

Carta do Editor

Caro leitor, gosto sempre de lembrar, quando possível, da famosa palestra do físico e escritor C.P. Snow intitulado *As Duas Culturas*. Uma, a cultura humanística; a outra, a científica. C.P. Snow argumenta: “espera-se de toda pessoa dita ‘cultura’, que ela saiba dizer quem escreveu *Romeu e Julieta* ou quem compôs esta ou aquela famosa sinfonia”. Porém, se perguntássemos a estas mesmas pessoas o que diz a Segunda Lei da Termodinâmica, elas não se sentiriam nem um pouco constrangidas em demonstrar total desconhecimento. Há uma separação entre estes dois mundos. Mas seria isso natural? Devemos aceitar esta dicotomia? Eu particularmente acredito que não, e por isso começamos mais uma edição da Física na Escola com o artigo de Alexandre Medeiros, Rosiane Valério de Moura e João Tertuliano Nepomuceno Agra sobre a literatura de cordel e a astronomia. Em seguida apresentamos um artigo de Maristela do Nascimento Rocha, Aline Ribeiro Sabino e Mikiya Muramatsu acerca de um tema comum mas ainda muito pouco compreendido: o atrito! Quando digo “incompreendido” não me refiro à famosa lei de Coulomb-Amontons (aquela que diz que o atrito é proporcional à força normal) que descreve muito bem, do ponto de vista macroscópico, o atrito entre corpos. Refiro-me sim à verdadeira “causa” do atrito em escalas de nanômetros (um bilionésimo de metro): há pelo menos quatro diferentes explicações para o fenômeno e ao que tudo indica todas as quatro são relevantes. O atrito ainda é um tema de pesquisa em grandes centros espalhados pelo mundo, pois a estimativa é que 1,6%

do PIB dos países industrializados é perdido pela falta de uma melhor compreensão do fenômeno “atrito”.

Saindo agora dos problemas econômicos que o atrito possa causar, apresentamos na sequência um artigo de Fabiana Cristina Nascimento e Carla Emília Nascimento sobre um tema recorrente, muito explorado nas artes mas ainda pouco discutido nos livros de física: as ilusões de óptica. Essa ausência de maiores discussões se deve ao fato que toda a história se passa no nosso cérebro, no sentido que uma ilusão de óptica não existe “per se” mas depende da maneira como nosso cérebro processa as informações que a ele chegam pela nossa visão, essa que sem dúvida é, entre nossos sentidos, a que mais exige do nosso cérebro. Fica aqui uma pergunta, sem dúvida já feita há muito tempo: qual o papel de nossos sentidos na elaboração de um modelo mental que fazemos do mundo? Um bom exemplo disto é o artigo de Pedro Donizete Colombo Junior e Cibelle Celestino Silva a respeito da Casa Maluca em São Carlos. Neste experimento, de uma casa toda inclinada, nossas sensações visuais (responsáveis também pelo nosso equilíbrio) são “enganadas” e nossa percepção da gravidade muda. Aliás, se lhe perguntassem qual das quatro interações fundamentais da natureza você acredita ser a mais importante, qual seria sua resposta? A gravidade? Sem ela obviamente não ficaríamos presos ao

nosso planeta, mas o que adianta saber que estamos nele se não sabemos exatamente aonde? Este problema que acompanha o homem desde há muito, parece ter sido resolvido nestes nossos tempos de GPS (*Global Positioning System*) e da conectividade via rede mundial de computadores. Mas se novamente eu lhe perguntasse como determinar os pontos cardeais com todo este aparato e a observação dos astros, o que você responderia? Pois o artigo de Marcos Daniel Longhini, Roberto Ferreira Silvestre e Flávio César Freitas Vieira se ocupa justamente desta questão.

Física não se aprende apenas nos livros. Podemos aprender brincando – e o homem nunca deixa de brincar ao longo de sua vida. Por que não utilizar então jogos simples para ensinar, digamos, cinemática? É justamente sobre isso que nos fala o artigo de Magali Fonseca de Castro Lima e Vitorvani Soares. Quando jogos de tabuleiro já não mais nos satisfazem (embora é fato que nunca perdemos nosso interesse por eles), o uso de recursos digitais – os chamados Objetos de Aprendizagem – podem suprir a lacuna. Mas seriam eles eficientes e

acessíveis mesmo? Sobre esta questão, com particular ênfase no projeto PhET (*Physics Educational Technology*) da Universidade do Colorado, nos EUA, debruçaram-se Alessandra Riposati Arantes, Márcio Santos Miranda e Nelson Studart. Para todos nós que usamos ou nos

Para C.P. Snow, “espera-se de toda pessoa dita ‘cultura’, que ela saiba dizer quem escreveu *Romeu e Julieta* ou quem compôs esta ou aquela famosa sinfonia”. Porém, se perguntássemos a estas mesmas pessoas o que diz a Segunda Lei da Termodinâmica, elas não se sentiriam nem um pouco constrangidas em demonstrar total desconhecimento

interessamos por este assunto, esta é uma leitura obrigatória. Nesta mesma linha de pensamento a presente edição traz um trabalho de Jader da Silva Neto, Fernanda Ostermann e Sandra Denise Prado sobre o desenvolvimento de uma página na Internet para a formação de técnicos em radiologia. O uso de radiodiagnóstico é hoje uma realidade por todo nosso país e formar técnicos capacitados uma preocupação constante de nossas autoridades.

E nesta nossa edição não poderia faltar um pouco de história, se bem que contada de uma forma diferente: através de uma máquina de viagem no tempo - uma ideia fascinante mas, desculpe-me o leitor, uma ficção - mas uma ficção da autoria de Luiz Henrique Martins Arthury, que viaja por diversas épocas e nos explica a importância de sistemas, modelos e ideias na construção da

ciência. Finalmente, dois artigos que, embora usando diferentes abordagens, têm um objetivo comum: o ensino de ciência, que passa pela instigação da curiosidade seja ela na forma de um jogo - uma viagem pelo sistema solar - que é o que nos apresenta o artigo de Adriana Oliveira Bernardes e Rosana Giacominini - ou o trabalho de Mauro Costa da Silva, que apresenta aos alunos a física do pêndulo de Newton de forma desafiadora. E, falando em desafios, não poderíamos deixar de falar sobre nossos problemas olímpicos. Aqui fica nosso agradecimento ao Prof. José Pedro Rino, sem o qual esta seção não seria possível.

Não poderia faltar a seção "Faça Você Mesmo", com a qual concluímos a revista: quando se viu diante de um estudante cego, Alexandre César Azevedo se perguntou: - Como ensinar gráficos para

uma pessoa que não enxerga? Sua ideia simples, fácil de ser colocada em prática mas muito eficiente é apresentada junto com algumas fotos feitas pelo autor.

A todos os autores meu agradecimento por prestigiarem nossa revista!

A todos uma boa leitura!

Sílvio R. Dahmen



Problemas Olímpicos

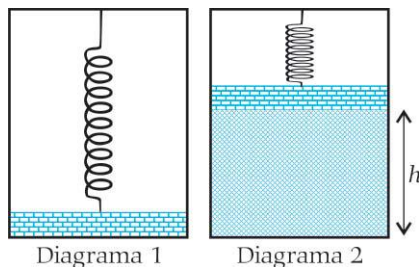
Novos problemas

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

1 Duas partículas carregadas, uma de massa M e carga $+Q$ e uma de massa m e carga $-q$ são colocadas em um campo elétrico e uniforme E . Após as partículas terem sido soltas, elas permanecem a uma distância d constante uma da outra. Qual é essa distância?

2 Um pistão é pendurado por uma mola dentro de um cilindro vertical como mostra a figura. Quando todo ar é retirado do recipiente, o pistão fica em equilíbrio como mostra o Diagrama 1, mas com uma pequena fresta entre o pistão e o fundo do recipiente. Quando uma porção de gás, a uma temperatura T , é introduzida sob o pistão, este sobe até a altura h , como mostra o Diagrama 2. Qual será a altura do pistão em relação

ao fundo do recipiente se o gás for aquecido até $2T$? Suponha que a mola obedeça a lei de Hooke e que não haja atrito no movimento do pistão.



3 Você está dirigindo um carro conversível com a capota e os vidros fechados. Você nota que o teto de lona do carro fica inflado. Para explicar

este fenômeno é mais fácil utilizar: a) o princípio de Bernoulli, b) as leis de Newton, c) ambos. Explique.

4 Água com bolhas de ar flui através de um cano que fica mais estreito. Na região estreita a água ganha velocidade e as bolhas de ar são:



- a) Maiores?
- b) Menores?
- c) Do mesmo tamanho?

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 Desafios

Carta do Editor

Caro leitor, gosto sempre de lembrar, quando possível, da famosa palestra do físico e escritor C.P. Snow intitulado *As Duas Culturas*. Uma, a cultura humanística; a outra, a científica. C.P. Snow argumenta: “espera-se de toda pessoa dita ‘cultura’, que ela saiba dizer quem escreveu *Romeu e Julieta* ou quem compôs esta ou aquela famosa sinfonia”. Porém, se perguntássemos a estas mesmas pessoas o que diz a Segunda Lei da Termodinâmica, elas não se sentiriam nem um pouco constrangidas em demonstrar total desconhecimento. Há uma separação entre estes dois mundos. Mas seria isso natural? Devemos aceitar esta dicotomia? Eu particularmente acredito que não, e por isso começamos mais uma edição da Física na Escola com o artigo de Alexandre Medeiros, Rosiane Valério de Moura e João Tertuliano Nepomuceno Agra sobre a literatura de cordel e a astronomia. Em seguida apresentamos um artigo de Maristela do Nascimento Rocha, Aline Ribeiro Sabino e Mikiya Muramatsu acerca de um tema comum mas ainda muito pouco compreendido: o atrito! Quando digo “incompreendido” não me refiro à famosa lei de Coulomb-Amontons (aquela que diz que o atrito é proporcional à força normal) que descreve muito bem, do ponto de vista macroscópico, o atrito entre corpos. Refiro-me sim à verdadeira “causa” do atrito em escalas de nanômetros (um bilionésimo de metro): há pelo menos quatro diferentes explicações para o fenômeno e ao que tudo indica todas as quatro são relevantes. O atrito ainda é um tema de pesquisa em grandes centros espalhados pelo mundo, pois a estimativa é que 1,6%

do PIB dos países industrializados é perdido pela falta de uma melhor compreensão do fenômeno “atrito”.

Saindo agora dos problemas econômicos que o atrito possa causar, apresentamos na sequência um artigo de Fabiana Cristina Nascimento e Carla Emília Nascimento sobre um tema recorrente, muito explorado nas artes mas ainda pouco discutido nos livros de física: as ilusões de óptica. Essa ausência de maiores discussões se deve ao fato que toda a estória se passa no nosso cérebro, no sentido que uma ilusão de óptica não existe “per se” mas depende da maneira como nosso cérebro processa as informações que a ele chegam pela nossa visão, essa que sem dúvida é, entre nossos sentidos, a que mais exige do nosso cérebro. Fica aqui uma pergunta, sem dúvida já feita há muito tempo: qual o papel de nossos sentidos na elaboração de um modelo mental que fazemos do mundo? Um bom exemplo disto é o artigo de Pedro Donizete Colombo Junior e Cibelle Celestino Silva a respeito da Casa Maluca em São Carlos. Neste experimento, de uma casa toda inclinada, nossas sensações visuais (responsáveis também pelo nosso equilíbrio) são “enganadas” e nossa percepção da gravidade muda. Aliás, se lhe perguntassem qual das quatro interações fundamentais da natureza você acredita ser a mais importante, qual seria sua resposta? A gravidade? Sem ela obviamente não ficaríamos presos ao

nosso planeta, mas o que adianta saber que estamos nele se não sabemos exatamente aonde? Este problema que acompanha o homem desde há muito, parece ter sido resolvido nestes nossos tempos de GPS (*Global Positioning System*) e da conectividade via rede mundial de computadores. Mas se novamente eu lhe perguntasse como determinar os pontos cardeais com todo este aparato e a observação dos astros, o que você responderia? Pois o artigo de Marcos Daniel Longhini, Roberto Ferreira Silvestre e Flávio César Freitas Vieira se ocupa justamente desta questão.

Física não se aprende apenas nos livros. Podemos aprender brincando – e o homem nunca deixa de brincar ao longo de sua vida. Por que não utilizar então jogos simples para ensinar, digamos, cinemática? É justamente sobre isso que nos fala o artigo de Magali Fonseca de Castro Lima e Vitorvani Soares. Quando jogos de tabuleiro já não mais nos satisfazem (embora é fato que nunca perdemos nosso interesse por eles), o uso de recursos digitais – os chamados Objetos de Aprendizagem – podem suprir a lacuna. Mas seriam eles eficientes e

acessíveis mesmo? Sobre esta questão, com particular ênfase no projeto PhET (*Physics Educational Technology*) da Universidade do Colorado, nos EUA, debruçaram-se Alessandra Riposati Arantes, Márcio Santos Miranda e Nelson Studart. Para todos nós que usamos ou nos

Para C.P. Snow, “espera-se de toda pessoa dita ‘cultura’, que ela saiba dizer quem escreveu *Romeu e Julieta* ou quem compôs esta ou aquela famosa sinfonia”. Porém, se perguntássemos a estas mesmas pessoas o que diz a Segunda Lei da Termodinâmica, elas não se sentiriam nem um pouco constrangidas em demonstrar total desconhecimento

interessamos por este assunto, esta é uma leitura obrigatória. Nesta mesma linha de pensamento a presente edição traz um trabalho de Jader da Silva Neto, Fernanda Ostermann e Sandra Denise Prado sobre o desenvolvimento de uma página na Internet para a formação de técnicos em radiologia. O uso de radiodiagnóstico é hoje uma realidade por todo nosso país e formar técnicos capacitados uma preocupação constante de nossas autoridades.

E nesta nossa edição não poderia faltar um pouco de história, se bem que contada de uma forma diferente: através de uma máquina de viagem no tempo - uma ideia fascinante mas, desculpe-me o leitor, uma ficção - mas uma ficção da autoria de Luiz Henrique Martins Arthury, que viaja por diversas épocas e nos explica a importância de sistemas, modelos e ideias na construção da

ciência. Finalmente, dois artigos que, embora usando diferentes abordagens, têm um objetivo comum: o ensino de ciência, que passa pela instigação da curiosidade seja ela na forma de um jogo - uma viagem pelo sistema solar - que é o que nos apresenta o artigo de Adriana Oliveira Bernardes e Rosana Giacominini - ou o trabalho de Mauro Costa da Silva, que apresenta aos alunos a física do pêndulo de Newton de forma desafiadora. E, falando em desafios, não poderíamos deixar de falar sobre nossos problemas olímpicos. Aqui fica nosso agradecimento ao Prof. José Pedro Rino, sem o qual esta seção não seria possível.

Não poderia faltar a seção "Faça Você Mesmo", com a qual concluímos a revista: quando se viu diante de um estudante cego, Alexandre César Azevedo se perguntou: - Como ensinar gráficos para

uma pessoa que não enxerga? Sua ideia simples, fácil de ser colocada em prática mas muito eficiente é apresentada junto com algumas fotos feitas pelo autor.

