

Carta do Editor

Mensagem do ex-editor

Esta é a última edição da FnE sob meu comando. Tive um prazer enorme em criá-la e editá-la durante estes 10 anos. Hora de entregar a tarefa para uma nova equipe que, sem dúvida, dará continuidade ao meu trabalho com avanços na melhoria da qualidade da FnE.

Infelizmente, despeço-me de vocês com um fato que julgo bastante prejudicial ao ensino de física no nível médio. Os organizadores do ENEM (este mesmo da enorme confusão!) resolveram retirar do programa a física moderna e contemporânea (FMC). Tal decisão vai na contramão do enorme esforço que a comunidade da área tem dispendido com o objetivo de inserir tópicos de FMC no ensino médio. Um dos argumentos dos professores de suprimir tais temas de suas aulas era justamente porque “não caía no vestibular”. No momento em que vestibulares de boas

instituições começaram a privilegiar conceitos de FMC, alguns relacionados com temas bastante atuais como a nanociência e do cotidiano (GPS, câmaras digitais que se baseiam no efeito fotoelétrico), é lamentável que a FMC tenha ficado de fora do ENEM.

Numa enquete do portal Pion (www.pion.br), 32% dos respondentes julgaram a decisão do pessoal do ENEM de “adequada, pois esse conteúdo, geralmente, é pouco abordado no ensino médio”. Seguindo este raciocínio vamos ensinar mais FMC tratando de questões atuais da física e sua tecnologia que tornem mais atraentes e motivadores o ensino de física para formar o cidadão consciente que se defronta com os desafios de uma sociedade moderna e complexa. Espero que os elaboradores do próximo ENEM, na área de física, tenham concep-

ções diferentes sobre este assunto e possam avaliar nossos estudantes nos tópicos fundamentais da FMC.

Obrigado a todos.



Nelson Studart

Mensagem do novo editor

Assumir a tarefa que o prof. Nelson Studart desempenhou com tanta dedicação e competência nos últimos anos é sem dúvida uma empreitada nada fácil, particularmente numa época em que nosso sistema educacional passa por tantas mudanças (e porque não dizer confusões, como salientado acima). Mas, se há tarefas a desempenhar no próximo triênio enquanto novo editor, com certeza a primeira delas é manter o nível de profissionalismo e qualidade que o prof. Nelson soube imprimir à revista. Afinal, as políticas vêm e vão, mas a boa física fica (ao menos em uma escala de tempo algumas décadas superior à das políticas).

Esta edição foi feita a quatro mãos e traz um conjunto de artigos históricos, conceituais e experimentais que retomam o conhecido mote: aprender fazendo. Um dos grandes problemas que enfrentamos enquanto professores de física é a disso-

ciação entre a teoria e a prática. Um aprender contextualizado, baseado em fatos do dia-a-dia, parece-me o grande diferencial entre os países que preparam grandes cientistas e profissionais para o futuro e aqueles que se contentam em ocupar a posição de meros espectadores. Talentos os há, independente da nacionalidade, cor ou sexo. O grande desafio é, ao encontrá-los, conseguir mantê-los motivados mostrando que a ciência é algo que se constrói todo dia. Por isto mesmo o primeiro artigo desta edição, de Arthur Galamba, nos conta a história de um pioneiro do ensino contextualizado, do “aprender fazendo”: o inglês Henry Armstrong, que, segundo Arthur, preconizava uma educação científica que não se limitava aos laboratórios e aos livros repetitivos e cristalizados, mas sim que se aplicava ao ambiente lá fora. O referido trabalho nos lembra muito bem a importância de aprendermos com os

pioneiros e isto é o que trata, em linhas gerais, o artigo seguinte, de Adriana Oliveira Bernardes e Arleidimar Ramos dos Santos: da importância do uso da história da ciência no ensino de física. Diferente do que muitos pensam, a história da ciência é uma área de pesquisa com métodos próprios e que requer não apenas o conhecimento do proceder historiográfico – como fazer uma pesquisa histórica – mas um profundo conhecimento do assunto estudado. E como usar a história como motivadora ao ensino? Leiam o artigo de Adriana e Arleidimar para um estudo de caso bastante rico.

Retomando a questão da contextualização, Ana Paula Sebastiany, Ivan Francisco Diehl, João Batista Siqueira Harres e Michelle Camara Pizzato nos apresentaram um estudo de caso com futuros professores que mostra que o ensino pré-universitário não cumpre seu papel de

propiciar uma compreensão de fenômenos diários associados a leis físicas simples (no caso presente, hidrostática). Um caminho de como fazer isto nos é mostrado por Rosana B. Santiago e José Carlos Martins, que explicam um golpe de karatê a partir de leis da física. Este interessante artigo nos coloca diante da seguinte questão: com uma Olimpíada e uma Copa Mundial de Futebol aqui no Brasil, dentro de poucos anos, não estaria aí uma grande oportunidade de utilizarmos o esporte para motivar as pessoas ao estudo da física? Há muita física em todos os esportes, do movimento da bola de futebol “com efeito” à questões de aceleração e desaceleração de velocistas. Fica a dica.

Outro tema pouco tratado no ensino médio mas muito presente no nosso dia-a-dia é a questão da acústica. Há tanta física na música que livros já foram escritos a respeito. Nesta edição, Wilson Leandro Krummenauer, Terrimar Ignácio Pasqualetto e Sayonara Salvador Cabral da Costa nos apresentam com um trabalho feito com estudantes de ensino médio onde conhecimentos musicais prévios foram utilizados como motivadores ao ensino de acústica. Somos – dizem muitos – um povo musical. Nada melhor que utilizar esta nossa propensão natural para aí também colocar um pouco de ciência. E é

justamente na linha de contextualização que os dois artigos seguintes, de Ana Paula Sebastiany e colaboradores, bem como o artigo de Marcelo Girardi Schappo nos mostram como é possível, com materiais de baixo custo, tornar visível a transferência de movimento circular por meio de engrenagens acopladas (no artigo de Ana Paula) e medir a velocidade de rotação da Terra sem sair de casa! O primeiro artigo nos ajuda a entender como funciona, em princípio, o câmbio de um automóvel. No caso do artigo do Marcelo, um fenômeno que nos parece acessível apenas através da utilização de equipamentos avançadíssimos pode, na verdade, ser acessado do fundo de nosso quintal.

Assim fazemos (ou tentamos) fazer aqui. E lá fora? Como nossos colegas da Europa trazem a física ao público geral, aos professores de ensino médio, aos alunos? Eduardo Gama e Marta F. Barroso nos relatam uma visita ao CERN (o Centro Europeu de Pesquisa Nuclear, lar do famoso acelerador de partículas de quem tanto tem-se falado nos últimos tempos). O CERN não é apenas um dos grandes centros mundiais de pesquisa, mas um dos grandes centros de atualização de professores. Confirmam o artigo para saber mais.

E alguma vez algum de nós já se perguntou: como devemos ensinar ciência

para pessoas com necessidades especiais? Como, por exemplo, explicar o disco de cores de Newton para uma pessoa cega? Pois Eder Pires Camargo, Camila Bim, Jaqueline Schiavinato Olivo e Rafael Luiz Heleno Freire tem uma bela resposta: um disco de Newton multissensorial, que além da visão, explora a audição, o paladar e o olfato. Curioso? É só ler o artigo.

Encerramos a revista com uma resenha sobre o um velho conhecido nosso, o livro *O Circo Voador da Física*, de Jearl Walker. Fábio Luis Alves Pena nos mostra o que esperarmos deste livro que há muito fascina todos aqueles que gostam de física. E nossos problemas olímpicos não poderiam faltar.

Boa leitura!

Silvio R. Dahmen



Problemas Olímpicos

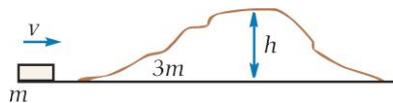
Novos problemas

(Selecionados da revista *The Physics Teacher* na seção *Physics Challenges for Teachers and Students*)

1 Um cubo de madeira de lado $d = 0.10$ m é colocado em um suporte horizontal. Um projétil de massa $m = 0.010$ kg é arremessado verticalmente para cima através do suporte e através do cubo. Ao passar pelo cubo o projétil tem sua velocidade decrescida de $v = 120$ m/s para $u = 115$ m/s. Estime a massa mínima M do cubo para que ele não perca contato com o suporte (novembro de 2002).

2 Um pequeno bloco de massa m e velocidade v escorrega ao longo de um plano horizontal. O bloco en-

contra um “monte” de massa $3m$ e altura h que pode também se mover ao longo do plano. O bloco começa a subir pelo “monte”. Se o monte está inicialmente em repouso, qual o valor da velocidade v irá causar uma velocidade subsequente máxima u no monte? Suponha que todas as superfícies não tenham atrito (novembro de 2002).



3 Um tubo de vidro aberto vertical de comprimento h é submerso até a metade em mercúrio. O topo do tubo é então fechado e o tubo é vagarosamente retirado do mercúrio. Qual é o comprimento da coluna de mercúrio que restou no tubo? A pressão atmosférica corresponde a uma pressão de uma coluna de mercúrio de altura H . Suponha que a temperatura é constante (fevereiro de 2005).

Envie sua solução dos problemas para djpr@df.ufscar.br. Não esqueça de incluir a sua Escola na mensagem. Se estiver correta, você se candidata a uma assinatura gratuita de Física na Escola, além de constar na Lista de Honra da seção Desafitos

Carta dos Leitores

Sobre o último fascículo de FnE...

Comentários sobre *Entrevista com o Conde Rumford de Alexandre Medeiros*

Na edição de *A Física na Escola* 10(1), de maio de 2009, p. 4-16, Alexandre Medeiros nos brinda com uma espetacular entrevista “realizada” com o Conde Rumford (1753-1814). Rumford é “chamado” do mundo dos mortos para dialogar com interlocutores vivos. Trata-se de uma peça que tem a marca de alguém que domina a literatura em dois sentidos do termo: no primeiro sentido fazemos alusão às magistrais conduções das palavras e das articulações de ideias em um texto de valor literário que pisa muito bem em um terreno onde a ficção ensejada por uma quebra proposital de cronologia é, em um aparente paradoxo, uma crítica muito inteligente e sutil às interpretações anacrônicas da história da ciência; no segundo sentido, e bastante ligado ao primeiro, referimo-nos ao ensaio literário propriamente dito no fio da boa tradição platônica e galileana do recurso ao diálogo envolvendo interlocutores próximos, o que favorece sobremodo a contextualização; aliás, Alexandre já deu mostras de dominar este gênero literário – o que não é nada fácil – por ocasião das belas entrevistas com Tycho Brahe, Kepler, Einstein e Santos Dumont também publicadas em fascículos precedentes de *A Física na Escola*. Gostaríamos de ressaltar três pontos que, a nosso ver, possuem alta potencialidade pedagógica para a exploração de todos nós professores: o primeiro diz respeito às relações entre ética e ciência; o segundo é concernente aos livros-texto e o desprezo por tudo que se refere às polêmicas entre teorias, centrando a atenção no confronto entre a teoria do calórico e a teoria dinâmica do calor; e o terceiro se refere à questão dos pós-modernistas.

(1) Vejamos o primeiro que se refere à complexidade das relações entre ética e ciência. No curso da entrevista são apresentados traços de um personagem que nasce nos EUA, atua como espião de Sua Majestade a Rainha da Inglaterra, luta na

Guerra de Independência no lado da Inglaterra, casa-se com uma viúva rica bem mais velha que ele para em seguida abandoná-la juntamente com uma filha quando a sua situação se torna insustentável em terras estadunidenses. Além disso, no seu período britânico, envolve-se em possível traição passando segredos militares aos franceses o que torna a sua permanência também insustentável naquele país, sendo aconselhado pelo próprio Rei George III a se mudar para o continente europeu. Em Munique, trabalha para o Eleitor da Baviera Karl Theodor como engenheiro militar e administrador tendo sido agraciado com o título de Conde Rumford em 1790. Rumford tirou mendigos da rua fazendo-os trabalhar na fundição de canhões e na fabricação de uniformes para o exército. Depois, casou-se com a bela e rica viúva de Lavoisier, mas o casamento durou muito pouco. No curso da entrevista esses traços foram motivos de comentários por parte dos interlocutores do diálogo como característicos de alguém pronto para dar *golpes do baú em viúvas*, pronto para agir como um *traíra* e assim por diante. Não obstante, outra face ética de nosso personagem central é sugerida quando Rumford, que foi formado no contexto de uma teoria de grande poder explicativo como a teoria do calórico, tenha tido a dignidade de enfrentar as dificuldades desta por ocasião das suas célebres experiências de torneamento de canhões. Quando Alexandre, personagem/autor do diálogo, diz para Rumford (personagem) que “o pior é que você jogou nos dois lados da batalha” (p. 8,) a visão de traíra, diferentemente do que se poderia pensar, começa a se diluir. Ora, o personagem Rumford se apresenta como um adversário do relato de Kuhn sobre o desenvolvimento da ciência colocando-se como um contra-exemplo daquilo que Kuhn asseverou. Rumford (personagem) afirma: “eu, por exemplo, criei-me dentro dos cânones da teoria do calórico e diante do que pareciam evidências empíricas muito fortes, eu me voltei contra o modelo que havia credi-

tado, contra o calórico. E veja que eu não estava voltando-me contra nenhuma galinha morta. Eu estava cortando na minha própria carne” (p. 12). Esta postura revela um Rumford imbuído também de valores éticos bastante positivos no trato com o conhecimento. O diálogo de Alexandre revela um personagem histórico complexo com facetas éticas distintas que combinam, por um lado, aspectos como os de um carreirista à cata de viúvas ricas, de um oportunista político que pode lutar e espionar para qualquer lado, de alguém que arregimenta mendigos para a indústria bélica em troca de sopas, mas por outro lado, tem a dignidade ética de não ser “Maria vai com as outras” ao não seguir a recomendação de ser mero solucionador de quebra-cabeças que não questiona paradigmas considerados consolidados e, por conseguinte, recusando-se a não ser um mero deslavado cerebral. Consideramos que o diálogo tenha esse excelente potencial pedagógico para ser levado aos professores e estudantes e deste modo, pode vantajosamente ser explorado à luz desse entrelaçamento de facetas. Passamos para o segundo ponto, o dos livros didáticos.

(2) O diálogo de Alexandre constitui excelente instância para mostrar como muitos dos livros-texto distorcem e menosprezam a teoria do calórico. Lida nos livros-texto do jeito em que é referida, a teoria do calórico parece uma coisa ingênua. Nada mais falso. Trata-se de uma teoria que teve grande poder explicativo a ponto de dar conta de fenômenos como a dilatação dos sólidos, a mudança de fase e a condução térmica. Além disso, os conceitos de calor radiante e o de calor específico são gestados no contexto da teoria do calórico. Outra coisa bastante relevante é que a diferença apontada nos livros-texto entre a teoria do calórico e a teoria dinâmica é falsa. É necessário enfatizar que “a principal diferença entre elas residia no fato de que enquanto a teoria dinâmica tratava apenas com corpúsculos da matéria ordinária, a teoria do calórico pressupunha a existência igualmente de

partículas de um fluido sutil. [...] o próprio fluido calórico mantinha as suas partículas estáticas envolvendo as partículas de matéria comum, como a casca de uma fruta. Em tal modelo, as tensões estáticas e não o movimento de quaisquer partículas é que eram vistas como responsáveis pelas variações de temperatura” (p. 11). Rumford distingue calor de temperatura. Tudo isso parece fácil hoje em dia, mas as pessoas não se atêm ao fato de que naquela época não existia sequer sombra de análise dimensional minimamente consolidada. Assim, a conclusão de que duas iguais porções de “quantidade de matéria” referentes a dois materiais distintos solicitassem diferentes “quantidades de calor” para fazer variar as suas respectivas temperaturas na mesma faixa de variação, não constituía um resultado trivial, pois não havia conceitos consolidados nem de temperatura nem de calor. Logo, distinguir temperatura de calor constituiu contribuição notável. Outra contribuição importante de Rumford foi a sua descoberta do fenômeno da transmissão do calor por convecção. No entanto, por mais entusiasta que Rumford fosse enquanto admirador da teoria do calórico, não poderia deixar de estar estupefato com o paradoxo que emergia de seus experimentos sobre canhões. Como é que a broca cega, que não conseguia sequer cortar o metal do canhão, conseguia por sua vez liberar o calor e, além do mais, ainda mais calor do que no caso em que a broca conseguia cortar as aparas do metal? Como explicar este resultado à luz da teoria do calórico? Como o calórico seria liberado se a broca não conseguia sequer cortar o metal? Tor-

nou-se então inviável interpretar o calor como substância. O calor, tudo levava a crer, seria então melhor concebido enquanto forma de movimento como preconizava a teoria dinâmica.

(3) Neste terceiro ponto teceremos algumas considerações sobre os pós-modernistas. Alexandre – escritor e autor de diálogos criativos – faz uso de um recurso que consiste em aproveitar uma faceta real de um dos interlocutores e a partir daí passa a construir a sua ficção. Neste diálogo em tela, Lula (personagem tanto real quanto fictício) se embriaga com o conceito lacaniano de *O Grande Outro* e a partir de então desaparece, fazendo emergir Rumford em seu lugar. Recurso análogo foi usado por ocasião de entrevista anterior na qual Henrique (personagem, igualmente real e fictício) bate a cabeça e “se transforma em Einstein”. Quando os ilustres entrevistados se despedem, Henrique reaparece no caso da entrevista com Einstein, e Lula reaparece no caso da entrevista com Rumford. Aproveitamos o gancho para introduzir nossas considerações sobre a pós-modernidade. Ora, se interpretarmos a pós-modernidade como o apanágio da validação de quaisquer que sejam as narrativas e discursos, por mais absurdos que venham a sê-los, então achamos que o affaire Sokal foi uma boa e merecida lição. A ojeriza da razão e as apologias dos textos e dos contextos empolados e confusos são um desserviço à causa do conhecimento. Coisa bem diferente, a nosso ver, é acatar o Iluminismo no seu aspecto libertador, mas atacá-lo quando indevidamente, e traíndo àquilo que houvera preconizado, se converte em mera

razão instrumental a serviço da guerra, do mercado e do simples lucro, em detrimento mesmo de quaisquer que sejam os mais altos valores éticos, humanitários e ambientais. Agindo assim, a razão se converte em mera razão instrumental e como tal perde o seu caráter libertário. Habermas, por exemplo, critica as teorias de seus antecessores frankfurtianos Adorno e Horkheimer, e também estende a sua crítica às teorias de filósofos como Heidegger, Foucault e Derrida como sendo, todas elas, “insensíveis ao conteúdo **ambivalente** da modernidade cultural e social” [1]. Creemos que é justamente na exploração dessa *ambivalência* que Habermas propõe a sua teoria do *Agir Comunicativo* e constrói a sua crítica à pós-modernidade. Concluindo estes comentários, asseveramos que o diálogo trazido à baila por Alexandre tem o potencial pedagógico de confrontar um Rumford que angaria mendigos, dando-lhes emprego e sopa, mas, em contrapartida, colocando-os a serviço de interesses bélicos. A ambivalência à qual se refere Habermas pode e deve ser explorada. Uma boa recomendação, portanto, é levar para os nossos estudantes esta bela peça de Alexandre.

Jenner Barretto Bastos Filho
Instituto de Física, Universidade Federal
de Alagoas, Maceió, AL, Brasil
E-mail: jennerbastos@gmail.com

Referência

- [1] J. Habermas, *O Discurso Filosófico da Modernidade* (Publicações Dom Quixote, Lisboa, 1990), p. 311.



Tomando emprestado uma citação do educador, historiador, professor de física e poeta português Rômulo de Carvalho, estudar história é importante pois nos ajuda a “situar-nos numa linha de continuidade, vinda de muito longe e passando por nós, justificando a nossa presença ali, no lugar ocupado, a nossa atuação, a nossa visão dos problemas pedagógicos, permitindo-nos uma consciência profissional que só a custo, e desamparadamente, cada um consegue construir para si próprio” [1, p. 7]. Neste artigo, a partir de uma revisão histórica, vamos falar um pouco sobre uma das diversas utilidades de se aprender com o auxílio do laboratório escolar. Se você é professor de ciências em geral, de física ou de química do ensino médio, deve ver inúmeras vantagens para a utilização de experimentos em suas aulas, afinal, o experimento é um excelente material didático que temos para oferecer aos nossos alunos, deixando nossas aulas mais interessantes, lúdicas e convidativas à participação, reflexão e engajamento deles na compreensão dos conceitos que devem aprender. Na verdade, o valor da utilização dos experimentos parece-nos tão óbvia que a reflexão sobre os objetivos deste recurso didático parece desnecessária. Entretanto, antes de decidirmos utilizar qualquer experimento, seja em sala de aula ou no laboratório, e qual metodologia de ensino adotar, deveríamos nos perguntar qual o *propósito* geral de se ensinar ciências. Em outras palavras, precisamos saber responder o que nós esperamos que nossos alunos saibam, ao final do ensino médio, sobre a física ou a química que estamos a ensinar.

Historicamente, o propósito e, conseqüentemente, a metodologia do ensino de

física e química nas escolas pelo mundo tem se alterado não apenas constantemente, mas também radicalmente. Já houve projetos de educação de ciências que tratavam a física e a química enquanto *produto*, isto é, os alunos deveriam aprender os *conceitos* destas ciências principalmente através de leitura, resolução de problemas e experimentos demonstrativos; outros projetos tratavam-nas enquanto *processo*, ou seja, os alunos deveriam aprender a *ser* cientistas, através da manipulação de experimentos, realizações de medidas e, principalmente, deveriam tirar conclusões sobre o comportamento da natureza por conta própria. As razões de tantas alterações se deveram não apenas às condições sociais em que se encontrava determinado país, mas também às diferentes visões sobre o ensino de física e química que educadores da época defendiam. Como aponta Layton [2], a questão

Uma revisão na história das ideias em educação das ciências nos revela uma fonte riquíssima de orientação e inspiração que não pode ser negligenciado por nós professores

do ensino focando o conteúdo ou o processo, isto é, o conceito ou o método de pesquisa é recorrente e ainda se encontra sem solução. Nos Estados Unidos e Inglaterra, por exemplo, a chega-

da do ensino das ciências para todos no ensino secundário ocorreu no final do século XIX e desde então se iniciaram os debates sobre quais deveriam ser as características deste ensino que atendessem aos objetivos pretendidos. Uma revisão na história das ideias em educação das ciências a partir desta época nos revela uma fonte riquíssima de orientação e inspiração que não pode ser negligenciado por nós professores. É errado dizer que as visões e metodologias um dia utilizadas não possuem aplicabilidade na realidade de ensino que vivemos hoje. Também não podemos dizer que aquele ensino um dia utilizado se encontra hoje ultrapassado.

.....
Arthur Galamba

Doutorando em regime de co-tutela entre a Escola de Educação da Universidade de Leeds, Reino Unido e o Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Nova de Lisboa, Portugal

E-mail: arthurgalamba@gmail.com

Este artigo trás um pouco da história de Henry Armstrong, um dos nomes mais importantes e influentes na trajetória do ensino de física na Inglaterra. Armstrong foi o grande impulsor do ensino por descoberta ainda no começo do século XX, ensino este que viria a se tornar uma das características mais fortes dos projetos de ensino PSSC e Nuffield.



Figura 1 - Na Inglaterra, ainda hoje, o ensino de ciências é largamente baseado em atividades experimentais e deve isso em muito ao seu sucesso à vitalidade e campanha de Armstrong ao método heurístico cem anos atrás.

Na medida que muda a nossa sociedade, que muda o nosso mundo e os nossos recursos escolares, mudam também os nossos objetivos e nossa forma de ensinar. Nesta constante mudança, propósitos de ensino, que um dia foram esquecidos, renascem; e metodologias reaparecem. Estas muitas vezes apenas com um novo nome.

O objetivo deste artigo é lembrar a metodologia do ensino defendida e utilizada pelo químico inglês H.E. Armstrong no início do século XX em escolas inglesas e que pretensões educacionais havia por trás da metodologia que defendia. Para tanto, contaremos um pouco da história do ensino por descoberta, incluindo os desafios que enfrentou, as críticas que sofreu e o legado que deixou.

