa). Todavia, a fonte laser possui limitações quanto a quantidade de raios emitidos e a fonte com lâmpada incandescente apresenta superaquecimento. Já a fonte com LED proposta não apresenta esses problemas, além de ser de baixo consumo e apresentar praticidade principalmente no transporte.

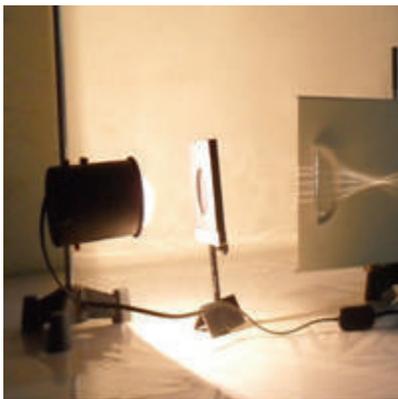


Figura 20 - Utilização do banco óptico com lâmpada incandescente em uma lente convergente.



Figura 21 - Utilização da lanterna laser portátil Cidepe® em uma lente convergente.

Considerações finais

Apresentamos a construção de uma fonte para banco óptico de baixo custo, de fácil construção e manuseio, tornando viável sua utilização na maioria das instituições de ensino. Este aparato experimental serve de suporte para o desenvol-

vimento de diversas atividades associadas a óptica geométrica. Como apresentado na seção Análise quantitativa, nossa proposta é plausível por viabilizar a construção de um banco óptico simples, barato e com baixo consumo de energia, além de possibilitar o ajuste do pincel de luz mantendo os raios paralelos ou não. Por ser bastante compacta, a fonte apresenta bastante praticidade.

Referências

- [1] Universidade de São Paulo, *Lentes Esféricas: Fundamentos Teóricos*. Disponível em <http://educar.sc.usp.br/optica/lente.htm>, acesso em 31/1/2012.



.....

Jair Lúcio Prados Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil
E-mail: jairlucio@ig.com.br

Maria de Fátima da Silva Verdeaux

Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

.....

o enigma inicial

A popularização do cinema tridimensional (abreviado 3D) na última década, além do surgimento de televisores que utilizam essa tecnologia, tornou o acesso a óculos com lentes polarizadoras mais comum. A Fig. 1 mostra um desses óculos (pouco estéticos, por sinal).

Um questionamento sobre uma atividade que pode ser feita com um desses óculos nos foi proposta por um estudante, e é descrita a seguir: usando um desses óculos, observe sua imagem refletida em um espelho plano. Você provavelmente conseguirá ver seus olhos parcialmente, como mostrado na Fig. 2, na qual utilizamos uma alegre bola de borracha para representar a imagem do observador refletida no espelho.



Figura 1 – Óculos RealD 3D, usado em cinemas.



Figura 2 – Representação da imagem observada no espelho com os olhos abertos.

Em seguida, feche um dos olhos, por exemplo o direito (o olho fechado é representado por um X na Fig. 3, na qual é representada a imagem do rosto do observador refletido no espelho, visto pelo mesmo). A lente que recobre o olho aberto (esquerdo) parecerá preta, não permitindo que você observe esse olho no reflexo, enquanto a lente que recobre o olho fechado (direito) ficará clara, permitindo que você observe a imagem refletida desse olho (Fig. 3). Você só pode enxergar através da lente “negra”, pois o seu outro olho está fechado, não sendo capaz de captar a luz.¹

Por que isso acontece? A resposta não é trivial, e envolve o conhecimento de um importante fenômeno ondulatório: a polarização circular.

o que é polarização?

O fato de ser possível obter luz polarizada permitiu a construção de filtros polarizadores para máquinas fotográficas, lentes de qualidade para óculos escuros, monitores de cristal líquido (liquid crystal display, ou LCD) e projeções tridimensionais em cinemas.² Para entender a polarização, considere que existam dois tipos de ondas (Fig. 4): aquelas onde a vibração é perpendicular à propagação (transversais) e aquelas onde a vibração e a propa-



Figura 3 – Representação da imagem observada no espelho com um dos olhos fechados.

Um experimento simples pode ser conduzido com o uso de um óculos polarizador, usado em exibições de filmes 3D. Olhando-se no espelho enquanto usa esses óculos, o observador fecha um dos olhos. Nesse caso, a lente que recobre o olho oposto (aberto) parecerá negra, impedindo a visualização da imagem desse olho, enquanto a imagem refletida do olho fechado continuará sendo observada. Apesar de parecer trivial, a explicação do experimento envolve o entendimento do conceito de polarização circular.

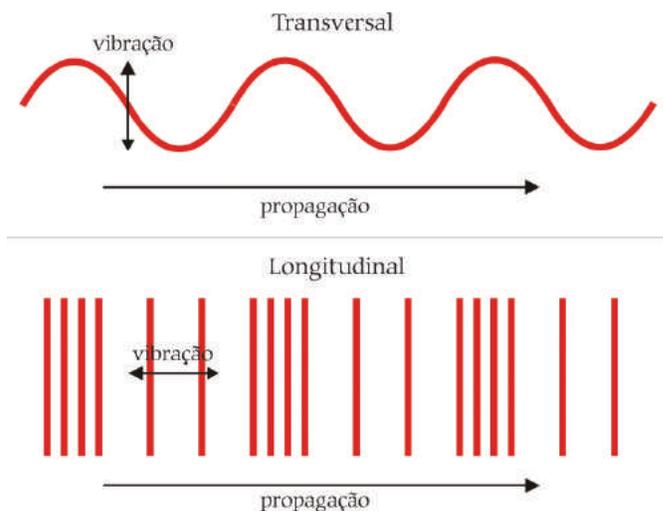


Figura 4 – Tipos de ondas.

gação são paralelas (longitudinais). As ondas eletromagnéticas, entre as quais a luz se inclui, são do primeiro tipo.

As ondas transversais apresentam uma importante propriedade: elas podem ser polarizadas, ou seja, podem apresentar um único plano de vibração. A maioria das ondas provocadas por uma única fonte é polarizada [1], tais como as ondas em uma corda, ondas eletromagnéticas geradas por uma única antena ou a luz emitida por um laser [2]. Se múltiplas fontes produzem a onda, ela usualmente não é polarizada. Um típico exemplo é a luz emitida por lâmpadas comuns, resultado da atuação independente de milhões de átomos [1]. O campo elétrico resultante em cada ponto de propagação da luz acaba possuindo múltiplas direções, e esse raio de luz é dito não polarizado. A Fig. 5 apresenta a representação de um raio de luz não polarizado, mostrando a multiplicidade dos planos de oscilação do campo elétrico do raio de luz.

Há três tipos de polarização, que podem ser simulados com uma mola *slink* (Fig. 6). A polarização plana ou linear (Fig. 5) é produzida quando oscilamos uma das extremidades da corda apenas na

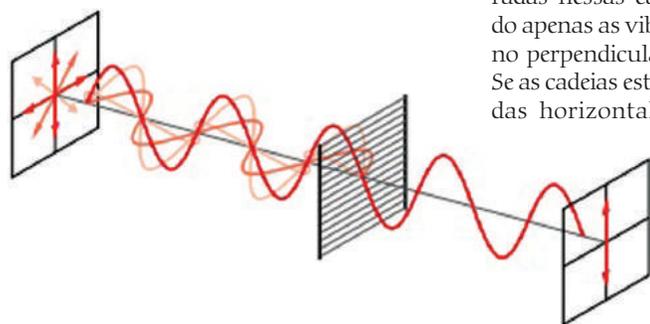


Figura 5 – Obtenção da polarização linear.

vertical (ou apenas na horizontal, ou ainda em qualquer outro plano).

Entretanto, se oscilamos a corda com velocidade constante ao longo de uma circunferência, a polarização é dita circular.³ Nessa situação, pode haver dois tipos de ondas resultantes, dependendo do sentido de rotação: anti-horário (Fig. 7) ou horário (Fig. 8).

O método mais comum de obtenção de luz polarizada é a absorção por meio de um filtro de plástico especial (chamado polarizador), composto de longas cadeias carbônicas alinhadas entre si, as quais se tornam condutoras de eletricidade após imersão em iodo [1]. Polarizadores podem ser facilmente obtidos desmontando-se um visor de cristal líquido, como os existentes em calculadoras (o polarizador é o plástico de cor marrom que recobre o vidro), conforme a sugestão oferecida por Laburú e cols. [3]. Quando luz não polarizada incide no plástico, as vibrações elétricas que sejam paralelas às cadeias carbônicas são absorvidas, pois correntes elétricas são geradas nessas cadeias, restando apenas as vibrações no plano perpendicular às mesmas. Se as cadeias estiverem alinhadas horizontalmente, a luz



Figura 6 – Mola *slink* de metal.

resultante será verticalmente polarizada, e vice-versa. É importante frisar que, embora as fibras carbônicas estejam alinhadas na horizontal no exemplo (Fig. 5), o polarizador seria usualmente representado por linhas verticais (eixo de transmissão vertical), para facilitar a compreensão de que a luz emerge polarizada verticalmente após passar pelo plástico.

No cinema 3D, os polarizadores usados nos projetores e nos óculos são polarizadores circulares simplificados. A projeção envolve duas imagens, projetadas com feixes de luz que possuem polarizações opostas: por exemplo, a imagem que deve ser vista pelo olho esquerdo é projetada com polarização horária, e a imagem vista pelo olho direito tem polarização anti-horária. Se observarmos a

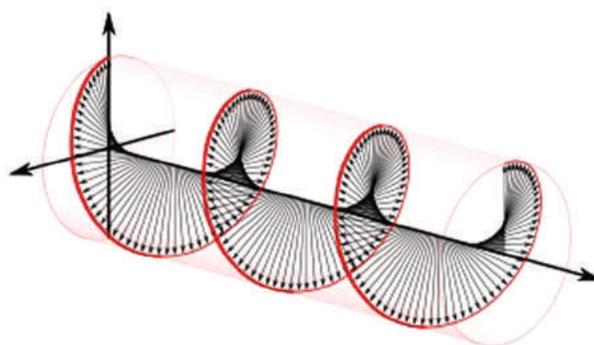


Figura 7 – Polarização circular anti-horária.

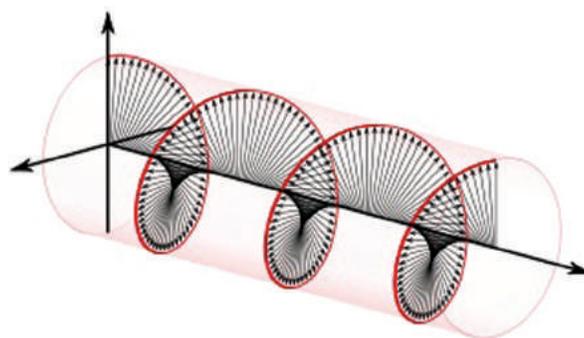


Figura 8 – Polarização circular horária.

tela sem os óculos, veremos as duas imagens sobrepostas.

Nos óculos usados pelo espectador, temos uma repetição do sistema usado pelo projetor. Um polarizador circular que só deixa passar a polarização horária é colocado sobre o olho esquerdo, e o oposto ocorre com o olho direito. Agora, as imagens são “filtradas”, e o olho esquerdo observa apenas a imagem projetada à direita da tela (mostrada em vermelho na Fig. 9), enquanto o olho direito observa somente a outra, projetada à esquerda (mostrada em verde). A diferença de ângulo de visão entre as duas é levada em conta no processamento visual pelo cérebro, o qual combina as duas informações ópticas e gera o efeito tridimensional.

Um fato adicional interessante é que o polarizador horário não deixa a luz polarizada no sentido anti-horário atravessá-lo, e vice-versa. Esse fenômeno é fácil de ser percebido com o uso de dois óculos RealD 3D, colocando um de frente para o outro (assim, os polarizadores anti-horários estarão de frente para os horários). O fato das lentes ficarem negras (Fig. 10)

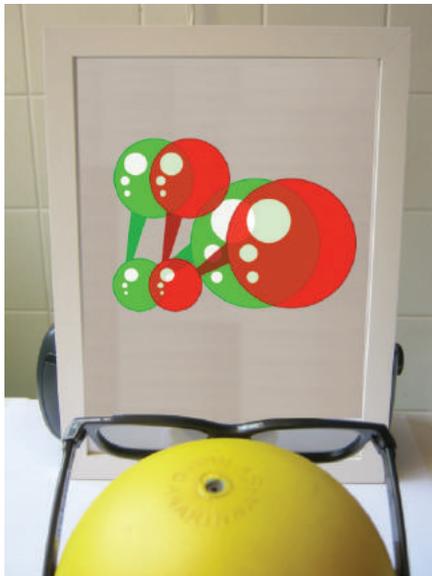


Figura 9 – Projeção simultânea de duas imagens.



Figura 10 – Superposição de polarizadores com orientação oposta.

mostra que a luz que passa por uma lente não consegue atravessar a segunda, sendo completamente absorvida.

A resposta do enigma

Em uma reflexão em um espelho plano, a polarização circular é invertida. Ou seja, após refletir-se no espelho, a luz de polarização horária retorna com polarização anti-horária, e é esse fenômeno que explica o enigma apresentado nesse artigo. Quando você se olha no espelho, você está olhando para a luz que reflete no seu rosto, é refletida no espelho e entra em seu olho. Mas, quando há um filtro polarizador na frente do olho, a situação é mais complexa. A luz que sai do olho esquerdo (não polarizada) passa pelo polarizador horário e reflete-se no espelho, retornando com polarização anti-horária, só sendo capaz de atravessar o polarizador oposto, localizado sobre o olho direito. Assim, cada olho enxerga a imagem do olho oposto.