A todos os autores meu agradecimento por prestigiarem nossa revista!

A todos uma boa leitura!

Sílvio R. Dahmen



Problemas Olímpicos

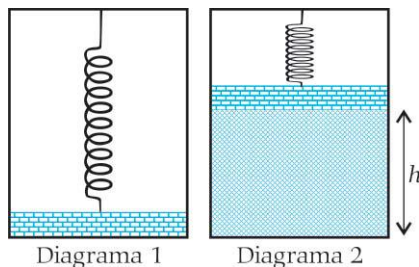
Novos problemas

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

1 Duas partículas carregadas, uma de massa M e carga $+Q$ e uma de massa m e carga $-q$ são colocadas em um campo elétrico e uniforme E . Após as partículas terem sido soltas, elas permanecem a uma distância d constante uma da outra. Qual é essa distância?

2 Um pistão é pendurado por uma mola dentro de um cilindro vertical como mostra a figura. Quando todo ar é retirado do recipiente, o pistão fica em equilíbrio como mostra o Diagrama 1, mas com uma pequena fresta entre o pistão e o fundo do recipiente. Quando uma porção de gás, a uma temperatura T , é introduzida sob o pistão, este sobe até a altura h , como mostra o Diagrama 2. Qual será a altura do pistão em relação

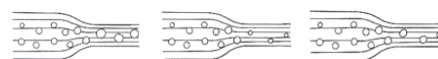
ao fundo do recipiente se o gás for aquecido até $2T$? Suponha que a mola obedeça a lei de Hooke e que não haja atrito no movimento do pistão.



3 Você está dirigindo um carro conversível com a capota e os vidros fechados. Você nota que o teto de lona do carro fica inflado. Para explicar

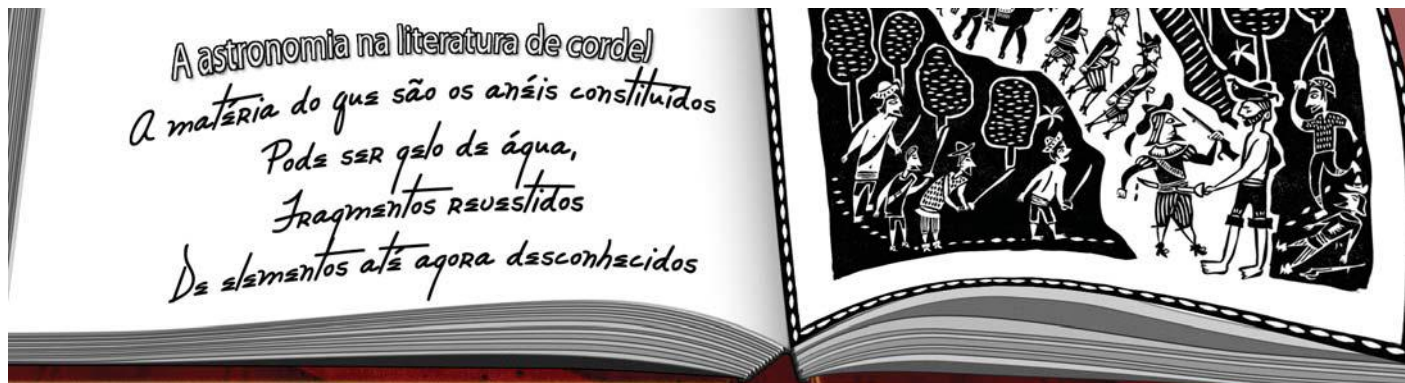
este fenômeno é mais fácil utilizar: a) o princípio de Bernoulli, b) as leis de Newton, c) ambos. Explique.

4 Água com bolhas de ar flui através de um cano que fica mais estreito. Na região estreita a água ganha velocidade e as bolhas de ar são:



- a) Maiores?
- b) Menores?
- c) Do mesmo tamanho?

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 Desafios



Possibilidades e limites pedagógicos da literatura de cordel no ensino da ciência

Literatura popular em versos, o cordel chegou ao Brasil no século XVIII trazido pelos portugueses e tornou-se típica da região Nordeste. O nome cordel é derivado da forma como os folhetos eram expostos à venda, pendurados em cordões nas feiras e mercados populares. Curran [1, p. 17] assim conceitua a literatura de cordel:

A literatura de cordel é uma poesia folclórica e popular com raízes no Nordeste do Brasil. Consiste, basicamente, em longos poemas narrativos, chamados “romances” ou “histórias”, impressos em folhetins ou panfletos de 32 ou, raramente, 64 páginas, que falam de amores, sofrimentos ou aventuras, num discurso heróico de ficção (Fig. 1).

Esta conceituação, porém, refere-se à literatura de cordel tradicional, que segundo Rezende [2], não contempla as marcantes modificações que se pode observar neste gênero literário popular na atualidade, naquilo que já se costumou chamar de “novo cordel”. Uma das características marcantes deste “movimento novo cordel” é ter ele surgido como uma reação ao declínio do cordel tradicional que havia perdido espaço como meio de comunicação para a TV nas zonas rurais do país. A transformação ocorrida então no cordel foi um reflexo da urbanização do país, tendo então o cordel procurado novos públicos e diversificado os conteúdos abordados, in-

O “movimento novo cordel” surgiu como uma reação ao declínio do cordel tradicional, procurando novos públicos e diversificando os conteúdos abordados, incluindo assuntos até então típicos da escola, como temas científicos...

...enquanto a literatura de cordel tradicional é uma poesia folclórica e popular com raízes no Nordeste do Brasil, consistindo basicamente em longos poemas narrativos, chamados “romances” ou “histórias”

cluindo assuntos até então típicos da escola, como temas científicos diversos, questões ambientais e até mesmo a astronomia. É nesta seara que se constrói e que se estabelece a tentativa de cordelistas como Manoel Monteiro [3], Antonio Francisco [4], Antônio Klevisson Viana [5], Raimundo Santa Helena [6], Gonçalo Ferreira da Silva [7, 8] e vários outros de levarem a esse novo público uma forma de

jornalismo popular que contemple não apenas o trivial e cotidiano, mas que reflita o imaginário popular até mesmo sobre assuntos da ciência. O trabalho do movimento “novo cordel” pode assim ser caracterizado como uma forma de divulgação de um conhecimento até então exclusivo de ambientes escolares e acadêmicos e que por vezes tem assumido pretensões pedagógicas.

terizado como uma forma de divulgação de um conhecimento até então exclusivo de ambientes escolares e acadêmicos e que por vezes tem assumido pretensões pedagógicas.

Não é, entretanto trivial que o novo cordel possa ir muito além da representação do imaginário popular sobre tais temas abordados. Sua atuação enquanto mecanismo poético popular de divulgação deste imaginário é bela e louvável, mas a sua utilização pedagógica tem que ser feita com o devido cuidado, como tentaremos mostrar nos exemplos analisados na sequência deste trabalho. Além disso, está ainda por ser estudada a tensão

existente entre a beleza e a possível motivação induzida pelos cordéis em sua beleza poética e a necessária precisão conceitual que deve existir em textos pedagógicos. As vantagens e desvantagens pedagógicas do uso do cordel precisam também levar

.....
Alexandre Medeiros

Departamento de Física,
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Recife, PE, Brasil

.....
João Tertuliano Nepomuceno Agra

Unidade Acadêmica de Física,
Universidade Federal de Campina
Grande, Campina Grande, PB, Brasil

.....

Recentemente experiências pedagógicas de utilização da literatura de cordel no ensino escolar da ciência têm sido feitas, principalmente no Nordeste do Brasil. Tais experiências estão baseadas na premissa de que as mensagens ali contidas são traduções confiáveis da cultura erudita para a cultura popular. Neste trabalho avaliamos alguns exemplos relevantes de tais cordéis ligados a temas relacionados com a astronomia, tentando enfatizar os seus lados positivos assim como os pontos que merecem uma melhor atenção pelos deslizos conceituais neles envolvidos.



Figura 1 - Cordéis ligados à ciência em geral. A foto é ilustrativa da variedade de cordéis existente.

em conta a distinção entre possíveis melhoras na memorização de informações, da compreensão crítica das mesmas. Certo é, contudo, que o cordel tem o seu espaço garantido enquanto legítima forma de expressão e de valorização da cultura popular. A tensão entre poesia e ciência, entre livre criação artística com ênfase na estética e o esforço para articular argumentos em textos científicos, aparece, portanto, como um elemento vital a ser encarado na definição das potencialidades e das limitações do papel pedagógico do cordel.

Acertos e desacertos na divulgação da astronomia em cordel

Analisemos, a título de exemplo do que foi acima discutido, alguns exemplos de sextilhas e septilhas contidas em alguns cordéis dedicados ao tema da astronomia. Elas podem ser encontradas tanto nos cordéis originais quanto na interessante coletânea organizada por Ildeu Castro Moreira, Luisa Massarani e Carla Almeida intitulada: *Cordel e Ciência: A Ciência em Versos Populares* [9].

Comecemos com algumas belas septilhas contidas no cordel intitulado *O Menino que Viajou num Cometa* de autoria do poeta popular (cordelista) Raimundo Santa Helena. Nelas, o poeta não apenas expressa de modo conciso certas informações astronômicas importantes referentes ao tema dos cometas, como ainda o faz

de forma bela e singela, utilizando-se de uma linguagem simples e facilmente compreensível. Aquilo que se diz em muitas páginas num ensaio ou em prosa, o poeta consegue exprimir em poucas palavras com rara beleza e propriedade. Este é o caso, por exemplo, da septilha na qual Santa Helena trata da composição e da periodicidade do cometa Halley e daquilo que constitui o seu núcleo e a sua cauda. Nosso poeta popular sintetiza este tema em um verso singelo:

*Tem um núcleo formoso
Tem cauda e cabeleira
Incrível velocidade
Tem gelo gás e poeira
Cada setenta e seis
Anos mais ou menos eis
O cometa na esteira...*

A beleza do cometa, que a muitos inspira, não poderia, certamente, passar despercebida ao nosso poeta popular. Ele a descreve com rara sensibilidade, entre-meando sonho e realidade ao imaginar-se entrando em um cometa:

*Na serra depois da ponte
Com meus passos apressados
Entro no cometa feito*

A tensão entre poesia e ciência, entre livre criação artística com ênfase na estética e o esforço para articular argumentos em textos científicos, aparece como um elemento vital a ser encarado na definição das potencialidades e das limitações do papel pedagógico do cordel

*De raios multidourados!
Numa fração de segundos
Mergulhamos noutros mundos
De sonhos imaginados...*

Mas não apenas de belos versos e de informações corretas sinteticamente apresentadas se compõe o referido cordel. Ele contém também alguns equívocos importantes e que precisam ser apontados. Vejamos, por exemplo, o que nos diz o poeta Raimundo Santa Helena sobre a polêmica questão da possibilidade da vida extraterrena. Diante desta questão controversa e aberta ao debate, ele assume uma posição definitiva, como se houvesse um consenso a esse respeito, e o faz equivocadamente em nome da ciência. Uma afirmação deste tipo não poderia passar sem o devido reparo, se é que alguém possa pretender fazer uso pedagógico de tais versos no ensino da ciência.

*A ciência inteira
Acaba de concluir
Que o universo nunca
Parou de se expandir
Que seres extraterrestres
São inteligentes mestres
Que um dia hão de vir...*

Em uma linha poética de beleza semelhante encontramos também informações importantes nos versos do consagrado cordelista Gonçalo Ferreira da Silva. Analisemos algumas belas sextilhas contidas

em seu cordel intitulado *Senhor dos Anéis*. Em uma delas, o referido cordelista discorre sobre o mistério da nossa origem e do nosso destino, assinando poeticamente que até recentemente isto era apenas matéria de pura especulação. É o caminho que

ele anuncia para enaltecer logo em seguida os feitos da ciência.

*Donde viemos e qual
A nossa destinação?
Há menos de um século, esta
Crucial indagação
Tinha resposta no mito
E na imaginação*

O poeta refere-se aos anéis de Saturno destacando a variedade dos mesmos:

*Visto de perto os anéis
Parecem um bloco somente,
Apreciados de perto,
Um do outro diferente
Cada um seguindo órbita
Totalmente independente*

Ele também discorre com rara felicidade a respeito das distâncias relativas entre Saturno, Terra e Sol situando a Terra

a mais ou menos meio caminho do nosso astro-Rei. Mas, ele vai mais além e acrescenta ainda a informação pertinente de que Saturno é um planeta gasoso e que, portanto a sua densidade é inferior a da água. Tudo isso dito de forma poética tem certamente um encanto que o frio relato didático em forma de ensaio não consegue conferir:

*A distancia em relação
Ao nosso planeta amado
Pouco menos que a do Sol
Ele está distanciado
E menos denso que a água
Quando no normal estado*

Gonçalo reforça a característica de planeta gasoso de Saturno unindo-a ao fato de ser ele também um planeta gigante (assim como Júpiter) e de possuir anéis que lhe conferem uma beleza especial. E, o poeta assinala, ainda, que toda essa beleza e mistério tem sido alvo de estudos científicos recentes por sondas espaciais:

*Entre os gigantes gasosos
É o mais admirado
Pelos anéis majestosos
Pelos quais é circundado,
Por sondas espaciais
Intensamente estudado*

Gonçalo enfatiza a posição de Saturno como sexto planeta em relação ao Sol sem jamais perder de vista a questão de sua beleza. Ele diz de uma forma feliz, que Saturno não apenas inspira os poetas, mas que ele próprio é um poema.

*Saturno é o sexto planeta
Do nosso belo sistema
Visto de longe é um disco
Ou celestial emblema
Inspirador dos poetas
É ele próprio um poema*

Apesar de todas essas mensagens poéticas e conceitualmente bem postas, Gonçalo Ferreira da Silva comete também alguns pequenos deslizes conceituais em termos científicos que precisam ser devidamente apontados. Ao referir-se à constituição dos anéis de Saturno que são feitos da mesma matéria comum existente na Terra, ele assume uma postura antiga de identificar nos céus a existência de uma matéria sutil diferente da matéria terrestre.

*A matéria do que são
Os anéis constituídos
Pode ser gelo de água,
Fragmentos revestidos
De elementos até
Agora desconhecidos*

Também ao discorrer poeticamente sobre o magnetismo de Saturno, cujas origens são, de fato, ainda alvo de discussão, o poeta se permite uma concessão à boa rima em detrimento da informação assim

veiculada. Deste modo, ele atribui de forma inapropriada a ausência de um consenso sobre a origem do magnetismo de Saturno a uma questão de ética.

*A explicação aponta
Para a ação magnética
Do gigantesco planeta
Nem otimista nem cética
A ciência nada afirma
Por uma questão de ética*

Com todo respeito à boa rima, este deslize conceitual poderia e deveria ter sido evitado se o referido poeta houvesse sido devidamente assessorado por profissionais da área.