Armstrong e o método heurístico ou ensino por descoberta

O químico e educador Henry Edward Armstrong, nasceu na Inglaterra no ano de 1848. Considerado muito crítico e de língua afiada, Armstrong viveu numa época de inovações curriculares e a educação que recebeu no período que passou na Alemanha, em Leipzig, serviu de combustível para seu interesse natural pela melhoria do ensino de ciências. Vejamos porquê. Em 1866, na Inglaterra, iniciou-se um movimento formado por educadores de destaque, como John Tyndall e Thomas Huxley, com o objetivo de tornar o ensino das ciências mais voltado para as coisas do dia a dia, oposto ao ensino autoritário, livresco e de pouca relação com as coisas práticas da vida

então em vigor. Este movimento se apresentou naquele momento como a semente do que veio a se tornar mais tarde o curso de Ciências Gerais, oferecido nas escolas na transição do ensino primário para o secundário, que se antecipava ao estudo específico da física, química e biologia. Nesta época, mais precisamente em 1870, Armstrong voltou da Alemanha para a Inglaterra e de lá trouxe uma nova visão sobre o ensino das ciências experimentais, em especial da química, a qual era sua especialização. Em Leipzig, ele teve a experiência de trabalhar sozinho, com muita liberdade no seu trabalho experimental, o que o tornou um apaixonado pela auto-educação através da pesquisa no laboratório e que o levou a ver que o ensino não deveria ser muito didático, isto é, o aluno era o maior responsável pelo seu aprendizado, fruto do seu próprio esforço. Armstrong defendia o ensino centrado no aluno e que este deveria encontrar as respostas por conta própria em vez de ser meramente informado sobre as coisas. E tinha sua razão para pensar assim. A análise que Armstrong fazia do ser humano é a de um ser fisicamente fraco, limitado, frágil e que domina o mundo através de ferramentas. Não faria sentido, portanto, um ensino que negligenciasse a relação do ser humano com a criação e ação sobre o meio. O maior objetivo da educação não era o conhecimento, mas o desenvolvimento do poder de iniciativa dos alunos [3]. Este é o chamado *método heurístico*, isto é, a aprendizagem dos alunos realizada através de um *ensino por descoberta*. Apesar de Armstrong não ter sido o primeiro a se referir ao método heurístico, este já se encontrava associado ao seu nome no começo do século XX [4]. O próprio Armstrong lembra que este método é tão antigo quanto as montanhas [sic], pois é o método da natureza humana, da criação animal [5]. Segundo DeBoer [6], o maior propósito do método heurístico seria ensinar aos alunos *como* aprender, como levantar questões interessantes, como investigar e como encontrar respostas por conta própria. As maiores vantagens do método heurístico seriam, primeiramente, que o que o estudante descobre por conta própria é lembrado por ele no futuro e, segundo, que tal atividade motiva e desperta o interesse dos estudantes por se sentirem engajados numa atividade que tem um final recompensador [7]. Armstrong acreditava que “Quando os

A análise que Armstrong fazia do ser humano é a de um ser fisicamente fraco, limitado, frágil e que domina o mundo através de ferramentas. Não faria sentido, portanto, um ensino que negligenciasse a relação do ser humano com a criação e ação sobre o meio

estudantes se engajam coletivamente num trabalho de descoberta e são colocados a descobrir qualquer coisa por conta própria, eles serão levados naturalmente a discutir seus trabalhos conjuntamente, a trocar visões, e se aconselharem entre si” [3, p. 259]. Enquanto professor, Armstrong agia como pensava e, apesar dos ótimos resultados de pesquisa e honras obtidas por seus ex-alunos - o que fazia seu departamento de pesquisa o mais prestigioso de Londres - ele era considerado para muitos um mal professor [7]. Acontece que o ensino livresco, repetitivo, “formulaico”, cristalizado, com problemas fictícios de respostas “comportadas” é mais fácil de ser executado, entretanto, pouco eficiente para a educação científica. Já o ensino proposto por Armstrong exigia tanto do aluno quanto do professor capacidade de adaptação a situações imprevisíveis, similares às condições de uma pesquisa científica real. Esta educação científica não implicava no aprendizado restrito de pesquisa em laboratório, mas uma habilidade a ser empregada diariamente, pois “(...) a descoberta e a invenção são divinas prerrogativas (...) para utilização diária, o que torna consequentemente importante que nós sejamos ensinados sobre as regras do jogo da descoberta e do aprendizado para jogarmos habilidosamente” [3, p. 236]. Para Armstrong, uma coisa são os fatos, outra coisa é a utilização da lógica metódica do conhecimento, que o mesmo chamou de *método científico* [4, 7]. Armstrong comungava da ideia de Huxley de que “ciência não é nada além do senso comum treinado e organizado” [8, p. 45], *apud* Ref. [4]. O objetivo de Armstrong era tornar seus alunos independentes dele, livres e confiantes para descobrir o mundo na pós-escola, por conta própria.

O curso de química de Armstrong exigia do aluno muita prática de laboratório, com o objetivo de ilustrar o método científico através da observação, experimento e raciocínio com a ajuda de hipóteses, mas não perdia a ligação com questões da vida cotidiana, isto é, se preocupava em utilizar situações que faziam parte da experiência do estudante.

Desde 1890, Armstrong se engajou na maioria dos eventos educacionais associados ao desenvolvimento curricular na Inglaterra e, no começo do século XX, a campanha de Armstrong para



Figura 2 - H.E. Armstrong (1848-1937).

introduzir o método heurístico nas escolas já obtinha relativo sucesso [4]. Entretanto, planos educacionais com ambições de conquistas universais pagam um alto preço.

O método heurístico sofreu duras críticas, o que levou ao seu abandono em 1937, pelo menos no que se refere ao que havia sido concebido originalmente. As críticas giravam em torno, principalmente, do imenso desafio que seria para um jovem estudante redescobrir, em suas poucas horas de estudo na escola, o que levou anos para ser descoberto pelos grandes nomes da ciência [4, 7] e, dentro do âmbito filosófico, a concepção de ciência dentro de um modelo heurístico de ensino não dava conta do desenvolvimento de conceitos da ciência como a termodinâmica, relatividade, quântica ou até mesmo inércia e heliocentrismo por estarem todos demasiadamente distantes do senso comum [4]. O ensino por descoberta viria a ser taxado de *indutivismo ingênuo*, por não perceberem que suas pretensões eram inatingíveis na prática. Somado a isso, encontrava-se a necessidade de professores especialmente preparados para conduzir uma aula nos moldes pretendidos por Armstrong. Na verdade, já no período de decadência do movimento, Armstrong admitiu que o ponto fraco do método heurístico eram os professores, razão de seu insucesso.

O período entre 1917 e 1957 é citado como o período de domínio do ensino progressivo, caracterizado por um ensino centrado no aluno, com destaque às aplicações do conhecimento do mundo real e que dava muita atenção à resolução de problemas do dia a dia, à tecnologia, e praticamente nenhuma atenção ao formalismo acadêmico

O que foram o PSSC e o Projeto Nuffield

O período entre os anos de 1917 e 1957 é citado como o período de domínio do *ensino progressivo*, caracterizado por um ensino centrado no aluno, com destaque às aplicações do conhecimento do mundo real e que dava muita atenção à resolução de problemas do dia a dia, à tecnologia, e praticamente nenhuma

Nos anos 60 e 70, dois projetos de ensino de física, o PSSC e o Nuffield, traziam visões muito semelhantes sobre a maneira que deveria ser o ensino de ciências. Eles defendiam o retorno ao estudo do conteúdo das disciplinas, com enfoque nos conceitos chaves e centrais

atenção ao formalismo acadêmico. Por trás destas características estava a preocupação dos educadores em tornar o ensino o tanto mais cativante e significativo quanto possível para os alunos, estes que, na virada do século XIX para o XX, vinham se mostrando cada vez menos interessados no estudo das ciências nos Estados Unidos e Inglaterra [6]. Conforme Rudolph [9], por volta de 1910, a introdução do curso de Ciências Gerais no início da escola secundária norte americana baseado no emprego do *pensamento científico* na resolução de problemas do cotidiano foi um sucesso. Até a metade da década de 20, o curso já era oferecido em todos os estados americanos. Trinta anos mais tarde, por volta da década de 50, as críticas a esta abordagem de ensino ganhou força na medida que a limitação de pessoal técnico especializado nas áreas científicas implicaram uma ameaça à segurança nacional dos EUA. Nesta época, viveu-se a Guerra Fria e, em 1957,

os soviéticos lançaram o Sputnik, um satélite de órbita terrestre. As consequências deste lançamento foram sentidas na educação, com uma grande reformulação curricular. Estados Unidos e Inglaterra precisavam urgentemente de um ensino de ciências voltados a atividades científicas, isto é, que fossem responsáveis pelos primeiros passos da formação dos futuros físicos, químicos e biólogos do país. Esta era uma nova proposta que se apresentava diametralmente oposta ao ensino progressivo.

Nos anos sessenta e setenta, dois grandes projetos de ensino de física, o americano PSSC (*Physical Science Study*

Committee) e o britânico Nuffield, se espalharam mundo a fora. Eles traziam visões muito semelhantes sobre a maneira que deveria ser o ensino de ciências. Defendiam, principalmente, o retorno ao estudo do conteúdo das disciplinas, com enfoque nos conceitos chaves e centrais. O laboratório apresentava uma importância de destaque nesses projetos. Ambos traziam a ideia de *cientista por um dia*, que consistia não apenas no aprendi-

zido do “método científico de pesquisa”, mas também na “redescoberta”, por conta própria por parte dos estudantes, de leis físicas descobertas no passado por grandes nomes da ciência; era o retorno do ensino por desco-

berta. Desta forma, o PSSC e o Nuffield acreditavam na aquisição do conhecimento através da experiência direta com os experimentos de laboratório e negligenciavam totalmente discussões tecnológicas e, diferentemente de Armstrong, não davam atenção a aplicações de conhecimentos aprendidos na escola no cotidiano dos alunos. Em suma, seus principais objetivos eram construir “países de cientistas” através da utilização do laboratório com enfoque na *estrutura básica* da disciplina. A ideia de estrutura básica era calcada no pensamento do psicólogo Jerome Bruner que defendia que “O currículo de uma disciplina deve ser determinado pela compreensão mais fundamental que pode ser adquirida dos princípios subjacentes que dão estrutura ao assunto” [10]. As vantagens de tal abordagem eram tornar o assunto mais compreensível quando apresentado através de suas *ideias fundamentais* e facilitar a *transferência de aprendizado* para diferentes campos do conhecimento.

Estes projetos sofreram muitas críticas. Foram considerados muito difíceis para o aluno padrão devido às sofisticadas teóricas e natureza abstrata empregadas, por não levarem em conta os interesses e o cotidiano dos alunos. Mesmo assim, este movimento apresentou um impacto sem precedentes sobre a forma de ver o ensino de física [6] e influencia, ainda hoje, os nossos livros didáticos a maneira como ensinamos física no Brasil.

Considerações complementares acerca do método heurístico

Talvez a metodologia defendida e utilizada por Armstrong tenha sido mal interpretada por culpa dele mesmo. Disse

ele certa vez que “o iniciante não apenas pode, mas deve ser colocado na posição de um descobridor original” [3, p. 253]. Esta, talvez, tenha sido a frase mais infeliz que tenha um dia publicado. Afinal, no mesmo artigo, disse Armstrong que “É desnecessário dizer que é esperado que jovens estudantes descubram tudo por conta própria” [3, p. 255]. Entendemos que por trás do método de ensino defendido por Armstrong estava o desejo de despertar nos alunos a iniciativa, a ação e de oferecer ao mesmo tempo a oportunidade de experimentar, em primeira mão, como as descobertas são feitas sem a interferência prévia de alguém que detenha as respostas prontas para ele.

Ainda que as ideias educacionais de Armstrong tenham feito escola na Europa, não podemos pensar que o seu método era hegemônico. Muito pelo contrário. Ideias de educadores como do suíço Pestalozzi – que defendia o desenvolvimento de habilidades naturais dos indivíduos – e do germânico Herbart – que via a mente como um conjunto de ideias ou conceitos que seriam construídos uns sobre os outros [6] também tinham muita influência sobre o desenvolvimento curricular na virada do século. Os herbartianos viam a participação do professor essencial no processo de aprendizado do aluno, enquanto Armstrong defendia o mínimo de didática e máximo de esforço dos alunos. Os herbartianos também acreditavam no poder do ensino por descoberta, porém rejeitavam a ideia da mente composta por *faculdades mentais*, ou seja, descartavam qualquer possibilidade de transferência de habilidades, defendida pelos frenologistas e,

Os herbartianos acreditavam no poder do ensino por descoberta, porém rejeitavam a ideia da mente composta por faculdades mentais, ou seja, descartavam qualquer possibilidade de transferência de habilidades, defendida pelos frenologistas e, também, por Armstrong

Embora as ideias de Armstrong tenham feito escola na Europa, não podemos pensar que o seu método era hegemônico. Educadores como do suíço Pestalozzi – que defendia o desenvolvimento de habilidades naturais dos indivíduos – e do germânico Herbart – que via a mente como um conjunto de ideias ou conceitos que seriam construídos uns sobre os outros também tinham muita influência sobre o desenvolvimento curricular na virada do século

também, por Armstrong [4]. O método de ensino de Herbart tinha muito em comum com o que hoje entendemos por construtivismo, mas objetivava o produto da ciência em total detrimento do processo. Esse ainda, por sinal, viria a ser outro ponto desfavorável no método

heurístico de Armstrong. Ainda que ele tenha deixado claro a necessidade de um currículo de ciências baseado no cotidiano e que incluísse elementos de astronomia, geologia, biologia, física e química, o que aconteceu na prática foi um super enfoque no processo da ciência o que levou a população a um estado de ignorância sobre conceitos científicos específicos [7].

Na Inglaterra, ainda hoje, o ensino de ciências é largamente baseado em atividades experimentais e deve isso, em muito, ao sucesso e à vitalidade da campanha de Armstrong na difusão do método heurístico há cem anos [7]. Por mais que as críticas de fundo filosófico e psicológico à sua metodologia tenham sido fortes o suficiente para afastá-la das escolas, ela se deu de forma temporária e jamais foi, em qualquer época do século XX, totalmente anulada. Quem sabe se Armstrong tivesse tido, em sua época, acesso ao pensamento do epistemólogo francês Gaston Bachelard, pudesse ter se utilizado de uma fundamentação teórica que garantisse mais sustentabilidade ao pensamento e ação libertadora que defendia. Em 1938, um ano após a morte de Armstrong, disse Bachelard que pensar cientificamente é um estado de liberdade mental e sem preconceitos. O primeiro obstáculo à

formação da mente científica é o acesso ao experimento sem a devida análise crítica e que “Uma mente bem treinada é, infelizmente, uma mente fechada. Isto é um produto da educação” [11, p. 26]. Estas são passagens que Armstrong deveria concordar, mas, obviamente, estão aqui colocadas apenas no âmbito da especulação.

Não viemos por meio deste artigo fazer um pleito para a utilização de experimentos nas escolas do modo exato defendido por Armstrong. A utilização de experimentos envolve benefícios e riscos que devem ser cuidadosamente pesados antes e sua utilização. Medeiros

& Bezerra Filho [12] por exemplo, fazem uma revisão das implicações filosóficas que a utilização dos experimentos podem levar, alertando-nos dos perigos tanto da *obediência cega* quanto do *indutivismo ingênuo*. Entretanto, ainda podemos tirar algumas lições desta pequena passagem que relata a proposta de Armstrong sobre a utilização de experimentos para fins educacionais. Uma delas é que existe uma quantidade imensa de maneiras de utilizarmos o nosso laboratório de forma a atender aos propósitos mais abrangentes da nossa educação de ciências. Ter consciência do que estamos fazendo ao utilizarmos este ou aquele recurso didático, desta ou daquela maneira, nos dá mais segurança e prazer na nossa atividade como professores, além de nos tornarmos mais críticos às mudanças propostas pelos órgãos oficiais de educação. Outra lição é o compromisso educacional que Armstrong demonstrou por quase cinquenta anos de discussões sobre melhorias de ensino de ciências. Independente dos méritos de sua metodologia de ensino, o importante é que este método foi criado, efetivado e dele podemos tirar lições.

Referências

- [1] R. Carvalho, *História do Ensino em Portugal* (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1986).
- [2] D. Layton, *Science for the People* (George Allen & Unwin Ltd., London, 1973).
- [3] H. Armstrong, *The Teaching of the Scientific Method* (Macmillan and Co., London, 1898).
- [4] E.W. Jenkins, *From Armstrong to Nuffield* (John Murray, London, 1979).
- [5] H. Armstrong, *The Teaching of Scientific Method and Other Papers in Education* (Macmillan and Co., London, 1903).
- [6] G. DeBoer, *A History of Ideas in Science Education* (Teachers College, New York, 1991).
- [7] W.H. Brock, *H.E. Armstrong and the teaching of science 1880-1930* (Cambridge University Press, Cambridge, 1973).
- [8] T. Huxley, *Science and Education: Essays* (Macmillan, London, 1905).
- [9] J. Rudolph, in: *Abstracts of the History of Science Society Annual Meeting* (University of Texas, Austin, 2004).
- [10] J. Bruner, *The Process of Education* (Harvard University Press, Cambridge, 1960).
- [11] G. Bachelard, *The Formation of Scientific Mind* (Clinamen Press, Manchester, 2002).
- [12] A. Medeiros e S. Bezerra Filho, *Educação & Ciência* **6**, 107 (2000).



História da ciência no ensino fundamental e médio: de Galileu às células-tronco

Um mergulho na história... Lá onde viveram grandes homens e grandes mulheres, que independente da época e do lugar tiveram e viveram suas ideias. Ideias... Grandes ideias!!! Ideias vindas de sonhos por vezes tão irreais e impossíveis! Todos nós temos sonhos, mas na busca de seus sonhos aqueles homens e mulheres ousaram se expressar e muitas vezes tiveram que se calar. Enxergaram além da antiguidade, além das trevas. Renasceram em sonhos! Através dos números, das estrelas, olharam o céu e enxergaram além do que os equipamentos mais modernos podem hoje nos mostrar. Escreveram e reescreveram suas próprias histórias, e deram novos rumos também as nossas. Incompreendidos, punidos, mutilados de seus pensamentos! Gênios! Mestres! Homens e mulheres conscientes de seus devaneios, acreditaram ser possível transformar o mundo que viveram e nos deixaram, ainda que nos livros, seus legados de crença e perseverança. Viveram sua fé e em busca do racionalismo perfeito encontraram muitas vezes na emoção a grande essência que os levaram ao universo da ciência. Ah, ciência! Quantos caminhos ainda haverá de percorrer?! A ciência que cura, também faz a guerra. A que nos leva ao futuro, torna-nos também primitivos. A que traz de volta a vida, estaria anunciando a morte? Quantas dúvidas!!! Dúvidas às vezes habitadas no limite de nossa realidade e de nossa fantasia. Ciência dos métodos, dos experimentos, das fórmulas... Ciência que transforma os homens em mais que seres racionais. Mais que isso, ciência que faz com que estes homens convertam-se em cultivadores de sonhos.

Texto de abertura do filme *O Universo de Galileu*, por Arleidi Ramos

.....
Adriana Oliveira Bernardes¹ e
Arleidimar Ramos dos Santos²

¹Laboratório de Ciências Físicas, Universidade Estadual do Norte-Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil e Clube de Astronomia de Itaocara "Marcos Pontes", Itaocara, RJ, Brasil

E-mail: adrianaobernandes@uol.com.br

²Pedagoga, Clube de Astronomia de Itaocara "Marcos Pontes", Itaocara, RJ, Brasil

E-mail: arleidiramos@bol.com.br

Participar ativamente da formação do aluno enquanto cidadão diante de uma sociedade que nos oferece uma grande variação de informação tem sido um desafio nos dias atuais. Tornar o aluno indivíduo atuante na construção do seu próprio conhecimento, fazendo da educação um ato político é mais um desafio enfrentado pelo educador.

Desta forma, envolver os alunos com temas polêmicos, atuais, ao mesmo tempo em que se discute a história da ciência foi a proposta inicialmente oferecida com a execução deste projeto.

Partindo desta ideia, vários debates foram realizados na escola sobre temas científicos atuais, todos com a função de informar a comunidade escolar e alunos, permitindo que estes se posicionem frente a questões recentes da história da ciência de forma consciente e crítica, despertando assim o interesse dos alunos pelas disci-

plinas da área científica.

A utilização da história da ciência como fator motivador do interesse dos alunos pelas disciplinas da área de ciências, atuou não só fazendo com que a interação entre os alunos e professores aumentasse, como fez com que várias atividades culturais fizessem parte da realidade da escola, como o filme sobre a vida de Galileu Galilei, misturando ciência e arte para contar a desventura do cientista, para firmar suas ideias.

Devido à falta de material específico para trabalhar história da ciência no ensino médio foi preparado material a ser disponibilizado na biblioteca da escola, como a biografia dos vários cientistas que contribuíram para a ciência, mostrando a aplicação de sua descoberta nos dias de hoje.

A possibilidade de discussão de todos estes assuntos abordados de forma inter-

Muito se tem falado sobre as dificuldades encontradas atualmente para o ensino de ciências. Ao mesmo tempo em que temas polêmicos surgem no dia-a-dia, tornando a ciência uma disciplina mais popular, é preciso que a escola proporcione aos seus alunos a possibilidade de questionamento, estimulando o exercício da cidadania, a capacidade de expressão e a formulação de ideias e opiniões. Através de pesquisas e debates envolvendo toda a comunidade local e escolar, os alunos puderam discutir de forma reflexiva os problemas que os estudos das células-tronco enfrentam nos dias de hoje. Os temas foram debatidos sob uma perspectiva ética e responsável, onde os alunos expressaram suas ideias, discutiram vantagens e desvantagens, e demonstraram respeito a opinião dos outros. Este contexto interdisciplinar fez com que disciplinas como química, física e biologia fossem favorecidas com a criação de uma série de recursos didáticos inicialmente não disponíveis na escola, oferecendo assim uma nova perspectiva para o ensino de ciências.

disciplinar possibilitou aos alunos um maior entendimento das ciências, aproximando-os em especial da disciplina física.

O projeto em si levou o aluno enquanto sujeito de uma sociedade ao questionamento e ao posicionamento diante dos fatos antigos e atuais, tornando-o autor de sua própria história.

Foram utilizados, como recursos, objetos de aprendizagem criados para serem utilizados em sala de aula nas turmas de ensino médio, acompanhados em seguida, de questionários de avaliação aplicados aos alunos e professores que participaram das oficinas de história da ciência.

Outro recurso empregado foi a confecção das histórias em quadrinhos com temas envolvendo a história da ciência, onde os alunos exercitavam a escrita, a criatividade e o espírito de equipe, integrando-se aos demais alunos de outras turmas da escola que auxiliavam na criação das historinhas.

A história da ciência no ensino fundamental e médio e os PCNs

O ensino de ciências nas escolas tem nos últimos anos sofrido com vários problemas: falta de laboratórios, de capacitação específica para professores e recursos que motivem os alunos tornando as aulas de ciências mais interessantes. A ideia de como a ciência está presente e se faz necessária em nosso cotidiano também muitas vezes passa despercebida pelos nossos alunos, que não a percebem como agente direto sobre suas vidas.

A história da ciência pode atuar como motivadora do aprendizado de ciências, à medida que promove a discussão de como esta foi conduzida no passado e como é conduzida hoje. Grandes nomes da ciência deram sua contribuição para o desenvolvimento da mesma e algumas vezes tiveram que pagar caro por isso, às vezes com a própria vida.

Os problemas enfrentados por esses pensadores para que suas ideias fossem aceitas e respeitadas fazem com que o aluno perceba a influência sofrida pela ciência sob a óptica de algumas instituições sociais e isto além de aproximar a ciência do aluno, também proporciona ao professor a abordagem dos temas científicos sob uma perspectiva interdisciplinar.

Segundo as orientações curriculares [1] de 2006, “a história da ciência pode enriquecer o ensino de física e torná-la

mais interessante, sem esquecer portanto, da filosofia da ciência que é fundamental para que o professor possa desenvolver a construção de sua concepção de ciência”.