Ao fechar um dos olhos, por exemplo o esquerdo, a luz deixa de ser captada por esse olho. Resultado: a lente sobre o olho direito (aberto) parecerá escura, pois você não está observando a luz que a atravessa!

Já o olho fechado, o qual continua refletindo luz, é observado normalmente pelo olho aberto (parcialmente escurecido, devido à absorção de luz pelo polarizador que cobre o olho fechado), pois nada se alterou para essa trajetória dos feixes de luz.

Esperamos ter demonstrado que o fato de um experimento ser simples nem sempre está correlacionado com uma resposta imediata. Ao contrário, acreditamos que esse experimento oferece múltiplas abordagens didáticas, por permitir a inclusão de um tema cotidiano (no caso, o cinema tridimensional) em um tópico aparentemente tão formal e estéril quanto a polarização. Sem dúvida, as aparências enganam.

Notas

¹Não é possível obter uma foto real do fenômeno descrito, que só é visto pelo próprio observador que usa os óculos na frente do espelho. Ou seja, para os observadores externos (como a própria câmera), o efeito não é visível.

²Também é possível a obtenção de fotos tridimensionais sem o uso de polarizadores, apenas com filtros coloridos. Aplicativos para celulares e câmeras digitais já produzem tais fotos automaticamente. Uma descrição detalhada de como se tira uma foto tridimensional com uma câmera comum é fornecida por Lunazzi [4].

³Uma oscilação em formato de elipse gera uma onda com polarização elíptica, a qual não é discutida no presente trabalho.

Referências

- [1] P. Tipler, P. Física (Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1984), v. 2b, 2ª ed., p. 864-872.
- [2] M. Cavalcante e C. Tavolaro, Física na Escola v. 7:2, 73 (2006).
- [3] C. Laburú, A. Simões e A. Urbano, Caderno Catarinense de Ensino de Física v. 15, 192 (1998).
- [4] J. Lunazzi, Revista Brasileira de Ensino de Física v. 33, 2304 (2011).



No cotidiano da sala de aula de física, o professor se depara com um grande desafio: desenvolver um novo conceito através das abstrações de nossos raciocínios e conseguir torná-lo concreto na mente dos alunos. Não é raro ouvir que os assuntos de física foram desenvolvidos por cientistas *nerds* afastados da realidade. Experiências simples em sala de aula podem contribuir para a atenção e confiança dos alunos nos assuntos que o professor desenvolve teoricamente em sala de aula.

Certamente, um dos conteúdos que oferece menos alternativas de se trabalhar em aulas experimentais é o estudo da lei de conservação da energia mecânica. A dificuldade aparece na tentativa de se minimizar os efeitos de forças do tipo dissipativas como a de atrito. Por outro lado, é um conceito que se tornou um dos pilares fundamentais no desenvolvimento da física, principalmente no que tange a solução de exercícios-problemas. Ou se utiliza as leis de Newton para resolver tais problemas (relativos ao mundo macroscópico e com velocidades não-relativísticas) ou a utilização das leis de conservação seja a de energia e/ou da quantidade de movimento linear e angular.

Apresentamos neste artigo duas atividades experimentais, conceitualmente conectadas, onde se utiliza fundamentalmente a lei de conservação da energia mecânica para sua elaboração, com preparação simples e de baixo custo. Em nossa prática de ensino de física na UTFPR, percebemos que estas atividades experimentais atraem a atenção dos estudantes tanto dos cursos superiores quanto do médio e proporcionam resultados convincentes, além da aula ser bastante motivadora.

Atividade experimental 1

A Fig. 1 apresenta as três posições na vertical do sistema massa-mola que será

alvo de nossa análise. A da esquerda representa a mola esticada devido ao seu próprio peso. A central representa o sistema em equilíbrio com um corpo de prova preso à sua extremidade. A do lado direito representa o instante em que a mola apresenta sua elongação máxima, quando o corpo é solto de uma altura y_0 ainda preso à mola, pouco antes de iniciar seu movimento de subida. Na condição de equilíbrio, a elongação da mola é dada por

$$(y_0 - y_e) = \frac{mg}{k}, \quad (1)$$

onde m é a massa do corpo, k a constante elástica e g é a aceleração da gravidade.

Na situação em que o corpo é solto de uma altura y_0 , a elongação máxima da mola pode ser obtida pela conservação da energia mecânica, onde a energia inicial é devida somente à energia potencial gravitacional do corpo

$$E_0 = mgy_0. \quad (2)$$

A energia depois de o corpo ser solto e atingir a sua elongação máxima é

$$E_f = mgy_m + \frac{k(y_0 - y_m)^2}{2}. \quad (3)$$

Igualando estas duas parcelas obtemos

$$(y_0 - y_m) = 2 \frac{mg}{k}. \quad (4)$$

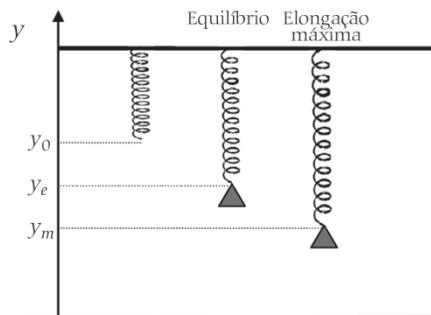


Figura 1 - Esquema do arranjo experimental.

.....
Jorge Alberto Lenz
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil
 E-mail: lenz@utfpr.edu.br

Marcos Antonio Florczak
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil
 E-mail: florczak@utfpr.edu.br

Um grande desafio do ensino de física é encontrar uma relação entre os conteúdos teóricos e os experimentais. Muitas escolas e universidades não possuem laboratórios apropriados para este propósito. Neste artigo propomos uma atividade experimental de baixo custo para o ensino da conservação da energia mecânica.

Ou seja, o valor dessa elongação é o dobro da elongação quando o sistema se encontra em equilíbrio.

Para verificar este resultado na aula experimental, basta medir os comprimentos envolvidos com uma trena ou uma fita métrica. No caso da medida quando o sistema atinge a elongação máxima pode ser realizado sem muita pressa, deixando o sistema oscilar duas a três vezes até que um valor confiável seja observado. Deve-se ter o cuidado com o erro de paralaxe, ou seja, a medida deve ser feita fazendo-se a medição a altura dos olhos. O amortecimento pelo ar compromete pouco o resultado. Molas que apresentam um comportamento próximo do ideal produzem resultados que se aproximam muito do valor previsto. A incerteza varia muito mais em função da dedicação dos estudantes em colher os dados.

A constante elástica pode ser obtida através da condição de equilíbrio entre a força peso e com força elástica ($k = mg/y$).

A fim de enriquecer um pouco mais este assunto, pode-se também obter a velocidade do corpo em função da altura de queda do corpo preso à mola. Igualando $E_0 = mgy_0$ com a energia mecânica em um ponto qualquer da trajetória de descida do corpo (y_i) e velocidade (v_i) dada por

$$E_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + \frac{1}{2}k(y_0 - y_i)^2 + mgy_i \quad (5)$$

a equação para (v_i) em função da posição fica

$$v_i = \left(2g(y_0 - y_i) - \frac{k}{m}(y_0 - y_i)^2 \right)^{1/2}$$

ou

$$v_i = \left(2g\Delta y - \frac{k}{m}\Delta y^2 \right)^{1/2} \quad (6)$$

No caso deste estudo ser desenvolvido no Ensino Médio ou técnico, esta equação pode ser estudada junto com um professor de matemática para que ele encontre o valor máximo do polinômio, ou até mesmo na própria aula de física os alunos podem desenhar esta curva em função da massa e da constante elástica da mola e obter a posição aonde o valor da velocidade é máxima, que é exatamente na metade da trajetória de queda do corpo, como mostrado na Fig. 2.

Já em uma aula no ensino superior, o valor máximo pode ser obtido igualando-se a taxa de variação do módulo da velocidade a zero, obtendo assim que a velocidade é máxima no ponto de equilíbrio. Com este resultado, o professor pode trabalhar o assunto de equilíbrio demonstrando que podemos ter resultante das forças igual a zero, porém ter uma velocidade não nula.

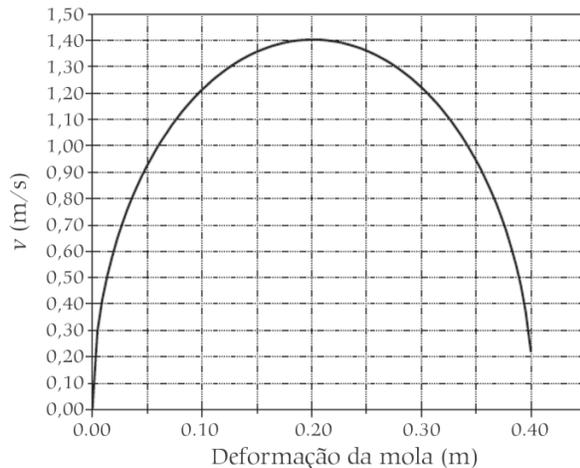


Figura 2 - O gráfico da velocidade em função da deformação da mola a partir da Eq. (6) com $g = 9,78 \text{ m/s}^2$, $k = 7,00 \text{ N/m}$ e $m = 0,144 \text{ kg}$.

Atividade experimental 2

Outra atividade simples de ser realizada é o do lançamento de uma mola a partir da beirada de uma mesa. Com viés lúdico, o aluno pode ser desafiado a conseguir fazer com que a mola caia dentro de uma caixa (que pode ser a de giz) a partir de certa elongação fornecida a ela, conforme a Fig. 3.

Neste caso, a energia potencial elástica mais a potencial gravitacional se transformam em energia cinética com o corpo sendo lançado de uma altura h (dado pela altura da mesa) atingindo um alcance A no chão

$$\frac{1}{2}kx^2 + mgh = \frac{1}{2}mv^2, \quad (7)$$

onde m é a massa da própria mola, x é a elongação dada à mola e v é a velocidade com que a mola colide com o solo. Isolando (v^2) dessa equação, ficamos com

$$v^2 = \frac{kx^2}{m} + 2gh. \quad (8)$$

Sabemos também que

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2. \quad (9)$$

No eixo x temos velocidade v_x constante percorrendo uma distância A , sendo esta velocidade aquela adquirida no lançamento da mola. No eixo y o corpo cai de uma altura h com velocidade inicial nula e com aceleração g . Devido ao pouco contato da mola com o ar, a resistência do ar pode ser facilmente negligenciada. Assim obtemos

$$v^2 = \frac{A^2g}{2h} + 2gh. \quad (10)$$

Igualando as Eqs. (8) e (10) obtemos o alcance da mola em função da elongação sofrida pela mesma como

$$A^2 = \frac{2kh}{m}x^2.$$

A incerteza na medida do alcance é da ordem da metade do comprimento da mola relaxada.

Conclusão e sugestões

Se não houver balança no laboratório de física, geralmente o de química terá. Caso a escola não tenha, pode-se fazer uso da balança de uma mercearia ou padaria. Com relação à mola utilizada nos experimentos, podem-se usar as de cadernos com espirais (na verdade são helicoidais!), com o cuidado de verificar se elas possuem um comportamento linear da força pela elongação, ou seja, uma situação mais próxima de uma mola ideal. Os resultados das comparações dos valores experimentais com os previstos teoricamente dependem essencialmente dos cuidados no momento de colher os dados, pois nestes casos há pouca interferência de forças dissipativas.

Saiba mais

- D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física – Mecânica* (LTC, Rio de Janeiro, 2008), v. 1.
- A. Máximo e B. Alvarenga, *Curso de Física* (Scipione, São Paulo, 2007), v. 1.

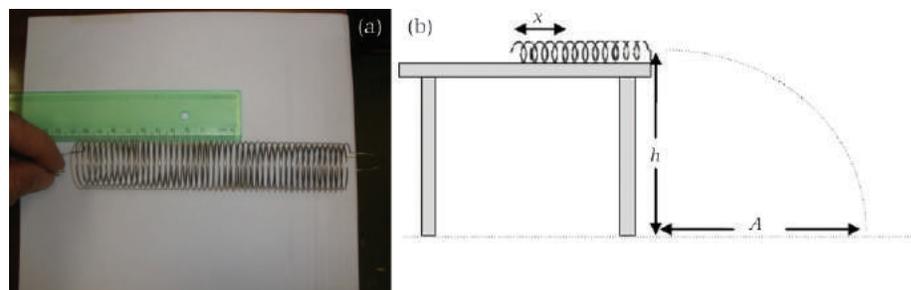


Figura 3 - a) Foto da medida da elongação da mola vista de cima. b) Esquema do arranjo experimental.



.....
Marisa Almeida Cavalcante*,
Renata Peçanha e
Vinicius Freitas Leite
 Departamento de Física, Pontifícia
 Universidade Católica de São Paulo,
 São Paulo, SP, Brasil
 *E-mail: marisac@puccsp.br

Os estudantes dos cursos técnicos de radioterapia e/ou dos cursos destinados a profissionais na área de saúde, em geral encontram muita dificuldade na compreensão dos conceitos físicos correlacionados à formação de imagens médicas. De um lado pela ausência de conhecimentos prévios em decorrência da pouca base adquirida nesta área de conhecimento, de outro pela ausência de recursos didáticos disponíveis que lhes possibilitem uma maior interação com a física envolvida na produção destas imagens.