O poeta prossegue o cordel em sua boa rima, mas com uma marcha conceitual cambaleante. Ele refere-se à nossa galáxia, Via Láctea, como se a mesma fosse uma constelação. E prossegue em seu equívoco conceitual situando o nosso planeta Terra não corretamente nas bordas da Via Láctea, mas de forma completamente incorreta no centro da mesma. Diz o nosso poeta, com sentimento mas com imprecisão:

*A Via Láctea é uma
Constelação muito bela,
A nossa pequena esfera
Fica bem no centro dela
Não a vemos plenamente
Porque residimos nela*

Gonçalo deixa também escapar uma certa mistura que faz entre astronomia e astrologia, o que em termos educativos deveria ser evitado. Ele assume um tom quase místico diante da beleza incontestada de Saturno e atribui ao mesmo a propriedade astrológica de ser ele o Senhor do destino. E, além disso, Gonçalo afirma que tal aceção é feita por “pensadores de alto tino”.

*Saturno pela beleza
É simplesmente divino,
Segundo alguns pensadores
Do mais alto tino*

*É ele, além dos anéis
Também Senhor do Destino.*

Não fica claro em seu poema quem são esses tais pensadores, mas este deslize abre a porta para que um leitor desavisado (uma criança talvez) pense equivocadamente que tais pensadores poderiam ser, por exemplo, alguns astrônomos, o que referendaria assim o equívoco da informação.

Analisemos, agora, algumas belas sextilhas contidas no cordel intitulado *Trigésimo Aniversário da Conquista da Lua* também de autoria do famoso cordelista Gonçalo Ferreira da Silva.

Gonçalo inicia a sua narrativa poética (datada de 1999) assinalando apropriadamente o enorme espanto causado pela chegada do homem à Lua:

*Aqui no globo terrestre
Há exatos trinta anos
Uma nave tripulada
Por três norte-americanos
Desceu na Lua, causando
Assombro aos olhos humanos.*

Ele faz uma bela digressão sobre a busca do ser humano pelo conhecimento do mundo em que vive e coloca esta busca filosófica como uma obrigação da raça humana. Nesta ode ao conhecimento, Gonçalo enfatiza ainda as questões das nossas origens e da dimensão do Universo, salientando também, de modo apropriado, que o mesmo está em uma constante expansão:

*Busca o homem conhecer
A origem e dimensão
Do universo e se está
Em permanente expansão
Pois conhecer nossa casa
É a nossa obrigação*

Mais uma vez, entretanto, Gonçalo comete, também neste cordel, alguns deslizes conceituais em termos científicos. Ele refere-se com um inapropriado desdém ao conhecimento proveniente da análise



das rochas lunares e afirma equivocadamente que teria sido este o motivo do abandono do projeto Apollo. Diz ele:

*Foi a conquista da Lua
Não decepcionante
Mas de valor científico
Tão insignificante
Que o próprio projeto Apollo
Sequer seguiu adiante.*

E prossegue no mesmo equívoco em uma outra sextilha:

*O material lunar
Uma vez submetido
À análise e comprovado
O pouco valor contido
Ficou o projeto Apollo
Completamente esquecido*

Contraditoriamente, entretanto, em outra sextilha mais adiante, Gonçalo faz considerações bem diferentes sobre o término do projeto Apollo, apresentando então, uma interpretação mais cuidadosa da história do mesmo:

*Tanto União Soviética
Quanto os Estados Unidos
Por questões orçamentárias
Tornaram-se precavidos
E os projetos mais ousados
Parcialmente esquecidos*

Esta oscilação entre duas versões contraditórias dos fatos ocorridos mostra o pouco compromisso que o poeta possui com a verdade histórica. Seu compromisso maior, e não poderia ser de outra forma, é com a beleza da expressão poética dos fatos por ele “construídos” em torno dos fatos históricos. Este não é absolutamente um comentário depreciativo de sua obra, mas um simples ajustamento da mesma àquilo pelo qual ela pode e deve ser admirada, qual seja a sua expressão poética do imaginário popular. Do mesmo modo, porém, cabe assinalar a sua não adequação imediata ao uso pedagógico em um contexto de ensino da ciência sem que a mesma seja antes submetida ao crivo de um profissional da área. Uma tal cooperação poderia representar um fértil cruzamento de distintos saberes, que sem jamais empobrecer a expressão poética popular, pudesse transcender a mesma e atingir a condição de ser igualmente um texto de potencial valor pedagógico no ensino da ciência.

E para complementar esta tônica na qual a beleza da veia poética do cordelista se sobressai por vezes ao rigor conceitual científico, mas que consegue paradoxalmente repousar por vezes em terrenos até

Mesmo quando as concepções expostas no cordel estiverem corretas, nada implica que a sua utilização vá além do despertar a curiosidade para o tema em foco ou de contribuir para a memorização de algumas informações ali contidas

mesmo mais complexos, apreciemos o que nos diz com rara propriedade o poeta ao caminhar na interface da ciência e da ética, refletindo sobre a dialética das suas conquistas e dos seus descaminhos:

*O homem uma vez dotado
De suprema inteligência
Vence infinitas distâncias
Com as asas da ciência
Porém não vence a miséria,
A fome e a violência.*

Conclusões

É preciso, certamente, valorizar o uso do cordel na educação como um autêntico produto da cultura popular que exhibe de forma rica a beleza do imaginário popular (Fig. 2). É importante, porém, não esperar que as concepções ali porventura contidas possam estar de acordo com as concepções científicas vigentes. Neste sentido, é preciso bastante cautela e responsabilidade em seu uso pedagógico. Mesmo quando as concepções expostas no cordel estiverem corretas, nada implica que a sua utilização vá além do despertar a curiosidade para o tema em foco ou de contribuir para a memorização de algumas informações ali contidas. Um uso pedagógico mais responsável do cordel no ensino da ciência implicaria, além disso, em uma composição em parceria entre um cordelista, possuidor da arte da expressão verbal poética popular e um profissional da área do conhecimento específico a que se referisse o respectivo cordel.

Visto desta forma, o cordel poderia ser mais que um precursor do jornalismo científico popular. O contraste entre prosa e poesia parece análogo àquele existente entre a mídia impressa e a TV. Poesia e TV são mais superficiais e mais atraentes que as prosas de artigos científicos e jornalísticos e isso pode ser pedagogicamente capitalizado. Por outro lado, o formato típico de folhetos de cordel (10 x 15 cm), um quarto de folha de tamanho A4, cria condições para que grupos de alunos possam produzir, com a devida assessoria de seus professores, os seus próprios cordéis. Seja qual for a alternativa escolhida, há certamente espaço para uma introdução consequente e responsável do cordel na sala de aula e particularmente nas aulas de ciências.

Como, no entanto, cautela é algo sempre bem recomendado, é preciso, sobretudo, enaltecer as formas artísticas da expressão popular, como cordel, sem cair



Figura 2 - Einstein com chapéu de couro típico do Nordeste. O cientista alemão vivo no imaginário popular.

no engodo de confiar às mesmas a responsabilidade de desempenhar ações educacionais para as quais tais instrumentos poéticos não foram originalmente planejados.

Referências

- [1] M. Curran, *A História do Brasil em Cordel* (EDUSP, São Paulo, 1998).
- [2] V.M. Rezende, *Literatura de Cordel no Contexto do Novo Capitalismo: O Discurso Sobre a Infância nas Ruas*. Dissertação de Mestrado em Linguística, UnB, Brasília, 2005.
- [3] M. Monteiro, *A História de Fred ou A Obsessão das Águas. Literatura de Cordel* (Publicação Independente, Campina Grande, 2007).
- [4] A. Francisco, *Dez Cordéis num Cordel Só* (Fundação Guimarães Duque, Mossoró, 2001).
- [5] A.K. Viana, *Cordel* (Editora Hedra, São Paulo, 2007).
- [6] R. Santa Helena, in *Cordel e a Ciência: A Ciência em Versos Populares*, editado por I.C. Moreira, L. Massarani e C. Almeida (Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2005), p. 106-112.
- [7] G.F. Silva, in *Cordel e a Ciência: A Ciência em Versos Populares*, editado por I.C. Moreira, L. Massarani e C. Almeida (Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2005), p. 113-119.
- [8] G.F. Silva, in *Cordel e a Ciência: A Ciência em Versos Populares*, editado por I.C. Moreira, L. Massarani e C. Almeida (Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2005), p. 120-119.
- [9] I.C. Moreira, L. Massarani e C. Almeida (editores) *Cordel e a Ciência: A Ciência em Versos Populares* (Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2005).



Calculando o coeficiente de atrito entre superfícies com material alternativo

Encontramo-nos em um contexto onde a maioria das escolas, principalmente as públicas, possui uma educação de baixa qualidade. Uma das causas dessa situação é a falta de condições financeiras para adquirir materiais necessários à confecção de experimentos que ofereçam aos alunos uma compreensão mais qualitativa e conceitual de determinado fenômeno, onde o aluno possa visualizar o conceito ensinado em sala de aula e não fique apenas na memorização de fórmulas que para ele são aplicações matemáticas sem muito sentido. Assim, este artigo propõe a construção de um experimento simples de colisão inelástica com materiais de baixo custo e tem como objetivo calcular o coeficiente de atrito entre superfícies utilizando as leis de conservação da quantidade de movimento e de energia, além do conceito de trabalho de forças dissipativas. O equipamento consiste em um suporte de madeira onde é acoplado um pêndulo com uma esfera metálica. O suporte é colocado em uma superfície de madeira, entre os quais se deseja medir os coeficientes de atrito estático e dinâmico. Para que a colisão entre o suporte e a esfera metálica seja inelástica, coloca-se no primeiro uma porção de massa de modelar, a fim de absorver toda a energia no impacto, como mostra a Fig. 1.

Materiais

- suporte de madeira em formato de L
- haste metálica
- massa de modelar
- esfera metálica maciça
- fio de náilon
- tábua de madeira (o coeficiente de atrito será calculado entre a madeira do suporte e a tábua)
- uma régua milimetrada
- uma balança

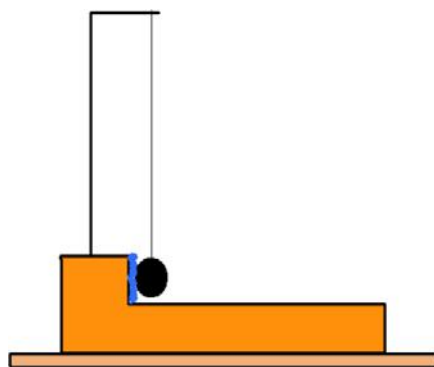


Figura 1 - Esquema de montagem para a realização do experimento.

Procedimento experimental

Calculando o coeficiente de atrito dinâmico

Com o auxílio da balança, meça a massa M do suporte de madeira (incluindo a massa de modelar) e a massa m da esfera metálica. Levante a esfera metálica, mantendo-a no mesmo plano definido pelo fio e a haste metálica (Fig. 2). Meça a variação h da altura do centro de massa da esfera. Solte-a e meça o deslocamento x do sistema. Repita os procedimentos pelo menos cinco vezes e obtenha valores médios de x e h .

Através da altura h e utilizando o teorema da conservação da energia mecânica é fácil verificar que o módulo da velocidade da esfera no momento da colisão vale

$$v_c = \sqrt{2gh}. \quad (1)$$

Usando o teorema da conservação da quantidade de movimento é possível obter a velocidade do conjunto após a colisão. É importante ressaltar que após o choque a esfera passou a fazer parte do conjunto, ocorrendo assim uma colisão inelástica. Temos então

$$P_i = P_f,$$

.....
Maristela do Nascimento Rocha,
Aline Ribeiro Sabino e
Mikiya Muramatsu
 Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
 E-mail: mmuramat@if.usp.br

Este artigo tem como principal objetivo propiciar aulas interativas através da construção de um experimento simples de colisão inelástica, com o qual é possível calcular o coeficiente de atrito entre superfícies utilizando as leis da conservação de energia e da quantidade de movimento, além do conceito de trabalho e forças dissipativas. Para isso construiu-se um aparato experimental com materiais de baixo custo, a fim de viabilizar a sua aplicação em escolas públicas. Após efetuar as medidas e aplicar os conceitos envolvidos, compararam-se os valores obtidos com os esperados teoricamente para o coeficiente de atrito entre duas superfícies de madeira. O resultado foi próximo do esperado, o que valida o método experimental e o torna uma boa opção a ser desenvolvida e discutida em sala de aula.

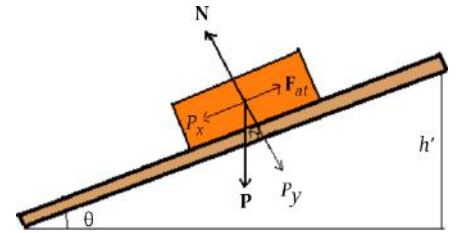
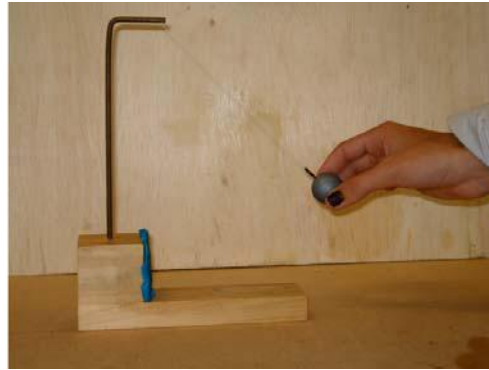
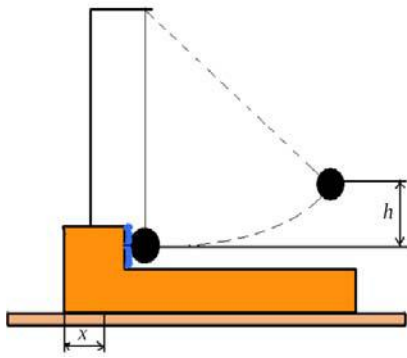


Figura 4. Esquema de forças para o cálculo do coeficiente de atrito estático.

Resultados e discussão

Utilizando as Eqs. (6) e (7), os valores médios obtidos para os coeficientes de atrito dinâmico e estático foram, respectivamente, 0,19 e 0,21. A título de comparação, os valores encontrados em tabelas foram 0,20 e de 0,25 a 0,50, respectivamente. Analisando os resultados, vê-se que os valores teóricos são próximos dos tabelados. Essa variação pode ser explicada pelo fato de ter sido utilizada neste experimento uma madeira mais lisa do que a utilizada para o mesmo cálculo nos livros didáticos, o que ocasiona a diminuição do coeficiente de atrito entre as superfícies.

Conclusão

Este experimento é uma alternativa interessante para professores do Ensino Médio, uma vez que utiliza material de baixo custo e de fácil acesso. Além da atividade experimental, a parte mais interessante é a aplicação das leis de conservação de energia, da quantidade de movimento e do teorema da energia cinética. É uma boa oportunidade para se discutir as principais fontes de energia mecânica que intervêm neste experimento e como elas podem ser manipuladas. Seria interessante também uma justificativa do papel da força de atrito no cotidiano: em algumas situações é desejável aumentar o coeficiente de atrito entre as superfícies e, em outras, minimizá-lo. Discutir a natureza das forças de atrito e ações para aumentar e/ou minimizar sua atuação deveria ser o ponto de partida para justificar a medida dessa grandeza.