Pode também ser utilizada para favorecer o desenvolvimento histórico da tecnologia, mostrando aos educando suas contribuições, avanços e consequências para o cotidiano e para as relações sociais de cada época. Mais do que isso é possível enriquecer o estudo de física, química e biologia, possibilitando a visão que se tem da ciência com uma construção humana.

A Igreja sempre exerceu influência dentro da ciência, pessoas como o italiano Giordano Bruno acabaram sofrendo até as últimas consequências esta influência, tendo sido por ordem da inquisição morto numa fogueira por afirmar que, o que hoje sabemos com absoluta certeza, que a Terra era apenas mais um dos vários planetas que giram em volta do sol.

Após o Concílio de Trento, as ideias de Copérnico passaram a ser perseguidas, pois afirmar que era o sol e não a Terra o centro do universo significava o indício de uma heresia.

Pouco tempo depois, Galileu Galilei sofreu com o mesmo problema e quase teve sua história com o mesmo desfecho que a de Bruno quando afirmou que a Terra se movia. Ao escrever o livro *Diálogos Sobre os Dois Maiores Sistemas*, foi acusado de heresia e teve que responder por isso diante a inquisição.

O próprio fato de Galileu ter afirmado que havia manchas no sol, ao descobrir as manchas solares, não agradou a Igreja que acreditava ser tudo perfeito na criação de Deus.

Foram utilizados, como recursos, objetos de aprendizagem criados para serem utilizados em sala de aula nas turmas de ensino médio, acompanhados em seguida, de questionários de avaliação aplicados aos alunos e professores

A possibilidade de discutir essas ideias dentro da escola incentivou o debate e a integração de professores e alunos das várias disciplinas que compõem o currículo do ensino médio e trouxe para escola entre outras coisas, uma

nova visão do que pode ser feito para melhorar o processo de ensino e aprendizagem das disciplinas da área de ciências.

Os dados do Pisa (Programme for International Student Assessment) apontam as dificuldades dos alunos no ensino de ciências. A colocação do Brasil no último exame nos guia em direção a outro caminho para o ensino da ciência no qual as aulas expositivas ficam para trás e entram em cena a experimentação e o incentivo à crítica e discussão.

Buscamos formar um aluno cidadão,

ético e crítico dentro da escola. Desta forma, discutir as questões éticas em torno das células-tronco associadas aos conflitos de Galileu com a Igreja, mostrou a ciência em outra dimensão, possibilitando ao aluno a compreensão de como a sociedade e a cultura de um povo podem influenciar o avanço e desenvolvimento científico de uma época.

Metodologia

A ideia inicial era apresentar grandes temas polêmicos e mostrar como a Igreja influenciava o desenvolvimento da ciência e como em certos momentos aparecia prejudicando-a.

O exemplo mais conhecido disso foi o caso de Galileu Galilei que no ano de 1633 sofreu com a inquisição e passou os últimos dias de sua vida numa prisão domiciliar. Galileu apenas foi perdoado pela Igreja nos últimas décadas do século XX.

Queríamos promover um debate sobre como a Igreja influenciava a ciência e sobre como em determinados momentos sua ação foi determinante. A vida de Galileu foi pesquisada e apresentada em seminário à turma, abordando inclusive a parte experimental mostrando a grande contribuição de Galileu para o desenvolvimento do método científico.

Galileu foi um dos primeiros a empregar o método científico e utilizava-o para comprovar suas ideias. Assim, uma série de experimentos como: plano inclinado, pêndulo, luneta e ainda experiências sobre a densidade dos corpos foram construídos pelos alunos e apresentados em sala de aula.

O filme intitulado “O universo de Galileu” foi produzido pelos alunos que motivados por aquele momento da história, atuaram, editaram e trabalharam a relação entre ciência e arte.

Texto do filme O Universo de Galileu

CENÁRIO: Um quarto de adolescente. Vivi ouve música em seu aparelho de mp3 enquanto sua mãe esbraveja da sala:

Mãe: Vivi !!!

Vivi não ouve e continua curtindo o som A mãe grita mais alto:

Mãe: Vivi !!! Ô Vivi !!!

Vivi tira um dos fones e ouve ao longe sua mãe gritando, começa a desfolhar umas revistas e responde:

Vivi: Que foi mãe! Qual é?

Mãe: O que você está fazendo aí trancada no quarto? Eu sei que amanhã você tem prova de física. Está estudando?

Vivi: Já estudei, agora estou só revisando a matéria!

Continua desfolhando a revista.

Mãe: Olha lá Vivi, a professora de física não é mole não, hein? Já colocou até o Aroldo para fora da sala. Se me chamarem na escola eu não sei o que faço com você! Vivi continua distraída.

Vivi: Fica fria mãe! Vai ser moleza!

Vivi começa a resmungar...

Vivi: É mecânica... queda livre... Como pode um cara ir até a lua e levar um martelo e uma pena para mostrar que eles caem juntinhos? Ai meu Deus, essa física!! Como que Galileu há mais de 300 anos já sabia disso?!!

(liga o rádio)

Mãe: Que barulho é esse no seu quarto? Está estudando com o som ligado?

Vivi: Não! Estou estudando em voz alta! Eu aprendo melhor assim.

Enquanto isso, Vivi pega um livro de física e começa a olhar a matéria e em pouco tempo dorme.

Fechar a imagem num relógio digital marcando 21:00 h.

Voltar à imagem no cenário de Galileu.

Cenário um lugar no passado (talvez uma mesa de madeira com velas, pena para escrever...)

Galileu começa a fala: Como Aristóteles pôde pensar que corpos mais pesados cairiam com maior velocidade que corpos mais leves?

Vivi se aproxima assustada, olhando tudo ao redor.

Vivi: Ronald, é você?!

Galileu: Meu nome é Galileu e não conheço nenhum Ronald.

Vivi: Que Galileu o quê! Você é o Ronald!!

Galileu: Sou Galileu Galilei. Nasci em Pisa, na Itália, em 1564. Sou o mais velho dos filhos do músico Vincenzo Galilei.

Vivi: Incrível, você é a cara do Ronald!!! Se não fosse por essa verruguinha...

(aponta para a verruga)

Galileu: Meu pai era um homem culto e foi meu primeiro professor. E me transmitiu uma de minhas maiores características: a independência de pensamento.

Vivi: Ah, essa de liberdade de pensamento é legal! Eu, por exemplo, tenho um pensamento muito independente, enquanto todos dizem que eu devo estudar, eu penso que devo curtir mais meu tempo ouvindo música.

Galileu: Mas eu estudei muito. Aos 17 anos, fui matriculado na Universidade de Medicina. Pensava em ser médico, mas meu interesse pela medicina nunca evoluiu. Os problemas de mecânica e matemática, estes sim, atraíam-me muito mais.

Vivi: Então você saca dessa tal de mecânica? Eu tenho uma professora que me enche a paciência com essa história de

mecânica.

Galileu: A mecânica estuda o movimento dos corpos. Por muito tempo, durante minha juventude, eu me ocupei deste assunto. Um dia fui atraído pelo movimento de uma lâmpada, que pendurada por uma longa corda e empurrada pelo sacristão que acabara de acendê-la, executava um movimento típico, oscilatório. Por brincadeira, resolvi medir, com as batidas do próprio pulso, o tempo que a lâmpada levava para cumprir uma oscilação completa, e percebi que os tempos de oscilação eram sempre iguais. Tive a intuição de que aquele movimento tão regular poderia ser explorado para medir o tempo.

Vivi: Ah, então foi através desta sua ideia que surgiu o relógio de pêndulo?

Galileu: Sim, mais isso foi muito tempo depois. Mas eu também fui responsável pela descoberta do termômetro e do telescópio. Com o telescópio pude observar melhor o céu e pude ver que Júpiter possui quatro luas. Ao observar o sol percebi que ele possuía manchas. Essas manchas foram chamadas manchas solares. Devido a essas observações nos últimos anos venho tendo problemas de visão.

Vivi: Show de bola!!!! Mas vem cá, como é mesmo aquela história de que dois corpos ao serem lançados juntos, chegam juntos ao chão?

Galileu: Não é bem assim. Na verdade, para isso acontecer vai depender de alguns fatores, como, por exemplo, a resistência do ar. Durante muito tempo Aristóteles afirmou que os corpos mais pesados cairiam primeiro, atingindo o chão antes dos corpos mais leves. As ideias de Aristóteles eram aceitas pela Igreja e quem contrariasse esse pensamento poderia vir a sofrer

consequências. Mas Aristóteles estava errado! Podemos comprovar isto. Vamos pegar duas folhas de papel iguais, portanto, com a mesma massa. Se Aristóteles estivesse certo, por terem a mesma massa chegariam ao chão juntas, mas posso mostrar a você que elas podem chegar em tempos diferentes. Observe...

(Pega as duas folhas na mão e na hora de jogar, uma delas ele amassa e quando as joga no chão elas caem em tempos diferentes)

Vivi: Cara você é muito irado! Sabe muuuuuito! Descobriu tanta coisa, e ganhou muito dinheiro também?

Galileu: Não, na verdade o que ganhei foram alguns problemas. Por exemplo, minhas descobertas astronômicas me convenceram de que a Terra não ficava no centro do Universo. Essa tese já havia sido anunciada por Copérnico, mas não era o que geralmente se acreditava. Por causa disso, tive que retornar a Roma em 1611, pois eu estava sendo acusado de herege. Condenado, fui obrigado a assinar um decreto do Tribunal da Inquisição, onde declarava que o sistema heliocêntrico era apenas uma hipótese.

Vivi: O que é sistema heliocêntrico?

Galileu: É o sistema em que o sol se encontra no centro e não a Terra. E todos os planetas giram em torno dele. Em 1632, publiquei um Diálogo sobre os Dois Maiores Sistemas do Mundo criticando novamente o sistema aristotélico e defendendo Copérnico. Cinco meses depois, o livro foi proibido pela igreja católica. Em outubro, recebi ordem de apresentar-me em Roma, onde tive que renegar minhas descobertas para me manter vivo. No entanto, fui condenado pela Igreja Católica



Figura 1 – Cena do Filme “O Universo de Galileu”.



Figura 2 - Experiência de Galileu.

e vivo neste cárcere privado. Hoje, sofro de artrite, estou quase cego e ainda tenho minhas obras proibidas e censuradas. No entanto, sobre a Terra, posso afirmar, ela se move. Mas, minha jovem, como foi que você entrou aqui?

Vivi: Sei lá! Só sei que eu estava estudando para uma prova quando...

O relógio desperta: 6:30 h do dia seguinte Vivi lembra assustada.... Olha o livro de física caído na cama...

Mãe: Vivi, lembra! Vai chegar atrasada na aula.

Vivi: Já estou indo mãe!

Vivi continua olhando sem entender o que aconteceu...

Mãe: Vivi!!! Vem tomar o café.

Vivi: Tô indo mãe!!

(Vivi sai do quarto)

(Reaparece na escola e encontra Ronald)

Ronald: E aí Vivi? Tá sabendo tudo da prova?

Vivi olha bem para a cara do Ronald e exclama...

Vivi: Ronald, você não vai acreditar... Mas, Galileu é a sua cara!!!

Ronald fica sem entender nada, Vivi aponta para o desenho do planeta Terra no mural, olha para a câmera, sorri e diz:

Vivi: No entanto, ela se move!

FIM

A questão das células-tronco

Os alunos na época acompanhavam a questão das células-tronco, foi então aplicada pesquisa na escola e na comunidade em geral sobre concordância ou não da utilização de embriões congelados para obtenção de células-tronco e foram obtidos gráficos que mostravam suas opiniões. Neste momento, iniciou-se uma discussão sobre o assunto e muitas pes-

soas começaram a se interessar pelo tema, procurando o grupo de pesquisa para sanar suas dúvidas e fazer colocações.

Após a obtenção dos gráficos que mostravam a opinião dos entrevistados da comunidade (religiosos, pessoas ligadas à ciência e o público em geral) e da escola (alunos e professores) sobre o que pensavam sobre o assunto, dividiu-se os grupos entre: os que se mostravam contra e os que se mostravam a favor da utilização de embriões congelados para obtenção das células-tronco.

Pensou-se então na realização de um debate na escola convidando um grupo a favor e outro contra

para que estes se posicionassem diante da comunidade escolar.

Os resultados obtidos através das pesquisas de campo, feitas juntamente com a comunidade em geral e com a comunidade escolar, demonstrou que muitas vezes a fé e a ciência misturam-se de maneira a definir uma o percurso da outra.

A polêmica gerada por certos temas passa por dúvidas que nem sempre são esclarecidas pelos livros ou estudos científicos, cabendo à escola a inclusão de um espaço para as discussões e debates a cerca dos assuntos.

Conhecer as diferenças de opiniões de acordo com a série, com a idade, a religião ou o sexo de cada um dos entrevistados, possibilitou o entendimento da força exercida por várias instituições sociais como: escola, família e Igreja.

A polêmica gerada por certos temas passa por dúvidas que nem sempre são esclarecidas pelos livros ou estudos científicos, cabendo à escola a inclusão de um espaço para as discussões e debates a cerca dos assuntos

Como resultados, pode-se dizer que a conscientização de cada um dos estudantes como cidadãos éticos, posicionando-se diante da história passada, atual e futura, fez com que os mesmos defendessem suas ideias e questionassem sobre tantas outras contrárias.

Nos eventos produzidos na escola ou nas visitas que realizaram, o projeto teve alta repercussão, servindo como elo de integração entre professores, alunos, comunidade e escolas vizinhas.

Na pesquisa realizada na escola pelos alunos, podemos observar nos gráficos obtidos que 59% mostraram-se contra

a utilização de embriões congelados para a obtenção de células-tronco, o que mostra claramente a rejeição dos alunos à ideia da utilização dos embriões congelados.

Já em relação à segunda pergunta: Quando você considera que a vida começa? 69% acreditam que a vida começa no momento da fecundação, 15% afirmam que a vida começa quando o feto sobrevive fora do ambiente uterino, 9% quando o sistema nervoso central está formado, enquanto 7% dos entrevistados declaram que a vida começa a partir da 3ª semana, quando o embrião não pode mais se dividir.

Na pergunta sobre a religião dos entrevistados: 52% declararam-se católicos, 38% evangélicos, 7% disseram não ter religião, 2% são cristãos e 1% afirmaram ser espírita.



Figura 3 – O que pensam as pessoas hoje da utilização dos embriões congelados para obtenção das células-tronco.

Os objetos de aprendizagem

Foram criados objetos de aprendizagem, recursos didáticos utilizados para motivar o aprendizado dos alunos com o tema história da ciência. Estes objetos de aprendizagem foram disponibilizados aos professores de química, física e história e partir daí considerou-se a criação de objetos numa perspectiva interdisciplinar.

A aplicação dos objetos de aprendizagem aconteceu nas turmas do ensino médio para as disciplinas química e física, trabalhando a história da química e da física de

forma contextualizada. A avaliação do trabalho foi realizada pelos professores das turmas e pelos alunos que respondiam a um questionário sobre as atividades desenvolvidas.

As histórias em quadrinhos

Com a criação das histórias em quadrinhos, os alunos puderam exercitar sua criatividade, tornando a arte aliada ao processo de desenvolvimento dos temas científicos. Através dessa atividade, os alunos buscaram integrar o espaço físico da escola e as relações interpessoais com colegas de outras turmas, já que estes, muitas vezes, tornavam-se os personagens das histórias criadas pelos alunos.

Após aprovação do roteiro, as histórias eram confeccionadas e distribuídas aos alunos e professores de outras turmas, para que pudessem ser utilizadas nas

aulas, funcionando como um recurso didático incentivador nas aulas de química, física, biologia e filosofia.

Considerações finais

Muitas discussões ainda estão por vir e muitas novas ideias ainda causarão polêmicas no meio científico e na sociedade de modo geral e a escola não pode ficar alheia a toda essa transformação.

Segundo o Projeto Político Pedagógico do Colégio Estadual Jaime Queiroz de Souza [2], onde o projeto foi desenvolvido devido a uma parceria com o Clube de Astro-

nomia de Itaocara, “formar o aluno crítico, questionador e consciente de suas funções sociais como cidadão é um caminho a ser seguido e uma meta a ser alcançada”. E só será possível através da informação e da participação do próprio aluno em seu processo de aprendizagem.

Comparar, criticar e posicionar-se diante de fatos passados e atuais fez com que se criasse uma unidade de pensamento, onde cada um era livre para se expressar, e se expressavam com consciência.

As pesquisas realizadas tanto na comunidade em geral quanto na escola evidenciaram uma crescente necessidade de informação, e muitos viram que temas que imaginavam tão distantes de suas

realidades na verdade faziam parte de suas vidas cotidianas e estavam muito mais próximos do que supunham.

Conhecimentos foram buscados, pessoas foram ouvidas e pensamentos por vezes confusos foram esclarecidos.

O ensino de ciências aliado à história da ciência trouxe a possibilidade de formulação de novas ideias e fez do conhecimento científico um objeto de construção da humanidade.

O estudo da biografia de alguns cientistas fez com que os questionamentos dos alunos se aproximassem aos questionamentos dos próprios cientistas, criando desta forma, uma identificação entre eles, aumentando assim o gosto pelo aprendizado de ciências.

As discussões provocadas pelos temas abordados e pela vida dos cientistas fizeram com que os alunos não se limitassem simplesmente a conhecer os fatos, mas fossem levados a interagir de forma mais crítica em todo o processo de transformação que passou e passa a ciência.

Durante o desenvolvimento das várias etapas do projeto, evidenciou-se o entusiasmo e criatividade com que os alunos

conduziram as tarefas solicitadas.

A realização deste trabalho tornou possível a constatação de que a ciência é muitas vezes pré-julgada sem um prévio conhecimento dos fatos, o que torna a informação um fator indispensável para a conscientização.

Com a criação das histórias em quadrinhos, os alunos puderam exercitar sua criatividade, tornando a arte aliada ao processo de desenvolvimento dos temas científicos

O ensino de ciências aliado à história da ciência trouxe a possibilidade de formulação de novas ideias e fez do conhecimento científico um objeto de construção da humanidade

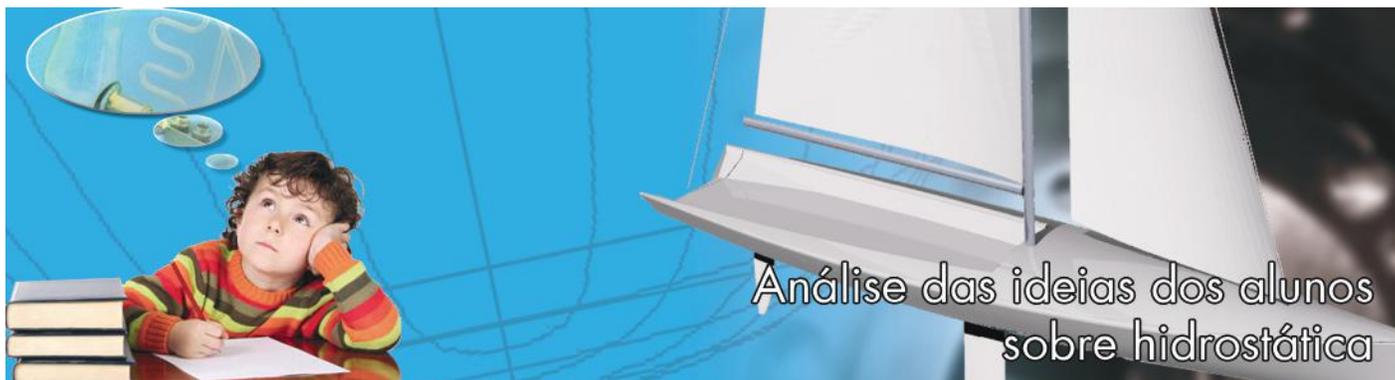
Referências

- [1] Brasil, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2006). 135 p.
- [2] Plano Político Pedagógico do Colégio Estadual Jaime Queiroz de Souza, 1999.

Leia Mais

- 1) A Ciência na Idade Média. *Scientific American História* **1**, 2005.
- 2) A revolução sem fim de Darwin. *Revista Veja* **40**(18), 112 (2007).
- 3) Marilena Chauí, *Convite à Filosofia* (Àtica, São Paulo, 2000), 12ª ed.
- 4) Ciência e Religião. Disponível em <http://www.comciencia.br>. Acessado em 3 jun. 2007.
- 5) Ciência e Cultura. Disponível em <http://www.cienciaecultura.br>. Acessado em 7 jun. 2007.
- 7) Vera Rita da Costa e Edson Valério da Costa (orgs) *Biologia Ensino Médio* (Ministério da Educação, Brasília, 2006), Coleção Explorando o Ensino v. 6.

- 8) Galileu (Nova Cultural, São Paulo, 2004) Coleção os Pensadores, 256 p.
- 9) Mulheres na Ciência. Disponível em <http://www.comciencia.br>. Acessado em 8 jul. 2007.
- 10) Robson Nascimento, A condenação de Galileu. Disponível em http://www.montfort.org.br/index.php?secao=veritas&subsecao=ciencia&artigo=condenacao_de_galileu&lang=bra. Acessado em 4 ago. 2007.
- 11) Luiz Carlos Nemetz, *A Lei da Biossegurança*. Boletim Jurídico **152**, 2005. Disponível em <http://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/texto.asp?id=911>. Acesso em 16 maio 2007.
- 12) Marlene Ordoñez e Júlio Quevedo, *História Geral: novo Ensino Médio* (Sistema de Ensino IBEP, São Paulo, 2003).
- 13) Carlos Alberto Schneeberger, *Minimanual Compacto de História Geral: Teoria e Prática* (Rideel, São Paulo, 2003) 2ª ed.
- 14) José Luís Soares, *Fundamentos de Biologia: As Células, Os Tecidos, Embriologia V. 1* (Scipione, São Paulo, 1998).
- 15) Vida de Galileu. Disponível em http://minerva.ufpel.edu.br/~histfis/entrada_g.htm. Acessado em 5 ago. 2007.



.....
**Ana Paula Sebastiany¹,
Ivan Francisco Diehl², João Batista
Siqueira Harres³ e Michelle Camara
Pizzato⁴**

^{1,2,4}Centro Universitário UNIVATES,
Lajeado, RS, Brasil

³Pontifícia Universidade Católica do Rio
Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

¹E-mail: anapaulas@universo.univates.br

²E-mail: ivanfranciscodiehl@yahoo.com.br

³E-mail: jbharrres@yahoo.com.br

⁴E-mail: mipizzato@hotmail.com
.....

Objetivos

Este trabalho investiga as concepções de futuros professores de ciências explicitadas através do questionamento de duas situações concretas relacionadas ao conceito de sifão. As análises tentam caracterizar os diferentes tipos de explicação encontradas, identificando os obstáculos à compreensão dos fenômenos do ponto de vista científico.

Marco teórico

Desde um marco construtivista, a aprendizagem é vista como um processo de construção de significados em situações novas a partir dos conhecimentos prévios do aprendiz que visa dar sentido a suas novas experiências [1]. Este processo implica, portanto, na geração de relações entre a nova informação e os conhecimentos já existentes. Conquanto o processo de aprendizagem se baseie numa construção cognitiva pessoal, é possível que o docente intervenha através do desenvolvimento de atividades apropriadas para facilitar e orientar esta aprendizagem [2].

Apesar do estudo das ideias dos alunos não ser mais novidade em termos de pesquisa em ensino de física, na medida em que já exis-

Desde um marco construtivista, a aprendizagem é vista como um processo de construção de significados em situações novas a partir dos conhecimentos prévios do aprendiz que visa dar sentido a suas novas experiências

te um corpo de conhecimento sobre o tema minimamente compartilhado pelos investigadores da área [3], os seus resultados pouco têm chegado efetivamente à sala de aula, principalmente na educação básica. Segundo Morrison e Lederman [4], estas concepções continuam sendo uma das importantes causas das dificuldades apresentadas pelos alunos na construção do conhecimento, pois a aprendizagem pode envolver mudanças pessoais de concepção em direções diferentes ao que o conhecimento construído aponta.