O diagnóstico por imagem é bastante amplo e envolve diferentes tipos de interações e técnicas de tratamento e análise, tais como interação de radiações ionizantes com a matéria como as produzidas na tomografia computadorizada; interação com radiações na região de radiofrequência em aparelhos de ressonância magnética nuclear e interação de ondas ultra-sônicas em exames de ultra-sonografia. O experimento proposto neste artigo permite tratar conceitualmente a produção de imagens ultra-sônicas e possibilita determinar de maneira simples a velocidade do som no ar.

Resumo teórico

Características gerais

Em uma primeira análise podemos dizer que uma onda é um movimento oscilatório de uma dada grandeza física que se propaga no espaço e no tempo. Se esta onda necessitar de um meio para se propagar, diz-se que é uma onda mecânica, como por exemplo um pulso que se propaga em uma corda. A Fig. 1 mostra a tela do simulador “Ondas em Corda” do Phet (Project at the University of Colorado) [1], que representa uma onda transversal se propagando em uma corda. Temos, neste caso, um exemplo de onda transversal em que a geração da onda se

dá como o resultado da oscilação para cima e para baixo da extremidade esquerda do fio em um movimento harmônico simples de amplitude A e com frequência f dada por

$$f = \frac{v}{\lambda}, \quad (1)$$

onde λ representa o comprimento de onda e v a velocidade de propagação.

Podemos dizer que para um movimento ondulatório, um efeito local pode estar associado a uma causa distante, e há uma defasagem de tempo entre a causa e o efeito, que depende das propriedades do meio e encontra sua expressão na velocidade da onda [2]. Assim, se $\Psi(x, t)$ representa a grandeza física que se propaga ao longo do eixo x com uma dada velocidade v , devemos ter que

$$\frac{\delta^2 \Psi(x, t)}{\delta x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\delta^2 \Psi(x, t)}{\delta t^2}. \quad (2)$$

Para ondas transversais em fios homogêneos, submetidos a uma força tensora T e densidade linear μ , como o exemplo do simulador da Fig. 1, a velocidade de propagação é dada pela relação

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}. \quad (3)$$

No entanto, podemos gerar um movimento ondulatório com propagação na mesma direção de oscilação, e neste caso temos as chamadas ondas longitudinais.

Para compreender este tipo de movimento ondulatório, vamos considerar a Fig. 2, relativa a um aplicativo em Java do curso em física do Prof. Angel Franco Garcia [3], que representa uma propagação longitudinal. Podemos ver tanto a função senoidal que representa o deslocamento do pistão ao longo do eixo horizontal e das demais partículas no interior do tubo, como também o deslocamento das partículas ao longo do tubo (eixo x)

Este trabalho apresenta um experimento simples e de fácil reprodução de determinação da velocidade do som no ar através do eco. Tubos de diferentes comprimentos são utilizados e para análise e coleta de dados utilizamos um programa *freeware* de análise sonora. Os resultados obtidos conduziram a precisões e exatidões inferiores a 1%, o que viabiliza sua implantação, em qualquer escola, como um bom recurso didático na compreensão de fenômenos correlacionados a acústica.

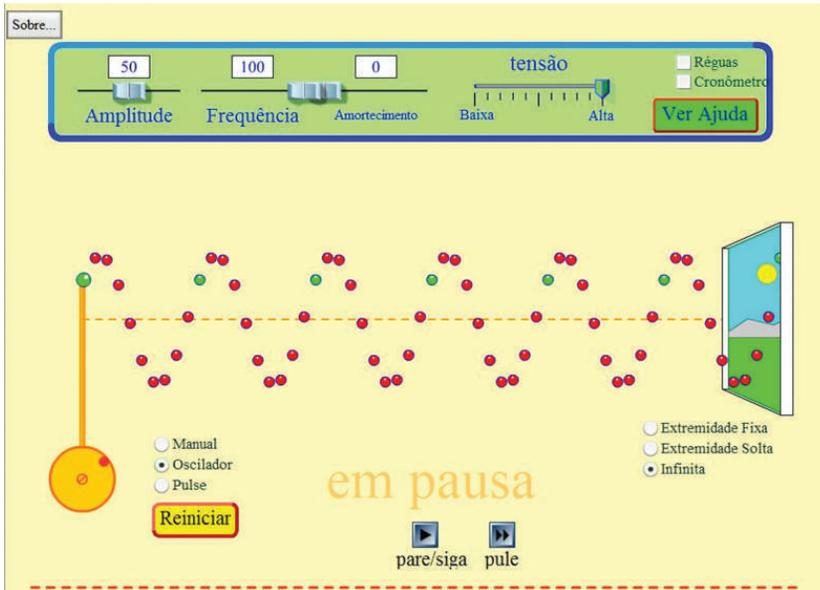


Figura 1 - Simulador em Java do sítio “PhET Project at the University of Colorado” em que se pode alterar amplitude, frequência da oscilação, amortecimento e tensão da corda.

da posição destas partículas ao longo do tubo.

Fica fácil observar na Fig. 2 que o comprimento de onda representa a distância entre os pontos de mesma fase. Quanto menor esta distância, maior será a frequência de vibração do pistão para um mesmo valor de velocidade de propagação da onda. De outro lado, mantendo-se o valor deste espaçamento e aumentando-se o valor da velocidade, percebe-se um aumento na frequência de vibração do pistão.

Considerando $y(x, t)$ a função que representa o deslocamento das partículas no interior do tubo da Fig. 2, podemos dizer que a pressão P é representada pela função

$$P(x, t) = P_M \sin(kx - \omega t - \pi/2), \quad (4)$$

onde

$$P_M = \rho \cdot \omega \cdot v \cdot y_m, \quad (5)$$

com a função deslocamento dada por

$$y(x, t) = y_m \sin(kx - \omega t), \quad (6)$$

onde y_m corresponde ao deslocamento máximo das partículas (ou amplitude em relação à posição de equilíbrio), k é o número de onda dado por $2\pi/\lambda$, ω é a frequência angular dada por $2\pi/T$, ρ é a densidade do gás e v é a velocidade de propagação da onda no meio.

Note que a onda de pressão Eq. (4) está defasada de $\pi/2$ em relação à onda de deslocamento da Eq. (6). Ou seja, quando em um ponto (x) do tubo da Fig. 3, o deslocamento das partículas em relação à posição de equilíbrio for máximo/nulo, o “excesso” de pressão naquele ponto, em relação ao valor normal, será nulo/máximo. Isto, na prática, corresponde a uma rarefação/compressão das partículas do gás.

Assim, o movimento de compressão

e rarefação provoca a movimentação das moléculas presentes. Esse movimento organizado produz ondas longitudinais que chamamos de ondas sonoras.

Velocidade de propagação de ondas sonoras

A velocidade com a qual uma onda sonora percorre um meio, quando a variação da pressão não é muito grande, é dada por

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}, \quad (7)$$

onde ρ é a densidade do meio e B representa o módulo de elasticidade do meio e é dado por

$$B = -\frac{dP}{dV} = -V \frac{dP}{dV}, \quad (8)$$

que corresponde à razão da variação de pressão pela variação relativa no volume para um gás confinado no interior de um tubo como na Fig. 2.

Como a propagação do som se dá muito rapidamente, podemos considerar que o mecanismo desta propagação é adiabático [4], ou seja, não há troca de calor entre as partículas que vibram e o ambiente. Desta forma podemos dizer que

$$PV^\gamma = \text{constante}, \quad (9)$$

onde $\gamma = C_p/C_v$, sendo C_p a capacidade calorífica do gás a pressão constante e C_v a capacidade calorífica a volume constante. Assim teremos que

$$\frac{dP}{dV} = \gamma \frac{P}{V}. \quad (10)$$

Levando a Eq. (10) na Eq. (9), teremos

$$B = -\gamma P. \quad (11)$$

Considerando um gás ideal, $P = nRT/V$, teremos na Eq. (7) para a velocidade do som que

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_0}}. \quad (12)$$

Para o ar, γ é da ordem de 1,402; M_0 é a massa molecular para o ar, $29,0 \times 10^{-3}$ kg/mol; R é a constante universal dos gases, 8,31 J/mol K, e T é a temperatura absoluta. Substituindo-se estes valores teremos para a velocidade do som o valor da ordem de 330 m/s, para 0 °C.

A Eq. (12) mostra que a velocidade do som, em qualquer gás, é diretamente proporcional à raiz quadrada da temperatura absoluta. Assim, se conhecermos a velocidade do som à temperatura T_1 , poderemos determinar a sua velocidade a outra temperatura T_2 através da equação (T_1 e T_2 em graus Kelvin)

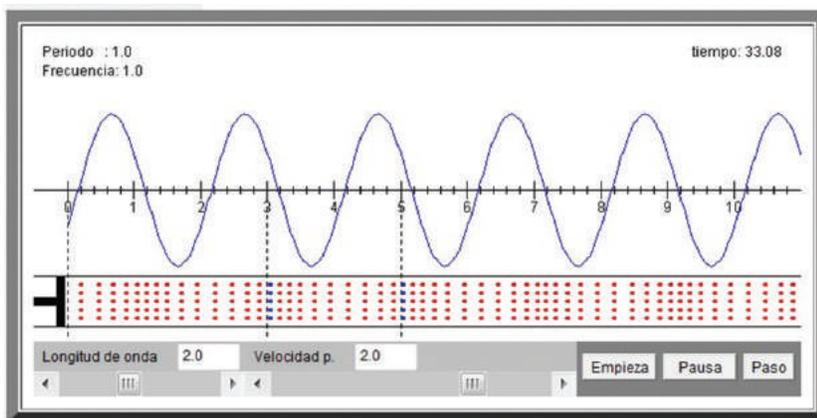


Figura 2 - Simulador em Java para ondas longitudinais. A função senoidal representa o deslocamento do pistão e de todas as partículas no interior do tubo.

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad (13)$$

Se expressarmos a temperatura do gás em graus Celsius, obtemos a seguinte relação para a velocidade do som no ar [5]

$$v = 330,4 + 0,59T \text{ (m/s)} \quad (14)$$

Intensidade sonora

Considerando a Eq. (4) relativa à propagação da “onda de pressão”, a intensidade sonora pode ser calculada pela relação

$$I = \frac{P_M^2}{2\rho v}, \quad (15)$$

onde P_M corresponde à amplitude máxima de pressão, ρ à densidade do meio e v à velocidade de propagação do som.

Como exemplo de ordem de grandeza, considere os seguintes dados: densidade do ar da ordem de $1,2 \text{ g/cm}^3$, velocidade do som da ordem de 330 m/s e o menor som audível cuja potencia é da ordem de $0,0002 \text{ dinas/cm}^2$.

Substituindo-se na Eq. (14) teremos

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2.$$

Por outro lado, a máxima intensidade sonora que o ouvido humano pode suportar é da ordem de $1,0 \text{ W/m}^2$, ou seja, 10^{12} vezes maior I_0 . Como este intervalo é demasiadamente grande, utilizamos uma base logarítmica para indicar intensidade sonora que é denominada decibel (dB).

A intensidade relativa I_r do som é, portanto

$$I_r = 10 \log (I/I_0), \quad (16)$$

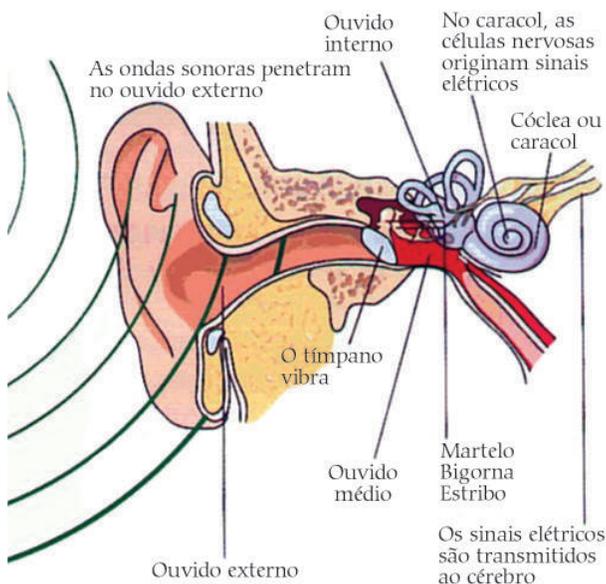


Figura 3 – Esquema morfofisiológico das principais estruturas do ouvido [6].

onde I_0 corresponde a 10^{-12} W/m^2 . Assim, para uma intensidade máxima suportável de $1,0 \text{ W/m}^2$ teremos $I_r = 120 \text{ dB}$.

Ondas sonoras e sua percepção pelo ouvido humano

O movimento de compressão e rarefação do ar provoca a movimentação de suas moléculas. Esse movimento organizado produz ondas longitudinais, assim a energia usada para movimentação e produção do som é transmitida pelo ar, de molécula para molécula, de maneira que o som atinge o nosso ouvido.

Em nosso ouvido, essas ondas atingem uma membrana chamada tímpano, que vibra com a mesma frequência das ondas, transmitindo ao cérebro, através de impulsos elétricos, a sensação sonora.