Saiba mais

P.G. Hewitt, *Física Conceitual* (Ed. Bookman, Porto Alegre, 2002).
P. Tipler, *Física 1* (LTC, Rio de Janeiro, 2000).
R.A. Serway e .W. Jewett Jr, *Princípios de Física - Mecânica* (Ed. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2004).
D. Halliday, R. Resnick e K.S. Krane, *Física 1* (LTC, Rio de Janeiro, 2003).

Sites indicados

www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/
www.if.usp.br/profis/sites_ft.html
www.sbfisica.org.br/fne/

Figura 2 - Esquema de procedimento experimental.

$$m\mathbf{v}_e = (m + M)\mathbf{v}_f$$

Como há apenas velocidade na direção horizontal

$$mv_e = (m + M)v_f$$

E então obtemos a velocidade v_f de partida do conjunto

$$v_f = \frac{mv_e}{m + M} \quad (2)$$

A partir dessa velocidade é possível calcular a quantidade de energia transferida ao sistema

$$E' = \frac{(m + M)v_f^2}{2} \quad (3)$$

Substituindo as Eqs. (1) e (2) na Eq. (3) temos

$$E' = \frac{m^2gh}{(m + M)} \quad (4)$$

Após o deslocamento x , o conjunto para e, portanto, a variação de energia será

$$\Delta E'_c = E'_{cf} - E'_{ci} = 0 - \frac{m^2gh}{(m + M)} = -\frac{m^2gh}{(m + M)} \quad (5)$$

O sinal negativo indica que houve dissipação de energia através do atrito entre as superfícies. Por outro lado, a variação da energia cinética é igual ao trabalho da força de atrito

$$W = \int \mu_d N dx = \Delta E'_c$$

Pelo referencial adotado, a força de atrito é negativa. Temos que μ_d e N (força normal) são constantes, então

$$W = \mu_d N \int_{x_0}^{x_f} dx = \mu_d N x,$$

onde

$$N = (m + M)g.$$

Então

$$-\mu_d(m + M)gx = -\frac{m^2gh}{(m + M)}$$

$$\mu_d = \frac{m^2h}{(m + M)^2 x} \quad (6)$$

Dessa forma, utilizando a Eq. (6) e medindo o deslocamento x , pode-se obter o coeficiente

de atrito dinâmico entre as superfícies.

Calculando o coeficiente de atrito estático

Para iniciar esta etapa, incline o plano gradativamente até que o sistema fique na iminência de deslizar (Fig. 3), onde qualquer mínima influência externa provoca o escorregamento no plano. Como veremos no próximo item, o coeficiente de atrito estático depende apenas da tangente do ângulo entre a tábua e o solo. Portanto não é necessário repetir os procedimentos de 1 a 3 do item anterior, podendo ser utilizado apenas o suporte de madeira ou um bloco qualquer do mesmo material. Meça a altura h' e a distância d conforme o esquema abaixo, para que seja possível calcular a tangente do ângulo θ . Repita os procedimentos pelo menos cinco vezes e obtenha um valor médio.

Para calcular o coeficiente de atrito estático é necessário analisar as forças envolvidas. Para esta situação, temos o diagrama de forças mostrado na Fig. 4.

Como não há movimento na direção perpendicular ao deslocamento, a força resultante é nula. Na direção do movimento, pode-se considerar a projeção em x da força peso como sendo igual em módulo à força de atrito, pois o corpo está na iminência de deslizar. Logo, temos a seguinte expressão

$$-P \sen \theta = -\mu_e N,$$

$$-(m + M)g \sen \theta = -\mu_e(m + M)g \cos \theta,$$

$$\mu_e = \frac{\sen \theta}{\cos \theta} = \tg \theta. \quad (7)$$

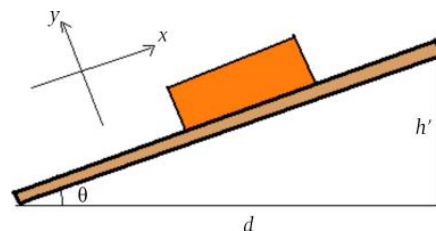


Figura 3 - Sistema na iminência de deslizar com a inclinação θ do plano.



Estereogramas e Op Art: ilusão de óptica em sala de aula

Tudo o que mexe com a nossa imaginação é no mínimo emocionante. Perceber mensagens ocultas e imagens onde aqueles mais distraídos nada conseguem enxergar é sem dúvida muito curioso. E as pinturas em telas onde pessoas retratadas parecem nos acompanhar com os olhos? O que diríamos então das imagens em 3D,¹ ou aquelas composições abstratas que parecem movimentar-se? Será que realmente o que estamos vendo é real? Quando estamos diante de uma imagem ou cena e observamos algo e/ou algum efeito que não existe naquela imagem estamos diante de uma ilusão de óptica.

A ilusão de óptica se refere a sensações produzidas pelo sistema visual humano. Essa sensação faz com que vejamos coisas que na realidade não existem ou nos permite que vejamos o “que é real” no mínimo de um modo um pouco diferente [1]. Embora ilusão de óptica não seja arte, podemos obter uma produção artística fazendo uso de diversos recursos, e dentre esses recursos um apresenta ilusão de óptica.

Existem diversos tipos de ilusão de óptica e qualquer um deles pode ser trabalhado em sala de aula sendo extremamente interessante e motivador, despertando a curiosidade, a criatividade e o raciocínio dos alunos, tanto para desvendar o segredo das imagens como para criar novas figuras a partir das técnicas aprendidas. Alguns tipos de ilusão de óptica não são fáceis de serem observados como por exemplo os estereogramas, imagens escondidas e ambíguas.

Alguns tipos de ilusão de óptica

Existem vários tipos de ilusão de óptica.

Dentre esses tipos alguns são mais fáceis de serem trabalhados em sala de aula. Nesse artigo vamos classificá-los em sete tipos, dando um maior enfoque para os estereogramas e a op art. As *imagens ambíguas* são consideradas ilusões de óptica porque se referem a imagens que contêm mais de uma cena na mesma imagem. As *imagens escondidas*, como o próprio nome sugere, são imagens que em uma primeira observação não apresentam nada além do que está sendo visto em um primeiro momento. A surpresa aparece depois de algum tempo de observação. Já a ilusão de óptica formada por *imagens impossíveis* refere-se a imagens incríveis, mas correspondem a situações completamente impossíveis. Palavras escritas com cores específicas que confundem nosso cérebro durante a leitura também são um tipo de

ilusão de óptica, porém formada por *letras* ao invés de imagens. Após efeito é um tipo de imagem onde, após um determinado tempo de observação, revela novas imagens. Outro tipo de ilusão de óptica muito interessante

são as *imagens anáglifas 3D* ou visão em 3D ou ainda estereoscópicas. O resultado é decorrente de possuímos uma visão binocular (dois olhos). Quando fechamos um dos olhos, perdemos muito da noção de distância entre os objetos. Esse efeito acontece devido à distância entre os olhos que captam a imagem de um mesmo objeto em diferentes posições. A superposição de todas essas imagens nos dá a ilusão de uma terceira dimensão. Conseguimos enxergar uma imagem em 3D porque fazemos um reconhecimento tridimensional dos objetos que nos cercam. Esse reconhecimento é feito utilizando a experiência que temos do mundo tridimen-

A ilusão de óptica se refere a sensações produzidas pelo sistema visual humano. Essa sensação faz com que vejamos coisas que na realidade não existem ou nos permite que vejamos o “que é real” no mínimo de um modo um pouco diferente

Fabiana Cristina Nascimento

Departamento de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil.

E-mail: fabianacristina@uepg.br

Carla Emilia Nascimento

Departamento de Artes Visuais, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil.

E-mail: carlimilia@hotmail.com

Esse artigo é resultado de uma oficina ministrada para acadêmicos dos cursos de licenciatura e Licenciatura em Física e Licenciatura em Artes Visuais da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) promovido em 2009 no II Workshop Paranaense de Arte e Ciência [1]. Nessa oficina os acadêmicos puderam discutir e apresentar ideias para se trabalhar a ilusão de óptica em sala de aula em diferentes disciplinas, como física, arte, matemática, biologia, geometria e história. Dentre os diversos tipos de ilusão de óptica é dado um maior enfoque nos estereogramas e na op art.

sional em que vivemos. Na observação de *imagens anáglifas*, é importante a noção de profundidade. Nós possuímos uma visão estereoscópica, ou seja, cada um de nossos olhos recebe uma imagem diferente do mundo ao redor. Baseado nessa diferença de um olho para o outro e na posterior junção das duas imagens pelo cérebro é que temos a noção de profundidade. Julian Beever é um exemplo de artista que utiliza desse recurso para dar um efeito 3D em suas obras. Ainda temos como exemplos de ilusão de óptica os estereogramas e a op art, os principais desse artigo. Todos os exemplos citados podem ser trabalhados em sala de aula. No entanto, os estereogramas podem despertar mais o interesse dos alunos porque revelam “mensagens ocultas” que nem todos conseguem observar. Já a op art sugere a ilusão de movimento nas imagens. Vamos discutir em maiores detalhes esses dois tipos de ilusão de óptica.

Estereogramas

Estereogramas referem-se a figuras espaciais representadas no plano. Essas figuras somente podem ser percebidas como espaciais porque temos dois olhos. Essa ilusão de óptica pode ser percebida devido à capacidade que nossos olhos têm de enxergar imagens repetidas horizontalmente como se elas estivessem em diversas profundidades, dispostas em distâncias alteradas [2]. Mas nem todas as pessoas conseguem ver um estereograma. E é aí que entra a parte divertida de se trabalhar diversos conceitos em sala de aula. As pessoas que por algum problema de visão enxergam com apenas um olho, ou que apresentam uma variação muito grande na visão de um olho para o outro, podem não conseguir ver um estereograma. Para quem tem dificuldade de perceber esse tipo de ilusão de óptica existem duas técnicas: a primeira consiste em olhar fixamente para um ponto qualquer atrás da figura. Já a segunda técnica consiste em fixar o olhar em um ponto focalizado entre os dois olhos em direção à figura (olhar estrábico). Em qualquer um dos métodos é preciso relaxar. Quando algo começa a acontecer na figura é importante não tentar manter essa sensação, pois isso só vai servir para que ela desapareça. Ter um ambiente com boa iluminação e livre de reflexos sobre a figura é fundamental. A percepção de profundidade observada nesse tipo de ima-

gem é possível devido ao fato de que avaliamos distâncias através de impressões chamadas indicadores de profundidade. Os indicadores mais importantes nesse aspecto são os que atuam com os dois olhos, que são os seguintes: experiência, visão estereoscópica, movimento e perspectiva. Podemos avaliar a distância de um determinado objeto através do movimento. Por exemplo, quando estamos dentro de um veículo em movimento podemos perceber que os objetos maiores são os que se encontram mais próximos, e os menores são os que se encontram mais distantes. Pouco tempo atrás a produção de estereogramas exigia muitos cálculos de perspectiva, tornando o trabalho complexo e imperfeito. Hoje em dia programas de computador facilitam o trabalho, sendo necessário somente colocar as medidas das coordenadas x , y e z . O programa Stereograma Explorer 2.4 build 248 é um programa que pode ser baixado e instalado gratuitamente no computador. Pode-se criar imagens lindíssimas e curiosas. As imagens apresentadas nas Figs. 1a e 1b são exemplos de estereogramas obtidos usando esse programa. Na

Os estereogramas podem despertar mais o interesse dos alunos porque revelam “mensagens ocultas” que nem todos conseguem observar

Nós possuímos uma visão estereoscópica, ou seja, cada um de nossos olhos recebe uma imagem diferente do mundo ao redor. Baseado nessa diferença de um olho para o outro e na posterior junção das duas imagens pelo cérebro é que temos a noção de profundidade

Fig. 1a, depois de um tempo de observação, poderá ser vista a imagem oculta (3D) saindo do plano da figura. Trata-se de um tanque de guerra. Da mesma forma, na Fig. 1b a imagem oculta é um avião. Além de muita paci-

ência, essas imagens foram programadas para serem visualizadas a uma distância de aproximadamente 15 cm. Nos programas atuais as distâncias corretas para visualização das imagens secretas são pro-

gramáveis. Também existe a possibilidade de fazer as imagens divergirem ou convergirem do plano da figura.

Programas similares podem ser obtidos em sites de busca e são de acesso gratuito, o que facilita o uso em sala de aula, sendo um recurso a mais para utilização nos laboratórios de informática.

Op art

Abreviação do termo inglês *Optical Art*, trata-se de um tipo de arte abstrata que, através do uso de fenômenos ópticos, faz com que uma obra pareça vibrar, pular e cintilar. As ilusões visuais são elaboradas com base no conhecimento da psicologia da percepção e são geometricamente precisas [3]. Se comparada a outras manifestações artísticas, a op art é descaracterizada de apelo emocional, sendo cerebral e sistemática. Seu desenvolvimento situa-se em meados da década de 1950, tendo como representante teórico o húngaro radicado na França Victor Vassarely, que trabalhou em construções em preto e branco (Fig. 2a). O alemão Josef Albers fundou nos Estados Unidos um outro tipo de op art, baseada na relação de cores e formas geométricas (Fig. 2b). Richard Anuszkiewicz, aluno de Albers, destacou-se pelo uso de tons frios e quentes em elaborações menos rígidas do que as de seu professor (Fig. 2c).

É importante salientar que qualquer reprodução feita de uma obra de op art (fotografia ou vídeo) limita o efeito visual da composição, seja pela alteração no tamanho da composição ou nas cores empregadas [4-6].

Em sala de aula, o estudo da op art pode ser iniciado através da realização de testes simples de percepção. Esse tipo de exercício é recebido com muita descontração e curiosidade pelos alunos que passam



Figura 1 - Exemplos de estereogramas. (a) imagem oculta: um tanque de guerra e (b) imagem oculta: um avião.

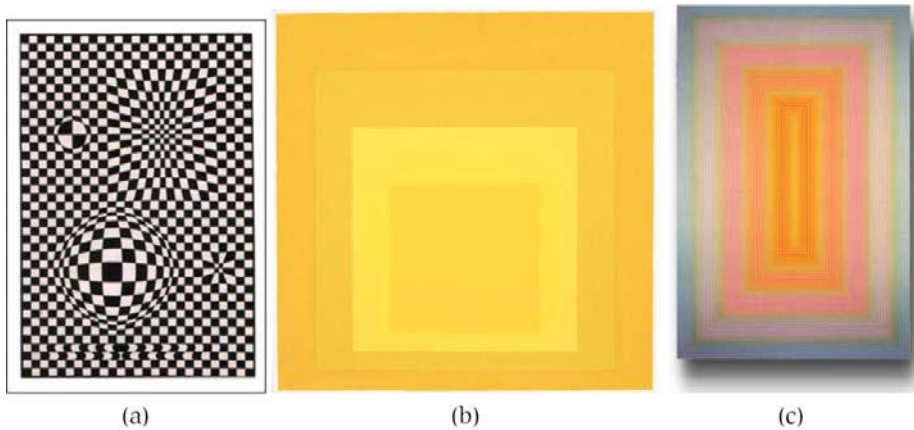


Figura 2 - (a) Vega (1957), 1,95 m x 1, 29 m, de Victor Vasarely. (b) Homage to the Square (1964), 45, 72 cm x 45,72 cm, de Josef Albers. (c) Entrance to Green (1970), 2,74 m x 1,83 m, de Richard Anuszkiewicz. Fonte: http://www.albersfoundation.org/Albers.php?inc=Galleries&i=J_8.

a ter maior atenção nas imagens e estímulos que recebem, conforme os exemplos apresentados na Fig. 3.