Muitos trabalhos têm apontado a necessidade de que as atividades iniciais de ensino estejam delineadas para diagnosticar e explicitar as concepções dos estudantes. Isto traz confiança aos estudantes em suas próprias habilidades e conhecimentos, por compartilhar com outros estudantes formas similares de pensar ou dificuldades comuns. Essa estratégia também ajuda para que os estudantes tenham uma interpretação inicial sobre os fenômenos a qual permitirá a reconstrução de suas concepções. Da mesma forma, explicitar as ideias dos alunos em sala de aula permite a comparação de diferentes ideias e a identificação de critérios para a escolha entre elas, ajudando o professor a planejar o seu ensino de forma a alcançar os objetivos desejados/almejados de forma mais efetiva.

Assim, este trabalho, ao analisar as diferentes ideias sobre hidrostática e os seus obstáculos associados, oferece subsídios para uma melhor compreensão das ideias dos alunos ajudando os professores a planejarem suas aulas, bem como encaminhar discussões mais produtivas em sala de aula.

O tema escolhido para essa investigação versou sobre hidrostática. A relevância dessa temática

deve-se a grande variedade de situações presentes no dia-a-dia dos alunos. Além disso, apesar de haverem poucos estudos de pesquisa nessa área de ensino, esse tema tem sido frequentemente apontado por professores e alunos como um dos assuntos de maior dificuldade no processo de ensino-aprendizagem [5-8].

Metodologia

Esta pesquisa, de caráter qualitativo, utiliza a análise de conteúdo [9] como estratégia para a análise de dados, toman-

Este trabalho apresenta a análise das ideias de futuros professores de ciências quanto a temática de hidrostática, em específico sobre o processo de funcionamento de um sifão. As ideias foram coletadas a partir da aplicação de duas perguntas elaboradas com o intuito de caracterizá-las para posterior análise. Esta análise aponta para a existência de algumas concepções distintas sobre o tema. São apontados também obstáculos associados a estas concepções em relação à compreensão do ponto de vista científico dos fenômenos estudados.

do como sujeitos de investigação os futuros professores do curso de Licenciatura em Ciências Exatas, do Centro Universitário UNIVATES, matriculados na disciplina de Física III (do 3º semestre) nos últimos cinco anos, totalizando 60 respostas.

Os dados coletados são oriundos da aplicação de duas perguntas previamente ao estudo da hidrostática, mostradas a seguir, com o fim de identificar as concepções que os alunos traziam dos estudos pré-universitários.

1ª) Como você crê que funciona o processo de descarga do “vaso” de um banheiro?

2ª) Um “bebum” está tirando sua cachaça de um barril com uma mangueira e um balde, como mostra a Fig. 1, usando para isso o que chamamos de ‘sifão’. Como você pensa que um ‘sifão’ funciona? (esta pergunta foi adaptada de Epstein e Hewitt [10] e vinha acompanhada da figura correspondente (p. 177).

Análise das respostas da primeira pergunta

Analisando as ideias dos alunos, podemos dizer de forma mais ampla que a ideia central explicitada para explicar o processo de funcionamento da descarga do “vaso” sanitário de um banheiro esteve focada na pressão exercida pela água (19 respostas) ou que a causa do esvaziamento é o volume de água despejada (15 respostas). Uma minoria (5 respostas) acredita que estes dois aspectos estejam relacionados. Muitos utilizam conceitos, tais como, pressão, velocidade e força de forma indiferenciada (14 respostas).

A maioria dos alunos (38 respostas) apresentam, em suas respostas, explicações simplistas desse fenômeno já que apenas fazem referência à pressão exercida pela água. Eles não explicam como ocorre ou qual a origem dessa pressão. Também apresentam uma ideia centrada apenas no processo de entrada da água no vaso, ou seja, não explicam todo o processo de descarga do vaso sanitário de um banheiro. Ao mesmo tempo, aparecem ideias relacionadas ao



Figura 1 – O “bebum” tirando sua cachaça de um barril com uma mangueira e um balde (adaptada de Epstein e Hewitt [10]).

processo de “retorno da água”, apesar de não fazerem relação com o sifão (6 respostas).

Apenas um sujeito menciona a ideia de sifão na resposta. Porém, embora perceba presença de um processo como o de um sifão, ele não menciona que está relacionado com o processo de recarga da água.

Além disso, os futuros professores parecem ignorar a ideia de pressão atmosférica, pois apenas uma das sessenta respostas a mencionam. Em quatro respostas o “ar” é mencionado como participante do processo, mas não é feita nenhuma relação com a pressão atmosférica. Outro aspecto que merece ser destacado é que três sujeitos relacionam o fenômeno com a diferença de níveis para explicar o fenômeno em questão. A descrição do processo de “recarga da água” parece estar ligada ao princípio dos vasos comunicantes, porém sem relacionar com o sifão. Ao menos esta parece ser uma concepção mais elaborada pois existe uma preocupação em explicitar que algo ocorre após o conteúdo do vaso ser evacuado, ou seja, com o processo todo.

Sendo assim, podemos concluir que estes futuros professores não explicam o escoamento do vaso sanitário através do processo de sifão. Se por um lado isto é compreensível, já que na parte inferior do vaso na verdade temos um sifão invertido em relação ao seu uso normal, é notório que algo tão presente na vida de todas as pessoas seja explicado de maneira tão pobre fisicamente.

Análise das respostas da segunda pergunta

Analisando inicialmente de forma mais ampla as ideias explicitadas pelos alunos nesta pergunta, podemos dizer que a ideia central explicitada esteve centrada no processo de sifão (41 respostas). Entre elas, aparecem ideias (7 respostas) relacionadas apenas com a diferença de níveis, outras (19 respostas) relacionadas com “sugar/puxar” o ar contido no interior do sifão. E 14 respostas indicam que os dois estão relacionados.

Cabe destacar que duas respostas mencionam a existência da pressão atmosférica e um sujeito afirma que o ar produz pressão, embora não fique claro se ele se refere à pressão atmosférica.

Outro obstáculo percebido, em outras respostas (6), foi que apesar de aparecer a ideia de que há diferença de pressão, nenhum destes a relaciona com a pressão atmosférica.

Ademais, cabe mencionar que apenas 2 respostas indicam relação entre a diferença de níveis e a diferença de pressão.

Conclusões

Este trabalho mostrou que o ensino pré-universitário não propiciou uma compreensão adequada de fenômenos cotidianos como o vaso sanitário e um sifão. Além disso, as análises mostraram uma mescla eclética de explicações que agregam conceitos científicos ao pensamento cotidiano simplista.

Isto não é uma novidade, as pesquisas na área já demonstraram que os alunos possuem ideias sobre muitos fenômenos físicos em qualquer nível de escolaridade [11] e que estas ideias estão muito arraigadas nos estudantes, tornando-se resistentes a mudanças. Em outras palavras, os estudantes não iniciam seus estudos de ciências com mentes vazias. Eles possuem ideias ou concepções anteriores sobre vários fenômenos e sobre conceitos de física – funcionamento do sifão, em particular. Muitas dessas ideias persistem firmemente, tornando-se uma forma diferente, ou alternativa, de entender os conceitos da física apresentados pelos livros didáticos e professores.

Assim, para favorecer uma aprendizagem significativa é fundamental que o planejamento do professor esteja orientado a partir das ideias dos alunos. Cabe ao professor promover um espaço de formação e investigação que possibilite ao aluno conhecer as suas ideias e refletir sobre elas, pois não é com qualquer atividade de ensino que se pode alcançar esse objetivo. Frente a uma situação problemática concreta que deve ser interpretada e explicada, os estudantes recorrem a modelos e representações que, em geral, não correspondem aos modelos científicos que aparecem nos livros e estudam na escola formal [12].

Apesar de atualmente existir uma forte tendência para que o ensino seja baseado numa perspectiva construtivista-investigativa na qual os alunos possam participar na construção dos conhecimentos, ou seja, que eles elaborem modelos complexos para entender e atuar sobre o mundo que os cerca [13], os resultados aqui encontrados parecem reforçar que o contexto da sala de aula pouco tem possibilitado isso.

Mas este desafio não se restringe à escola. Na medida em que os resultados aqui apresentados se referem a futuros professores, os cursos de formação de professores também devem oportunizar este tipo de vivência. Se não for assim, a tendência é que os professores iniciem sua vida profissional com os mesmos problemas conceituais da sua vida acadêmica, além de propiciar que estes possam lidar melhor com dificuldades dessa natureza de seus alunos.

Referências

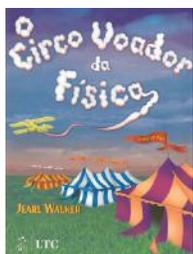
- [1] P.W. Hewson, B.R. Tabachinick, K.M. Zeichner, K.B. Blomker, H. Meyer, J. Lemberger, R. Marion, H. Park and R. Toolin, *Science Education* **83**, 373 (1999).
- [2] D. Gil-Pérez, *Enseñanza de las Ciencias* **9**, 69 (1991).
- [3] R. Driver, A. Squires, P. Rushworth e V. Wood-Robinson, *Dando Sentido a la Ciencia en Secundaria. Investigaciones Sobre las Ideas de los Niños* (SEP/Visor, Madrid, 1999), 274 p.
- [4] J.A. Morrison and N. Lederman, *Science Education* **87**, 849 (2003).
- [5] S. Havu-Nuutinen, *International Journal of Science Education* **27**, 259 (2005).
- [6] U. Besson, *International Journal of Science Education* **26**, 1683 (2004).
- [7] R. Axt, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **5**, 1 (1988).
- [8] M.G. Sére, *Eur. J. Sci. Educ.* **8**, 413 (1986).
- [9] R. Moraes, *Educação* **37**, 7 (1999).
- [10] L.C. Epstein and P.G. Hewitt, *Thinking Physics* (Insight Press, São Francisco, 1981).
- [11] R. Cubero, *Cómo Trabajar con las Ideas de los Alumnos* (Diada, Sevilla, 1989), 78 p.
- [12] M. Pesa and S.M. Islas, *Enseñanza de la Física* **17**, 43 (2004).
- [13] R. Porlán, *Constructivismo y Escuela: Hacia un Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Basado en la Investigación* (Diada, Sevilla, 1993).



O Circo Voador da Física

Jearl Walker

Tradução: Claudio Coutinho de Biasi
2ª edição, LTC, Rio de Janeiro, 2008,
338 p.



Qualquer semelhança entre *O Circo Voador da Física* e *O Grande Circo da Física* (J. Walker, trad. de Jorge Antonio Valadares, 2ª ed., Editora Gradiva, Lisboa, 2001, 563 p, Coleção Aprender Fazer Ciência) não é mera coincidência. A começar pelo título, autor, número de capítulos e temas-chave (movimento, fluidos, som, processos térmicos, eletricidade e magnetismo, óptica e visão) implícitos no título e nos subtítulos de cada capítulo.

Tais publicações são traduções de *The Flying Circus of Physics with Answers* (John Wiley & Sons, Inc.). Por isso, a proposta didática é a mesma (física em perguntas) e o objetivo também: levar o leitor a refletir sobre a física do seu mundo vivencial (cotidiano).

No entanto, ao passo que *O Grande Circo da Física* (Ed. Gradiva) apresenta uma seção referente às perguntas e outra relativa às respostas, *O Circo Voador da Física* (Ed. LTC) exhibe as perguntas em conjunto com as respostas (isto é, a pergunta seguida da resposta). O que, do ponto de vista didático, não parece ser apropriado, pois não permite que o leitor primeiro reflita sobre as perguntas para depois conferir as respostas.

Merecem destaque as quase oitocentas perguntas do *Circo Voador da Física*.

Elas podem ser utilizadas como problematização inicial de uma aula ou então para discutir situações do nosso cotidiano, por exemplo: por que os aviões deixam linhas brancas no céu? Como as lagartixas conseguem grudar as patas em uma superfície e desgrudá-las rapidamente para continuar correndo? Por que a pipoca estoura? Por que o *ketchup* sai do frasco com mais facilidade se o frasco for sacudido?

Pois bem, divirta-se!

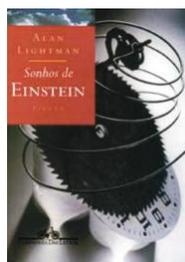
Fábio Luís Alves Pena

Instituto Federal da Bahia - IFBA
Campus Simões Filho

Sonhos de Einstein

Alan Lightman

Tradução: Marcelo Levy.
Companhia das Letras, São Paulo, 1993,
175 p.



A compreensão do que é e do que poderia ser o tempo é o tema central dessa magnífica obra de Alan Lightman. Iniciada às seis badaladas do relógio da torre de Berna e, encerrada às oito badaladas de outra manhã, a narrativa dá a sensação ao leitor de que se passa à noite, o tempo de muitas noites, do crepúsculo à aurora. Os sonhos são descritos em trinta episódios, cada um intitulado por uma data fictícia, apresentando três interlúdios que mostram diálogos de um Einstein, sonhando acordado, com seu melhor amigo Michele Besso.

A díade antitética tempo linear vs. tempo cíclico é explorada logo nos dois primeiros sonhos. No de 14 de abril de 1905, o tempo é definido como um círculo fechado sobre si mesmo, de modo que a vida se repete indefinidamente. O caráter determinístico do tempo é explorado nas

situações corriqueiras dos moradores de Berna. No segundo episódio, de 16 de abril, o tempo figura como um curso d'água, seguindo sua marcha inexorável, cada evento a seu tempo. Por algum desvio, às pessoas é permitido viajar no tempo, mas em nenhum momento visões do futuro são valorizadas e aqueles que as têm são condenados ao isolamento.

No episódio de 16 de abril, o tempo adquire três dimensões perpendiculares entre si. Três cadeias de eventos que se desenrolam simultaneamente. Em cada ponto de decisão, o mundo se divide em três, cada qual com as mesmas pessoas, com destinos diferentes. A multiplicidade do tempo também é explorada no episódio de 24 de abril, no qual o autor apresenta a díade antitética tempo subjetivo vs. objetivo, representados, respectivamente, no tempo mecânico (delegado ao relógio da catedral, às coisas pré-determinadas) e no tempo corporal (aquele cujas decisões são tomadas na medida em que ele avança). Nas palavras do autor, "onde os dois tempos se encontram, o desespero. Onde se separam, a satisfação. Cada tempo é verdadeiro, mas as verdades não são as mesmas".

Os episódios da sequência exploram aspectos da natureza do tempo como o tempo absoluto newtoniano e um tempo fictício dependente da posição em relação ao centro da Terra. Além da clareza com a qual as idéias são ilustradas, o autor associa de forma brilhante a juízos de valor; no primeiro caso, à ética e, no segundo, à preocupação excessiva e irracional com o envelhecimento.

Com tantas facetas do tempo, em visões pictóricas da vida de pessoas comuns, *Sonhos de Einstein* é uma excelente leitura a qualquer tempo.

Débora Coimbra Martins
Universidade Federal de Uberlândia
deborac@pontal.ufu.br



No intuito de apresentar propostas alternativas a abordagens metodológicas para o ensino de física, nesse artigo propomos trabalhar com a interdisciplinaridade da física dos esportes. Sabemos do grande fascínio que os esportes exercem na maior parte dos jovens no mundo atual, seja na sua prática direta ou como torcedores. Portanto, realçar as relações significativas entre essas duas áreas do conhecimento humano tem um grande potencial pedagógico a ser explorado. E que jovem não gostaria de estudar o universo do vôlei, do futebol, das lutas e de outros tantos esportes associado ao da ciência? Falar dos times, das regras, dos movimentos dos atletas, dos chutes, dos golpes, e das jogadas históricas que ocorreram ao longo dos tempos. E por que não falar dos conceitos físicos envolvidos nesses lances? Falar da evolução dos materiais utilizados para produzir os equipamentos e vestimentas, como a roupa desenvolvida pela Nasa que ajudou ao nadador Michael Phelps a ganhar suas oito medalhas de ouro na Olimpíada de Pequim. Em contra partida do prejuízo da brasileira Fabiana Murer na perda da medalha, nesse mesmo evento, devido ao sumiço temporário de sua vara especialmente produzida para um determinado salto em altura.

Uma outra vantagem de trabalhar com a física dos esportes é a possibilidade do desenvolvimento de projetos interdisciplinares nas escolas do ensino básico entre professores de diferentes disciplinas, principalmente com os de educação física. Através de atividades esportivas como corrida, natação, salto em altura, entre outras, é possível contextualizar alguns conceitos físicos, como exemplo, distância

percorrida, velocidade média, atrito, etc, superando por vezes, a falta de laboratório para desenvolvimento de atividades experimentais.

Nesse trabalho escolhemos o karatê como o esporte a ser estudado. Vamos apresentar um modelo físico que desenvolvemos para o golpe chamado *Gyaku-zuki*, este golpe usa o quadril, o braço e punho, resultando num movimento parecido com um soco. Apresentaremos as relações culturais inerentes à compreensão desse esporte, que provocam um diálogo não só com a física e biologia, mas também com as disciplinas de história,

Uma vantagem de trabalhar com a física dos esportes é a possibilidade do desenvolvimento de projetos interdisciplinares nas escolas do ensino básico entre professores de diferentes disciplinas, principalmente com os de educação física

geografia e filosofia, deixando ao cargo daquele que se interessar por esse assunto aprofundar-se nas questões aqui levantadas. Do ponto de vista do ensino, já há algum tempo percebeu-se como é insti-

gante investigar as relações entre a física e o karatê [1, 2]. Aqui abordaremos temas como movimento uniformemente variado (MUV) e movimento circular uniforme (MCU) que estão presentes no golpe *Gyaku-zuki*. Nosso objetivo é obter o valor da força final associada a esse golpe, ou seja, a força que atinge o alvo.

A origem do karatê

O karatê teve suas origens no século XVII nas ilhas de Okinawa, parte sul do território japonês, situado no Mar Amarelo (veja Fig. 1). Provavelmente, essa luta é resultado da união de uma arte chinesa levada por mercadores e marinheiros à província de Fujian com uma arte marcial local. Karatê significa “mãos vazias” retratando o tipo de luta desarmada e desenvolvida em segredo durante muito tempo em Okinawa, como consequência da imposição dos fidalgos japoneses que conquistaram

.....
Rosana B. Santiago e José Carlos Martins

Instituto de Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

.....

No intuito de apresentar propostas alternativas a abordagens metodológicas para o ensino de física, nesse artigo propomos trabalhar com a interdisciplinaridade da física dos esportes. Desenvolvemos um modelo físico para calcular o valor da força final que atinge o alvo quando o golpe do karatê chamado *Gyaku-zuki* é aplicado. Este golpe usa o quadril, o braço e punho, resultando num movimento parecido com um soco.



Figura 1 – Mapa da região onde Okinawa se situa.

essa ilha, proibindo os seus súditos de usarem armas. Os estilos de karatê de Okinawa mais antigos são o *Shuri-te*, o *Naha-te* e o *Tomari-te*, assim chamados de acordo com os nomes das três cidades em que eles foram criados, a terminação *te* significa mão. Em 1820, Sokon Matsumura fundiu os três estilos e criou o *shorin* e este teve muitos seguidores. Um de seus discípulos e filósofo, Gichin Funakoshi, foi quem popularizou essa luta no resto do Japão ao introduzi-la nas escolas como uma atividade esportiva, em 1913, antes da 1ª Guerra Mundial. O karatê na cultura moderna japonesa é imbuído de elementos do zen budismo, onde palavras como honra, lealdade, compromisso e respeito ganham significados reais através da prática desse esporte. As aulas frequentemente começam e terminam com curtos períodos de meditação. Também a repetição de movimentos, como a executada no *kata*, é consistente com a meditação zen pretendendo maximizar o autocontrole, a atenção, a força e velocidade, mesmo em condições adversas. Valores como estes também são fundamentais na construção do ensino e aprendizado em ciências. Assim como, a vivência dos professores em sala de aula, a influência do zen nesta arte marcial depende muito da interpretação de cada instrutor, o que se assemelha aos saberes experienciais dos professores em atividade.

O golpe Gyaku-zuki

As técnicas do karatê que descrevem um soco direto recebem o nome de Choku zuki. Para a execução do golpe Gyaku-zuki, a mão que golpeia deve iniciar seu movimento na lateral do corpo, entre o quadril e costelas, veja Fig. 2a, com a parte que corresponde à palma da mão voltada para cima e o braço rotacionado na sua distância máxima. O movimento do golpe inicia-se com a rotação do quadril com o punho junto a ele acompanhando a rotação; durante esse movimento as pernas permanecem abertas e fixas no mesmo ponto.

Ao término da rotação do quadril, a alavanca do ombro é acionada, o braço é estendido lançando um soco que atravessa uma linha reta para frente até atingir o alvo, com o cotovelo seguindo praticamente a mesma linha do punho. No final do movimento, o punho faz uma rotação para que no fim do movimento esteja com a parte da palma da mão voltada para baixo, Fig. 2b. No final do movimento deve acontecer o *kime*, que é a contração dos músculos para sustentar o impacto do golpe.

Segundo Nakayama [3], "...um certo grau de rotação dos quadris resulta num movimento maior das extremidades do corpo". Motivados por estas observações, veremos como esta rotação pode ajudar na eficácia do golpe.

A pergunta que estamos interessados em responder é: Qual é a força final que o braço de um karateca faz ao colidir com o alvo?

Para entender a física envolvida nesse golpe, dividiremos o *Gyaku-zuki* em dois estágios: 1) o primeiro estágio está associado ao giro do quadril com o braço direito rente à cintura, acompanhando o movimento do quadril (Fig. 2a), 2) o segundo estágio começa no instante em que cessa o movimento do quadril e o braço é lançado horizontalmente para frente até atingir o alvo (Fig. 2b).

O modelo físico que aqui propomos usa os resultados analisados num trabalho experimental [4] sobre o deslocamento da mão em função do tempo em um soco do kung-fu que não usa o quadril para lançar o braço, ou seja, o que corresponde apenas ao segundo estágio do *Gyaku-zuki*. Neste trabalho, os autores usaram uma câmera rápida de 1000 Hz que registra imagens em intervalos de 0,005 s, confirmando que a força muscular resultante desse soco é constante durante o movimento e que a resistência do ar pode ser desprezada

ao serem empregadas às equações de movimento. A seguir, iremos modelar fisicamente o primeiro estágio do golpe do karatê.

Movimento do quadril

Nesse tópico analisa-se a biomecânica associada ao primeiro estágio do golpe *Gyaku-zuki*. Observa-se que o movimento dos quadris executa uma rotação tendo como centro, o ponto de interseção dos eixos principais longitudinal, transversal e frontal do corpo do atleta [5]. No karatê o giro perfeito do quadril representa o aperfeiçoamento da técnica e este é um dos aspectos que faz com que o atleta consiga subir de categoria ao pleitear uma troca de faixa. Para fins práticos do nosso modelo físico, num primeiro momento, vamos supor que o giro executado (no máximo de 45°) no *Gyaku-zuki* descreve um movimento circular uniforme (MCU). O MCU é um movimento que em intervalos de tempos iguais se percorre as mesmas distâncias em trajetória circular [6]. Neste movimento apenas está presente a aceleração centrípeta, direcionada para o centro da trajetória, fazendo com que a velocidade tangencial mude de direção a cada instante, sem alterar o seu módulo. Portanto, ao ser lançado o braço para golpear o alvo, este não sairá do repouso, mas com a mesma velocidade da trajetória circular que o conjunto quadril-braço apresenta. Desta forma, suporemos que esta velocidade tangencial é a velocidade inicial do segundo estágio do *Gyaku-zuki*.

Movimento do braço

Para interpretarmos o segundo estágio desse golpe nos apoiamos no trabalho sobre o soco do kung-fu [4], cujo movimento do braço do atleta durante o golpe foi filmado, analisado e obtido o gráfico de deslocamento em função do tempo, confirmando que o movimento descrito é um movimento uniformemente variado (MUV) [6]. A diferença básica entre esses dois golpes fica por conta que no golpe do

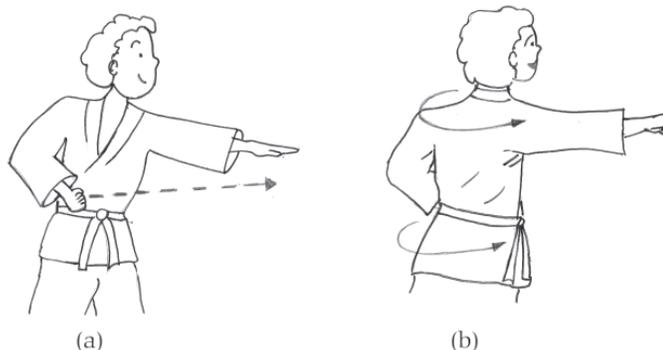


Figura 2 – a) posição inicial do golpe, b) giro do quadril acompanhado da distensão do braço.

kung-fu não há o giro da cintura e, portanto, o golpe parte do repouso, enquanto que no *Gyaku-zuki* tem velocidade inicial não nula. Suporemos que o segundo estágio do golpe do karatê é semelhante ao golpe do kung-fu e que também é descrito pelo MUV.