A percepção sonora está relacionada tanto com a intensidade do som quanto com sua frequência. Em geral, percebemos sons acima de 0 dB com tolerância máxima até 120 dB . Por outro lado, o ouvido humano é sensibilizado em uma faixa de frequência compreendida entre 20 Hz e 20 kHz .

A curva da Fig. 4 mostra o limiar da audição para diversas frequências [7]. Observe que a região de máxima sensibilidade está compreendida entre 1000 e 5000 Hz (para realizar um teste online de sensibilidade auditiva em função da frequência recomendamos o teste de percepção auditiva disponível na Ref. [8], onde percebe-se que sons graves são aqueles que apresentam baixa frequência, e sons agudos, alta frequência).

Frequências abaixo de 20 Hz são classificadas como infra-som. O som decorrente de infra-som é extremamente grave e apesar de não serem ouvidas, suas vibrações podem ser percebidas e até mesmo produzir efeitos sobre as pessoas. Como exemplos destas fontes sonoras têm-se os vulcões, avalanches e terremotos. A

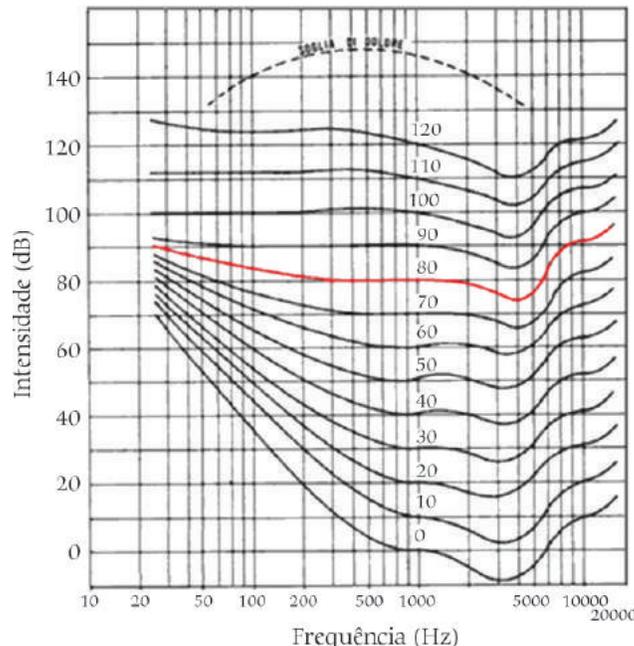


Figura 4 – Curva de limiar de audição para diferentes frequências.

deteção destas ondas se dá através de sismógrafos, e pode-se, assim, “prever” catástrofes naturais. Alguns animais também utilizam este tipo de som para se comunicarem, como, por exemplo, os elefantes [9].

Já as frequências acima do limite superior de audição (20 kHz) são conhecidas por ultra-som. O seu uso em baixa intensidade possibilita transmitir energia através de um meio e obter informações, como por exemplo ensaios não-destrutivos de materiais, medida de propriedades elásticas dos materiais e diagnósticos médicos [10]. As aplicações de alta intensidade têm como objetivo produzir alteração do meio através do qual a onda se propaga. A terapia médica, atomização de líquidos, ruptura de células biológicas, solda e homogeneização de materiais são alguns exemplos de aplicações com ultra-som. O uso do ultra-som de baixa intensidade em medicina, para diagnóstico, se baseia na reflexão das ondas ultra-sônicas. Convém notar que o diagnóstico com ultra-som é mais seguro do que a radiação ionizante, como os raios-X, e por isso é preferível em exames pré-natais. As vantagens do diagnóstico com o ultra-som são sua segurança e sua conveniência por ser não-invasivo, além de sua capacidade em detectar fenômenos não perceptíveis pelos raios-X.

Impedância acústica e a formação de imagens ultra-sônicas

O princípio básico de produção de imagem em equipamentos de ultra-sonografia é a produção de ecos. O princípio pulso-

eco refere-se à emissão de um pulso curto de ultra-som que atravessa os tecidos [10]. Ao encontrar algum obstáculo, parte deste pulso será refletido e parte será transmitido. O equipamento guarda o tempo gasto entre a emissão do pulso e a recepção do eco, transformando-o em distância percorrida e representado em tela. A calibração destes aparelhos utiliza um valor constante de velocidade do som igual a 1540 m/s, que corresponde à velocidade média de transmissão do som através dos constituintes do corpo humano, uma vez que suas velocidades são muito semelhantes, exceto à do ar (pulmão e intestino) e dos ossos.

No processo de interação som-tecido, uma grandeza que merece destaque é a impedância acústica e a conseqüente atenuação. A impedância acústica de um meio está relacionada com a resistência ou dificuldade do meio à passagem do som. Corresponde ao produto da densidade do material pela velocidade do som no mesmo. Quando o feixe sonoro atravessa uma interface entre dois meios com a mesma impedância acústica, não há reflexão e a onda é toda transmitida ao segundo meio. É a diferença de impedância acústica entre dois tecidos que define a quantidade de reflexão na interface, promovendo sua identificação na imagem.

A Tabela 1 mostra os diferentes valores de velocidade e impedância acústica para alguns tecidos [11].

Por exemplo, um nódulo no fígado será mais facilmente identificado se sua impedância acústica for bastante diferente do parênquima hepático ao redor; ao contrário, quanto mais próxima sua impedância acústica do parênquima hepático normal, mais dificuldade teremos em identificá-lo, porque pouca reflexão sonora ocorrerá. Resumindo, quanto maior a diferença de impedância entre duas estruturas, maior será a intensidade de reflexão e mais facilmente podemos diferenciá-las na imagem [10].

Experimento realizado

O experimento consiste em utilizar um tubo fechado em uma de suas extremidades, de comprimento conhecido, e produzir um som em uma das extremidades. Um microfone colocado na extremidade aberta do tubo registrará o som emitido e após um determinado intervalo de tempo registrará o sinal decorrente do eco produzido pela reflexão deste sinal na extremidade fechada do tubo. Para o registro e análise deste sinal utilizamos um programa *freeware* de análise de som, o Audacity, cuja versão 1.2.6 está disponível no vínculo da Ref. [12]. Este programa per-

mite observar a evolução temporal do sinal com resoluções na faixa de 26 μ s, mais do que suficientes para o experimento proposto. Utilizamos tubos de 196,50 cm; 393,38 cm e 589,19 cm, designados por 1, 2 e 3, respectivamente. Para a produção do sinal sonoro, utilizamos uma chave de contato tipo telégrafo, que permite a produção de um pulso de duração bastante pequena (menor que o tempo que se deseja determinar, \cong 10 ms). Para fechar a extremidade dos tubos, utilizamos um disco de PVC.

Cada tubo foi posicionado de modo que sua extremidade aberta ficasse em contato com a chave, pela qual o sinal sonoro foi emitido, e com o microfone capturamos tanto a emissão do sinal quanto a sua reflexão do som, como mostra a Fig. 5. Esse procedimento foi realizado para os três tubos já mencionados.

A gravação foi feita através do programa Audacity e a Fig. 6 mostra o teste de som realizado antes da obtenção dos dados.

O programa também possui um editor de “envelope de amplitude”, espectrograma e uma janela para análise de frequências e áudio em geral. Assim, através dele foi possível reconhecer o sinal emitido, o eco, e suas propriedades: amplitude, fre-



Figura 5 - Os tubos foram sempre mantidos na horizontal para facilitar a emissão e gravação do sinal sonoro.

quência e sua evolução com o tempo.

Resultados

Verificamos inicialmente a forma de pulso sonoro emitido pela chave tipo “telégrafo” na ausência dos tubos, gerando o sinal da Fig. 7.

Este procedimento é necessário para observarmos o tempo total de “duração” deste sinal, que deve ser menor do que intervalo de tempo que desejamos determinar (para o menor tubo, 196,50 cm de comprimento, que é ordem de 10 ms). A Fig. 7 mostra que a duração deste sinal é pelo menos metade do valor do tempo que se deseja medir. Vale lembrar que, enquanto o eixo horizontal indica o tempo em segundos, o vertical indica uma grandeza

Tabela 1 - Transmissão do ultra-som em alguns tecidos.

Material	ρ (kg/m ³)	V (m/s)	Z (kg/m ² s)
Ar	1,29	331 (em CNTP)	426
Água	1000	1480	1,48 x 10 ⁶
Cérebro	1020	1530	1,56 x 10 ⁶
Músculo	1040	1580	1,64 x 10 ⁶
Gordura	920	1450	1,33 x 10 ⁶
Ossos	1900	4040	7,67 x 10 ⁶

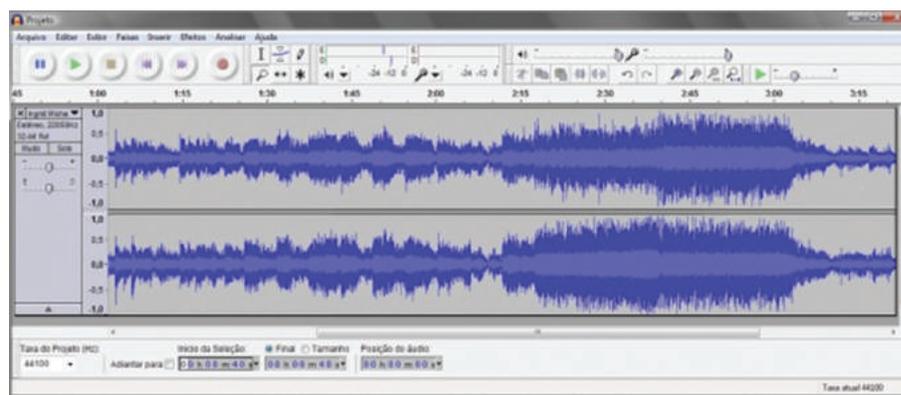


Figura 6 - Exemplo de um som qualquer para análise no Audacity.

proporcional à amplitude do som.

Posteriormente foram feitas as medidas dos intervalos de tempo decorridos entre o sinal produzido e a detecção do eco, para cada um dos tubos. É fácil perceber, nas Figs. 8, 9 e 10, que o efeito do eco é evidenciado pelo aumento nos intervalos de tempo entre os dois sinais, uma vez que o sinal correspondente ao eco demora mais a aparecer para os tubos de maiores comprimentos.

Consideramos contribuição da incerteza tipo A para a medida de tempo, bem como a correção de Studart [13] para grau de confiança em 90%. Já para a incerteza

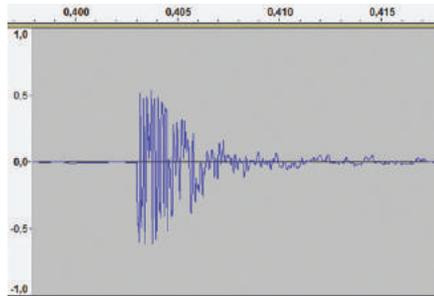


Figura 7 - Exemplo do sinal sonoro sem nenhum tubo.

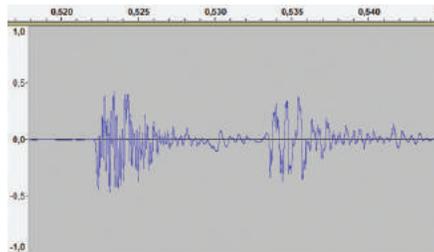


Figura 8 - Sinal sonoro propagado e refletido dentro do tubo 1.

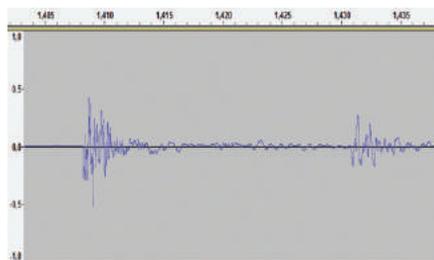


Figura 9 - Exemplo de sinal sonoro com o tubo 2.

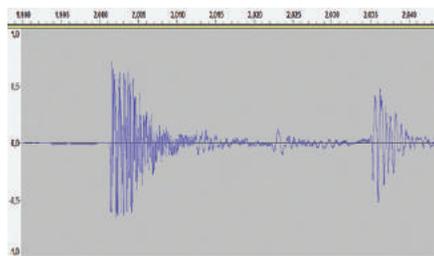


Figura 10 - Exemplo de sinal sonoro com o tubo 3.

na medida do comprimento considera-se a incerteza da trena utilizada, graduada em mm, ou seja, 0,5 mm. A Tabela 2 apresenta os dados obtidos

Com os valores fornecidos, foi calculado o valor da velocidade levando em conta as medidas em cada tubo, gerando uma velocidade para cada um deles, indicados na Tabela 3. Dos valores obtidos, comparando com velocidade da Eq. (14) para valor da temperatura medida de 27 (0,5) °C, que nos fornece um valor de 346,3 (0,3) m/s, verifica-se uma total compatibilidade nos resultados.

Disponibilizamos os arquivos sonoros para os tubos 1, 2 e 3, bem como o arquivo obtido na ausência dos tubos no Blog da disciplina Física Aplicada a Biologia e Medicina do curso de Física Médica da PUC/SP [14].

Considerações finais

O experimento proporciona de forma simples e de fácil reprodução, a determinação da velocidade do som no ar, com uma boa margem de precisão e exatidão, principalmente se levarmos em conta a simplicidade do aparato experimental. A possibilidade de utilização de um programa *freeware* de análise de som é também bastante interessante, e viabiliza sua aplicação em qualquer instituição de ensino.