Olho humano

Existem várias formas utilizadas para a visualização de objetos, mas sem dúvida o funcionamento do olho humano é fascinante. Trata-se de uma complexa estrutura que captura a luz e a transforma em impulsos elétricos que, uma vez chegados ao cérebro, são interpretados como imagens. Nas Figs. 4a e 4b é apresentado o desenho esquemático de algumas partes importantes do olho. O cristalino (Fig. 4a) é responsável por capturar a luz e formar a imagem na retina. O bulbo ocular (Fig. 4b) apresenta a localização dos músculos que permitem orientação em quase todos os sentidos. O reto superior é responsável por inclinar o músculo para cima. O reto lateral gira

lateralmente e o reto inferior é responsável pela inclinação para baixo. O músculo oblíquo inferior é responsável pelo giro para o alto, lateralmente [7]. Na retina, onde são formadas as imagens, estão ramificações do nervo óptico que terminam em pequenas estruturas chamadas bastonetes e cones [8].

Bastonetes são estruturas oculares que distinguem as diferentes intensidades de brilhos (preto e branco). Eles cuidam da visão em condições de pouca luz. Cones são responsáveis pela visão a cores e pelos detalhes da imagem. A retina contém cerca de 100 milhões de bastonetes e 7 milhões de cones

Os bastonetes e cones recebem a imagem óptica e a transmitem ao cérebro por meio do nervo óptico.

A Fig. 5 apresenta um esquema dos cones e bastonetes. Os bastonetes distinguem as diferentes intensidades de brilhos (preto e branco). Os bastonetes cuidam da visão em condições de pouca luz, e os cones são os responsáveis pela visão de cores e detalhes. Quando a luz entra em contato com estes dois tipos de células, ocorre uma série de reações químicas complexas. O composto químico formado (rodopsina ativada) cria impulsos elétricos no nervo óptico. Geralmente,

o segmento exterior dos bastonetes é longo e fino, enquanto os segmentos externos dos cones são mais parecidos com cones. O segmento externo de um bastonete ou cone contém os compostos químicos sensíveis à luz. Nos bastonetes, este químico é chamado de rodopsina. Nos cones, são chamados pigmentos de cor [9].

A retina contém aproximadamente 100 milhões de bastonetes e 7 milhões de cones. A retina possui uma área central que contém alta concentração somente de cones. Esta área é a responsável pela visão detalhada e precisa [8].

Assuntos que podem ser abordados com uma imagem de ilusão de óptica

Em particular os estereogramas e a op art podem facilmente ser trabalhados em sala de aula tratando assuntos que vão desde o Ensino Fundamental ao Ensino Médio. Em ambos os tipos de ilusão de óptica, foco principal desse artigo, poderão ser trabalhados assuntos como cores fundamentais, cores complementares, pigmentos, disco de Newton, reflexão e refração da luz, funcionamento do olho humano, geometria, perspectiva, contraste, formas geométricas e história da arte; tudo dependerá da série a ser trabalhada e do aprofundamento de cada conteúdo.

Materiais e métodos

Os materiais a serem utilizados dependerão do tipo de ilusão de óptica a ser trabalhado. Excelentes trabalhos podem ser produzidos utilizando papel, lápis preto e/ou colorido, tinta ou ainda colagem, dependendo muito do tempo disponível em sala de aula. O uso de formas simples (quadrados, triângulos, linhas retas, espirais, círculos) com algumas noções de perspectiva poderá resultar em uma belíssima ilusão de movimento. Exemplos de imagens com ilusão de óptica podem ser encontrados em diversos sítios da internet [1-2, 10-11]. No entanto, a grande maioria das produções artísticas não vem acompanhada do nome do artista, exceto alguns estereogramas produzidos com finalidade competitiva.

Além dos exemplos apresentados nesse artigo, alguns tipos de ilusão de óptica poderão ser trabalhados com imagens obtidas com câmera digital ou telescópios. É o caso do tamanho aparente da Lua cheia. É uma das ilusões de óptica mais fascinantes a serem trabalhadas em sala de aula. O diâmetro aparente da Lua cheia (quando nasce no leste) parece maior que seis horas mais tarde, quando a Lua está sobre nossas cabeças. Existem diversas explicações para essa ilusão de óptica [13].

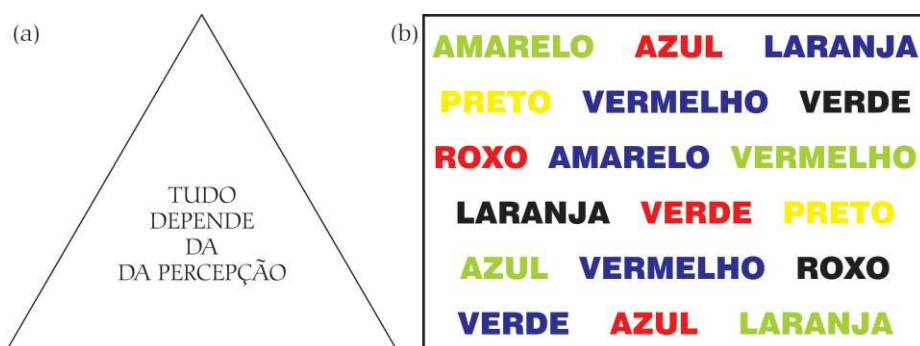


Figura 3 - Exemplos de testes de percepção.

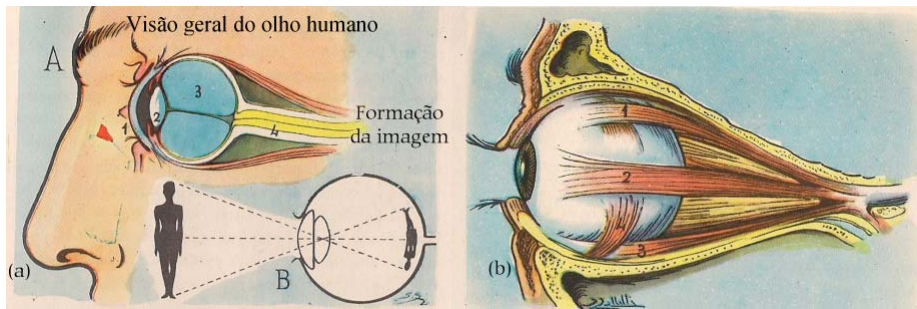


Figura 4 - (a) Desenho esquemático do olho humano. A - visão geral: 1 - córnea, 2 - cristalino, 3 - corpo vítreo e 4 - nervo ótico; B - formação de imagem. (b) bulbo ocular com seus músculos: 1 - reto superior, 2 - reto lateral, 3 - reto inferior e 4 - oblíquo inferior. Figuras extraídas da Ref. [7].

A hipótese mais aceita atribui essa ilusão ao contraste com o tamanho dos objetos terrestres distantes, como casas, edifícios e árvores. Quanto mais longe o objeto, menor o tamanho da imagem que ele projeta sobre nossas retinas. O cérebro se acostuma, desde que nascemos, a associar pequenas imagens de objetos cujo tamanho conhecemos ao fato deles estarem distantes de nós. O tamanho da imagem da Lua na retina não muda durante a noite. A comparação com imagens de objetos terrestres distantes, quando ela está no horizonte, é que faz com que a imagem da Lua pareça muito maior do que ela é.

Conclusões

Os acadêmicos dos cursos de Licenciatura em Física e Licenciatura em Artes Visuais e Bacharelado em Física da UEPG

As produções de estereogramas são pouco trabalhadas em sala de aula, talvez pela pouca divulgação dos recursos disponíveis, mas os acadêmicos participantes da oficina de ilusão de óptica manifestaram grande entusiasmo ao desvendar várias formas escondidas nos estereogramas. A possibilidade do uso de programas de acesso livre facilita o uso desse recurso em sala de aula, desperta a curiosidade e promove a interdisciplinaridade

que participaram da oficina de ilusão de óptica [1] conseguiram produzir exemplos de op art em um tempo de aproximadamente 2 horas. Diferentes estereogramas foram produzidos em cerca de 5 minutos utilizando o programa Stereograma Explorer. Em discussão com os participantes, em sua grande maioria já atuantes no ensino, o recurso de ilusão de óptica é excelente para trabalhar diversos conteúdos já mencionados. Trata-se de um método simples e divertido quando bem direcionado. Um dos pontos negativos se refere ao pouco tempo disponibilizado para o trabalho em sala de aula, havendo necessidade da finalização do trabalho em casa. Os participantes que já trabalharam o tema op art em sala de aula afirmaram que tiveram uma resposta bastante positiva dos alunos.

Na prática as produções dos estereogramas são pouco trabalhadas em sala de

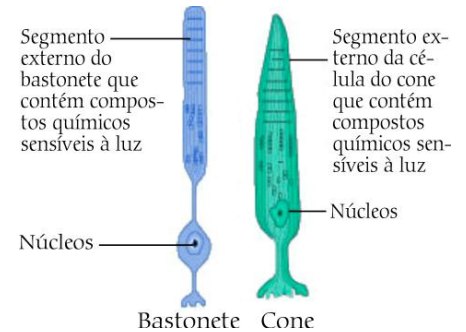


Figura 5 - Esquema ilustrativo dos bastonetes e cones. Figura extraída da Ref. [9].

aula. Talvez uma das dificuldades esteja relacionada à pouca divulgação dos recursos disponíveis. Os acadêmicos participantes da oficina de ilusão de óptica manifestaram grande entusiasmo ao desvendar várias formas escondidas nos estereogramas, como as apresentadas na Fig. 1. A possibilidade do uso de programas de acesso livre facilita o uso desse recurso em sala de aula, desperta a curiosidade e promove a interdisciplinaridade.

Nota

¹Desde a década de 1950 a indústria cinematográfica procura desenvolver a tecnologia em 3D através do uso de óculos especiais, responsáveis pela ilusão tridimensional através da justaposição de imagens, que entre outros inconvenientes causavam dor de cabeça. Recentemente, o lançamento de *Avatar*, filme de ficção científica escrito e dirigido por James Cameron (2009), abriu o caminho para uma nova onda de filmes em 3D que começa a entrar nos cinemas do mundo todo. Atualmente, as pesquisas concentram-se em abolir o uso dos óculos e disponibilizar a tecnologia 3D para uso doméstico.

Referências

- [1] F.C. Nascimento, in *II Workshop Paranaense de Arte-Ciência: Os 400 Anos da Invenção do Telescópio e seus Desdobramentos na Arte* (UEPG, Ponta Grossa, 2009). Apostila publicada em CD-ROM.
- [2] Disponível em <http://www.ilusaodeotica.com.br>. Acesso em nov. 2009.
- [3] Ian Chilvers, *Dicionário Oxford de Arte* (Martins Fontes, São Paulo, 2001).
- [4] H.W. Janson e A.F. Janson, *Iniciação à História da Arte* (Martins Fontes, São Paulo, 1996).
- [5] Texto corrigido: T.R. Rosseto, in: *Arte. Ensino Médio* (Secretaria do Estado de Educação, Curitiba, 2006), p. 127-141.
- [6] Disponível em <http://www.historiadaarte.com.br>. Acesso em 11 nov. 2009.
- [7] Olhos. *Trópico: Enciclopédia Ilustrada em Cores* (Martins S.A., São Paulo, 1960), v. 1, p. 13-15.
- [8] F. Sears, M.W. Zemanski e D.Y. Hugh, *Física. Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica* (LTC, Rio de Janeiro, 1994), p. 831-854.
- [9] Como funciona a visão. Disponível em <http://www.Howstuffworks.com>. Acesso em 19 nov. 2009.
- [10] Disponível em <http://www.obvious.com.br>. Acesso em 23 nov. 2009.
- [11] Disponível em www.ilusao.com.br. Acesso em 27 nov. 2009.
- [12] Disponível em www.fisica.ufc.br. Acesso em 27 nov. 2009.
- [13] F.L. da Silveira e A. Medeiros, *Física na Escola* **7**(2), 67-69 (2006).



Percepção da gravidade em uma intrigante visita à Casa Maluca do CDCC/USP

A queda dos corpos pode ser observada e percebida em todos os momentos. O fato de experimentarmos a queda no cotidiano torna comum a constatação de sua vivência pelas pessoas. Porém, entender e explicar o porquê das coisas caírem não é uma tarefa trivial. É muito comum atribuímos a queda de um objeto à palavra gravidade, assim, em muitos casos torna-se também comum pensar na ausência de ‘gravidade’ quando da imagem de algo flutuando, por exemplo, um astronauta nas proximidades da Terra.

É importante que se diga que a palavra gravidade não é uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos, apenas descreve o fenômeno da atração entre massas. Já no século XVI, Galileu Galilei (1564-1642) sabia que se utilizava a palavra ‘gravidade’ para descrever um fenômeno, e que essa palavra não representava uma explicação da queda [1, p. 171]. Isaac Newton (1642-1727) em seus estudos admite não ser capaz de descobrir as causas da gravidade e, ainda assim, trabalha no sentido de estabelecer o princípio da gravitação universal.

Hoje no ensino básico de física a ideia de gravidade se refere ao conceito de força ou atração gravitacional (atração entre as massas), baseadas na lei de gravitação universal elaborada por Newton no século XVII.

Diversos estudos mostram que os estudantes têm concepções errôneas a respeito da gravidade e que trazem consigo noções enraizadas de senso comum a respeito de fenômenos da natureza [2-5]. Estas pesquisas evidenciam

a necessidade de se buscar alternativas que favoreçam o questionamento e a problematização de conceitos de senso comum trazidos pelos estudantes.

Em muitos casos ao questionar o

senso comum é que surgem oportunidades para a incorporação de ideias atualmente aceitas pela comunidade científica como corretas. Uma das maneiras de isso ser feito é criando situações fora do cotidiano que permitam reflexões e questionamentos acerca do conhecimento de senso comum.

Pensando nisso, uma atividade que pode auxiliar professores e licenciandos nas discussões e problematização do conceito gravidade com seus alunos é a visita à Casa Maluca (Fig. 1) do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP). Esta atividade, em espaço não formal de educação, se apresenta como um excelente recurso didático, onde é possível perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando, aparentemente, não sentimos seus efeitos. O projeto da casa nos permite questionar conceitos trazidos pelo senso comum de forma mais concreta.