Em ambos os golpes o deslocamento total associado ao final do movimento deve ser igual ao tamanho do braço do atleta, já que o corpo do mesmo não deve deslocar-se durante a execução do golpe. Consideramos que o tamanho do braço do atleta que executa o golpe do Kung-fu é igual ao do karateca e que ambos tem a mesma aceleração ao distender o braço. Assim é possível igualar a função horária do MUV desses dois golpes (no caso do karatê somente o 2º estágio) por terem a mesma posição final (o tamanho do braço) e obter a velocidade inicial v_0 do soco do karatê

$$v_0 = \frac{1}{2} a \frac{(t_1^2 - t_2^2)}{t_2}$$

onde, a é o módulo da aceleração, t_1 e t_2 é o tempo que o braço leva para ser totalmente distendido no kung-fu e no karatê, respectivamente; note que $t_1 > t_2$ porque temos a contribuição da velocidade inicial não nula no golpe do karatê. A Fig. 3 apresenta alguns valores possíveis de velocidades iniciais para o segundo estágio do *Gyaku-zuki*. No modelo aqui sugerido não é levada em conta a torção do punho durante a distensão do braço, o valor da aceleração é $82,125 \text{ (m/s}^2\text{)}$ e $t_1 = 0,08 \text{ s}$ foram experimentalmente obtidos via filmagem [4].

Força final do golpe

A força final do *Gyaku-zuki* é a soma das forças, que são colineares no instante

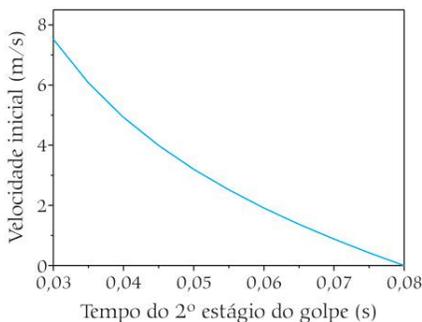


Figura 3 - Velocidade inicial do 2º estágio do golpe do karatê em função do tempo de duração do mesmo.

do golpe, feitas no primeiro e no segundo estágio do golpe, ou seja, a força do quadril (F_{quadril}) com a força feita pelo braço ($F_{\text{braço}}$).

Sabendo que o movimento do braço é o MUV, então a força associada a esse estágio é constante e escreve-se como

$$|\vec{F}_{\text{braço}}| = m_{\text{braço}} a.$$

Supondo um atleta de 70 kg, a massa do braço é 13 kg [7], então $|\vec{F}_{\text{braço}}| = 1067,69 \text{ N}$.

Podemos admitir que a força que o quadril faz é a própria força centrípeta $|\vec{F}_{\text{quadril}}| = mv_0^2/R$, onde m é a massa do tronco de um ser humano, que corresponde a 46,10% da sua massa total e R o raio deste tronco (considerando uma circunferência perfeita) [7]. Então, para esse mesmo atleta, $m = 32,27 \text{ kg}$ e $R = 0,14 \text{ m}$.

A Fig. 4 apresenta os possíveis valores da força total exercida no golpe direto do karatê em função da velocidade inicial do segundo estágio do golpe.

Observando a Fig. 4, nota-se que quando o golpe parte do repouso a força final é em torno de 1000 N, correspondendo a um tempo de distensão do braço do atleta próximo de 0,08 s. Para produzir uma força de 2000 N o atleta precisa diminuir este tempo em

torno de 0,02 s, embora pareça um intervalo de tempo irrelevante, para efeitos de melhoria de resposta do corpo humano é um valor considerável, já que é o tempo que o cérebro huma-

no demora para registrar um som [8]. Portanto, o giro do quadril no golpe do *Gyaku-zuki* vem facilitar a diminuição desse tempo através da introdução da velocidade inicial no MUV.

É interessante compararmos os valores do gráfico acima da força final produ-

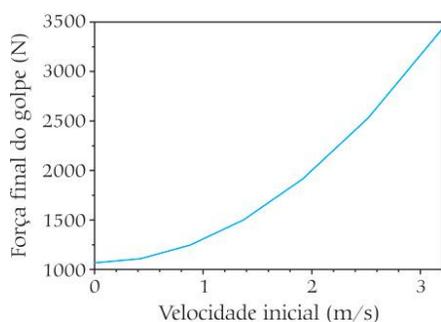


Figura 4 - força final do golpe do karatê em função da velocidade inicial do segundo estágio desse golpe.

zida pelo golpe ao atingir o alvo com outras forças que o ser humano pode fazer. Por exemplo, para sustentar uma massa de 6 kg na mão, com o antebraço formando um ângulo de 90° com o braço, um adulto faz uma força muscular de 563,81 N [9], ou seja, é equivalente à força peso de um corpo adulto de aproximadamente 57 kg. Um atleta de 70 kg, com seu corpo pendurado pelas suas mãos numa barra horizontal, com o antebraço levemente inclinado formando um ângulo de 10° com relação à vertical, o tendão do seu bíceps (músculo do braço que liga ao antebraço) faz uma força de 1303,16 N para manter-se nessa posição em equilíbrio [9]. Dessa forma, concluímos que o corpo humano produz valores de forças expressivas para se deslocar ou se manter em determinadas posições.

Conclusão

Inovar a metodologia de ensino de ciências através de temas interdisciplinares permite trazer para sala de aula situações reais do cotidiano dos alunos. A física dos esportes é um tema que tem essas características e supera obstáculos disciplinares. Nesse trabalho, mostramos que conteúdos de física comumente apresentados nas séries iniciais do ensino médio podem ser vistos de uma forma diferente, em certo aspecto, mais lúdica. Analisamos um golpe do karatê e o modelamos com os MCU e MUV para obter o valor da força que atinge o alvo. Sugerimos ao professor que ao apresentar essa aplicação peça aos seus alunos para levantarem, tentarem reproduzir o golpe com e sem o giro do quadril, observando e sentindo a mudança do movimento.

Referências

- [1] J. D. Walker, Am. J. Phys. **43**, 845 (1975).
- [2] S.R. Wilk, R.E. McNair and M.S. Feld; Am. J. Phys. **51**, 783 (1983).
- [3] M. Nakayama, *O Melhor do Karate - Fundamentos* (Cultrix, São Paulo, 1999).
- [4] O. Pinto Neto, M. Magini, M.M.F. Saba; Revista Brasileira de Ensino de Física **28**, 235 (2006).
- [5] Gerry Carr, *Biomecânica do Esporte* (Ed. Manole Ltda., São Paulo, 1998).
- [6] A. Máximo e B. Alvarenga, *Curso de Física - Volume 1* (Scipione, São Paulo, 2003), 6ª ed.
- [7] O. Okuno e L. Fratin, *Desvendando a Física do Corpo Humano* (Ed Manole, São Paulo, 2003), 1ª ed.
- [8] D. Texeira, *Revista Veja*, 5 de setembro, p 93 (2007).
- [9] J.E.R. Durán, *Biofísica Fundamentos e Aplicações* (Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2003).



O uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica no ensino médio

.....
**Wilson Leandro Krummenauer¹,
Terrimar Ignácio Pasqualetto² e
Sayonara Salvador Cabral da Costa³**

¹Colégio Luterano Arthur Konrath,
Estância Velha, RS, Brasil

E-mail: wilson@clak.com.br

²Colégio Adventista Marechal Rondon,
Porto Alegre, RS, Brasil

E-mail: terrimar@gmail.com

³Pontifícia Universidade Católica do
Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS,
Brasil

E-mail: sayonara@pucrs.br
.....

Uma das dificuldades enfrentadas por professores no ensino médio é o desinteresse demonstrado pelos alunos quando abordamos tópicos de física. Frequentemente a física é apresentada como uma série de “fórmulas” prontas, com as quais o aluno opera sem lhes dar sentido ou fazer qualquer relação com o seu cotidiano. Sem efetuar a relação entre teoria e fenômeno o aluno acaba por considerar o assunto apresentado como algo totalmente novo e sem sentido.

Segundo David Ausubel, para que ocorra uma aprendizagem significativa é necessária a interação entre o conhecimento novo e o conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do aprendiz, além de uma predisposição para aprender (*apud* [1]). Defende a ideia de que

Elaborou-se uma proposta que usou os conhecimentos musicais dos alunos como ponto de partida, buscando gerar uma relação entre o conhecimento científico e o do cotidiano, além de criar uma predisposição para a aprendizagem

“A nova informação se vincula a aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva e nesse processo se modificam tanto a informação recém adquirida como a estrutura cognitiva preexistente” [1, p. 159]. Existem algumas condições necessárias para que a aprendizagem significativa seja alcançada, “o novo conhecimento deve ser relacionável de modo não-arbitrário e substantivo com o conhecimento prévio do aprendiz e este deve adotar uma atitude de predisposição em aprender de forma significativa” (*ibid*). Nesse sentido, elaboramos uma proposta que usou os conhecimentos musicais dos alunos como ponto de partida, buscando gerar uma relação entre o conhecimento científico e o do cotidiano, além de criar uma predisposição para a aprendizagem.

A aprendizagem significativa contrasta, fundamentalmente, com a aprendizagem mecânica, na medida em que, na primeira, a nova informação interage com

algum *subsunçor*,¹ enquanto na segunda, não há nenhuma interação entre a nova informação e os conceitos ou proposições preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Nossa experiência docente combinada com a pesquisa em sala de aula [2] tem reforçado a importância de conhecermos os *subsunçores* com os quais nossos alunos vêm para as aulas de física. Um exemplo de aprendizagem mecânica é a memorização de um conteúdo sem qualquer fundamentação que lhe dê significado.

A prática docente mostra, em geral, que em uma turma de ensino médio a maioria dos alunos possui noções musicais. A Fig. 1 apresenta o resultado da consulta feita a um grupo de 35 alunos, especificamente se

possuíam algum conhecimento musical de algum instrumento específico. Estes alunos frequentavam a 3ª série do ensino médio de uma escola privada de Estância Velha, RS. Verificou-se que, apesar de alguns termos utilizados cotidianamente não serem os termos científicos, eles conseguiam distinguir a diferença entre um som “fino e grosso” (agudo e grave), entre “alto e baixo” (forte e fraco), por exemplo.

A partir dessas noções de acústica, propusemos atividades que utilizassem instrumentos musicais já conhecidos dos educandos, para abordar o tema. Nossa hipótese era de que o uso dos conhecimentos prévios, neste caso, favoreceria a motivação e, conseqüentemente, a predisposição para aprender. Além disso, esta proposta usou as noções musicais dos aprendizes como *subsunçores* para os conceitos científicos abordados na acústica.

A existência de noções musicais nos

Este artigo relata as atividades desenvolvidas em uma turma de ensino médio do Colégio Luterano Arthur Konrath, Estância Velha, RS. A proposta de trabalho aqui apresentada visa abordar conteúdos de física através de conceitos prévios dos educandos. Foram utilizados os instrumentos musicais como motivação para o estudo da acústica, pois percebemos que a grande maioria dos educandos tinha contato com algum tipo de instrumento. Foi realizado ainda um comparativo entre o artigo aqui apresentado e outros artigos e dissertações sobre o mesmo tema. O projeto se baseia na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, utilizando, sobretudo, os *subsunçores* presentes na estrutura cognitiva dos aprendizes.

alunos tem sido usada como estratégia de ensino por diversos professores da educação básica. Encontram-se textos que abordam desde a física de um único instrumento musical [3] até dissertações de mestrado que apresentam propostas didáticas utilizando instrumentos musicais para ensinar física [4].

Estudar a física presente no funcionamento de um instrumento específico é um assunto tão vasto quanto a diversidade de instrumentos. Cada instrumento se apresenta como uma fonte de abordagens físicas diferindo desde a maneira como se gera o som até o processo para emitir as diferentes notas musicais. Encontramos artigos que abordam a física de instrumentos clássicos como a flauta transversal [5]. O autor utiliza este instrumento para estudar a dependência entre a frequência, a posição dos nodos e o comprimento de onda da onda estacionária formada dentro da flauta. Usando uma abordagem semelhante, encontramos o estudo da física de um instrumento típico da Bahia, o Berimbau. Neste texto é discutida a propagação ao longo de cordas e no ar usando como motivação o estudo desse instrumento vastamente encontrado nas rodas de capoeira. Nesses textos os autores procuram contextualizar os assuntos da física usando os mais variados instrumentos musicais.

Nesse sentido foi também desenvolvida uma proposta em escolas da rede pública na cidade de Juiz de Fora, MG [6]. Nesse estudo foi aplicado um pré-teste que visava verificar o conhecimento prévio dos alunos. Em seguida, os autores ministraram uma palestra abordando a física presente em diversos instrumentos musicais. Organizaram também uma visita ao Museu Dinâmico de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, onde relacionaram informalmente o conhecimento científico com as peças do museu e as músicas ouvidas pelos alunos no dia a dia. Os resultados apresentados pelos autores confirmam a ideia de que os alunos são motivados por tal tema.

Metodologia

A proposta apresentada aqui difere das citadas acima no que tange ao tempo de desenvolvimento e metodologia utilizada. Foi aplicado um questionário que verificou se os alunos tinham algum conhecimento musical, bem como se tocavam algum tipo de instrumento. A partir do levantamento realizado foi constatado que a grande maioria dos alunos possuía algum conhecimento sobre notas musicais ou algum tipo de instrumento musical.

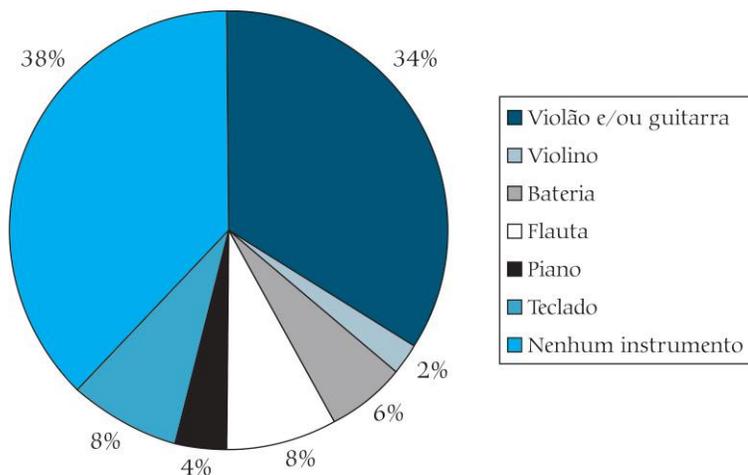


Figura 1 – Gráfico da distribuição do conhecimento musical dos alunos.

De maneira informal e usando um brinquedo chamado “mola maluca” (ver Fig. 2) e um violão, trabalhamos os diferentes tipos de ondas mecânicas (longitudinais e transversais) e o conceito de som. Usando ainda o violão e um dispositivo gerador de ondas estacionárias discutimos o significado de alguns conceitos importantes como frequência, período, comprimento de onda e velocidade de propagação.

Convidamos quatro componentes do coral da escola, sendo um contralto, um barítono, um tenor e uma soprano para que apresentassem uma música aos alunos. Separamos os alunos em grupos de quatro componentes e pedimos que observassem as diferentes vozes. Em se-

guida eles foram desafiados a ordenar os componentes da voz mais “fina” (aguda) até a mais “grossa” (grave). A partir dos comentários dos alunos definimos a relação entre o som ouvido e a frequência, caracterizando assim, um som grave ou agudo. Após esta discussão abordamos as características fisiológicas do som: altura, intensidade e timbre.

Na aula seguinte solicitamos que os alunos trouxessem diversos instrumentos musicais; foram trazidos: flauta, violão, violino e guitarra. Pedimos, então, para o

aluno que trouxe o violão que emitisse uma nota “lá” (440 Hz). Com auxílio do programa analisador de espectro *Visual Analyser* (ver Fig. 3) aferimos o valor da frequência que estava sendo emitida pelo

Estudar a física presente no funcionamento de um instrumento específico é um assunto tão vasto quanto a diversidade de instrumentos. Cada instrumento se apresenta como uma fonte de abordagens físicas diferindo desde a maneira como se gera o som até o processo para emitir as diferentes notas musicais

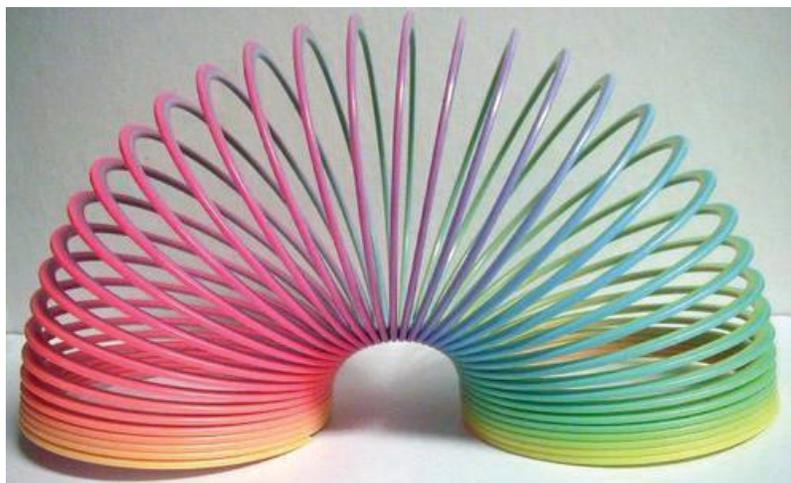


Figura 2 – Uma “mola maluca” (disponível em flickr.com/photos/mineirasuai/360059807/, acessado em 20/12/2008).

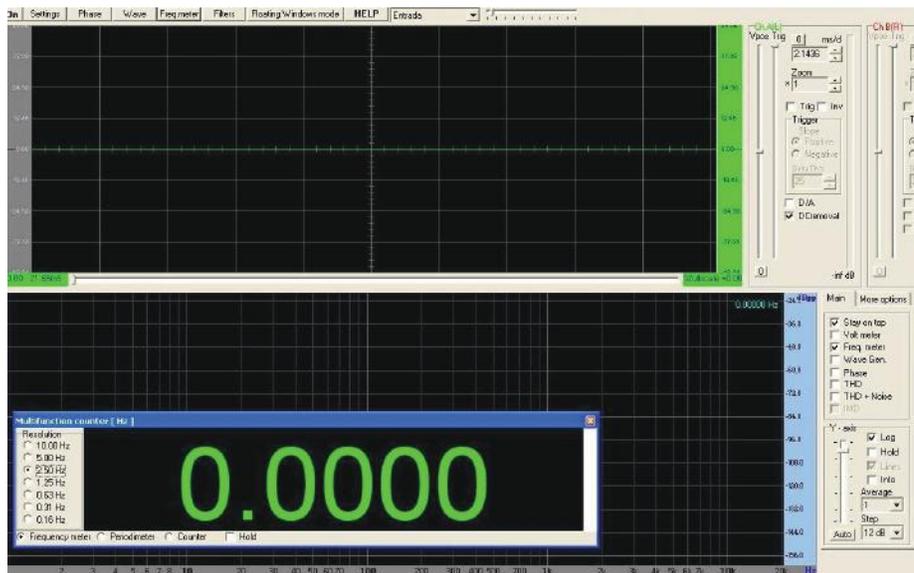


Figura 3 – Tela do programa analisador de espectro.

violão. Em seguida, solicitamos ao aluno que trouxe a flauta que também tocasse a nota lá e, novamente, aferimos a frequência (440 Hz).

Questionamos os alunos sobre os dois sons que foram produzidos. Foi fácil perceberem a diferença entre o som do violão e o som da flauta, mesmo quando produzindo a mesma nota musical. Neste momento introduzimos o conceito de timbre; novamente, com o programa analisador de espectro, mostramos aos alunos a diferença nas intensidades dos harmônicos da onda emitida pelo violão e da onda emitida pela flauta.

A partir da flauta também estudamos como variar a frequência (nota musical) mudando apenas o comprimento do tubo (flauta). A partir daí, introduzimos o conceito de ressonância, e retomamos a ideia de harmônico, tema esse que foi ensinado por meio da afinação do violão.² Ao final da aula os alunos responderam a um questionário sobre acústica.

Como atividade prática foi proposto que cada grupo construísse um instrumento musical rústico e explicasse o seu funcionamento, além de usá-lo para apresentar uma música para a turma.

Tabulamos os escores dos testes e analisamos os resultados de cada aluno, além de comparar a evolução da turma com outra onde abordamos o conteúdo da maneira tradicional. Os testes objetivaram verificar a aprendizagem dos principais conceitos trabalhados durante o projeto:

Ficou evidenciado que a proposta alcançou os objetivos, pois a grande maioria dos alunos aprendeu com prazer, achou as aulas atrativas e comentou que gostaria que mais conteúdos fossem abordados da mesma maneira

período, frequência, comprimento de onda, altura, intensidade, timbre, ressonância e harmônicos. Uma segunda turma (turma de controle) também respondeu aos mesmos testes da turma estudada. Ao final das apresentações os alunos responderam também a um questionário de opiniões que avaliou a motivação e interesse gerado pela proposta.

Resultados

Ao calcular a média entre os resultados dos pré-testes verificamos a existência de pequenas diferenças entre os resultados das duas turmas. Consideramos que esta diferença é desprezível do ponto de vista estatístico. Usamos o mesmo tratamento estatístico com os pós-testes e verificamos que a diferença entre as médias aumentou, bem como a média de cada turma. A turma que participou da nova abordagem obteve um aumento na sua média 15% maior que a melhora da turma de controle.

As respostas apresentadas nos questionários demonstraram uma apreciação maior pelo novo método. 88% concordam plenamente que este método é mais interessante que a forma tradicional de ensinar física.

Conclusão

Após a aplicação da proposta e análise do seu resultado, constatou-se que partir de um tema conhecido dos alunos serve como motivação para o ensino da acústica. Partir de conhecimentos prévios dos

aprendizes tornou a aprendizagem significativa [7], *apud* [1], pois os alunos perceberam a proposta como significativa e relevante. Demonstraram predisposição à aprendizagem bem como interesse e participação em todas as atividades desenvolvidas.

Este projeto foi desenvolvido experimentalmente em apenas uma turma de ensino médio, mas pelos bons resultados constatados no item anterior percebemos a importância e a validade de desenvolvermos o mesmo método em outras turmas da escola.

A partir dos resultados dos questionários de opiniões ficou evidenciado que a proposta alcançou os objetivos, pois percebemos nas respostas que a grande maioria dos alunos aprendeu com prazer, acharam as aulas atrativas e comentaram que gostariam que mais conteúdos fossem abordados da mesma maneira.

Notas

¹Um conhecimento específico, com pelo menos alguma clareza, estabilidade e diferenciação é o que se chama de *subsunçor* [1].

²Para tanto, o aluno manteve a sexta corda presa na quinta casa e tocou a nota musical, abafando-a logo em seguida, isso fez com que a quinta corda vibrasse sem ser tocada.

Referências

- [1] M.A. Moreira, *Teorias de aprendizagem* (E.P.U., São Paulo, 1999), 195 p.
- [2] W.L. Kruppenauer, *O Movimento Circular Uniforme Para Alunos da EJA que Trabalham no Processo de Produção do Couro*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
- [3] A. Kandus, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 427 (2006).
- [4] E. Trentin, *Os Instrumentos Musicais como Recurso Didático no Ensino de Acústica*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Unversidade de São Paulo, 2006.
- [5] C. Lemmi y J. Mazafferri, *Física de la Flauta Traversa* (Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2003).
- [6] F. Lopes e J.R. Tagliati, in: *Resumos e Programa do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física* (Zit Editora, Rio de Janeiro, 2005).
- [7] D.P. Ausubel, *School Learning, An Introduction to Educational Psychology* (Holt, Rinehart and Winston, Nova York, 1969) 1. ed., 691 p.