Outro fator de relevância é que o experimento permite ao estudante visualizar o fenômeno de reflexão sonora, tão importante para a compreensão das imagens de ultra-sonografia.

Estudos adicionais estão sendo realizados para verificarmos a dependência da amplitude do sinal em função de diferentes parâmetros, tais como comprimento do tubo e material que constitui a sua extremidade, e que dá origem à reflexão. Tal estudo permitirá melhor compreender a impedância acústica bem como a atenuação do sinal, parâmetros importantes no processo de formação de imagens.

Tabela 2 - Medidas experimentais nos tubos.

	Intervalo entre sinal e captura do eco (ms)	
Tubo 1	11,3	11,4
	11,4	11,4
	11,3	11,3
	11,4	11,4
Tubo 2	22,8	22,8
	22,7	22,7
	22,6	22,8
	22,7	22,8
Tubo 3	34,0	34,1
	34,0	33,9
	34,0	34,0
	34,1	

Tabela 3 - Velocidade no som medida.

	Velocidade (m/s)
Tubo 1	346 (1)
Tubo 2	346,0(0,9)
Tubo 3	346,4(0,5)

Referências

- [1] Sítio do simulador *Onda em Corda* do projeto Phet da University of Colorado <http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>, acesso em 17/6/2011.
- [2] A.P. French, *Vibrações e Ondas* (Editora da Unib, Brasília, 2001).
- [3] Sítio do Prof. Angel Franco Garcia, simulação *Ondas Longitudinais*, <http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/ondas/ondaArmonica/ondasArmonicas.html>, acesso em 17/6/2011
- [4] Relatório para a determinação da velocidade do som no ar da Universidade de Maringá, disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABQLLUAJ/relatorio-velocidade-som>, acesso em 17/11/2011.
- [5] M.A. Cavalcante e C.F.C. Tavoraro, *Física na Escola* **4**(1), 29 (2003).
- [6] Retirado do sítio <http://www.prof2000.pt/users/eta/Ruido.htm>, acesso em 18/6/2011.
- [7] Sítio *Ações Integradas Sobre o Sentido da Audição*, projeto Ciência Viva, Ministério da Educação, Porto, Portugal, disponível em <http://telecom.inescn.pt/research/audio/cienciaviva/>, acesso em 18/7/2011.
- [8] Teste percepção sonora on-line, <http://www.phys.unsw.edu.au/~jw/hearing.html> acesso em 17/6/2011.
- [9] P. Cleto, in: Reportagem Super Abril, outubro de 1993, disponível em <http://super.abril.com.br/mundo-animal/arte-enganar-animais-tambem-mentem-440915.shtml> (acesso em 12/9/2012).
- [10] Apostila de ultra-sonografia do Departamento de Radiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Disponível em <http://www.hcnet.usp.br/inrad/departamento/graduacao/aula/apostilafisicausg.pdf>, acesso em 18/6/2011.
- [11] E. Okuno, I.L. Caldas e C. Chow, *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas* (Harper & Row, São Paulo, 1982).
- [12] Sítio em que se pode baixar a versão 1.2.6 do programa Audacity: <http://xviiisnefnovastecnologias.blogspot.com/2009/01/software-de-analise-sonora.html> Acesso em 18/06/2011.
- [13] Acesso a tabela de correção de Studart: <http://labempucsp.blogspot.com/2011/03/tabela-de-student.html>, acesso em 18/6/2011.
- [14] Blog da disciplina de Física Aplicada a Biologia e Medicina do curso de Física Médica da PUC/SP, disponível em <http://fambpucsp.blogspot.com/2011/01/arquivos-de-dados-para-experimento-de.html>, acesso em 18/6/2011.



© estudo do movimento retilíneo uniforme dos corpos através da leitura de trechos da 2ª Jornada do livro *Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano*, de Galileu Galilei

A escrita deste artigo foi baseada na experiência pessoal em aulas de física com alunos do 1º e 2º Ensino Médio (EM) envolvendo a leitura de trechos da 2ª Jornada do livro de Galileu Galilei *Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo o Ptolomaico e Copernicano* [1], onde houve uma potencialização dos conhecimentos adquiridos pelos alunos no tocante ao conceito de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), inércia do movimento e referencial.

Ao permitir a mescla entre a física e a literatura, permite-se também um melhor entendimento por parte dos discentes sobre a importância da física enquanto construção humana, social e histórica ao longo do tempo. Garantindo um aprendizado coeso e significativo ao seu intelecto, preceitos básicos ao real entendimento dos conceitos abstratos da física à série inicial do primeiro ano de EM, que é, na maioria das escolas, a série onde os alunos têm o primeiro contato com a disciplina.

E, por ser o primeiro contato com a física é sumariamente importante demonstrar como ela, a disciplina, foi construída no decorrer da história da humanidade, permitindo uma assimilação das dificuldades dos primeiros físicos, como Galileu Galilei, de derrubar os conceitos ptolemaicos usados por Aristóteles para descrever os movimentos e o próprio universo, conceitos estes utilizados pela igreja católica para impor seu domínio sobre a razão e sobre o homem. Essa abordagem inicial garante não só uma construção adequada ao saber físico inicial dos estudantes, mas permite, à contramão de inúmeros livros tradicionais atuais, entender a física como uma construção humana e não apenas como uma série de cálculos a

serem decorados.

Ao final das leituras dos problemas apresentados na 2ª Jornada percebe-se uma compreensão adequada por parte dos alunos sobre MRU, inércia e, movimento e repouso como dependentes de um referencial. Bem como percebem a maneira como assimilavam serem os movimentos, muitas das vezes se assemelhando aos pensamentos leigos do personagem Simplicio, que pensava pelos preceitos de Aristóteles, mas que, ao final da leitura dos textos, compreendiam significativamente a maneira científica de entender os

movimentos dos corpos após as explicações e exemplos dados pelos personagens Salviati e Sagredo.

Assim, ao construir o conhecimento inicial sobre o movimento dos corpos através de uma inter-

disciplinaridade entre física e literatura, o professor permite aos seus alunos não só entender os conceitos básicos sobre inércia, referencial, repouso ou movimento, mas também garante que seus alunos percebam a física em seu lado humano e, não somente matemático, como é apresentado tradicionalmente, tal atitude permitirá não só adquirir conhecimentos sobre a física, como também, colaborar para o aumento da leitura por parte dos jovens, que sabemos, é muito escassa nos dias atuais.

Problema

A física é apresentada na maioria das escolas somente a partir da 1ª série do E.M., e este primeiro contato, acontece por meio de recursos didáticos tradicionais como apostilas, módulos ou livros, que iniciam em pouquíssimos casos, com breve relato sobre a história da física de forma rasteira e superficial, para em seguida partir para as abstrações matemáticas e

Luís Gomes De Lima

Colégio Jesus Maria José, Santo Amaro, São Paulo, SP, Brasil
E-mail: luis.prof@yahoo.com.br

A física presente nos livros didáticos, ou apostilamentos, e ensinada nas salas de aula do Ensino Médio não aborda, geralmente, características históricas, filosóficas ou sociais, inerentes aos estudos científicos. É, ao contrário, lecionada por meio de abstrações matemáticas, onde não se aprofundam os conceitos que levaram a essas formulações, ou seja, apresenta-se como uma física pragmática, onde o importante parece ser o ato de decorar fórmulas e saber aplicá-las, realizando-se com isso certo aniquilamento do interesse estudantil pela disciplina. Preocupado com essas questões, o presente trabalho apresenta o ensino de cinemática por meio de uma proposta diversificada, que objetiva uma interdisciplinaridade entre física e literatura, utilizando de textos históricos de Galileu a respeito do movimento dos corpos e apresentando aos discentes outras faces da física além da “matematização” corrente. Ao final do trabalho os dados colhidos demonstram haver melhor rendimento no aprendizado quando aproximamos a física da literatura, indicando também um maior prazer e interesse pelo estudo da física por parte dos alunos.

para as fórmulas do MRU e do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

Dessa forma, após um rápido comentário sobre o que é a física os professores, baseados nesses “materiais pedagógicos” apresentam aos alunos fórmulas como as citadas logo abaixo:

- i. $S = S_0 + V.t$
- ii. $S = S_0 + V_0.t + 1/2 a.t^2$
- iii. $V = V_0 + a.t$
- iv. $V^2 = V_0^2 + 2.a.\Delta S$

Para um aluno, que nunca viu ou ouviu falar sobre física antes, ao se deparar com esse formulário obviamente, já de pronto, se desanimará em estudar a disciplina, pois se verá diante de uma série de abstrações matemáticas que, apesar de sua importância, minam o interesse pela física por parte dos alunos, que se veem obrigados a decorar uma série de fórmulas sem sentido nem significado para eles. Os professores, em geral, para agravarem esse problema ainda dão apelidos às fórmulas por meio de recursos mnemônicos para que os alunos, ao menos, achem graça para decorá-las, como chamar a equação horária do MRU (Eq. i.) de (sovete) ou a equação horária das velocidades do MRUV (Eq. iii.) de (vovô anda tarado) e outros absurdos a mais que, infelizmente, são tão presentes nas salas de aulas de física nesse país.

Tal tratamento em relação ao ensino de física se deve, principalmente, a um mercado de vestibular, o qual rege a forma como a física vem sendo ensinada há décadas, com questões que visam mais o ato de decorar fórmulas e aplicá-las matematicamente, do que problemas que envolvam um real e concreto aprendizado sobre a física de forma a garantir um aprendizado científico coeso, interligado com outras formas de conhecimento humano.

Torna-se necessária uma mudança na estrutura como a física vem sendo apresentada, propiciando aos alunos um entendimento que lhes deem significado aos seus estudos, é necessário que o professor não seja um mero depositante de fórmulas, mas consiga promover uma educação problematizadora [2, p. 78], onde haja uma relação dialógica permitindo maior e melhor aprendizado, caso contrário a disciplina será fadada ao desinteresse geral e os alunos passarão pelo EM sem nunca saber o quão a física é interessante.

Delimitação do problema

Tendo-se tomado consciência da problemática apresentada a respeito do ensino de física referente aos conteúdos iniciais de cinemática sobre o movimento dos cor-

pos aos alunos do 1º ano do EM, torna-se necessário uma mudança referente à forma como a física está sendo apresentada pela primeira vez a esses alunos, de maneira que se torne atraente e significativa. Para isso, propomos o estudo inicial da cinemática mediante uma interdisciplinaridade entre física e literatura através da leitura de trechos da 2ª Jornada dos Diálogos de Galileu Galilei, que trata do movimento dos corpos, permitindo, dessa forma, uma aprendizagem significativa sobre o assunto e que desperte o interesse pela disciplina ao aluno em seu primeiro contato com a física. Tal interesse se estabelece na interdisciplinaridade entre as disciplinas, uma vez que a literatura e a física habitam o mesmo ambiente cultural, pois não só a literatura influencia a física, como vice-versa, servem-se de uma língua comum, de imagens e metáforas comuns, porque a física vive de metáforas poderosas [3, p. 1].

Dessa maneira, acreditamos que o aluno poderá potencializar seu aprendizado, não somente sobre o conceito de MRU, mas também, em relação a toda a física que o seguirá até o término de seus estudos a nível de EM, proporcionando uma oportunidade única de visualizar a física sob uma ótica diferenciada daquela apresentada pelos sistemas apostilados e livros tradicionais atuais, que tratam a física sob um extrato meramente matemático, suprimindo toda sua construção e caracterização social, histórica e, porque não, humana, que a física apresenta, mas que infelizmente é negada ao conhecimento estudantil do EM brasileiro.

Justificativa

A maneira matemática, como a física vem sendo apresentada aos jovens de EM ao longo do tempo, tem servido para minar o interesse geral sobre a disciplina, além de torná-la incoerente e desestimulante.

A crítica, a respeito da forma com a qual o ensino de física tem-se realizado é ressaltada pelos Parâmetros Curriculares (PCN), mostrando que seu ensino se tem realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. *Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo.* Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas [4, p. 22].

O aluno brasileiro, que apresenta índices abaixo do médio em relação aos saberes da matemática, quando comparado a alunos de outros países, não irá demonstrar interesse pela disciplina de física, enquanto esta continuar sendo apresentada como um amontoado de fórmulas matemáticas a serem decoradas.

De acordo com o ranking do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2009, o Brasil alcançou a 57ª colocação em matemática de uma lista de 65 países (Quadro 1). Tal colocação pode ser um indício de que continuar tentando ensinar a física somente através de fórmulas ou abstrações matemáticas é preocupante, pois corresse o risco da disciplina ficar fadada a receber pouco interesse por parte dos alunos, sendo necessárias novas estratégias e metodologias de ensino.

A insistência em se abordar a física ensinada no EM mediante abstrações matemáticas, segue em direção contrária daquela apontada pelos documentos oficiais e parâmetros a respeito do assunto, os quais apontam o grave déficit matemático

O uso de recursos mnemônicos para que os alunos achem graça ao decorar as equações em física deve-se, em parte, a um mercado de vestibular que rege a forma como a física vem sendo ensinada no país há décadas



Quadro 1 – Rranking do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2009. Fonte: OCDE .

por parte dos alunos brasileiros. Além disso, espera-se que o ensino de física contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas [4, p. 2].