Neste sentido, o texto que se segue tem o intuito de contribuir com professores, licenciandos e monitores durante visitas a atividade “Casa Maluca”, indicando ações que possam favorecer a superação de algumas das ideias de senso comum que dificultam a aprendizagem do conceito gravidade. Não temos a pretensão de produzir meras receitas ou regras simplistas para serem seguidas durante as visitas. Nossos esforços centram-se no sentido de possibilitar algumas reflexões sobre as práticas desenvolvidas neste ambiente. Assim, apresentamos sugestões e algumas das possibilidades de intervenções problematizadoras que podem ser utilizadas durante as visitas.

A continuidade deste texto apresenta a síntese de uma pesquisa realizada com alunos do Ensino Médio na Casa Maluca [6] e aponta algumas das possibilidades

A palavra gravidade não é uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos, apenas descreve o fenômeno da atração entre as massas

.....
Pedro Donizete Colombo Junior

Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Ensino de Ciências,
Universidade de São Paulo, São Paulo,
SP, Brasil
Centro de Divulgação Científica e
Cultural, São Carlos, SP, Brasil
E-mail: pedro.colombo@usp.br

.....
Cibelle Celestino Silva

Instituto de Física de São Carlos,
Universidade de São Paulo, São Carlos,
SP, Brasil
E-mail: cibelle@ifsc.usp.br
.....

A Casa Maluca é parte de uma série de experimentos interativos do Jardim da Percepção localizado na área externa do CDCC/USP. Esta é uma casa com piso e paredes inclinados com ângulos de 15° em relação ao referencial externo. Em seu interior os visitantes experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com equilíbrio, sensações visuais e força gravitacional, tais como levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos; ver sua imagem com um ângulo de inclinação ao olhar para um espelho, entre outros. Estas alterações podem ser problematizadas através de perguntas feitas aos visitantes com o objetivo de que eles tomem consciência da força gravitacional e sua dependência com o referencial adotado.



Figura 1 - A Casa Maluca do CDCC/USP (www.cdcc.sc.usp.br).

que a casa propicia para se trabalhar o conceito gravidade durante as visitas. A pesquisa teve como objetivo central entender como este espaço fisicamente alterado influencia as percepções e explicações acerca da gravidade pelos estudantes do Ensino Médio.

Para isso, adotou-se metodologia de pesquisa apoiada em observação do visitante, aplicação de questionários, gravação em áudio e vídeo e entrevistas semi-estruturadas.

Como referencial teórico principal adotou-se o conceito de *obstáculo epistemológico* proposto pelo francês Gaston Bachelard (1884-1962) [7] e considerou-se também durante as visitas e análise dos dados, a influência do “Modelo Contextual de Aprendizagem” proposto pelos ingleses Falk e Dierking [8].

A Casa Maluca e os contextos de aprendizagem

É consenso que o aprendizado não é um evento instantâneo. Sendo assim, devemos entendê-lo como um processo que demanda tempo e é diretamente influenciado por fatores extrínsecos (ambiente, materiais, adaptações) e fatores intrínsecos (memória, motivação, desenvolvimento cognitivo). Segundo Falk e Dierking todas as visitas a Centros de Ciências envolvem o que eles chamaram de “Modelo Contextual de Aprendizagem”, onde devem ser considerados os contextos sociocultural, pessoal e físico, além do fator tempo.

Aspectos da pesquisa realizada: identificando alguns obstáculos epistemológicos

Em geral as pessoas têm concepções errôneas acerca da gravidade, uma das explicações para este fato pode ser atribuída à existência de obstáculos epistemológicos que dificultam o aprendizado deste conceito. Segundo Bachelard é a superação de obstáculos epistemológicos que propicia o avanço do conhecimento.

Obstáculos epistemológicos podem ser originados de conceitos e pré-conceitos adquiridos em uma relação ingênua com os fenômenos. São de essência interna e não externa, originam-se do conhecimento não questionado, mascarando a ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico. Dentre os obstáculos epistemológicos, enfrentados ao longo do desenvolvimento do pensamento científico temos: a experiência primeira, o realismo ingênuo, o animismo, o substancialismo e o obstáculo verbal.

No decorrer das visitas à Casa Maluca, tornou-se clara a influência, em maior ou menor proporção, dos contextos de aprendizagem em todas as atividades desenvolvidas e na identificação de obstáculos epistemológicos proposta pela epistemologia bachelardiana. A seguir estão descritos sucintamente os obstáculos epistemológicos identificados em relação ao conceito gravidade durante a visita de alunos do Ensino Médio à Casa Maluca.

Enfim, o conceito gravidade não é de trivial entendimento e envolve a superação de um grande número de obstáculos epistemológicos, sendo necessário criar situações que possibilitem a problematização e discussão das ideias de senso comum

sobre o tema. Neste contexto, uma visita à Casa Maluca é um excelente recurso didático onde os estudantes têm a oportunidade de perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando aparentemente não sentimos seus efeitos.

A Casa Maluca: algumas possibilidades

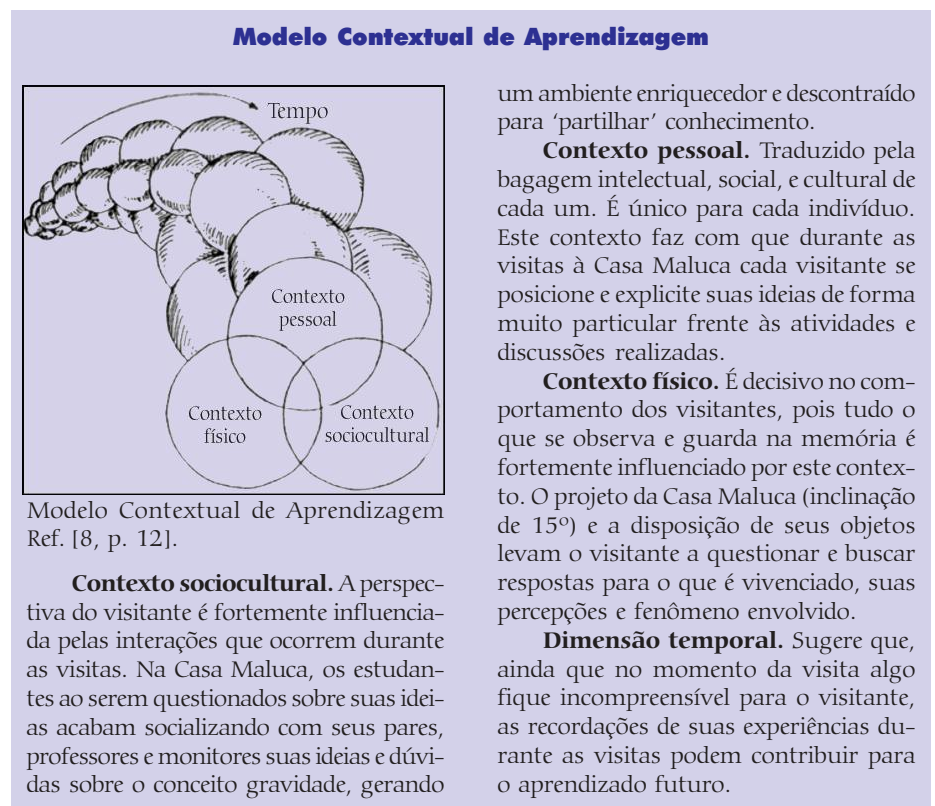
Devido às suas particularidades físicas (inclinação de 15°), antes de iniciar uma visita à Casa Maluca é importante conversar com os participantes de modo a identificar se alguém sofre de labirintite, uma doença que acomete o ouvido interno (labirinto) e pode comprometer a manutenção do equilíbrio corporal. Ao entrar na casa a nova orientação em relação ao referencial da superfície da Terra terá efeitos diferentes em cada pessoa, fato que

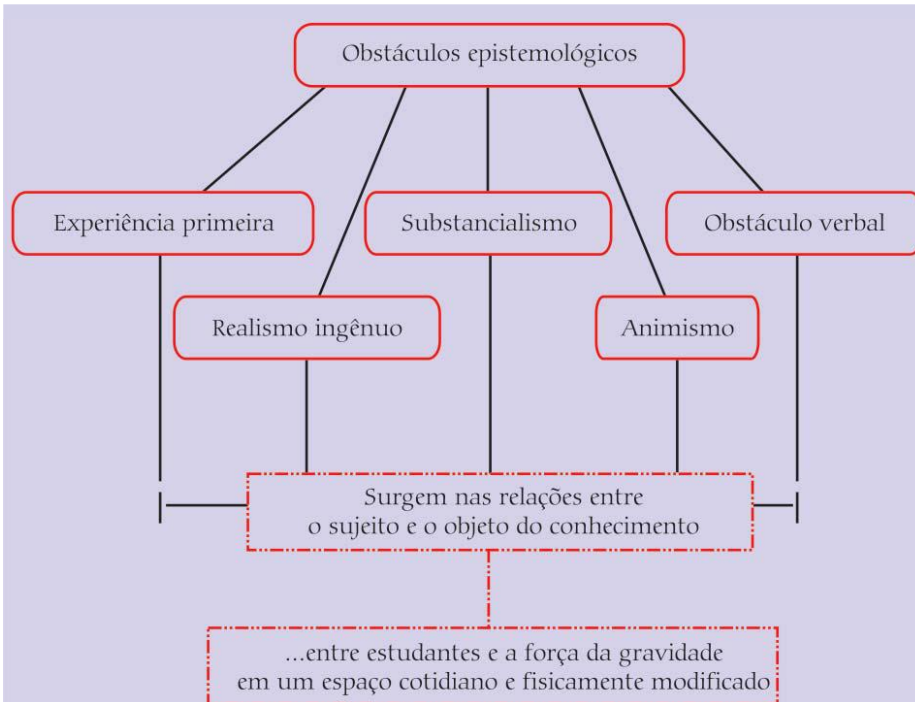
pode ocasionar em alguns casos mal estar e até mesmo náusea.

A inclinação de 15° em relação à orientação da força gravitacional da Terra causa uma sensação de desequilíbrio, além da percepção de duas

componentes da força gravitacional que são nulas quando estamos na vertical ou quase imperceptíveis para pequenas inclinações. Assim logo que se inicia a visita já se torna possível levantar algumas

Obstáculo epistemológico foi uma expressão introduzida pelo francês Bachelard em seu livro *A Formação do Espírito Científico* para caracterizar tudo aquilo que obstrui, dificulta, enfim, limita o progresso da ciência





Experiência primeira

É a experiência colocada antes e acima da crítica, o início dos obstáculos na formação do espírito científico. Interpretada como uma satisfação imediata aborda fenômenos complexos como se fossem fáceis. A satisfação imediata ao invés de trazer benefícios pode ser um obstáculo para a cultura científica, uma vez que acaba por substituir “o conhecimento pela admiração”.

Para muitos alunos a Terra é entendida como possuidora da gravidade, assim a Terra atrai os objetos, mas o contrário não faz sentido. Tal interpretação apesar de ‘facilitar’ momentaneamente o entendimento do conceito acaba por dificultar o aprendizado da terceira lei de Newton (ação e reação) e bloqueia o interesse pelo estudo mais aprofundado sobre a gravidade. Também é comum os alunos explicitarem a ideia de que a gravidade atua de forma diferente em diferentes pontos da casa e também fora dela.

Substancialismo

No substancialismo é marcante o

acúmulo de vários adjetivos para um mesmo substantivo, como afirma Bachelard (1996), este é um sintoma claro de sua sedução. O obstáculo substancialista também leva à atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância ou relaciona uma substância a qualidades diversas.

Muitos estudantes atribuem à atmosfera uma qualidade “pressionadora, fixadora...” dos corpos na Terra. Para alguns alunos a gravidade carrega vários adjetivos (forte, rápida e intensa). A sedução do obstáculo substancialista, com a atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância, leva o aluno a associar e explicar erroneamente diversas situações correlatas, por exemplo, a atuação da gravidade nas diversas atividades realizadas durante a visita à Casa Maluca.

Obstáculo verbal

Pode ser entendido como sendo uma falsa explicação obtida a custo de uma única palavra explicativa (*palavra obstáculo*). Assim, por meio de uma única palavra exprime os mais variados fenômenos

na falsa convicção de que os explica. Esta falsa convicção de explicação torna-se clara, por exemplo, quando da explicação da queda dos corpos pela palavra gravidade.

Em geral os alunos concebem a gravidade como detentora da explicação para a queda dos corpos. Este fato acaba por dificultar análises mais aprofundadas sobre o tema, por exemplo, a atração mútua entre os corpos.

Realismo ingênuo

Intimamente ligado à experiência primeira, o realismo pode ser considerado a única filosofia inata [7]. Encontra-se impregnado no inconsciente e é diretamente associado à noção do real. Traz como principal característica a conversão, sem maiores questionamentos, do real imediato em certeza absoluta de verdade.

Muitos alunos durante a visita à Casa Maluca enunciam a ideia de que um objeto não estando em contato com o solo não está sob a ação da força gravitacional, assim inferem que um astronauta nas proximidades da Terra não está sob ação da gravidade. Talvez fosse possível considerar a gravidade para muitos alunos como algo subjetivo, partindo diretamente das observações particulares e imediatas, onde se transpõe valores inconscientes para o mundo objetivo.

Animismo

Entendido como resultante da aplicação de características de seres vivos aos mais variados fenômenos. O fato de que atribuir vida daria maior relevância a um determinado fenômeno ou objeto também se enquadra na designação animista.

São inúmeras as colocações animistas em ciências: na repulsão elétrica fala-se em “um não gostar do outro” e no caso da gravidade é comum dizer que a Terra “segura e puxa para baixo”. A gravidade entendida como algo que realmente “puxa, empurra e segura para baixo” é bastante corriqueiro nas falas dos alunos. A gravidade é compreendida como se possuísse realmente características de seres animados.

questões problematizadoras que podem fomentar discussões futuras com os alunos, por exemplo: *A que se deve a dificuldade em andar rapidamente pela casa e ao mesmo tempo se ‘equilibrar’? O que tem de diferente na casa em relação ao ambiente externo?* Neste contexto, cria-se não apenas uma expectativa quanto à visita, mas

também a oportunidade do professor iniciar as discussões a respeito da constante atuação da gravidade e de seu caráter vetorial.

São inúmeras as atividades que podem ser realizadas na Casa Maluca com o intuito de possibilitar a problematização e o questionamento das ideias de senso

comum trazidas pelos visitantes em relação ao conceito gravidade e a superação de obstáculos epistemológicos envolvidos neste processo. A seguir, considerando os objetos presentes na casa e tendo como base a pesquisa realizada, apresentamos algumas destas atividades e possibilidades que podem auxiliar professores, licencian-

dos e monitores durante a realização das visitas.

Atividade: Segurando o taco de sinuca



É bastante comum durante as visitas à Casa Maluca e discussões, os alunos afirmarem que um objeto não estando em contato com o solo não sofre ação da força gravitacional. No interior da casa é possível problematizar tais ideias a partir de uma atividade muito simples: segurando o taco de sinuca.

Para realizar esta atividade, se segura um taco de sinuca em suas extremidades de modo que ele fique perpendicular ao plano da casa, então se solta a extremidade inferior do taco e este naturalmente não se alinha perpendicularmente ao piso da casa, mas sim com o piso externo à casa.