Construção de três dispositivos com material de baixo custo para o estudo do movimento circular através da transferência de movimento

Construção dos dispositivos

Transferência de movimento através de eixo

Imagine duas pessoas sobre as extremidades de dois discos de tamanhos diferentes ($r_1 \neq r_2$) ligados por um mesmo eixo como mostra a Fig. 1. Se o eixo estiver girando, qual é a relação entre o número de voltas das duas pessoas, ou seja, quando a pessoa do disco menor completa uma volta, a pessoa do disco maior completa menos de uma volta, mais ou também completa uma volta? Como é a relação das velocidades lineares (distância pelo tempo) e angulares (ângulo pelo período) entre as duas pessoas?

O dispositivo que propomos para o fenômeno da transferência de movimento através de um mesmo eixo permite, de forma clara, que se perceba que o número de voltas dos dois discos é igual, ou seja, os períodos e as frequências dos discos são iguais uma vez que estão ligados por um mesmo eixo e, sendo assim, as velocidades angulares são iguais (completam 360° em um mesmo período de tempo) e as velocidades lineares são diferentes (apesar de ambas levarem o mesmo tempo para comple-

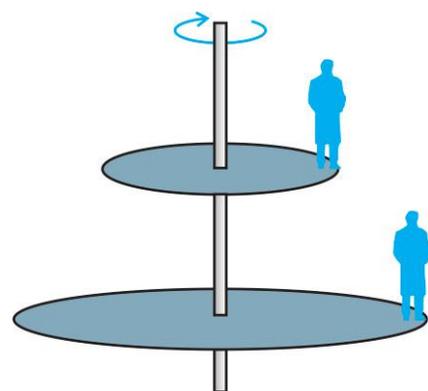


Figura 1 - Duas pessoas girando sobre dois discos ligados por um mesmo eixo.

tar uma volta, a pessoa do disco maior percorre uma distância maior que a do disco menor).

Materiais

- um pedaço de papelão suficiente para cortar dois discos de diferentes raios (é interessante que um raio seja o dobro do outro);
- 1 palito de churrasco
- 2 latinhas de refrigerantes
- 1 canudinho
- fita adesiva (semelhante à fita durex)

Procedimentos - construção

Primeiramente, corte dois discos de papelão de diferentes raios. No nosso exemplo, utilizamos raios de 5 e 10 cm, pois essa relação de dobro se conserva na obtenção de outras grandezas e também permite o contraste entre o tamanho dos discos. Após cortar os discos, localize o centro dos mesmos e faça um furo em cada um, de modo que seja possível inserir o palito de churrasco no centro desses discos. Este palito deve ficar perpendicular aos discos, pois ele serve como eixo para o instrumento.

Como o palito é um eixo, os discos devem girar junto com ele, sendo que não devem patinar (deslizar, escorregar). O patinamento costuma ocorrer com discos de grandes raios, no nosso caso isto ocorre com o disco de 10 cm, portanto, utilize o fundo das latinhas de refrigerante para impedir o patinamento, colocando um de cada lado do disco, como mostrado na Fig. 2.

Concluída a montagem eixo-discos, reparta o canudinho em duas partes e as cole com fita adesiva nos discos, como se fossem os raios de cada um dos discos. Estes canudos devem estar alinhados e ultrapassar as bordas dos discos, de modo que possam ser vistos quando o sistema estiver funcionando, ou seja, girando. Para isso, é interessante que as cores do disco e do canudo sejam diferentes, para haver um contraste maior e uma melhor visualização.

.....
Ana Paula Sebastiany¹,
Ivan Francisco Diehl²,
João Batista Siqueira Harres³ e
Michelle Camara Pizzato⁴
^{1,2,3}Centro Universitário UNIVATES,
 Lajeado, RS, Brasil
¹E-mail: anapaulas@universo.univates.br
²E-mail: ivanfranciscodiehl@yahoo.com.br
³E-mail: jbharres@yahoo.com.br
⁴Pontifícia Universidade Católica do
 Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS,
 Brasil
 E-mail: mipizzato@hotmail.com

Neste trabalho propomos a construção de três dispositivos para favorecer a compreensão dos fenômenos/conceitos envolvidos nos processos de transferência de movimento por eixos, correias e rodas dentadas. Muitos dos materiais experimentais propostos para construção nos livros didáticos direcionados ao Ensino de Física costumam ser pouco funcionais, de difícil construção caseira e, ainda, de difícil entendimento devido sua abstração. Para superar essas deficiências, propomos a utilização de materiais alternativos, facilmente encontrados no comércio, e de baixo custo. São apresentados detalhadamente os projetos de construção destes equipamentos e, além destes, alguns questionamentos para reflexão e discussão, visando uma melhor compreensão dos fenômenos envolvidos. Com esses três dispositivos podem ser observados conceitos tais como velocidade linear, velocidade angular e frequência de rotação dos discos. Essas observações podem ser realizadas comparando o que acontece nos discos de um mesmo dispositivo e, também, entre dispositivos diferentes. Ao professor caberá o papel de buscar a melhor maneira de utilizar estes materiais dentro do contexto de suas aulas, além de poder discutir com outros docentes visando à troca de experiências e, assim, perceber outras formas de aplicação.

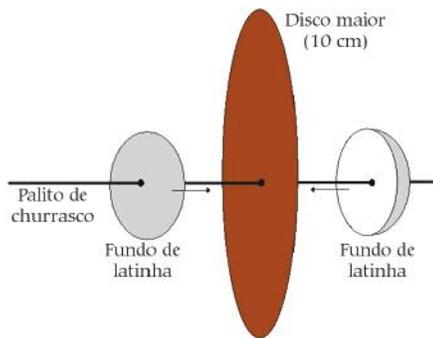


Figura 2 - Esquema da montagem do disco maior com os fundos de latinha.

A Fig. 3 mostra a montagem completa do sistema. Para observar esse dispositivo funcionando, gire as extremidades do palito de churrasco, assim como mostrado na foto do Anexo 1.

Transferência de movimento por engrenagens

Assim como no filme *Tempos Modernos*, Charles Chaplin está concertando as engrenagens (em movimento) de uma máquina, mas desta vez com a ajuda de seu irmão caçula, como mostrado na Fig. 4. Considere que estas engrenagens têm tamanhos diferentes ($r_1 \neq r_2$), quando o irmão caçula de Charles completa uma volta, chegando na posição de origem como na figura, Charles também terá completado? As velocidades lineares de Charles e seu irmão são iguais? E as angulares? O movimento dos dois tem sentidos iguais ou diferentes?

Diferentemente do dispositivo anterior, nos dispositivos de rodas dentadas com raios diferentes, as frequências das rodas não são iguais. Quanto às velocidades de ambas rodas, as lineares são iguais e as angulares são diferentes. Isso pode ser percebido claramente quando a relação entre

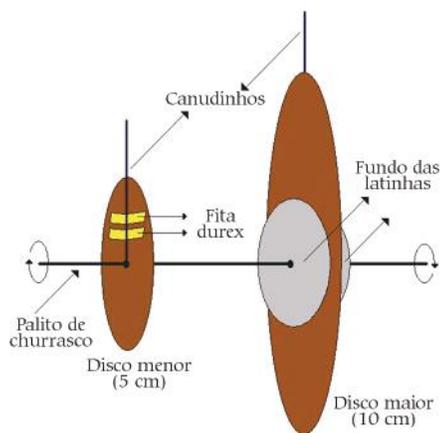


Figura 3 - Esquema do instrumento de polias completo.

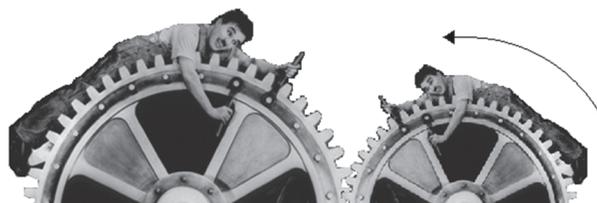


Figura 4 - Charles Chaplin e seu irmão caçula sobre duas engrenagens, de raios diferentes, em movimento. Figura adaptada do filme *Tempos Modernos* de Charles Chaplin.

uma roda e outra for de dobro ($r_1 = 2r_2$) - como na construção do dispositivo abaixo que propomos - pois quando a roda menor completa uma volta, a roda maior completa apenas meia; quando a menor completa duas, a maior completa uma; e assim por diante. Além das frequências, períodos e velocidades angulares de rodas dentadas com diferentes tamanhos serem diferentes, o sentido do movimento dessas rodas também é diferente, pois como a transferência do movimento é realizada através dos dentes das engrenagens, enquanto uma tiver sentido horário a outra terá sentido anti-horário.

Materiais

- papelão suficiente para recortar as polias (não pode ser de um material muito flexível)
- palitos de picolé, suficiente para contornar as margens das polias
- 1 tubo de caneta (pode ser no estilo das canetas BIC)
- 1 caixa de papelão (com comprimento suficiente para comportar as duas polias)
- arame (6 cm)

Procedimentos - construção

Em um pedaço de papelão recorte dois discos com raios diferentes, os quais serão as engrenagens. No nosso exemplo, fizemos a engrenagem maior (Engrenagem a - "Ea") com raio de 10 cm e a engrenagem menor (Engrenagem b - "Eb") com raio de 5 cm. Esta diferença de tamanho utilizada (relação de dobro entre elas) é interessante, pois se conserva em vários aspectos

na relação entre as engrenagens.

Com este mesmo papelão, corte mais dois discos com 4 cm de raio e outros dois menores com 2 cm de raio. Estes discos servem como arruela para permitir um giro mais estável de cada engrenagem, além de não permitir que estas encostem na caixa (no caso da arruela que fica atrás de cada engrenagem).

Como os palitos de picolé servem como dentes da nossa engrenagem, é preciso dividi-los em pedaços menores. Os tamanhos utilizados não devem ser muito pequenos, pois dificulta a colagem nos discos. Sugerimos as medidas de 6 cm para a "Ea" e 4 cm para a "Eb".

Para fixar os palitos nos discos, faça pequenos cortes no sentido das extremidades ao centro. A distância entre os palitos da "Ea" deve ser igual a distância entre os palitos da "Eb", pois, os dentes de uma engrenagem ocupam o espaço dos dentes da outra, fazendo com que o movimento seja transferido. Com os tamanhos de discos sugeridos, realize marcações de 20° entre os dentes da "Ea" e 40° entre os da "Eb", as quais podem ser feitas com o auxílio de um transferidor.

Os dentes das duas engrenagens devem ter o mesmo comprimento para que a transferência de movimento ocorra bem. Desta forma, faça marcações de 2 cm em relação a uma das pontas de cada palito. O tamanho do resto do palito (ou seja, 4 cm para o maior e 2 cm para o menor) será introduzido nos discos, o que implica em cortes deste comprimento nos

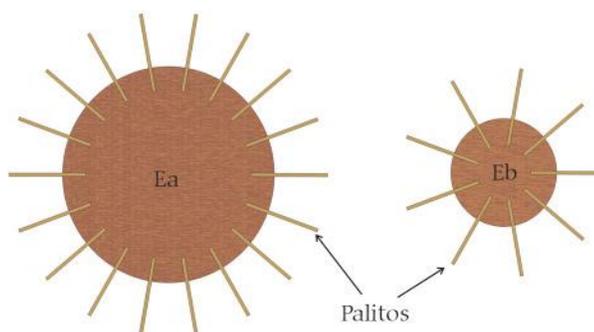


Figura 5 - Esquema da montagem dos discos das engrenagens com seus respectivos dentes.

respectivos discos. Feito os cortes, cada palito é introduzido assim como mostrado na Fig. 5. A cola a ser utilizada pode ser à base de água (escolar).

Uma vez concluída a montagem dos discos, é necessário introduzi-los em eixos diferentes, apoiados em uma caixa. Para isso faça um furo no centro de cada disco, seja nos discos de engrenagens ou de arruelas. Faça, também, dois furos na caixa (a qual serve como base para as engrenagens), estes furos devem estar à distância de 18 cm (todos os furos citados devem formar um orifício com diâmetro igual – ou um pouco menor – ao tubo de caneta). Reparta o tubo de caneta e o pedaço de arame ao meio. Atravesse os dois arames nos tubos à distância de 1 cm de um dos lados de cada tubo, que pode ser feito esquentando o arame. Introduza os tubos nos orifícios da caixa de modo que o lado com 1 cm dos tubos e o arame fiquem no lado de dentro da caixa (os arames servem para não permitir que estes tubos saiam), assim como é mostrado na Fig. 6.

Introduza os discos na sequência arruela-engrenagem-arruela no restante de cada tubo (que estão no lado de fora da caixa), de modo que estes tubos sirvam como eixo para as engrenagens.

A Fig. 7 mostra o esquema de montagem eixo-engrenagem e a Fig. 8 o esquema da montagem completa. Para observar esse dispositivo funcionando, basta girar uma das engrenagens (Anexo 2).

Transferência de movimento por correia

Geralmente o sistema “polias-correia” das bicicletas tem a “polia ligada aos pedais” maior que a “polia ligada à roda”. Se a polia ligada aos pedais for menor que a aquela ligada à roda, como mostrado na Fig. 9, o que acontece com um ciclista que tenta andar com esta bicicleta? Utilizando ainda esta figura, como é a relação entre o número de voltas das duas polias? E a relação entre as velocidades lineares e

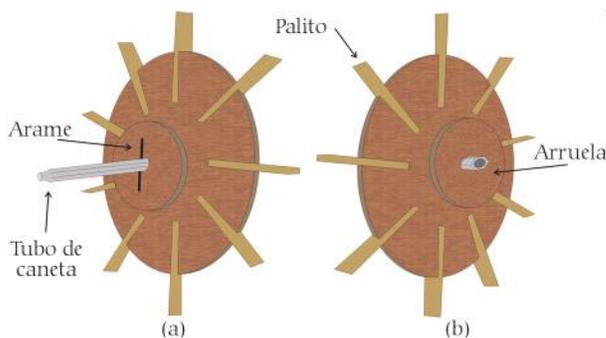


Figura 6 - Esquema da montagem arruela-engrenagem-arruela, sendo que (a) mostra a parte de trás e (b) a parte frontal.

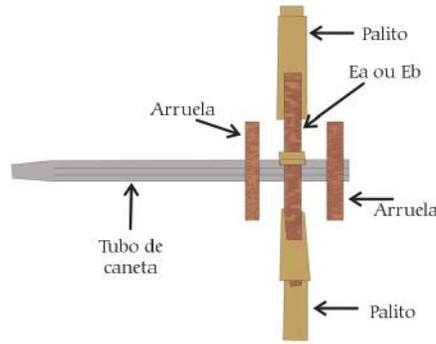


Figura 7 - Esquema da montagem eixo-engrenagem.

angulares das duas polias? Quanto ao sentido do movimento, são contrários como no caso das engrenagens ou ambas têm o mesmo sentido?

É muito difícil ou, no mínimo, muito mais desgastante para o ciclista andar com esta bicicleta, já que para a polia ligada à roda dar uma volta, a polia dos pedais precisa dar muitas voltas, desta forma, o ciclista pedala muito, porém se desloca pouco. Além do número de voltas entre uma polia e outra ser diferente (portanto, a frequência e o período também), as velocidades angulares também são diferentes, pois quando a menor completa uma volta (360°) a maior ainda não completou. Já as velocidades lineares das duas polias são iguais, já que a velocidade destas depende da velocidade da correia, pois estão ligadas a ela. Pelo mesmo motivo, o sentido do movimento das polias também é igual, ou seja, o sentido do movimento da correia.

Materiais

- 2 tampas plásticas da Nestlé (Nescau ou leite em pó)
- 2 copos descartáveis (é interessante usar um copo de 500 mL, pois seu fundo tem raio de 2,5 cm, que é metade do raio das tampas plásticas)
- 2 réguas de plástico (30 cm x 2,5 cm) não muito flexíveis

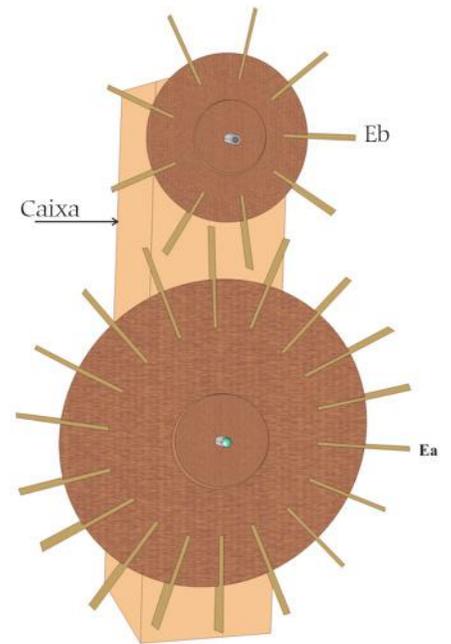


Figura 8 - Esquema do instrumento de engrenagens completo.

- 1 tampinha de caneta (estilo BIC)
- 1 caixa de papelão que servirá de base para o instrumento
- 2 pregos de tamanho suficiente para atravessar as tampinhas e a régua
- cola (qualquer uma que cole plástico)
- barbante (crochê) ou linha (tricô) que não seja muito fino

Procedimentos - construção Polia maior

Pegue duas tampas plásticas e cole uma na outra, de modo que as partes de cima de cada uma fiquem juntas, formando um trilho entre as duas tampas. Este trilho será muito importante para que o barbante não escape quando a polia girar.

Corte uma das réguas ao meio e dois pedaços de mais ou menos 5 cm da outra. Marque o centro da polia e introduza um prego (quente - para facilitar) na seguinte sequência: em um dos pedaços de régua

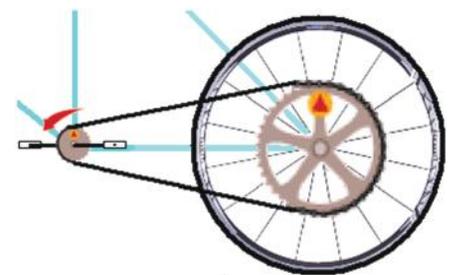


Figura 9 - Duas polias ligadas por uma correia como num sistema “polias-correia” de uma bicicleta, porém com a “polia ligada aos pedais” menor que a “polia ligada à roda”.

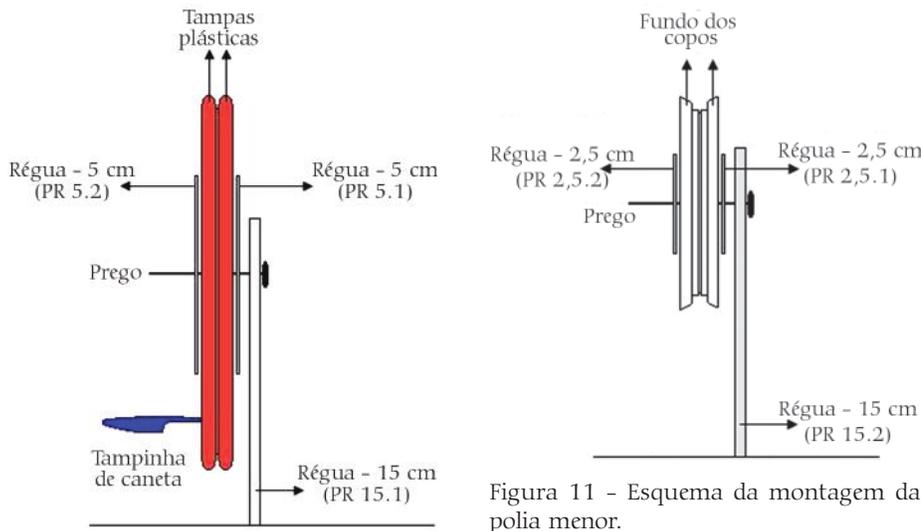


Figura 10 - Esquema da montagem da polia maior.

com 15 cm (PR 15.1) (pelo menos a 1 cm da parte superior desta régua para que não ocorra rachaduras), no pedaço da régua com 5 cm (PR 5.1), no centro da polia e no outro pedaço com 5 cm (PR 5.2). Estes dois PRs 5 servem para manter a polia alinhada enquanto gira.

Assim como mostra a Fig. 10, mantenha uma distância entre o PR 15.1 e PR 5.1, para que tanto a polia quanto o PR 15.1 fiquem verticalmente alinhados. Entre os PRs 5 e a polia também mantenha uma distância, de modo que a polia possa girar livremente, porém de forma reta, ou seja, sem oscilar muito. Para poder colocar o dispositivo em movimento, faça um furo, a uma distância de aproximadamente 1 cm da extremidade da polia e introduza a tampinha de caneta no lado contrário à PR 15.1, de modo que esta tampinha sirva como manivela.

Polia menor

Corte o fundo dos copos de modo que

fiquem, cada um, com 1 cm de largura. Cole os fundos um ao outro da mesma maneira que é feito com as tampas da polia maior. Marque o centro desta polia e forme um eixo introduzindo o prego da mesma forma como feito anteriormente. Agora, porém, use esta polia, o outro pedaço de régua com 15 cm (PR 15.2) e dois pedaços de régua com 2,5 cm de comprimento (corte apenas 1 cm da régua, pois a largura da régua tem 2,5 cm) cada um (PR 2,5.1 e PR 2,5.2). Assim como é mostrado na Fig. 11.

Sistema completo

Após a construção dos dois sistemas de polias, introduza os eixos na parte superior da caixa (fixando-os com fita adesiva). O centro dessas polias devem estar suficientemente separados (no nosso caso utilizamos 12 cm), de modo que os dois possam girar sem estarem em contato, e a uma mesma distância com relação à base, sendo que a polia maior não pode estar em contato com esta.

Por fim, passe o barbante em torno

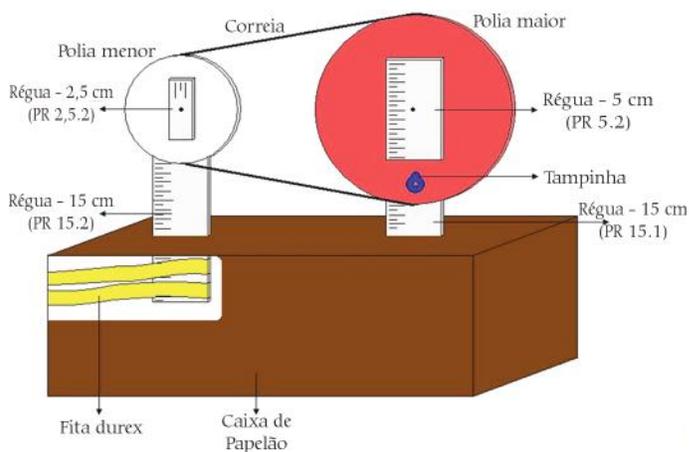
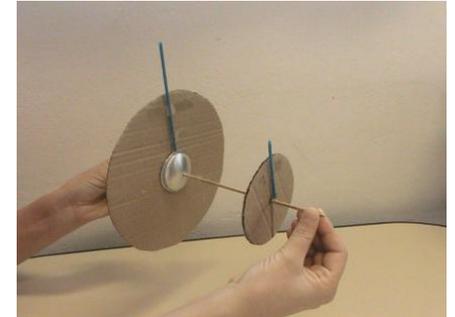


Figura 12 - Esquema do instrumento de correia completo.

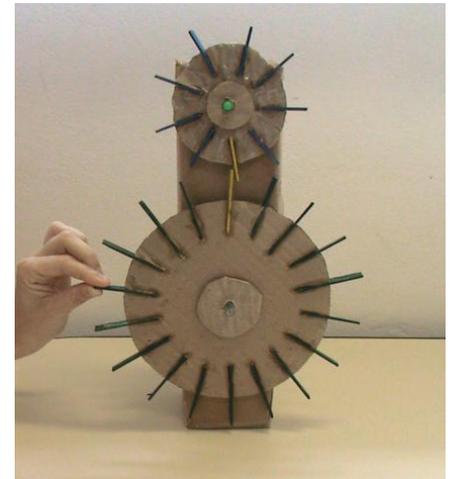
das polias (de forma semelhante as correias de bicicletas) e una as suas pontas (com nó, fita ou cola) de modo que não tenha folga, porém não muito esticado a ponto de não ser possível girá-las.

A Fig. 12 mostra a montagem completa do sistema. Para fazer esse dispositivo funcionar, basta girar a manivela (tampinha da caneta) como mostrado na foto do Anexo 3.