Assim, o presente estudo permite que os alunos venham a ter um aprendizado de física que lhes garanta entender não só os movimentos dos corpos sobre a luz do próprio Galileu Galilei, ao lerem trechos da 2ª Jornada dos *Diálogos*, mas também, lança humildemente, uma semente que permitirá germinar uma compreensão da física relacionada à literatura, construindo uma compreensão da disciplina que possibilite uma formação científica cultural efetiva, como esperado pelos próprios PCN.

Vários estudiosos já pesquisaram sobre o tema, concluindo em sua unanimidade o quanto é poderosa a aproximação entre essas duas culturas, cuja inexistência somente retarda um aprendizado completo em todas suas vertentes. O que se verifica em Snow [5, p. 72] ao ressaltar que “quando esses dois sentidos – física e literatura – se desenvolvem separados, nenhuma sociedade é capaz de pensar com sabedoria”.

Claramente a proposta em tratar o ensino sobre MRU, mediante a aproximação entre física e literatura, por intermédio de leituras de textos históricos de Galileu, justifica-se em vários aspectos, por permitir um ensino de qualidade, eficaz e próximo das necessidades apontadas pelos PCN e pelos estudiosos nessa área. Apontamos, ainda, que para o efetivo sucesso desse trabalho é necessário respeitar-se a disciplinaridade em consequência da interdisciplinaridade que o estudo requer, pois para trabalharmos a interdisciplinaridade na escola, é necessário destacar o papel da disciplinaridade [2].

Assim, para termos uma experiência educacional explorando determinado tema gerador, necessita-se respeitar as características de cada uma delas. Os principais estudiosos que contemplaram essas duas áreas do conhecimento, como Umberto Eco, Gaston Bachelard, Mikhail Bakhtin, entre outros, sabiam separar as duas culturas, mas, ao mesmo tempo, sabiam que elas se complementam produtivamente [6, p. 51-52]. E é exatamente,

esse complemento produtivo, almejado na escrita deste trabalho, a sua principal justificativa.

Objetivos

Os objetivos deste trabalho são:

• Geral

Promover o estudo do MRU a alunos de EM, mediante leitura de textos históricos de física constantes no livro de Galileu Galilei intitulado *Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano*.

• Específicos:

- i. Demonstrar como os alunos de EM interpretam o conceito de MRU mediante questionário próprio (Quadro 2), para comparar essas interpretações com os conceitos sobre MRU de autores de livros didáticos, delimitando possíveis erros conceituais;
- ii. Demonstrar a aproximação entre física e literatura mediante a leitura com os alunos de trechos da 2ª Jornada do livro *Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo*;
- iii. Comparar duas metodologias distintas no ensino de MRU, uma tradicional, através do uso dos livros didáticos e outra utilizando a leitura direta de textos históricos sobre MRU no livro de Galileu Galilei;
- iv. Apresentar aos alunos uma física clássica mais inovadora e atraente, onde possam entender a física em seu aspecto humano, social e histórico, muito além do que veem nos atuais livros didáticos ou apostilamentos escolares atuais;
- v. Garantir um aprendizado de física que coadune com os dizeres dos PCN e de autoridades sobre o assunto,

to, primando pelo interesse discente sobre a disciplina, ao invés de miná-lo.

Desenvolvimento do projeto

Metodologia

Inicialmente, foi aplicado um questionário aos alunos com o objetivo de se verificar seus conhecimentos a respeito de movimento retilíneo uniforme. Tal teste foi aplicado em uma sala de 2º Ensino Médio (2º EM) em alunos cujo perfil considerava-se de classe média baixa, com mais meninas que meninos, estudantes do período matutino, com idades entre 14 e 16 anos, no Colégio Novo Espaço, situado no Jabaquara.

O teste (Quadro 2), contendo quatro perguntas, aplicado no 1º semestre de 2011, permitiu sucintamente colher as respostas dos alunos, traçando um perfil de seu aprendizado a respeito de MRU. A escolha de uma sala de 2º EM se deu pelo fato de que já tiveram essa aprendizagem sobre cinemática no 1º EM e a retomada do assunto apresentou-se satisfatória por parte dos discentes.

Analisando como o conceito de MRU é apresentado por alguns autores de livros didáticos, constatamos que os alunos confundiram-se em vários aspectos, respondendo o questionário mais ou menos de acordo com os conceitos esperados, contudo não conseguindo aplicar os conceitos precisos em suas respostas, ver Fig. 1.

Verificamos pela Fig. 1 que um dos alunos apresenta os conhecimentos esperados, apesar de confundir-se muito em alguns aspectos, como considerar que um corpo estar em movimento significa estar simplesmente se mexendo, não entendendo que movimento é um deslocamento

Testes aplicados no 1º Semestre de 2011

Conceito de movimento retilíneo e uniforme para alunos de Ensino Médio ou Fundamental.

1. Você sabe o que significa “um corpo estar em movimento”.

Sim () Não ()

Explique o que significa “um corpo estar em movimento”.

2. Você sabe o que significa “um corpo estar em movimento retilíneo”.

Sim () Não ()

Explique o que significa “um corpo estar em movimento retilíneo”.

3. Um veículo se desloca em uma estrada reta com uma velocidade constante de 80 km/h. Explique o que isso significa.

4. Você sabe o que significa “um corpo estar em movimento retilíneo e uniforme”.

Sim () Não ()

Explique o que significa “um corpo estar em movimento retilíneo e uniforme”.

Quadro 2 – Questionário sobre conceitos de MRU.

Matheus C. Oliveira nº 10

1.) Você sabe o que significa "Um corpo está em movimento retilíneo"?
 R: Sim (1) não
 Explique o que significa.
 R: Quando algo está se movendo, em uma linha reta, com uma velocidade constante.

2.) Você sabe o que significa "Um corpo está em movimento retilíneo uniforme"?
 R: Sim (1) não
 Explique.
 R: Quando um corpo está em uma linha reta, com uma velocidade constante.

3.) Um veículo se desloca em uma estrada reta com velocidade constante de 20 km/h. Explique o que isto significa.
 R: Isto significa, um corpo está em movimento retilíneo.

4.) Você sabe o que significa "Um corpo está em movimento retilíneo uniforme"?
 R: Sim (1) não Explique.
 R: É quando a velocidade não muda e é constante.

Figura 1 – Resposta do aluno ao questionário.

no espaço e no tempo. Apesar destes lapsos, conseguiu entender razoavelmente alguns conceitos desejados, como quando respondeu o teste nº 4 do Quadro 2, entendendo a importância da velocidade ser constante.

Referencial teórico

Abaixo relatamos como alguns autores consagrados de livros didáticos explicam o significado do conceito de MRU, para podermos comparar com as respostas dadas pelos alunos:

- i. Movimentos Retilíneos Uniformes (MRUs) são movimentos que possuem velocidade escalar instantânea constante (não nula) realizados em trajetória retilínea [7, p. 28].
- ii. Se um ponto material em movimento (geralmente denominado "móvel") apresenta uma velocidade constante, em linha reta, no decorrer do tempo, diremos que ele executa um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) [8, p. 25].
- iii. O movimento de um corpo é uniforme quando sua velocidade escalar é constante e não nula e retilíneo se for realizado em linha reta [9, p. 70].

Observando os conceitos acima, constatamos que os questionários respondidos pelos alunos, assemelham-se muitas das

vezes com o esperado, entretanto verificamos também que várias arestas podiam ser retiradas para um melhor entendimento e aprendizado sobre o assunto. Assim, apresentamos a leitura de dois trechos do livro de Galileu sobre cinemática (Quadro 3), um tratando do experimento da queda de um corpo do alto do mastro de um navio e outro sobre a cabine do navio de Galileu, visando uma aplicação sobre a cinemática diferenciada por meio da literatura.

A fim de termos respostas mais precisas, e que fossem mais próximas dos conceitos dos autores dos livros didáticos mencionados, foram elaboradas duas questões a cerca dos textos contidos no Quadro 3, conforme constam abaixo:

- i. Baseado na sua leitura atenta do experimento da queda de um corpo do alto do mastro de um navio, responda qual posição a bola atingirá ao ser abandonada: antes do mastro, ao pé do mastro ou depois do mastro? Justifique sua resposta.
- ii. Baseado na sua leitura atenta a respeito do experimento mental do navio de Galileu, explique porque foi possível que todos os efeitos mencionados ocorressem da mesma maneira com o navio em repouso e com o navio em movimento.

Após a apresentação dos textos contidos no Quadro 3 aos alunos e da aplicação das perguntas, foi constatado em suas respostas uma aproximação muito melhor a respeito dos conceitos sobre MRU quando comparados com os conceitos descritos pelos autores dos livros didáticos citados acima. Sendo que os alunos demonstraram, também, muito maior interesse pelo assunto, do que quando tratado meramente através de repetições de exercícios envolvendo equações horárias de posição ou velocidade.

Análise dos dados

Na Fig. 2, apresentamos o diferencial qualitativo sobre o ensino de MRU a esses jovens quando tratados tradicionalmente e quanto abordados mediante a aproximação entre física e literatura.

Na primeira situação, com o tratamento de ensino tradicional, houve na res-

posta do teste n. 4 do Quadro 2, que é aquele justamente que trata de perguntar o que é MRU, uma aproximação com os conceitos contidos nos livros didáticos de 50%, enquanto os demais 50% restantes não conseguiram o objetivo da questão.

Já na segunda situação, onde mesclamos a leitura de dois experimentos mentais citados no livro de Galileu, conforme o Quadro 3, houve uma aproximação maior no tocante ao entendimento do conceito de MRU por parte dos alunos, superando os 83%, sem mencionar o prazer maior que apresentaram na atividade, muitas vezes constatando-se que abstraíram muito mais os conceitos estudados através das leituras do que meramente fazendo cálculos.

Da análise dos dados obtidos, constatamos que, de acordo com as respostas dos alunos sobre o Quadro 2, as meninas tiveram quatro acertos e dois erros, enquanto os meninos tiveram dois erros, o que resultou nos 50% de acertos e 50% de erros, ou seja, quatro respostas corretas e quatro incorretas, conforme consta na Fig. 2. Entretanto, ao analisarmos as respostas sobre os textos constantes no Quadro 3, apenas uma menina e um menino responderam erroneamente, enquan-

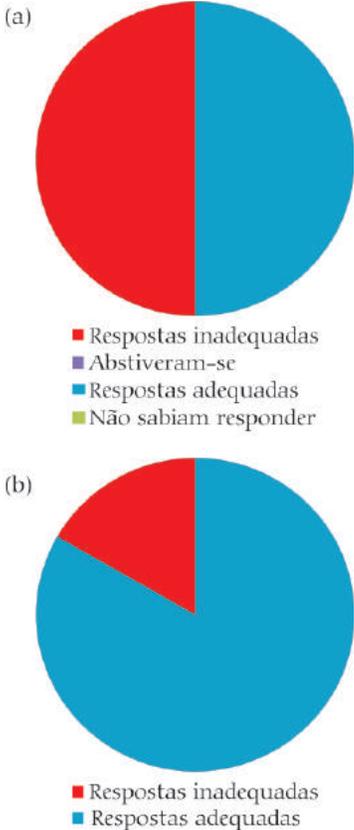


Figura 2 – Resultados das aplicações com método tradicional (a) e método interdisciplinar entre física e literatura (b).

to os outros dez alunos responderam corretamente, ou seja, obtivemos 10 acertos e apenas 2 erros, o que resultou nos 83,3% de respostas corretas e 16,7% de respostas incorretas, como consta na Fig. 2.

O primeiro método, o tradicional, aplicado em 4/5/2011, consistiu em aplicar os testes com quatro perguntas aos alunos. Lembramos que os alunos tiveram por base teórica seus conhecimentos prévios a respeito de cinemática, ou seja, basearam-se nas aulas que tiveram sobre o assunto, que foi a tradicional, com exercícios de repetição, baseando-se nas equações horárias do MRU e MRUV.

Já no segundo método, aplicado em 13/5/2011, utilizamos a estratégia de uma aula interdisciplinar entre física e literatura, permitindo aos alunos o acesso aos escritos históricos de Galileu Galilei a respeito dos conceitos de MRU, onde foram selecionados dois textos contidos no livro: o experimento da bola que cai do alto do mastro de um navio e o experimento da cabine do navio de Galileu (Quadro 3).

Perguntado aos alunos, no final do

processo, qual havia sido o método que acharam mais interessante, se o método tradicional constituído em repetições de exercícios matemáticos, ou o método baseado através de leituras de textos históricos em literaturas próprias, houve consenso geral da sala em preferir o segundo método, o que se constata, também, pelo êxito maior nas respostas desejadas.

Os alunos que não haviam compreendido os conceitos almejados sobre MRU (16,7%) no segundo método, foram colocados a reler os textos juntamente com os demais alunos que haviam acertado as questões. Tal atitude visa mostrar o que as crianças podem fazer com a ajuda de outras, dando-nos um indicativo melhor do seu desenvolvimento, quando comparado com uma atitude solitária. Essa estratégia configura-se na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), a qual mede a distância entre o nível de desenvolvimento da criança pela resolução de problemas sozinha e quando ajudada por adultos ou em colaboração com companheiros mais capacitados [10]. Nesse modelo apre-

sentado, que imita a ZDP de Vygotsky, constatou-se 100% de compreensão, pois os poucos alunos que haviam errado as questões a respeito dos textos no segundo método adotado, foram orientados pelos colegas de sala que haviam acertado as questões pela primeira vez, vindo assim a compreenderem os conceitos exigidos.