Na realidade ocorre que, ao segurar o taco perpendicularmente ao piso da casa este se posiciona com um ângulo de 15° em relação ao piso externo, assim no momento em que se solta sua extremidade inferior, o taco é direcionado para o centro da Terra devido à atração entre as massas envolvidas (fenômeno gravidade).

Com a realização desta atividade pode-se problematizar as ideias dos alunos sobre o conceito gravidade a partir de indagações do tipo: *O que está atuando sobre o taco? Por que ao soltar a extremidade inferior do taco este se inclina em relação ao piso da casa? Sobre o fenômeno envolvido, este atua também em um astronauta nas proximidades da Terra? O que difere? E em um avião em voo?* Cria-se também com esta atividade a possibilidade de discutir com os alunos o caráter vetorial da gravidade.

Atividade: Levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos

Nesta atividade é pedido para que o visitante tente levantar de uma cadeira sem utilizar as mãos e sem encostar os pés na cadeira. O objetivo é fazer com que perceba a decomposição da força peso e explicita



suas ideias daquilo que estão vivenciando.

Uma vez dentro da casa o visitante fica inclinado 15° em relação à orientação da força gravitacional da Terra, o que causa uma sensação de desequilíbrio inicial e a presença de componentes da força gravitacional que normalmente não aparecem quando estamos na vertical. Assim, ao sentar na cadeira, o visitante sentirá dificuldades em se levantar devido à decomposição da força peso em P_x e P_y .

Em geral os alunos não citam ou relacionam a decomposição da força peso à dificuldade em se levantar da cadeira sem o auxílio das mãos. Comumente atribuem à dificuldade a uma força pressionadora, uma pressão do ar. Também para muitos a gravidade por si só é causa e explicação para a dificuldade em levantar da cadeira.

Nesta atividade há também uma grande oportunidade de discutir com os alunos o caráter vetorial da gravidade e sua dependência com o referencial adotado. Assim, indagações do tipo: *A que se deve esta dificuldade para levantar-se da cadeira? Fora da Casa Maluca é diferente? Por quê? Qual a relação desta atividade com a atividade do taco de sinuca?* podem auxiliar o professor nas discussões sobre o conceito gravidade e seu caráter vetorial.

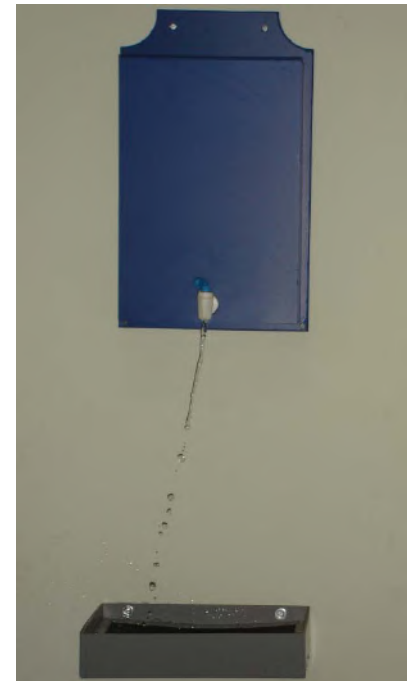
Esta simples atividade, que passaria despercebida se desenvolvida em um ambiente aberto, devido ao contexto em que está inserida e as provocações resultantes de sua realização, se torna uma sensação para os alunos.

Atividade: Inclinação do prumo de um filete d'água

Ao abrir uma torneira colocada numa das paredes da casa Maluca, nota-se a inclinação do prumo de um filete d'água.

A imagem do filete d'água caindo com inclinação desperta o interesse dos alunos e ao mesmo tempo revela uma mistura de sentimentos de dúvida e admiração pelo que está sendo observado.

Muitos alunos relacionam erroneamente a queda do filete d'água com empuxo. Em alguns casos extrapolam e afirmam ainda que um peixe em um aquário ou no fundo do mar, não está sob a ação da gravidade, atuando sobre ele apenas o empuxo.



O interessante nesta atividade é que, diferentemente das supracitadas, o objeto em questão é líquido (um filete d'água). Assim, durante a realização desta atividade cria-se a oportunidade do professor discutir com os alunos a atuação da gravidade em diferentes situações, por exemplo, na bica d'água. Questões como: *Em que esta atividade difere das demais? O que atua sobre a água da torneira para que ela caia inclinada? Como seria esta atividade fora da Casa?* podem auxiliar o professor nesta tarefa.

O professor tem também a oportunidade de iniciar uma discussão (que pode continuar após a visita ou em sala de aula) sobre questões mais abrangentes, por exemplo: a relação Sol-Terra-Lua e as marés. Enfim, esta atividade possibilita trabalhar com os estudantes de modo que os levem a perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, sobre todos os objetos e em todos os lugares.

Atividade: Bola que "sobe" um plano inclinado

Esta atividade leva o visitante a se questionar porque a bolinha vai para o lado contrário ao que era esperado, ou seja, a princípio espera-se que a bolinha ao ser colocada na mesa role (com base na figura) para o lado direito da mesa, porém, a mesa por não compensar a inclinação de 15° da casa faz com que a bolinha role para o outro lado, parecendo subir a mesa.

Alguns alunos durante esta atividade afirmavam que a bolinha subia a mesa devido à presença de um ímã, situado na parede da casa, que a *puxava* para lá. Talvez esta ideia enunciada por alguns alunos esconda a ideia errônea da gravidade



intermediada por forças magnéticas, ou seja, devido a um *truque*.

Acreditamos que para um melhor entendimento das ideias dos alunos, talvez fosse interessante analisar o que eles entendem por força magnética. Assim seria possível entender melhor a associação que fazem entre os fenômenos magnéticos e gravitação. Esta atividade pode também possibilitar ao professor trabalhar com os alunos a questão de referencial adotado, visto que a disposição da mesa na casa ilude nossos sentidos.

Extrapolando, a partir das ideias apresentadas pelos alunos nesta atividade, também é possível que o professor problematize ideias de senso comum que trazem o fenômeno gravidade intermediado por alguma coisa que facilite sua ocorrência.

Atividade: Saindo da casa e visualizando a imagem com 15° de inclinação

Na saída da Casa Maluca é possível realizar uma última experiência com os visitantes com o intuito de perceberem a influência do contexto físico (fisicamente modificado) na percepção de alguns fenômenos da natureza, neste caso a gravidade. É importante frisar que vários objetos da casa têm a função de “iludir” a visão do visitante, parecendo estar na horizontal.

Nesta atividade o visitante deve caminhar rapidamente em direção à saída (ao lado do espelho) e no instante em que sair da casa, expressar o que está vivenciando (a percepção da gravidade em diferentes ambientes, fechado e cotidiano).

A atividade possibilita ir um pouco mais além e fazer uma abordagem interdisciplinar, por exemplo, fundamentada na neurobiologia.

Assim, é possível abordar questões do tipo: *Por que temos a sensação de desconforto visual quando adentramos a casa e olhamos*



a imagem no espelho? Qual a relação entre o que vemos e o que sentimos quando entramos na casa? Ao sair da casa (ainda estando em um plano inclinado) por que, apesar de continuar a sentir seus efeitos, temos a impressão de que a gravidade não está mais atuando? Neste contexto, cria-se também a oportunidade de, a partir do ambiente da Casa Maluca, iniciar uma discussão baseada em nossas percepções e sentidos, por exemplo: as estrelas que vemos no céu à noite, a transformação de vibrações em sons e ruídos, e as reações químicas em cheiros e gostos específicos.

Conclusão

Em geral a visita à Casa Maluca possibilita trabalhar com os alunos diversas questões, como: a decomposição da força peso, a física do plano inclinado, referencial adotado, relações de ângulos da matemática, percepção, etc. As dinâmicas desenvolvidas durante as visitas à Casa Maluca buscam favorecer

a interação entre os visitantes, sendo que comumente os visitantes se sentem motivados a perguntar e explicitar suas ideias e dúvidas. Reiteramos a importância de con-

siderar os contextos de aprendizagem (pessoal, sociocultural e físico) durante as visitas dos alunos à Casa Maluca. A especificidade física da atividade cria um cenário propício para as discussões sobre o conceito gravidade. Assim, considerar as ideias trazidas pelos alunos (a bagagem que cada um traz para a visita) e as interações que ocorrem na casa (falas, gestos e atitudes dos alunos) enaltece e enriquece muito o cenário das discussões.

Também se faz muito importante durante a visita atentar para o papel do erro, para as ideias de senso comum no ensino

de ciências, em especial sobre fenômenos naturais. Ao considerar que o erro é o que ainda não se aprendeu, ele certamente será muito mais valorizado, fecundo e positivo para a problematização dos conceitos, das ideias de senso comum e para o processo de construção do conhecimento.

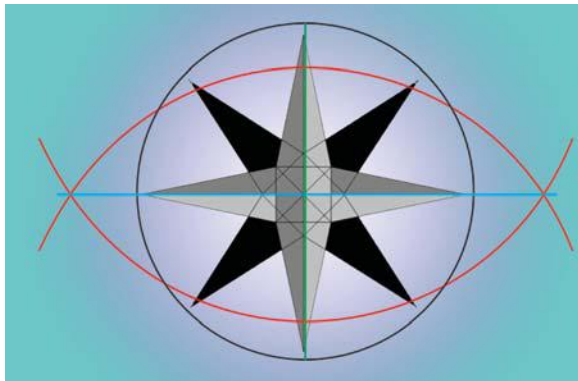
Enfim, recomendamos aos professores que realizem periodicamente visitas a centros de ciências com seus alunos, de modo que as atividades desenvolvidas nestes espaços auxiliem, fomentem e complementem a educação formal. Centros de ciências são espaços educativos que possibilitam a ampliação e a melhoria do conhecimento científico de estudantes e da população em geral. Assim, defendemos que a educação não formal deve ser vista não como concorrente, mas como parceira da educação formal. Ainda que no momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, as recordações de suas experiências durante as visitas podem contribuir para o aprendizado futuro. Acreditamos que a visita à Casa Maluca pode contribuir com o processo de construção de conhecimento em sala de aula na medida em que as recordações e experiências vividas durante as visitas são chamarizes para discussões mais aprofundadas.

Agradecimento

Este trabalho contou com o apoio da FAPESP. Agradecemos a toda equipe do CDCC/USP pela colaboração na realização deste trabalho de pesquisa.

Referências

- [1] R.A. Martins, in *Estudos de História e Filosofia das Ciências*, editado por C.C. Silva (Livraria da Física, São Paulo, 2006).
- [2] J. Nussbaum and D. Novick, *Science Education* **63**, 83 (1979).
- [3] M. Watts and A. Zylbersztajn, *Physics Education* **16**, 360 (1981).
- [4] C. Kavanagh and C. Sneider, *The Astronomy Education Review* **5**(2), 21 (2007).
- [5] R. Nardi e A.M.P. Carvalho, *Investigações em Ensino de Ciências* **1**, 132 (1996).
- [6] P.D. Colombo-Júnior, *A Percepção da Gravidade em um Espaço Fisicamente Modificado: Uma Análise à Luz de Gaston Bachelard*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2010.
- [7] G. Bachelard, *A Formação do Espírito Científico: Contribuições para uma Psicanálise do Conhecimento* (Contraponto, Rio de Janeiro, 1996), 316 p.
- [8] J.H. Falk and L.D. Dierking, *Learning from Museums. Visitor Experiences and the Making of Meaning* (Altamira Press, Lanham, 2000), 288 p.



Uma estratégia para construção de rosa dos ventos envolvendo geometria, arte, astronomia e tecnologia

Marcos Daniel Longhini

Faculdade de Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil
E-mail: mdlonghini@faced.ufu.br

Roberto Ferreira Silvestre

Astrônomo amador, Observatório Astronômico de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil
E-mail: prof.silvestre@netsite.com.br

Flávio César Freitas Vieira

Divisão de Educação Básica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil
E-mail: flavioc@proex.ufu.br

Seguramente muitos de nós já ouvimos dizer que, se um dia nos perdermos em uma floresta com uma bússola em mãos, podemos nos livrar dessa situação embaraçosa, pois tal instrumento nos guiará geograficamente. Longe de afirmarmos que essa estratégia de escoteiro é incorreta, o que questionamos é: será que quando a agulha da bússola se direciona para a indicação norte, por exemplo, se supostamente seguíssemos sempre esta orientação, chegaríamos àquele local imaginário, representado por um ponto na superfície terrestre chamado Polo Norte?

Para distâncias curtas, como no caso de uma pequena mata, poderíamos encontrar sua saída com relativo êxito, seguindo a orientação da bússola. No entanto, o mesmo não se pode dizer sobre a questão do parágrafo anterior. Isso porque esse instrumento não obedece fielmente à orientação geográfica, pois sua agulha, sendo imantada, orienta-se pelo campo magnético terrestre.

A Terra, compreendida como um grande ímã, possui também seus dois polos magnéticos, que, no entanto, não coincidem com os geográficos. Segundo Teixeira e col. [1], os polos magnéticos estão localizados a aproximadamente 78° N 104° W e 65° S 139° E. Também não são diametralmente opostos, havendo uma diferença de cerca de 2.300 km do antípoda. Além do mais, não se mantêm fixos no decorrer do tempo, variando sua posição na superfície de nosso planeta. Conforme os mesmos autores, os polos magnéticos migram a uma velocidade de $0,2^\circ$ a cada ano em torno dos polos geográficos.

Sendo assim, quando nos orientamos

empregando uma bússola, na maioria das vezes, são aproximações grosseiras dos polos geográficos que iremos localizar, não necessariamente suas exatas posições. O ângulo que demarca a diferença entre a indicação magnética e a geográfica é chamado de deflexão magnética. Alguns programas computacionais oferecem a possibilidade de, uma vez inseridas as coordenadas geográficas do local onde se está e a data, calcular a deflexão magnética. Ela indicará de quantos graus deve-se corrigir a agulha de sua bússola, para leste ou oeste, de modo que ela passe a nos dar a correta orientação dos polos geográficos.

Mas se não dispusermos de tal informação, como descobriremos a real localização dos pontos cardeais? Talvez pudéssemos tentar pela observação do local onde o Sol nasce e se põe no horizonte, como sendo a posição dos pontos leste e oeste, respectivamente. Perpendicular a eles, obteríamos a reta que liga o norte ao sul.

Essa poderia ser outra estratégia, se de fato o Sol nascesse e, conseqüentemente, se pusesse, no mesmo local todos os dias. Somente em ocasiões específicas ele irá surgir no ponto leste e se pôr no ponto oeste. Novamente, não podemos contar com este recurso para a real localização geográfica, principalmente em regiões onde o horizonte for montanhoso. No entanto, podemos empregar

outro recurso de fácil utilização e relativa precisão, que pode ser construído em sua escola ou em sua própria casa: a rosa dos ventos.

O que apontaremos neste artigo é uma possibilidade acerca de como construí-la, além de sugerirmos algumas possibilidades de uso. Para tanto,

Será que quando a agulha da bússola se direciona para a indicação norte, por exemplo, se supostamente seguíssemos sempre esta orientação, chegaríamos àquele local imaginário, representado por um ponto na superfície terrestre chamado Polo Norte?