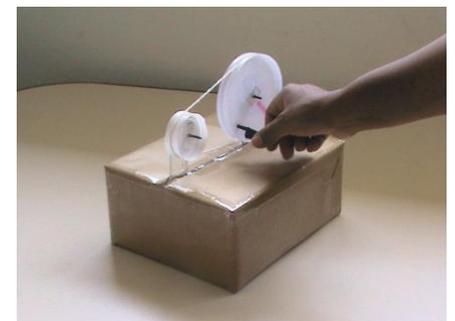
Anexo 1



Anexo 2



Anexo 3





Medindo a velocidade de rotação da Terra sem sair de casa

Cada vez mais fala-se a respeito da inclusão de experimentos simples, com materiais de baixo custo e fácil acesso, para poder elucidar muitos dos questionamentos que os alunos trazem para a sala de aula, principalmente no ensino médio. Outra função bastante interessante dos experimentos desse tipo é que o professor, ao conseguir construí-los facilmente, pode levá-los em suas aulas, tomando-os como ponto de partida de problematizações e discussões para o tema que estiver desenvolvendo. Através das atividades experimentais, observando atentamente as respostas dos alunos sobre o que está ocorrendo nos experimentos, o professor também obtém uma forma bastante eficiente para identificar as concepções alternativas que os estudantes possuem a respeito do assunto. A partir dessas informações, o professor poderá elaborar mais especificamente o percurso que irá seguir nas discussões do conteúdo.

O que eu proponho é uma maneira bastante simples de o professor encorajar os alunos a responderem uma dúvida que comumente surge ao tratar o movimento circular em sala de aula. Existem outras fontes onde o professor pode encontrar diversos experimentos simples e com materiais de fácil acesso, como por exemplo o livro do professor Valadares [1] (vale salientar que o livro nada tem a ver com o que faremos aqui, mas não gostaria de deixar de citá-lo como uma ótima fonte de atividades experimentais).

Quando se trata do movimento circular, geralmente na primeira série do ensino médio, um dos exemplos dados pelos professores é a questão do movimento de translação dos planetas em torno do Sol (apesar de ser uma aproximação, pois a órbita é elíptica). Ou então pode-se dar o exemplo de uma pessoa parada na superfície da Terra também estar realizando um movimento circular, devido agora ao movimento de rotação do planeta. E, ao

se falar do assunto, muitas vezes surge a pergunta dos alunos: “E qual é a velocidade de rotação da Terra?” Essa pergunta oportuniza a discussão de muitos conceitos e/ou noções de física, como, por exemplo, a diferença entre velocidade escalar e angular, a dependência radial, ou seja, qual delas depende da posição onde o observador está na superfície da Terra, e qual delas independe.

Após as devidas considerações, o professor poderá sugerir aos alunos, ou realizar junto deles, o experimento aqui proposto, que pretende justamente sanar esta dúvida. Vamos calcular a velocidade angular de rotação da Terra a partir de objetos simples e de muito fácil acesso em qualquer lugar.

É possível também que o professor planeje esta atividade durante as explicações e tratamentos do assunto de movimento circular, mas isto demandará um tempo maior para a realização de todo o processo e também será necessária uma atenção mais cuidadosa do professor enquanto os alunos trabalham neste processo.

Inspiração

A inspiração para realizar este experimento me ocorreu antes de uma aula da universidade. Cheguei na sala, já era final da tarde e o Sol ia se pondo, e vi que a luz do Sol passava por um orifício na janela e formava um círculo luminoso no quadro. Fiquei observando. Após um pequeno intervalo de tempo, como era de se esperar, o círculo já não estava mais no mesmo lugar. Então me veio a idéia: será que consigo calcular a velocidade angular da Terra, a partir da mudança de posição do círculo de luz originado pelo Sol de forma fácil? O que fiz está descrito a seguir.

A experiência

Os materiais são realmente fáceis de se conseguir. Relaciono, em seguida, aqui-

.....
Marcelo Girardi Schappo

Universidade Federal de Santa

Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

E-mail:marceloschappo@hotmail.com
.....

Aqui, apresentamos mais uma maneira de você utilizar materiais de baixo custo e fácil acesso para conseguir um resultado surpreendente: medir a velocidade de rotação do nosso planeta. Isto pode-se tornar uma atividade bastante interessante e enriquecedora na hora de ensinar movimento circular.

lo que é necessário. Também sugiro alternativas para alguns materiais: papel branco, lápis, cronômetro, fita adesiva ou apoio de papel, régua ou trena, barbante e objeto furado. Como objeto furado, utilizei o furo sobre o tampo de uma mesa de PVC para colocar guarda-sol.

Para o entendimento do procedimento experimental, é necessário levar em consideração os efeitos de movimento relativo entre a Terra e o Sol. Sendo assim, falar que o Sol está girando em torno da Terra com velocidade angular ω é equivalente a pensar na Terra girando com velocidade ω no sentido contrário, enquanto não translada ao redor do Sol. Então, o que faremos na experiência é, na verdade, calcular a “velocidade angular de translação do Sol em torno da Terra”, ω , novamente salientando que essa velocidade é “fictícia”, ou seja, o Sol não está transladando em torno da Terra; essa será apenas a técnica que utilizaremos.

Vale lembrar que o fato de se considerar a Terra sem translação em torno do Sol é uma aproximação, e só é válida porque o tempo de duração da experiência é muito curto quando comparado ao período de translação da Terra.

O que faremos é usar a aproximação de triângulos como se fosse uma câmara escura de orifício, já bem conhecida por professores do ensino médio, para calcular a distância percorrida pelo Sol ao longo de sua “órbita” ao redor da Terra. Em posse dessa distância e do tempo que levou para percorrê-la, é possível calcular sua velocidade escalar. Sabendo a velocidade escalar, divide-se pelo raio da trajetória (distância Terra-Sol) e, finalmente, obtém-se o valor da velocidade angular que estamos procurando ($v = \omega.R$). O esquema está representado na Fig. 1.

Mas você deve estar se perguntando: “pelo que propomos com a idéia da velocidade relativa, quem está se movendo é

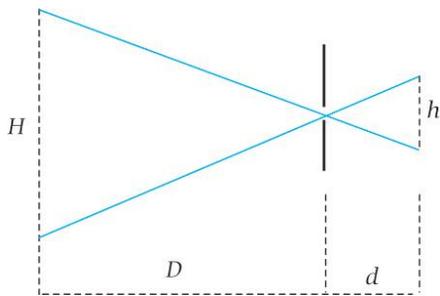


Figura 1 – Aproximação de triângulos. De acordo com este modelo, o Sol se move uma distância H no céu, e seu círculo de luz se move uma distância h no anteparo. A distância entre o orifício e o Sol é D , e entre o orifício e o anteparo é d .

o Sol em torno da Terra, e ainda em órbita circular. Então a distância H não deveria ser um arco, ao invés de uma linha reta? Como podemos usar semelhança de triângulos?” Vamos mostrar que é possível fazer a aproximação de trajetória retilínea (veja mais abaixo a seção “Por que usar semelhança de triângulos?”).

Visto isso, o procedimento que tomaremos é o seguinte:

1) Posicionar o objeto furado, no caso a mesa, de modo que se consiga que a luz do Sol atravesse-o e chegue ao anteparo (Fig. 2);

2) O anteparo considerado foi uma folha de papel, fixada por pesos de papel, colocada sob a mesa, na região onde a luz a estava atingindo;

3) Com o lápis, desenhe sobre o papel a posição inicial da região iluminada marcando o ponto central de maior luminosidade;

4) Ao término do desenho dispare o cronômetro. A partir deste momento a experiência está em curso. Não balance a mesa nem mude o papel de lugar. Evite de qualquer modo alterar os materiais. No nosso caso, deixamos a experiência correr por 10 minutos, ou seja, 600 segundos (Fig. 3);

5) Decorrido esse tempo, imediatamente desenhe a nova posição da região



Figura 2 – Aparato experimental. Repare o feixe de luz sobre o papel e o furo na mesa.



Figura 3 – Após alguns minutos de experiência, o feixe de luz já se deslocou visivelmente da posição inicial (marcada a lápis no papel).

iluminada e o ponto central de maior luminosidade;

6) Meça a distância entre os dois pontos centrais dos seus desenhos no papel. Neste caso, encontramos o valor de 3,85 cm, ou 0,0385 m (Fig. 4);

7) Agora, a única medida que falta fazer é a distância entre o orifício da mesa e a folha de papel. Utilizamos um fio de barbante esticado entre os dois pontos. Depois, com auxílio de trena, medimos o comprimento dele. Neste caso, achamos 89,50 cm, ou 0,8950 m (vale salientar que a distância d não é a altura da mesa, pois perceba que ela é a distância direta, em linha reta, desde o orifício da mesa até a marcação na folha de papel).

Algumas observações a respeito do experimento são importantes:

- Não vamos nos preocupar, por não ser o objetivo deste trabalho, com a teoria de erros. Mas encorajamos fortemente que se faça, na medida do possível, essa discussão em sala de aula;

- Há uma influência bastante grande da refração da luz solar na atmosfera, desviando o caminho da mesma. Para minimizar esse efeito, aconselha-se fazer a experiência em horário próximo ao meio-dia. No caso, realizamos a mesma entre 12:35 h e 12:55 h (montagem, tomada de dados, e desmontagem);

- Logicamente, o céu não pode estar encoberto. Então, ao se propor tal atividade aos alunos, não esqueça de deixar tempo hábil para que possa ser feita a experiência, frente às diferentes e inconstantes (no caso de Florianópolis) condições de meteorologia.

Fazendo as contas...

De posse dos nossos dados coletados e fazendo a semelhança de triângulos proposta anteriormente, temos:

$$H = ? \quad D = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$d = 0,8950 \text{ m} \quad h = 0,0385 \text{ m}$$

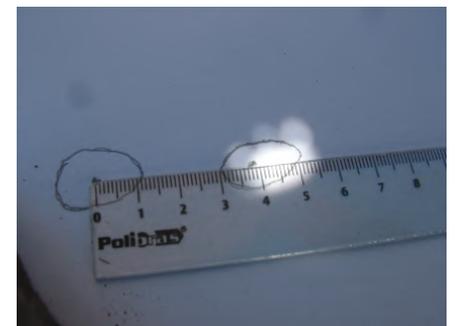


Figura 4 – Após 10 minutos, a nova marcação na folha de papel. Desde o término da experiência, o Sol se deslocou mais adiante, mas não se confunda na hora de fazer a medida! O que vale é aquilo que foi marcado.

Note que o valor de D foi considerado a distância Terra-Sol. Então agora aplicando a relação do triângulo

$$\frac{h}{d} = \frac{H}{D} \rightarrow \frac{0,0385}{0,8950} = \frac{H}{1,5 \times 10^{11}} \rightarrow$$

$$H = 6,452514 \times 10^9 \text{ m.}$$

Como H significa a distância percorrida pelo Sol em torno da Terra, a velocidade escalar de “translação” do Sol em sua “órbita” será o valor de H dividido pelo tempo da experiência

$$v = \frac{H}{t} \rightarrow v = \frac{6,452514 \times 10^9}{600} \rightarrow$$

$$v = 1,075419 \times 10^7 \text{ m/s.}$$

Agora, finalmente, sabendo-se que a distância desse objeto até o centro de translação pode ser escrita como o valor da distância Terra-Sol (chamada aqui de D), temos como encontrar o valor da velocidade angular

$$v = \omega R \rightarrow \omega = \frac{v}{D} \rightarrow \omega = \frac{1,075419 \times 10^7}{1,5 \times 10^{11}}$$

$$\rightarrow \omega = 7,169460 \times 10^{-5} \text{ rad/s.}$$

Com isso, chegamos à suposta velocidade angular de translação do Sol em torno da Terra. Como explicado anteriormente, essa velocidade angular corresponde à velocidade angular de rotação da Terra, que era exatamente o que queríamos encontrar.

Note que, ao escrevermos o valor de D e do raio da suposta trajetória do Sol em torno da Terra, não consideramos o raio da Terra, e o motivo disso é que ele tem um valor desprezível quando considerada a distância Terra-Sol. Veja

$$\left| \frac{R_T - D_{T-S}}{D_{T-S}} \right| = \left| \frac{6,4 \times 10^6 - 1,5 \times 10^{11}}{1,5 \times 10^{11}} \right| =$$

$$0,99995733.$$

Quanto mais desprezível for o raio da Terra em relação à distância Terra-Sol, mais próximo de 1 deveria dar o resultado da razão anterior. E, realmente, chegamos muito próximo disso. Para os fins que queremos com este trabalho, é uma excelente aproximação.

Vamos calcular agora o valor de referência para a velocidade angular de rotação da Terra (o período de rotação da Terra é 23 horas e 56 minutos, ou seja, 86160 segundos). O valor de π é considerado 3,141593, então

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3,141593}{86160} =$$

$$7,292463 \times 10^{-5} \text{ rad/s.}$$

Por fim, podemos calcular o erro percentual do valor encontrado experimentalmente e o valor de referência calculado

$$E\% = \left| \frac{7,169460 \times 10^{-5} - 7,292463 \times 10^{-5}}{7,292463 \times 10^{-5}} \right|$$

$$\times 100 = 1,686714\%.$$

Frente à realidade de um pequeno erro experimental para a velocidade angular da Terra, bem como todas as aproximações e considerações que fizemos ao longo do processo, chegar a um erro percentual como este é realmente impressionante. Uma outra coisa que costuma deixar os alunos chocados é a velocidade escalar de, por exemplo, uma pessoa na superfície da Terra sobre o equador. Podemos usar para fazer esse cálculo o valor da velocidade angular encontrada experimentalmente (o raio da Terra considerado 6400 km)

$$v = \omega R \rightarrow$$

$$v = (7,169460 \times 10^{-5}) \times (6,4 \times 10^6) \rightarrow$$

$$v = 458,84544 \text{ m/s} \cong 1650 \text{ km/h.}$$

E agora, certamente a pergunta será: “professor, como então a pessoa não sente essa velocidade toda?”, mas isso já seria assunto de um outro artigo. Pode-se discutir questões de inércia e também o fato de que a camada atmosférica também rotaciona com a Terra, fazendo com que a pessoa não sinta nenhum forte vento contrário por estar-se movendo com uma velocidade de 1650 km/h.

Por que usar semelhança de triângulos?

A possibilidade de utilização da *semelhança de triângulos* se resume no fato de podermos considerar a distância H como sendo uma linha reta, e não um arco de circunferência, como seria mais adequado. Para mostrar que podemos fazer isso, vamos calcular qual seria o valor do suposto arco e comparar com o valor de H que encontramos anteriormente. Das relações da circunferência, temos

$$S = r \cdot \alpha,$$

onde S é o arco, r é o raio do movimento circular e α é o ângulo aberto pelo móvel em movimento. Sabendo o valor da velocidade angular teórica e o tempo do movimento, podemos encontrar o valor de α .

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \rightarrow \alpha = \omega t \rightarrow S = r \omega t.$$

O valor de r é a distância Terra-Sol (novamente o argumento de que o raio da Terra é desprezível), a velocidade angular teórica foi calculada anteriormente e o tempo de experiência é 600 segundos. Então, fica-

mos com um arco S de

$$S = (1,5 \times 10^{11}) \times (7,292463 \times 10^{-5}) \times 600 \rightarrow$$

$$S = 6,563217 \times 10^9 \text{ m.}$$

O valor que encontramos para H na aproximação com linha reta foi de $6,452514 \times 10^9$ m, mostrando novamente que, para os fins deste trabalho, a aproximação é válida.

Conclusões

Durante todo o caminho das considerações e dos cálculos apresentados neste artigo, fizemos uma série de aproximações, que estão devidamente explicadas quando aparecem. Este é um ponto muito interessante para discutir-se em sala de aula, ou seja, quais as aproximações que precisamos fazer? E, principalmente, o porquê de podermos fazê-las. Sem dúvida, este trabalho e estas discussões podem ser realmente uma ótima oportunidade para que o aluno esclareça os conceitos de velocidade escalar, velocidade angular, período de movimento, movimento circular, etc.

E mais uma vez se afirma que se utilizando de experimentos e procedimentos simples, com materiais de baixo custo e fácil acesso se consegue resultados realmente impressionantes. Afinal, sem maiores cuidados com algarismos significativos, com o modelo utilizado de semelhança de triângulos, e com todas as aproximações que fizemos, chegamos a um erro percentual em relação ao valor teórico de menos de 2%. Isso é fascinante! E pode ser um ótimo meio de fazer os alunos se interessarem mais pela física e pelas ciências experimentais. Sucesso e bom trabalho!

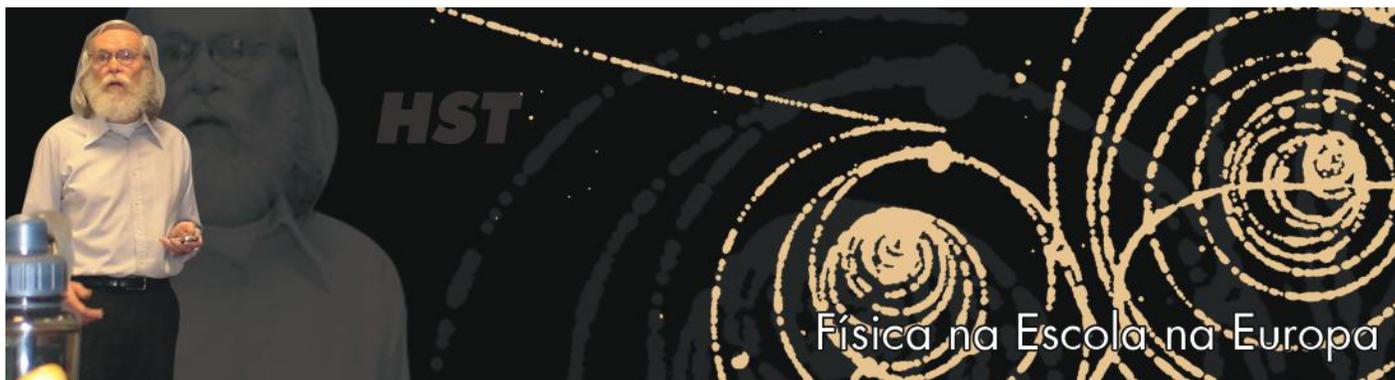
Agradecimento

Agradeço ao professor Vinicius Jacques pelos valiosos comentários e sugestões que me ajudaram a compor parte do texto deste artigo.

Também agradeço ao meu irmão, físico, Maurício Girardi Schappo, por ter-me auxiliado no dia da realização do experimento.

Referências

- [1] Eduardo de Campos Valadares, *Física Mais que Divertida* (Editora UFMG, Belo Horizonte, 2002).



.....

Eduardo Gama

Colégio Pedro II, Rio de Janeiro, RJ,
Brasil
E-mail: dudufisica@gmail.com

Marta F. Barroso

Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Rio de
Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: marta@if.ufrj.br

.....

Introdução

O High School Teachers Program (HST) oferecido pelo CERN, laboratório de física de altas energias localizado na fronteira da Suíça com a França, acolhe todo ano por um período de um mês professores de diferentes nações, principalmente da Europa e América do Norte, para um programa de formação continuada no interior de suas instalações. No ano de 2007 um brasileiro participou do programa, e neste artigo compartilha da experiência, apresentando um relato com a intenção de destacar e reforçar a importância da formação continuada de professores e ilustrar a ênfase que a comunidade de cientistas e educadores internacionais dão a esta formação.

A necessidade de manter os professores de ensino médio atualizados em conteúdos da ciência, e aptos à produção de material educacional que destaque e reforce em seus alunos o gosto pela ciência e a importância e o prazer das descobertas, especialmente aquelas voltadas às pesquisas contemporâneas (mais ligadas à física moderna) é uma grande preocupação da comunidade científica internacional, que vê cada vez mais diminuir o interesse dos jovens pelas áreas das ciências da natureza.

O HST é realizado já há 11 anos. O programa do ano de 2007 ocorreu durante o mês de julho, período de férias de verão na Europa. O grupo de participantes era formado por professores de ensino médio da

França, Polônia, Hungria, Bélgica, Alemanha, Holanda, Itália, México, Estados Unidos da América, Grécia, Portugal, Espanha, Romênia, Escócia, África do Sul, Noruega, Eslováquia, Cingapura e Brasil.

A necessidade de manter os professores de ensino médio atualizados em conteúdos da ciência, e aptos à produção de material educacional que destaque e reforce em seus alunos o gosto e o prazer das descobertas é uma grande preocupação da comunidade científica internacional

Os objetivos explícitos do programa são:

- fornecer aos professores participantes atualização e aprofundamento em temas da física contemporânea;
- apresentar aos participantes experimentos e pesquisas desenvolvidos no CERN;
- permitir o contato entre pesquisadores e professores de ensino médio;
- promover a interação entre os professores de ensino médio e estudantes de pós-graduação de todas as partes do mundo;
- estimular o desenvolvimento de materiais didáticos ligados à física contemporânea para uso com alunos do ensino médio;
- integrar professores de diferentes línguas e culturas a fim de permitir a troca de experiências culturais e profissionais.

Professores no CERN

É curioso perceber como um centro internacional de pesquisa pensa e atua na formação continuada de professores.

Há um investimento focalizado na formação disciplinar, ou no que se costuma denominar conhe-

cimento de conteúdo específico, dos professores de física. Eles participam de cursos, oficinas e visitas que apresentam aspectos e discussões atuais da física de partículas elementares. A observação do trabalho desenvolvido no

programa permite um conjunto de reflexões.

A primeira delas refere-se à diferenciação entre formação continuada e a qualificação profissional dos professores.

Um brasileiro teve a oportunidade de conviver durante um mês com professores de física do ensino médio de vários países do mundo¹ (Europa, África, Ásia e América) em um programa desenvolvido pelo CERN (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire) para professores de ensino médio. E neste artigo relata essa experiência.

A formação continuada é algo que um professor (ou qualquer profissional) realiza, de forma permanente, ao longo de sua vida, como parte de seu processo de constituição e realização como um profissional que pretende se manter atualizado e ativo. Isso é diferente das atividades formais de qualificação, como a realização de cursos de pós-graduação lato ou stricto sensu (especialização, mestrado e doutorado), que tem como objetivo capacitar o professor em determinada área (por exemplo, no caso de doutorado, formá-lo como alguém capaz de produzir conhecimento de forma independente). O CERN portanto pensa em atualizar constantemente os professores, levando a eles os mais recentes desenvolvimentos na sua área de atuação e divulgando as atividades de pesquisa em andamento. O programa é uma atividade de formação continuada.

A segunda reflexão refere-se à relação entre o programa desenvolvido e a formação de professores de física. Muito se vem pensando e escrevendo sobre o conhecimento, ou os saberes, que um professor deve possuir em sua atividade profissional [1, 2]. O que distingue um professor de um especialista, ou melhor, o que distingue um professor de física de um físico profissional, é um tipo de conhecimento denominado por Schulman [3] de “conhecimento de conteúdo pedagógico”, o conhecimento que faz com que ele auxilie seus alunos a aprender. Segundo Schulman, o saber do professor é influenciado por seu *conhecimento do conteúdo de ciência* (física) propriamente dito, o seu saber disciplinar, pelo seu *conhecimento pedagógico* (seus objetivos educacionais, seus princípios instrucionais, sua maneira de gerenciar a atividade de sala de aula e seus conhecimentos sobre estudantes e sua aprendizagem), e pelo *conhecimento do contexto* onde atua (os estudantes, a escola, a comunidade, o município e o estado).

E, curiosamente, há uma dúvida sobre se os professores que conhecem mais ciências (que têm maior domínio do campo disciplinar) são melhores professores de ciências. Mas “[alguns trabalhos] indicam uma relação positiva entre formação em ciência e o uso de demonstrações, de experimentos conduzidos pelos alunos, de registro e comunicação de resultados entre alunos, e da realização de projetos individuais e de grupo. Além disso, o uso de livros-texto ‘diminui constantemente com o aumento do estudo formal em ciência.’” [1, p. 1118].

Também, “quando atividades são indicadas no livro-texto, professores com pouco conhecimento as seguem fielmente. Professores com conhecimento fazem muitas

modificações. (...) Quando atividades não são sugeridas, apenas professores com conhecimento podem gerar atividades por si próprios” [3], citado na Ref. [1, p. 1119].