Conclusão

Verificamos neste trabalho dois métodos empregados ao estudo do conceito de MRU a alunos de EM. Um método baseado em modelos tradicionais de livros ou apostilamentos, o qual consiste em exercícios de repetição meramente matemáticos, ocultando ao saber discente toda a construção humana, histórica e social que permeia não só os estudos sobre o movimento, mas a física como um todo. E um segundo método, que consistiu em realizar uma interdisciplinaridade entre física e literatura, mediante a leitura de trechos da 2ª Jornada do livro de Galileu, *Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano*, a respeito do

Texto 1: Experimento da queda de um corpo do alto do mastro de um navio

Salviati responde a Simplicio, apresentando o primeiro argumento, tomado dos graves cadentes do alto para baixo:

... Deixando cair uma bola de chumbo do alto do mastro de um navio que esteja parado, marcando o lugar onde ela bate, que é próximo a base do mastro; mas, se do mesmo lugar deixa-se cair a mesma bola, quando o navio estiver em movimento, sua batida será afastada da outra por tanto espaço quanto o navio adiantou-se durante o tempo da queda do chumbo, e isto simplesmente porque o movimento natural da bola posta em liberdade é por linha reta em direção ao centro da Terra [1, p. 207].

Texto 2: Experimento da cabine do navio de Galileu

Salviati falando para Simplicio:

- Fechai-vos com algum amigo no maior compartimento existente sob a coberta de algum grande navio, e fazei que aí existam moscas, borboletas e semelhantes animaizinhos voadores; seja também colocado aí um grande recipiente com água, contendo pequenos peixes; suspenda-se ainda um balde, que gota a gota verse água em outro recipiente de boca estreita, que esteja colocado por baixo; e, estando em repouso o navio, observai diligentemente como aqueles animaizinhos voadores com igual velocidade vão para todas as partes do ambiente; ver-se-ão os peixes nadar indiferentemente para todos os lados; as gotas cadentes entrarem todas no vaso posto embaixo; e vós, lançando alguma coisa para o amigo, não deveis lançar com mais força para esta que para aquela parte, quando as distâncias sejam iguais; e saltando, como se diz, com os pés juntos, transporíeis espaços iguais em todas as partes. Assegurai-vos de ter diligentemente todas essas coisas, ainda que não exista dúvida alguma de enquanto o navio esteja parado as coisas devem acontecer assim, e fazei mover o navio com quanta velocidade desejardes porque (sempre que o movimento seja uniforme e não flutuante de cá para lá) não reconheceréis uma mínima mudança em todos os mencionados efeitos, nem de nenhum deles podereis compreender se o navio caminha ou está parado: saltando, percorreríeis no tablado os mesmos espaços que antes, nem daríeis saltos maiores para a popa que para a proa, porque o navio se move velocissimamente, ainda que, no tempo durante o qual estejais no ar, o tablado subjacente deslize para a parte contrário ao vosso salto; e jogando alguma coisa ao companheiro não será necessário atirá-la com mais força para alcançá-lo, se ele estiver para a proa e vós para a popa, que estívésseis colocados ao contrário; e as gotas continuarão a cair como antes no recipiente inferior, sem que nenhuma caia em direção à popa, ainda que, enquanto a gota está no ar, o navio navegue muitos palmos; os peixes na sua água nadarão sem maior esforço tanto para a parte precedente quanto para a parte subsequente do vaso, e com a mesma facilidade chegarão ao alimento colocado em qualquer lugar da borda do recipiente; e finalmente as borboletas e as moscas continuarão seus voos indiferentemente para todas as partes, e nunca acontecerá que se concentrem na parte endereçada para a popa, como se estivessem cansadas de acompanhar o curso veloz do navio, do qual seriam separadas, por manterem-se no ar por longo tempo; e se queimando alguma lágrima de incenso produzísseis um pouco de fumaça, veríeis que ela se eleva para o alto e como uma pequena nuvem aí se mantém, movendo-se indiferentemente não mais para esta que para aquela parte. E a razão de toda esta correspondência de efeitos é ser o movimento do navio comum a todas as coisas contidas nele e também no ar, razão pela qual sugeri que se estivesse sob a coberta do navio [1, p. 268-269].

Quadro 3 – Textos sobre cinemática extraídos da 2ª Jornada do *Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano*, de Galileu Galilei.

MRU.

Constatou-se que os discentes de EM, participantes do estudo apresentaram maior rendimento e maior compreensão no estudo sobre MRU quando o mesmo foi abordado mediante a aproximação entre física e literatura. Tal aproximação entre essas duas culturas, física e literatura, apresentou-se aos alunos mais prazerosa e atraente do que atividades repeti-

tivas de exercícios matemáticos presentes nos livros.

Aproximamos, com essa estratégia interdisciplinar, o ensino de física aos dizeres e saberes contidos nos PCN, promovendo um ensino mais humano e coerente, mediante uma proposta dialógica e problematizadora.

Os resultados obtidos com essa proposta mostraram-se mais que satisfató-

rios quando comparados com o método tradicional, e mais pesquisas a esse respeito se fazem necessárias a fim de promover uma amostragem maior de resultados positivos como os que foram alcançados neste trabalho, bem como a expansão dessa metodologia (física e literatura) a outros tópicos e conteúdos da física, inclusive à física moderna e contemporânea.

Referências

- [1] Pablo Ruben Mariconda, *Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano* (Imprensa Oficial, São Paulo, 2004), 2ª ed. p. 207, 268, 269.
- [2] Paulo Freire, *Pedagogia do Oprimido* (Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1975).
- [3] Klaus R. Mecke, *A Imagem da Física na Literatura* (Gazeta de Física, Lisboa, 2004).
- [4] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais* (MEC, Brasília, 1998).
- [5] Charles Percy Snow, *The Two Cultures* (Cambridge University Press, Cambridge, 1993).
- [6] João Zanetic, *Pro-Posições* v. 17, 39 (2006).
- [7] Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo A. de Toledo Soares, *Os Fundamentos da Física* (Editora Moderna, São Paulo, 2007), v. 1, p. 28.
- [8] Ivan Gonçalves Anjos, *Física* (Editora IBEP, São Paulo, 2002), p. 25.
- [9] Djalma Nunes Paraná, *Física Volume 1 – Mecânica* (Editora Ática, São Paulo, 1998), 2ª ed., p. 70.
- [10] Lev Semenovitch Vygotsky, *Pensamento e Linguagem* (Martins Fontes, São Paulo, 1989).



A utilização de um programa de computador para simulações de experimentos de óptica como forma de promover o aprendizado das ciências exatas

.....
Antonio Marcos de Souza

Mestrando em Ensino de Ciências
Universidade Federal de Itajubá,
Itajubá, MG, Brasil
E-mail: marcosa@com4.com.br

.....
Tiago Santana de Nazaré

Bacharelado em Ciências de
Computação
Universidade de São Paulo, São Carlos,
SP, Brasil
E-mail: tiagosn@grad.icmc.usp.br
.....

O computador vem, nos últimos anos, demonstrando indispensável contribuição na sociedade em geral e sobretudo na área educacional. Embora o uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC's) seja uma ferramenta de extrema importância, ela ainda é pouco explorada no dia-a-dia das escolas brasileiras. Tal fato se deve a diversos motivos, como falta de treinamento dos professores na manipulação de ferramentas eletrônicas e a dificuldade na manipulação e instalação de programas, dentre outros. Por isso, saber usar as tecnologias conscientemente é um grande desafio para os educadores atuais e uma ferramenta de grande importância na educação, pois

É indiscutível a necessidade crescente do uso de computadores pelos alunos como instrumento de aprendizagem escolar, para que possam estar atualizados em relação às novas tecnologias da informação e se instrumentalizarem para as demandas sociais presentes e futuras. [1]

De acordo com os PCN+ [2], o uso adequado dos diversos meios tecnológicos, entre eles o computador, torna-se imprescindível para a educação.

Devemos fazer com que o uso das TIC's enriqueça as aulas e assim a informação se torne mais acessível e completa. O uso consciente das tecnologias em sala de aula pode proporcionar resultados surpreendentes e as aulas se tornarão mais motivadoras, tanto para o aluno quanto para o professor.

Segundo Kenski, "As tecnologias são indispensáveis para a educação, ou melhor, que educação e tecnologias são indissociáveis" [3]. Devemos utilizar a tecnologia a fim de favorecer e auxiliar o aluno no processo de ensino e aprendizagem.

Verificamos, no cenário atual, que algo deve ser feito para auxiliar os professores que trabalham o conteúdo de ciências, em especial a física.

Levando-se em consideração que muitas escolas não possuem ou não utilizam laboratórios de óptica e também não possuem programas de computador educativos que simulem fenômenos de física, a criação de um programa de simulação foi uma alternativa encontrada para suprir a falta de contato do aluno com experimentos práticos e a carência de materiais didáticos.

Acreditando que, com o auxílio do computador, as aulas de física poderão despertar maior interesse nos alunos, apresentamos um programa com simulações de experimentos de óptica. As simulações estão relacionadas com as aulas teóricas e visam a colaborar na motivação e no aprendizado dos alunos das séries que estão estudando o conteúdo de óptica, sejam eles do Ensino Fundamental ou Médio. Acreditamos que este trabalho possa ser útil para o desenvolvimento e uso de novos programas na área de ciências exatas. Ele demonstra que a tecnologia, tão presente no dia a dia dos jovens estudantes, pode ser usada como forma de estudo da óptica.

Descrição e utilização do programa

Em grande parte, os professores, como citado anteriormente, se sentem incomodados em fazer uso de ferramentas ligadas às tecnologias de informação. Pensam que será difícil fazer instalações de programas e não conseguirão manipulá-los. Considerando as várias dificuldades que os professores encontram no uso das TIC's, decidimos criar um programa que seja de fácil acesso e bastante interativo. Com dois cliques apenas, o usuário poderá acessá-lo e começar as suas simulações. O programa intitula-se *Lab Óptica – Laboratório de Simulações de*

Este trabalho apresenta um programa de computador que tem por objetivo auxiliar o estudo da óptica. O programa chamado *Lab Óptica – Laboratório de Simulações de Óptica* é gratuito, de fácil instalação e uso. Ele traz simulações e exercícios que podem contribuir para o aprendizado do conteúdo e despertar interesse nos alunos.

Óptica, está hospedado no site Sourceforge e pode ser acessado no endereço <https://sourceforge.net/projects/laboptica/>. Todos podem descarregar o programa e usá-lo em seu computador. Depois da descarga, é necessário apenas um duplo clique e o programa aparece na tela.

Por ter sido desenvolvido na linguagem de programação Java, este programa pode ser executado em diversos sistemas operacionais, como Windows, Linux e Mac OS, entre outros. Seu uso é livre e gratuito e seu código-fonte está disponível para descarga e modificação sob a licença GNU [4].

A primeira tela que aparecerá (onde o usuário encontrará as simulações) é a mostrada na Fig. 1.

Na parte superior da tela vemos quatro guias: refração, reflexão, disco de Newton e reflexão em espelhos esféricos. Em cada uma dessas guias há simulações relativas aos conteúdos estudados na parte teórica. Com o auxílio deste programa pode-se realizar testes, utilizando vários exemplos de ângulos, complementando assim o conteúdo e suprimindo a falta de um laboratório didático de ciências em sua escola.



Figura 1 – Tela das simulações do programa *Lab Óptica* – refração da luz.



Figura 2 – Tela das simulações do programa *Lab Óptica* – reflexão da luz.

Na primeira guia temos o conteúdo sobre refração. Ao acessá-la, o usuário pode fazer simulações e testes com vários tipos de ângulos, ação que na teoria e com uso apenas de cadernos seria bastante trabalhoso.

Na segunda guia, que representa a reflexão da luz, pode-se trabalhar e verificar que o ângulo de incidência é igual ao de reflexão, conforme mostra a Fig. 2.

Outro exemplo para o estudo da refração da luz é o disco de Newton e a formação do arco-íris. Para não precisar confeccionar este disco, pode-se acessar a terceira guia e fazer os testes. A Fig. 3 mostra a tela com o disco de Newton e os exercícios que acompanham este conteúdo.

Este programa também possui exercícios referentes a cada tema do conteúdo programático para que os alunos, depois de trabalharem as simulações, possam resolver

exercícios de física, os quais estão presentes nos principais vestibulares e, dessa forma, aplicar o que aprendeu com o uso do *Lab Óptica*. Ao final de cada exercício ele poderá pedir a resposta e somente quando acertar um exercício aparecerá o seguinte.

Depois disso, o aluno pode escolher qual tema deseja acessar para visualizar e interagir, fazendo assim uma revisão das aulas teóricas, elaborando simulações e resolvendo exercícios.

Após trabalhar todos os conteúdos, os alunos podem – e devem – na aula seguinte, fazer comentários sobre o programa, tirar dúvidas sobre o conteúdo estudado, pedir ao professor a correção dos exercícios e, o mais importante e legal, contribuir com mais exemplos de simulações e exercícios para o *Lab Óptica*.