O tipo de capacitação promovida pelo programa traz, como consequência direta para os professores envolvidos, uma maior compreensão sobre os conceitos de física moderna e contemporânea. Com isso, há um maior domínio do conteúdo específico, possibilitando que os professores proponham, através da reelaboração pedagógica do conteúdo disciplinar, atividades e sequências didáticas para o ensino destes conteúdos no ensino médio. Essas propostas de atividades e sequências didáticas são enriquecidas pela colaboração entre professores de diversos países e culturas, já que são feitas em grupo no programa.

O programa então se preocupa pouco com o aprofundamento de conhecimentos de caráter pedagógico, e se interessa muito em discutir com os professores os conteúdos de ciência ligados aos estudos e pesquisas desenvolvidos no CERN. Num contexto em que a falta de interesse pela ciência tem-se tornado cada vez mais acentuada por parte dos estudantes de ensino médio dos países europeus, a produção de materiais didático-pedagógicos que permitam aos docentes e às instituições promoverem este interesse acaba se tornando um objetivo indissociável da apresentação dos conteúdos e temas propostos no programa.

As atividades do programa

O programa para professores no CERN tem quatro tipos de atividades: cursos, visitas aos laboratórios, oficinas de trabalho e atividades sócio-culturais.

No programa de 2007, foram ofere-

cidos os cursos “Introdução a Câmaras de Bolhas”, “Introdução à Cosmologia”, “Introdução à Física de Partículas”, “Introdução a Aceleradores de Partículas”, “Introdução à Física de Astropartículas”, “Detecção de Partículas”, “Aplicações Médicas da Física de Partículas” e “Antimatéria em Laboratório”.

Os professores desses cursos – uma característica do programa – são os pesquisadores que desenvolvem as pesquisas no CERN. Por exemplo, o curso sobre cosmologia teve como professor John Ellis, uma das figuras mais conhecidas da física de partículas.

Durante o programa, também, foram feitas visitas às instalações dos experimentos em realização no CERN. Nestas visitas, os pesquisadores responsáveis pela implementação ou monitoração dos experimentos em andamento ou em construção apresentavam suas concepções e expectativas. Na Fig. 2, mostramos algumas das fotos do grupo em visitas aos experimentos.

Para discutir maneiras de ensinar física moderna através da montagem de experimentos ou demonstrações, foram oferecidos os cursos “Experimentos de Física Moderna para o Ensino Médio” e “Construção de uma Câmara de Nuvens”. Os professores participantes constituíram grupos de trabalho desde o primeiro dia do programa, e esses grupos tinham como objetivo a produção de materiais educacionais para o ensino médio. Esses materiais estão disponíveis na página do programa, em <http://teachers.web.cern.ch/teachers/hst/2007/work.htm>, para o ano 2007, e em <http://teachers.web.cern.ch/teachers/>. Na Fig. 3, apresentamos imagens do grupo de professores numa aula e em um grupo

O CERN pensa em atualizar constantemente os professores, levando a eles os mais recentes desenvolvimentos na sua área de atuação e divulgando as atividades de pesquisa em andamento



Figura 1 - John Ellis e o curso de Introdução à Cosmologia. Ele é um físico teórico inglês que trabalha no CERN há muitos anos. Ganhou vários prêmios importantes da física, pelos trabalhos que desenvolveu – em particular, em relação aos aspectos fenomenológicos da física de partículas e à interface entre física de partículas e a cosmologia.



Figura 2 - Visitas ao experimentos CMS - Compact Muon Solenoid Experiment e PS/AD - Proton Synchrotron Accelerator e Antiproton Decelerator.

de trabalho.

Todo o programa estava ligado aos trabalhos realizados no CERN - isto é, a conceitos e desenvolvimentos da física atual, pouco ou nada explorados no ensino médio, ou a aspectos técnicos relacionados ao desenvolvimento e montagem de alguns equipamentos do centro de pesquisa, alguns únicos no planeta.

E a física desenvolvida no CERN tem espaço no ensino médio?

As idéias desenvolvidas em física no século XX ainda estão pouco presentes no ensino médio. Alguns autores de livros didáticos começam a revelar uma preocupação em apresentar, alguns de forma mais descritiva e outros de forma mais qualitativa, conceitos relacionados diretamente à física contemporânea, quase sempre nos capítulos finais destes livros ou

como apêndices para leitura suplementar.

Os conteúdos programáticos adotados pelas escolas, apesar da liberdade oferecida pela LDB na construção dos projetos político-pedagógicos, também estão majoritariamente centrados na física clássica. Talvez isso se dê porque boa parte dos programas dos concursos de acesso às universidades públicas se limitam a conteúdos da física clássica.

É compreensível a dificuldade dos professores em conciliar nos três anos do ensino médio dois interesses de grande importância: o de formar alunos capazes de compreender, ainda que de forma básica, as tecnologias que o cercam, frutos em sua maioria das pesquisas e da Física desenvolvida no último século (por isso chamada de Física moderna contemporânea), e o de formar bons candidatos para os concursos vestibulares. Assim, embora

os livros didáticos apresentem material textual e até propostas de experimentos interessantes ligados aos conteúdos de física contemporânea, estes acabam ficando literalmente para o “final” do curso ou então são absolutamente deixados de lado.

No entanto, a introdução dos conceitos e idéias desenvolvidos nos anos mais recentes pela física nos programas do ensino médio pode ser capaz de despertar o interesse dos alunos, ao permitir o contato com idéias revolucionárias que mudaram a ciência no século XX. Ensinar física moderna e contemporânea no ensino médio já foi defendido de inúmeras formas, desde o discurso proferido por Eric Rogers em 1969 [4]. Para que isso seja possível, os professores devem dominar esses conceitos e desenvolver materiais didáticos apropriados para esse processo. As atividades desenvolvidas no programa do CERN são extremamente proveitosas para os professores, pois são realizadas num diálogo entre a comunidade científica e os professores, onde há uma percepção mútua da importância desses dois grupos e do diálogo entre eles.

A física desenvolvida no CERN tem sim espaço no ensino médio, a partir desse diálogo. Na Fig. 4, mostramos um trecho de um hipertexto produzido para uso com estudantes do ensino médio.

A importância das atividades de integração sócio-cultural

Além das atividades acadêmicas (participação nos cursos e seminários, visitas técnicas às instalações do CERN e diversos experimentos e preparação de material educacional em grupos de trabalho), uma parte importante do programa era a troca de experiências sócio-culturais que ocorriam principalmente nas atividades externas.

Como exemplo, há uma espécie de gincana, tradicional do programa, onde os professores são separados em grupos e devem cumprir um roteiro através da cidade de Genebra, conhecendo sua história e sua cultura.

Ao longo do curso comemoramos diversos aniversários segundo os costumes dos aniversariantes, participamos de um mini-curso de experimentação dos mais diversos tipos de cerveja belga (promovido pelo único professor belga participante do programa) e festejamos a diversidade gastronômica dos diversos países, numa noite de integração gastronômico-musical-cultural. A contribuição brasileira foi ensinar a fazer caipirinha com uma cachaca típica levada do Brasil, adequadamente preparada com a utilização de um pilão...

Após o encerramento do curso com



Figura 3 - Professores participantes do programa em grupo de trabalho e em sala de aula.

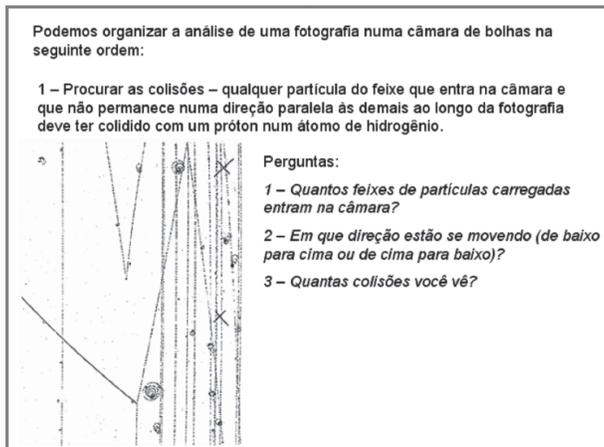


Figura 4 - Um trecho de um material produzido para utilização com estudantes do ensino médio.

um piquenique no Monte Jura, uma cadeia de montanhas pré-histórica na França e com um belo visual da cidade de Genebra, a despedida do programa foi um churrasco promovido pelo Prof. Rolf, coordenador do programa HST e incentivador do mesmo desde seu início.

As experiências trocadas, o conhecimento acerca das realidades educacionais em cada continente e país dos participantes e as diversidades das práticas de sala de aula relatadas produzem uma informação preciosa que não pode ser encontrada apenas nos relatórios estatístico-descritivos produzidos por cada sistema de educação. Este conjunto de informações e experiências trocadas contribuem de forma positiva na reelaboração de algumas práticas pessoais, enriquecendo-as e permitindo que produzam melhores resultados.

Conclusão

O convívio com professores de ensino médio de outros países (especialmente da Europa e Estados Unidos) possibilitou o conhecimento das mais diversas experiências e a constatação de diferenças nas realidades educacionais, tanto nas formas de ensinar como em relação ao que se ensina no nível médio. Apesar das diferenças, é possível identificar um núcleo comum nestas diversas experiências.



Figura 5 - Pic-nic no Monte Jura e churrasco de despedida no parque do CERN.

Uma das diferenças explícitas é que a física moderna está mais inserida no cotidiano das salas de aula dos professores europeus e americanos do que no Brasil. Em muitos países, os elementos de física moderna são discutidos de forma regular e os estudantes demonstram interesse nos conteúdos e em suas implicações, o que dificilmente ocorre no Brasil.

A dificuldade financeira para a aquisição de equipamentos de laboratório para experimentos de física moderna parece ser a mesma para todos.

Estes experimentos não são baratos em nenhum lugar e os professores relataram dificuldades em conseguir verbas. Mesmo os montados no laboratório modelo para professores de ensino médio no CERN têm custo elevado.

O convívio no ambiente do CERN permitiu uma interação quase natural entre pesquisa e ensino. Os professores palestrantes, os que guiavam o grupo de professores do programa para as visitas às instalações, e todos que trabalham nos diversos equipamentos espalhados ao longo das enormes instalações e que os apresentavam aos professores não pertenciam a algum tipo de grupo específico de pesquisadores do CERN escolhidos para falar aos professores do ensino médio. Todos conseguiam utilizar uma linguagem clara, por mais elaborados ou sofisticados que fossem os equipamentos ou a física por trás de seu funcionamento, seus princípios básicos e sua importância no contexto das pesquisas ali realizadas. O tratamento dado aos professores participantes do programa era menos o de cursistas e mais o de divulgadores das pesquisas ali realizadas. O objetivo não era apenas investir na formação dos professores participantes, mas especialmente na possibilidade de divulgação da pesquisa de ponta em sala de aula e na tentativa de conectar as pesquisas ali realizadas aos

interesses dos estudantes de ensino médio. Numa das apresentações foram reveladas estatísticas levantadas junto a comunidade de alunos do ensino médio europeu e revelou-se um grande desinteresse pelas áreas relacionadas a ciência, de modo que o programa desenvolvido pelo CERN tem também o objetivo de resgatar este interesse para permitir a renovação das gerações de pesquisadores.

Todas as instalações eram abertas à visitação e, segundo as palavras de todos os responsáveis por qualquer uma delas, não havia segredos no CERN. Cooperação talvez seja a palavra que melhor define aquele ambiente de pesquisa. Não só a cooperação entre os que produzem o conhecimento como entre estes e os que o divulgam e legitimam aquela produção.

Não é preciso discutir a importância da abordagem de conteúdos de física moderna no ensino médio e não é necessário participar de um programa deste tipo para compreendê-la. Mas esta participação não só reforça esta importância como fornece elementos para trazer esta abordagem para a sala de aula. Todo o material didático e de divulgação produzido no programa e no CERN está disponível para uso gratuito no site do programa. Lá é possível encontrarmos desde cursos completos ligados a tópicos de física moderna bem como propostas de experimentos e atividades, vídeos e transparências, a maioria produzida por pesquisadores interessados em permitir a discussão e divulgação das bases das pesquisas ali realizadas, ou por professores participantes dos programas oferecidos e que marcam sua presença através destas contribuições.

Em resumo: foi uma oportunidade ímpar participar deste programa, e seria muito interessante se outros professores brasileiros dele tivessem a possibilidade de participar...

Nota

¹A viagem foi inteiramente financiada com recursos do HELEN - High Energy Latin-American-European Network. Os autores agradecem o financiamento parcial da FAPERJ.

Referências

- [1] S.K. Abell, in S.K. Abell and N.G. Lederman (eds) *Handbook of Research on Science Education* (Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 2007).
- [2] M. Tardif, *Saberes Docentes & Formação Profissional* (Editora Vozes, Petrópolis, 2002).
- [3] L.S. Shulman, *Educational Researcher* **15**(2), 4 (1986).
- [4] A. Medeiros, *Física na Escola* **8**(1), 40, (2007).



Eder Pires de Camargo¹, Camila Bim², Jaqueline Schiavinato Olivo³ e Rafael Luiz Heleno Freire⁴

Departamento de Física e Química, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Ilha Solteira, SP, Brasil

¹E-mail: camargoep@dfq.feis.unesp.br

²E-mail: ca_bim@hotmail.com

³E-mail: jack_linesfs@hotmail.com

⁴E-mail: cyberflab@yahoo.com.br

Introdução

O equipamento construído aborda, a partir de observação multissensorial, o disco de Newton. Explora vários sentidos no intuito de incluir o discente com deficiência visual junto à atividade de ensino de óptica. Como recorre a percepções não-visuais, o material enfoca de forma analógica os fenômenos relacionados à propagação da luz e, em particular, a composição da luz branca.

Os seguintes conceitos físicos podem ser abordados:

- composição da luz
- comprimentos de onda e frequência

O material explora as seguintes percepções sensoriais:

- audição
- visão
- paladar
- olfato

Material utilizado

- placa quadrada de madeira (40 cm de lados e 0,5 cm de espessura) – madeireira e marcenaria.
- EVA: amarelo, verde, anil, azul, lilás, laranjado, vermelho – livraria e papelaria;
- cola quente – livraria e papelaria.
- sete tipos de essências (escolha os sete tipos) – confeitaria, lojas de doces;

- sete sabores de sucos em pó (escolha livre) – supermercados, padarias, conveniências, etc.
- pó de café – supermercados, padarias, conveniências, etc.
- tecido preto – loja de tecidos e confecções.
- tinta guache – livraria e papelaria.
- pincel – livraria e papelaria.
- copo descartável – supermercados, lojas de artigos para festas, etc.
- garrafa PET- supermercados, bares, etc.
- percevejo – livraria e papelaria.
- motor de alta rotação (motor de liquidificador, por exemplo).

A Fig. 1 mostra os materiais utilizados e início da montagem.

Procedimento experimental

Modelo visual - tradicional

Corte o pedaço de madeira em formato circular, com um diâmetro de 35 cm. Em seguida, fure o centro do disco obtido (para encaixar no eixo do motor). Recorte os EVAs coloridos em forma de setores circulares segundo as proporções dadas na Tabela 1. Utilizando cola quente, com muito cuidado, cole-os sobre a superfície do disco seguindo a ordem de cores mostrada na Fig. 2.

A proporção de cores citada é para a

Apresentamos um disco de Newton que explora vários sentidos. A observação visual é a tradicional. Para a audição utilizamos tiras de garrafas PET dobradas em M e fixadas no disco. Em seguida, colocamos uma haste de papel em contato com as tiras, de forma que quando girarmos o disco com uma alta rotação, o som ficará uniforme. Para o paladar, utilizamos sabores distintos de sucos. Primeiramente experimenta-se um de cada vez e em seguida a mistura de todos. Para o olfato, encharcamos cada setor circular com uma essência. Primeiro sente-se o cheiro das essências separadamente e depois, quando o disco girar em uma alta rotação, o aroma oriundo do objeto em movimento. Para distinguir melhor cada aroma é utilizado, entre as observações olfativas, o pó de café. Este material é adequado para ser utilizado em sala de aula que contemple a presença de discentes com e sem deficiência visual. Por este motivo, é considerado inclusivo.

Tabela 1 - Grau de abertura e percentual referente às cores do disco de Newton.

Cor	Grau de abertura dos setores	Porcentagem de cores
Amarelo	100°	27
Verde	56°	16
Anil	53°	15
Azul	33°	9
Lilás	42°	12
Vermelho	46°	13
Laranjado	30°	8



Figura 1 - Materiais utilizados início da montagem do equipamento.

obtenção de um melhor efeito visual, ou seja, uma melhor “mistura” das cores para a visualização do branco. Em seguida fixe a madeira no motor para que esta possa girar e demonstrar o efeito desejado.

Modelo auditivo

Agora, corte as garrafas PET em tiras de mesmo tamanho e dobre em formato de M. Com percevejo, fixe as tiras na borda do disco, sobre o EVA (Fig. 2). O espaçamento entre as tiras em cada cor deve ser distinto. Tais espaçamentos representam, de forma analógica, a frequência de cada cor.

Prenda o disco no motor e faça-o girar. Coloque uma haste de papel ou plástico em contato com as tiras em duas situações: (a) com o disco girando em alta rotação (analogia: mistura das cores – mistura dos sons); (b) desligue o motor para que o mesmo vá parando lentamente. Nesta situação, perceba a diferença entre os sons oriundos dos setores circulares.

Modelo olfativo

Nesta parte da atividade realize três ações: (a) encharque cada setor circular com uma essência diferente; (b) solicite aos discentes para que observem olfativamente cada setor circular em repouso; (c) ligue o motor e solicite para que os discentes observem olfativamente o cheiro oriundo do disco em movimento. O café pode ser utilizado para neutralizar o chei-

ro de uma determinada essência antes que outra seja observada olfativamente. Aqui se estabelecem duas analogias: (1) entre os cheiros e as cores dos setores circulares em repouso (que podem ser percebidos individualmente) e (2) entre a uniformização do cheiro e da cor formada devido à rotação do disco.

Modelo gustativo

Faça sete tipos de sucos. Solicite que os alunos degustem cada sabor. Em seguida, misture todos os sabores e solicite para que os discentes provem a mistura. Aqui podemos estabelecer novamente duas analogias: (1) sabores provados individualmente correspondem às cores observadas no disco estático; (2) o sabor oriundo da mistura dos sucos corresponde à cor formada no disco em movimento.

Observação

Para as observações não-visuais e analógicas do disco de Newton, seria conveniente privar os alunos videntes da percepção visual. Para isto, corte os pedaços de tecido preto em tiras, de forma a obter vendas para os olhos. Neste contexto, os discentes videntes poderão tocar as bordas do disco de Newton para perceber o espaçamento entre as tiras fixadas e ouvir o som proveniente do contato

da haste de papel com as tiras em movimento. Na etapa de degustação, poderão sentir os sabores dos sucos e tentar associá-los a uma cor. Com esta medida, objetiva-se que os discentes videntes concentrem sua atenção às observações não-visuais.

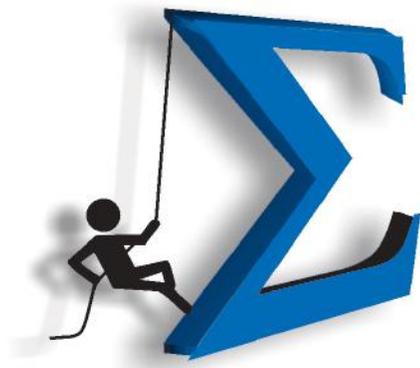
Para finalizar, promova entre os discentes com e sem deficiência visual, um debate abordando as múltiplas observações do disco de Newton, explorando as analogias entre as cores e as observações auditiva, olfativa e gustativa. Solicite para que os discentes videntes descrevam suas observações visuais, e para que todos descrevam suas observações não-visuais. Busque organizar as convergências entre as observações de várias naturezas e explicitar as diferenças entre os fenômenos visual, auditivo, olfativo e gustativo, destacando que as semelhanças observadas são analógicas. Dessa forma, poderá o discente deficiente visual construir, por meio de analogias, os significados envolvidos no fenômeno do disco de Newton.

Apoio

CNPQ: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.



Figura 2 - disco de Newton fixado ao motor.



Problemas Olímpicos

Soluções dos problemas do número anterior

1 Molécula contendo N átomos de massas $m_1, m_2, m_3, \dots, m_N$, onde cada átomo está conectado ao seu vizinho por meio de ligações químicas que podem ser tratadas como molas que obedecem a lei de Hooke, com valores da constante de mola $k_1, k_2, k_3, \dots, k_N$.

Seja x_1 o deslocamento da massa m_1 , x_2 o deslocamento da massa m_2, \dots , e x_N o deslocamento da massa m_N .

A equação de movimento é

Para a massa 1: $F_1 = -k_1(x_1 - x_2)$

Para a massa 2: $F_2 = -k_2(x_2 - x_3) - k_1(x_2 - x_1)$

Para a massa 3: $F_3 = -k_3(x_3 - x_4) - k_2(x_3 - x_2)$

...

Para massa i -ésima: $F_i = -k_i(x_i - x_{i+1}) - k_{i-1}(x_i - x_{i-1})$

Para a massa N : $F_N = -k_{N-1}(x_N - x_{N-1})$.

$$(1) + (2) + \dots + (ith) + \dots + (N) = \sum_{j=1}^N F_j = 0$$

$$\Rightarrow \sum_{j=1}^N m\ddot{x}_j = 0,$$

$$\sum_{j=1}^N m\dot{x}_j = \text{constante}$$

ou seja, a equação acima descreve o movimento da molécula toda ao longo da direção longitudinal com velocidade constante. No caso a molécula esta em repouso e, portanto velocidade nula,

$$\sum_{j=1}^N m\dot{x}_j = 0 \Rightarrow m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_Nx_N = 0.$$

2 Satélite esférico de 1 m de raio que tem sua superfície coberta por uma mesma substância e exposto à radiação solar. O satélite está em órbita em torno da Terra, mas não na sombra da Terra. A radiação solar transfere energia térmica para o satélite até que a taxa de energia recebida pelo sol é a mesma taxa de energia térmica perdida pelo satélite.

a) Seja R_S o raio do Sol, r o raio do satélite esférico, T_S a temperatura do Sol e T a temperatura do satélite.

A energia radiada pelo Sol em 1 s para o espaço é $4\pi R_S^2 \sigma T_S^4$.

A uma distância R do centro do Sol, a densidade de energia por unidade de área é

$$I = \frac{4\pi R_S^2 \sigma T_S^4}{4\pi R^2} = \left(\frac{R_S}{R}\right)^2 \sigma T_S^4.$$

A área efetiva do satélite que recebe a energia do Sol é a superfície voltada para ele. Para o esférico esta área é πr^2 . Portanto, a energia que o satélite recebe

do Sol por unidade de tempo é $\left(\frac{R_S}{R}\right)^2 \sigma T^4 \pi r^2$.

Como a energia que o satélite irradia por unidade de tempo é $4\pi r^2 \sigma T^4$, no equilíbrio

$\left(\frac{R_S}{R}\right)^2 \sigma T_S^4 \pi r^2 = 4\pi r^2 \sigma T^4$. Substituindo os valores, resulta em $T = 289$ K.

b) Calculemos x que corresponde a $T = 1200$ K substituindo a formula $hf/k = 1200$ e $T = 6000$ K na formula $x = hf/kT$. Assim $x = 1200/6000 = 0.2$.

A energia total absorvida pelo satélite é

$$E_{ab} = \int_0^{x=0.2} \frac{x^3}{e^x - 1} dx.$$

A razão entre a energia absorvida e a energia total é

$$\frac{E_{ab}}{E_{total}} = \frac{\int_0^{x=0.2} \frac{x^3}{e^x - 1} dx}{\int_0^{\infty} \frac{x^3}{e^x - 1} dx}.$$

Portanto, para x pequeno

$$\int_0^{x=0.2} \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \int_0^{x=0.2} x^2 dx.$$

$$\text{Assim } \frac{E_{ab}}{E_{total}} = 4.1 \times 10^{-4}.$$

A energia solar absorvida pelo satélite

é $\pi r^2 \left(\frac{R_S}{R}\right)^2 \sigma T^4 4.1 \times 10^{-4}$, sendo T a temperatura do satélite na condição de equilíbrio. Finalmente substituindo os valores dados resulta $T = 40$ K.