Considerações finais

A óptica é uma área da física muito importante, pois está relacionada com o cotidiano dos alunos, des-

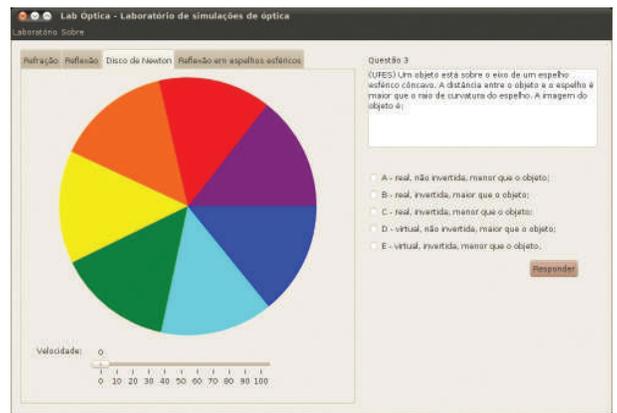


Figura 3 – Tela da simulação do disco de Newton com o botão velocidade.

perta muitas curiosidades e requer cuidados para a sua aprendizagem. Para uma formação ampla e efetiva, a utilização de recursos computacionais, que estimule o estudo de forma mais interativa, poderá ser uma ferramenta muito útil que contribuirá para o aprendizado do aluno no Ensino Fundamental e Médio.

Uma dica para o professor de física é que, a partir desta iniciativa, ele também busque meios para incrementar as aulas, procurando atingir o aluno sobre todos os ângulos, tornando o aprendizado mais atraente, refratando raios de várias cores em suas aulas, para assim refletir, em qualquer tipo de espelho e em todos os ambientes de estudos, a motivação e o interesse que professor e aluno devem demonstrar no dia a dia.

O intuito deste trabalho foi demonstrar uma pequena iniciativa dos autores para incentivar o uso das TIC's na sala de aula, de maneira simples e objetiva, mostrando a importância das simulações para complementar as aulas teóricas, a fim de que, assim, se construa um ensino mais dinâmico e atraente na área das ciências exatas.

Referências

- [1] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais* (MEC, Brasília, 1997).
- [2] Brasil, *PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências Humanas e suas Tecnologias* (MEC/Semtec, Brasília, 2002).
- [3] Vani M. Kenski, *Educação e Tecnologias: O Novo Ritmo da Informação* (Papirus, São Paulo, 2007).
- [4] GNU General Public License, <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>.



Danilo C. Moreira

E-mail: moreira.dancesar@gmail.com

Alessio T.B. Celeste

E-mail: alessio.tony@ifsertao-pe.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campús Petrolina, Petrolina, PE, Brasil

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de construir um aparelho eletrônico relativamente simples e de baixo custo que possa ser aplicado em um laboratório de ensino de ciências. O aparelho consiste de um termômetro digital. A ideia é que durante a construção sejam transmitidos conhecimentos relacionados com termodinâmica e eletricidade. A maioria dos termômetros utilizados nos laboratórios de ensino são os termômetros de mercúrio, e um dos motivos é porque eles possuem custo relativamente baixo. O princípio físico de funcionamento destes termômetros se baseia na leitura da coluna de mercúrio a partir de uma escala (régua) graduada após o mercúrio sofrer uma dilatação térmica quando em contato e equilíbrio térmico com a substância na qual se deseja saber o valor da temperatura. Outros tipos de termômetros utilizam outras propriedades termométricas como para calibração, por exemplo; os termômetros de resistência usam resistências elétricas; os termômetros a gás a volume constante, usam a pressão de um gás, e assim por diante. Como se sabe, os instrumentos de medidas digitais são geralmente mais fáceis de usar porque proporcionam uma leitura mais rápida e direta. Desta forma optamos por construir um termômetro digital a partir de um multímetro digital e um sensor de temperatura. No mercado existem diversos tipos de sensores de temperatura baseados em semicondutores. Nosso propósito basicamente será usar o sensor de temperatura LM35 fabricado pela National Semiconductor. A vantagem deste tipo de sensor é que ele é de fácil manuseio e exige poucos aparatos eletrônicos para que funcione, pois o circuito usual é bastante simples, necessitando apenas do sensor propriamente dito, um sistema amplificador de sinal e de uma interface que realize a leitura do sinal amplificado. Esse sensor é usado em muitas aplicações: ter-

mômetros para câmeras frias, controles de temperatura de máquinas, aquisição de dados para pesquisas, proteção para dispositivos industriais (motores, inversores, fontes), etc. O LM35 é apresentado com vários tipos de encapsulamentos, sendo o mais comum o TO-92, que mais se parece com um transistor, e oferece ótima relação custo benefício, por ser o mais barato dos modelos e propiciar a mesma precisão dos demais. A grande diversidade de encapsulamentos se dá devido a alta gama de aplicações deste integrado. Utilizaremos como interface para o LM35 um multímetro digital. A comunicação entre o sensor e o multímetro digital será realizada por meio de uma placa *protoboard* e cabos de conexão, e o circuito será alimentado por uma bateria de 9 V. Na Fig. 1 são mostrados os materiais necessários para a construção do nosso termômetro.

Como se pode ver na Fig. 1, temos um multímetro digital, um *mini-protoboard*, uma pilha de 9 V, um sensor, um resistor e cabos de conexão. É importante destacar que nosso termômetro digital medirá valores lineares de temperatura na escala Celsius dentro da faixa de temperatura – 55 °C até 150 °C, com frações de temperatura de 0,25 °C.



Figura 1 – Materiais necessários para a construção do termômetro.

A proposta deste trabalho é transmitir alguns conhecimentos básicos sobre ciência e tecnologia através da construção de um termômetro digital relativamente simples e de baixo custo que possa ser aplicado em um laboratório de ensino. A ideia é que durante a construção sejam transmitidos conhecimentos relacionados com termodinâmica e eletricidade.

Construindo o termômetro

Explicaremos agora a função de cada componente mostrado na Fig. 1. A pilha de 9 V fornecerá a energia para o circuito; o mini-*proto-board* será usada para fazer as ligações elétricas, as placas de *proto-boards* são muito usadas em montagens de circuitos microeletrônicos; os cabos de conexão para fazer as ligações dos componentes no *proto-board*; o resistor de 2,6 k Ω será usado para converter a leitura do valor da temperatura na escala Celsius; o sensor de temperatura será usado para medir a temperatura do ambiente, e o multímetro digital será usado para fornecer a leitura da temperatura.

Mostraremos em detalhes como fazer a montagem do aparelho; esses procedimentos são úteis em uma aula experimental de circuitos elétricos. O primeiro passo é fazer a ligação da pilha ao *proto-board*, para que ela alimente o circuito. Isso é feito através de dois cabos de conexão (que são condutores de eletricidade) em dois pontos distintos do *proto-board*, como mostrado na Fig. 2. Observe que prendemos a pilha ao mini-*proto-board* com uma fita branca adesiva. Os sinais “+” e “-” representam a polaridade da pilha.

Observando detalhadamente o lado direito da Fig. 2, no *proto-board*, para cada linha de pontos em uma mesma vertical, temos o mesmo valor do potencial elétrico (ou mesma tensão elétrica), ou seja, esses pontos estão ligados em série, e isto se deve à própria construção da placa de *proto-board*. O próximo passo é encaixar o sensor de temperatura. Como se pode ver na Fig. 3, o sensor de temperatura possui três pinos.

Observe que a parte plana do sensor está apontada para os cabos e a parte “redonda” está apontada para o outro lado. Conecta-se em seguida o multímetro digital ao circuito, conforme é apresentado na Fig. 4. O mostrador do multímetro digital será usado para apresentar o valor da temperatura fornecido pelo sensor. É bom lembrar que o multímetro digital é alimentado por baterias próprias. A finalidade dele é exclusivamente proporcionar uma fácil leitura da temperatura no seu

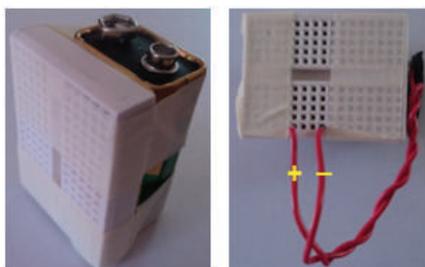


Figura 2 – Conexão da pilha ao *proto-board*.



Figura 3 – Sensor de temperatura conectado ao *proto-board*.

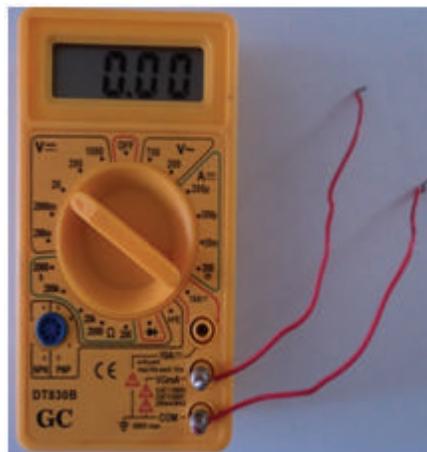


Figura 4 – Ligação dos cabos de conexão ao multímetro digital.

mostrador digital.

Finalmente, na Fig. 5 é mostrado como ficou o nosso termômetro digital após a montagem.

Escala de temperatura

Na construção do termômetro, o mostrador do multímetro apresenta um valor de temperatura que não coincide com as escalas termométricas conhecidas, por exemplo, a escala de temperatura Celsius. Poderíamos medir dois valores diferentes de temperatura com o termômetro construído de modo a conseguir uma rela-

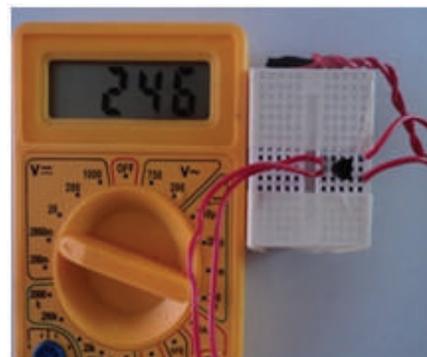


Figura 5 – Termômetro com multímetro digital.

ção matemática entre esta escala de temperatura e a escala de Celsius. Esse procedimento é o mesmo daquele adotado nas aulas de termometria do Ensino Médio, com as escalas de temperaturas Celsius e Fahrenheit, onde lá se adota geralmente os pontos médios de fusão (0 °C/32 °F) e ebulição (100 °C/312 °F) da água à temperatura atmosférica de 1 atm.

No entanto, para resolver esta dificuldade, inserimos um resistor de 2,6 k Ω ao circuito montado. Com esse valor de resistência o mostrador do multímetro apresentará o valor da temperatura do ambiente na escala Celsius de temperatura. Na Fig. 6 vemos como ficou a conexão do resistor ao circuito elétrico. Observe que na figura estão indicadas todas as polaridades.

Realizando medições de temperatura

Nesta seção serão mostradas algumas medidas de temperatura realizadas com o termômetro digital construído e por um termômetro de mercúrio. As medidas foram feitas ao mesmo tempo em uma sala de aula e admite-se que o ambiente e os termômetros estão em equilíbrio térmico entre si. A Fig. 7 mostra o termômetro digital sem o resistor; observe o valor apresentado no mostrador (248) e compare na mesma figura com o valor na escala do termômetro de mercúrio, aproximadamente 27 °C (27 \pm 0,5 °C).

Quando inserimos o resistor de 2,6 k Ω no circuito do termômetro digital (Fig. 8), vemos que os valores de temperatura dos dois termômetros coin-

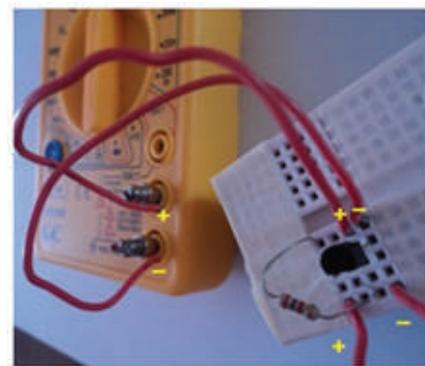


Figura 6 – Conexão do resistor de 2,6 k Ω ao circuito.



Figura 7 – Comparação de temperaturas (sem o resistor).

cidem. Na escala do termômetro de mercúrio, o valor de temperatura lido é aproximadamente $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($27 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), e no termômetro digital construído com o resistor, a leitura é de 26,6, significando que a temperatura tem o valor de 26,6 graus na escala Celsius. O termômetro com o sensor e o multímetro digital, além



Figura 8 – Comparação de temperaturas (com o resistor).

de proporcionar uma leitura mais rápida, informa valores de temperatura mais precisos.

Conclusão

Este trabalho teve por finalidade transmitir e aprofundar conhecimentos científicos e tecnológicos principalmente nas áreas de termodinâmica e eletricidade a partir de uma metodologia simples e ilustrativa durante o processo de construção de um termômetro digital simples, de baixo custo e ao mesmo tempo confiável. O trabalho serve de incentivo ao ensino prático e a pesquisa básica aplicada na formação do aluno.

Agradecimentos

Danilo C. Moreira agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica PIBIT/IF Sertão, PE/CNPq. Alessio T.B. Celeste agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência PIBID/IF Sertão, PE/CAPES e ao Programa de Fortalecimento das Licenciaturas PRODOCÊNCIA/IF Sertão, PE/CAPES.

Saiba mais

- [1] C.S. Calçada, J.L. Sampaio, *Física Clássica* (Atual, São Paulo, 1998), v 3, 2ª ed.
- [2] Milton Gussow, *Eletricidade Básica* (McGraw-Hill, São Paulo, 1985), 2ª ed.
- [3] Manual do LM35, disponível em <http://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf>. Acesso em 19/9/2011.