O texto traz alguns apontamentos acerca de cuidados que devemos ter na busca pelas exatas posições dos pontos cardeais. Propõe uma metodologia de confecção de uma rosa dos ventos, que pode ser pintada no pátio de uma escola. Para tal, requer alguns materiais do cotidiano, atrelados à ideias relacionadas a diferentes campos do conhecimento, como a geometria, a arte, a astronomia e recursos computacionais. O texto apresenta, ainda, algumas possibilidades de uso da rosa dos ventos, após devidamente construída.

empregaremos materiais do cotidiano, como um fio de prumo do tipo empregado na construção civil, trena, barbante, giz escolar, fita crepe, tinta para piso e pincéis. Também empregaremos algumas ideias de geometria e astronomia, além de alguns programas computacionais de fácil acesso e manipulação. O resultado, que é a rosa dos ventos, pode ser incrementado com um toque artístico, conforme o gosto do professor.

Antes do céu, a informática

Comece por escolher um local adequado para a construção de sua rosa dos ventos, bem como uma data para a atividade de marcação do meridiano, que é seu ponto de partida. O diâmetro desejado que o desenho completo tenha é limitado apenas pelo espaço físico disponível. Seu aspecto decorativo final depende dos recursos que tiver, como a variedade e quantidade suficiente de tinta para pintá-la, por exemplo. Existe a possibilidade de construí-la empregando mosaico ou outros materiais que a criatividade e o custo permitirem.

Como faremos uma demarcação no solo a partir da sombra de um fio de prumo, a condição inicial é que a rosa dos ventos seja desenhada em um espaço ao ar livre, relativamente distante de grandes obstáculos como árvores ou paredes que, além de projetarem sombras e dificultarem a demarcação do meridiano sobre

o solo, reduzirão a visibilidade do céu e do horizonte, necessária para as muitas possibilidades de uso desse recurso. Importante, também, é que o trabalho seja realizado sobre um solo pavimentado, plano, liso e nivelado. Escolhido o local adequado, obtém-se as coordenadas geográficas usando um GPS (Global Positioning System) ou a partir do emprego do programa computacional *Google Earth*, por exemplo. Este último é um aplicativo gratuito que pode ser obtido a partir do endereço <http://earth.google.com/intl/pt-BR/>. Após instalá-lo, deve-se identificar o local exato onde pretende-se construir sua rosa dos ventos. Para isso, coloque o cursor do *mouse* no ponto do mapa onde ela será demarcada. Fazendo isso, encontre na barra inferior da tela do programa as coordenadas geográficas do local escolhido: a latitude, que pode ser norte (N) ou sul (S), e a longitude, que no caso do Brasil é sempre oeste (W). O resultado para o caso aqui ilustrado está apresentado na Fig. 1.

Com a informação das coordenadas geográficas em mãos, deve-se obter um segundo dado: o momento exato em que o Sol cruzará o meridiano daquele local na data da marcação. Entende-se por meridiano local uma reta imaginária que liga os polos geográficos norte e sul e que passa pelo ponto que chamaremos de M, escolhido para ser o centro da rosa dos ventos a ser desenhada. Um dos progra-

mas que fornece essa informação com grande precisão é o *SkyMap Pro*. Uma vez que sejam fornecidas as coordenadas do local e a data da marcação, o programa calculará, entre outras coisas, o meio-dia solar, que corresponde ao instante em que o centro do Sol cruza o plano do meridiano local. Para obter essa informação, execute o programa e siga os procedimentos abaixo, que foram realizados na versão 9 do programa (Fig. 2), disponibilizada gratuitamente para teste: na tela principal, na margem esquerda, selecione o ícone (globo terrestre) que abre a janela para entrada da posição do observador. Forneça as coordenadas geográficas do local (Latitude, Longitude), os hemisférios (N/S, E/W), a altitude em relação ao nível do mar (Height) e o deslocamento, em minutos, em relação ao meridiano de Greenwich (Time zone). O fuso de Brasília, por exemplo, está 3 horas (180 minutos) atrás (behind) de Greenwich. Não marque o horário de verão (Daylight saving time). Clique no botão OK (Fig. 3).

Na mesma margem esquerda da tela principal, selecione o ícone (relógio) que abre a janela para entrada do horário de observação. Insira um horário (Time) próximo das 8 horas da manhã. Insira a data (Date) da marcação do meridiano. Deixe o campo seguinte com o conteúdo AD. Não marque o horário de verão (Daylight saving time). Clique no botão OK. Ainda na margem esquerda, selecione a letra E (East) para ver o lado leste do céu diurno. Encontre a imagem do Sol e clique nela com o botão direito do *mouse*. Uma pequena janela aparece. Clique com o

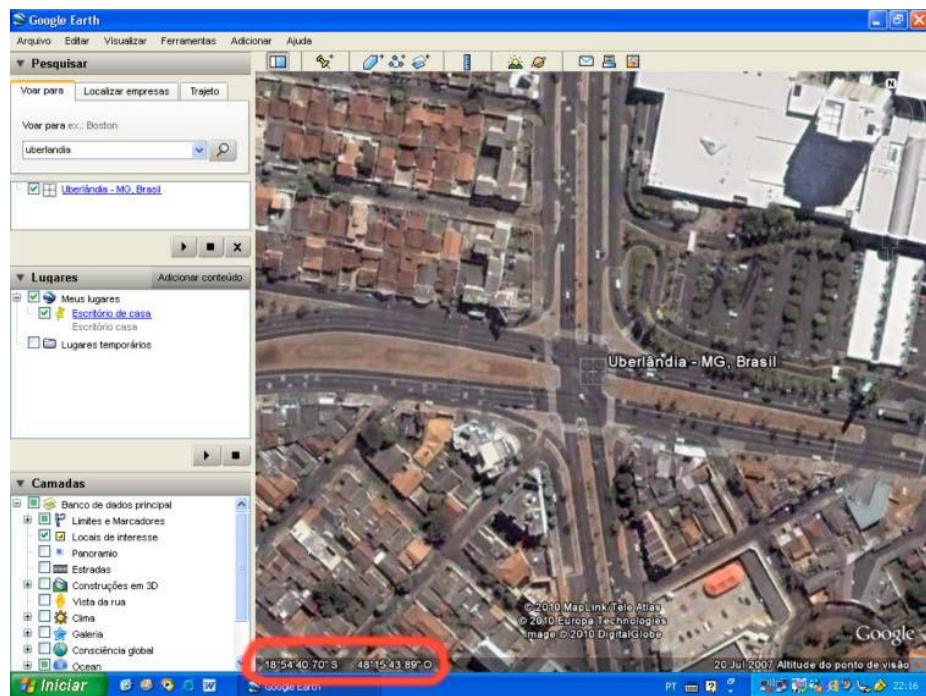


Figura 1 - Apresentação do programa Google Earth. Observe no canto inferior esquerdo da imagem o local da tela que indica as coordenadas geográficas do local no mapa onde se encontra o cursor.

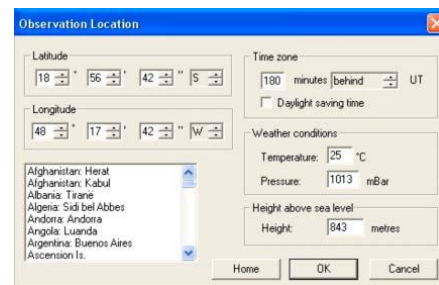


Figura 2 - Apresentação do programa *SkyMap Pro*. Inserção de dados.



Figura 3 - Apresentação do programa *SkyMap Pro*. Inserção de dados.

botão esquerdo do mouse na opção "About Sun" (Fig. 4), para ver os dados sobre o Sol na data escolhida. Na nova janela que aparecer, o meio-dia solar estará disponível à direita do rótulo "Transit". É esse horário que será usado no local para marcação do meridiano.

Para continuar o trabalho de demarcação do solo, verifique em seu relógio o instante em que o Sol cruzar o meridiano que passa pelo centro de sua rosa dos ventos. Logo, será nesse exato momento que a sombra deverá ser demarcada. Para garantir sua perfeita orientação, sugerimos ajustar seu relógio usando os recursos de seu computador. Se o sistema operacional oferecer o serviço de ajuste automático da hora do computador pela internet, utilize-o. Se esse recurso não estiver disponível, o ajuste pode ser feito pelo programa *AboutTime*, de Paul Lutus (<http://www.arachnoid.com/abouttime/>). Isso assegura a marcação da sombra no momento exato em que o Sol cruzar o meridiano local.

Olhar para o chão, olhar para o céu

Dispondo do relógio ajustado e conhecendo o instante em que o Sol cruza o meridiano referente ao local escolhido, deixamos os recursos tecnológicos e partimos para a demarcação do solo, o que requer a observação do céu.

Para esta etapa, deve-se dispor de barbante, giz e fio de prumo. Este último irá representar um rudimentar instrumento conhecido como gnômon, o qual pode ser construído empregando uma haste. Em antigas civilizações, como os gregos, chineses e egípcios, ele era construído na forma de grandes obeliscos e tinha a função de demarcar períodos ou ciclos de tempo, o que era feito a partir do acompanha-

mento de sua sombra no decorrer dos dias [2].

A demarcação da sombra só será possível se essa atividade for realizada em dia ensolarado. Ela será uma boa oportunidade para discutir aspectos relativos ao meio do dia, pois há diferenças entre o horário civil e a ocorrência da metade do dia para o "movimento do Sol" pelo céu.

Também é oportunidade para desmistificar a recorrente ideia que muitas pessoas têm, conforme relevam Langhi [3] e López-Gay [4], por exemplo, de que quando nosso relógio marcar 12 h, a sombra de um objeto desaparecerá.

Para fazer a demarcação, quando o relógio marcar o instante preciso (previamente calculado), a sombra do fio projetará sobre o solo um traço coincidente como o meridiano, que deve ser coberto com giz. Não se esqueça de fazê-lo passar pelo ponto M, centro da rosa dos ventos. Como a sombra do fio está sempre em movimento, o que se faz na prática é marcar um ponto dela que esteja o mais distante possível do ponto M. Com esses dois pontos, ou seja, o centro M e o ponto marcado na sombra do fio, traça-se a reta que define o meridiano.

Esse momento especial coincide com a sombra mínima no decorrer do dia, que raramente é mínima a ponto de desaparecer. É importante ressaltar que, dependendo do período do ano e do local onde essa atividade for realizada, teremos sombras maiores ou menores. As cidades brasileiras situadas ao norte do Trópico de Capricórnio devem estar atentas, pois pelo menos em duas épocas do ano essa atividade torna-se inviável, uma vez que o fio de prumo projetará uma sombra nula ou muito curta no momento especificado. Por isso, recomendamos que a determinação do meridiano seja realizada perto do início do inverno, quando nós, brasileiros, temos

as sombras mais longas ao meio-dia.

Depois de demarcada a linha que interliga o norte geográfico ao sul, basta descobrirmos qual é um e qual é outro. Fique sobre a linha e use uma bússola ou até mesmo a conhecida regra que pede para abrir seus braços e apontar o direito para onde o Sol nasce, para encontrar o lado leste. O braço esquerdo estará voltado para o lado oeste. Portanto, a parte do meridiano que estiver à sua frente apontará para o norte. Consequentemente, a parte sul do meridiano estará às suas costas.

Conhecido o meridiano, deve-se marcar um círculo delimitador, centrado no ponto M, que definirá o tamanho que a figura completa terá. Com o uso do barbante e de um giz fixo em uma das pontas, pode-se simular um grande compasso e marcar esse círculo completo, que interceptará o meridiano nos pontos N e S, que correspondem às extremidades norte e sul da rosa dos ventos.

Em seguida, com o mesmo compasso improvisado, determine a reta perpendicular ao meridiano encontrado. Para isso, centre seu "compasso" no ponto N e, com um raio arbitrário maior do que a metade do segmento SN, trace dois arcos fora do meridiano, nas regiões mostradas na Fig. 5. Com o mesmo raio adotado, trace outros dois arcos com centro no ponto S, de forma que interceptem os arcos anteriores. Ao ligar os pontos obtidos pelos arcos, teremos uma reta cujas interseções com o círculo delimitador são os pontos L e O, correspondentes ao leste e ao oeste. Marque o segmento OL com giz e teremos uma rosa dos ventos rudimentar mas que indica corretamente os pontos cardeais.

Pode-se parar por aí, mas vale a pena avançar e dividir ao meio cada um dos quatro ângulos retos, obtendo-se os pontos colaterais: entre o norte e o leste - nordeste; entre o norte e o oeste - noroeste; entre o sul e o leste - sudeste; e entre o sul

Cidades brasileiras situadas ao norte do Trópico de Capricórnio devem estar atentas, pois pelo menos em duas épocas do ano essa atividade torna-se inviável, uma vez que o fio de prumo projetará uma sombra nula ou muito curta no momento especificado

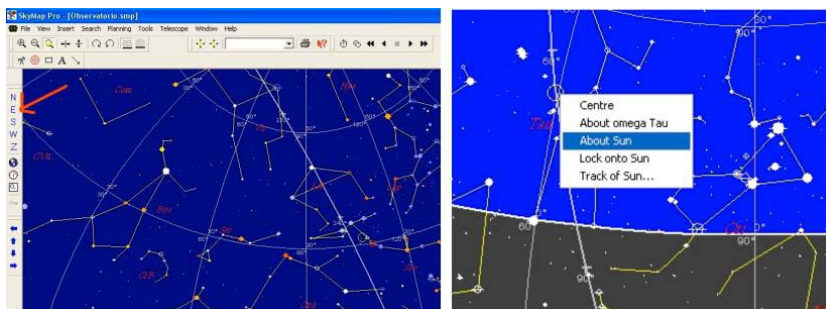


Figura 4 - Localização do Sol e determinação do meio-dia solar.

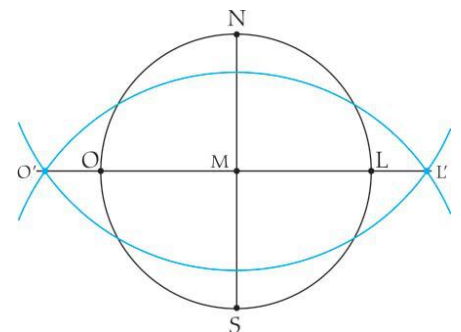


Figura 5 - Construção geométrica da perpendicular à direção norte-sul, que representa a direção leste-oeste.

e o oeste - sudoeste. Unindo os quatro pontos principais por meio das retas auxiliares NL, LS, SO e ON, teremos algo como o esquema da Fig. 6. Se, com uma trena, marcarmos o ponto médio de cada um desses quatro segmentos e unirmos esses pontos, dois a dois, com retas que passem pelo centro da rosa, teremos as indicações dos pontos colaterais: A - nordeste; B - sudoeste; C - noroeste; D - sudeste.

Com as oito direções bem determinadas, o acabamento final da rosa dos ventos fica por conta da criatividade de cada um. A Fig. 7 mostra uma representação esquemática de um modelo básico que utilizamos e a imagem de uma que foi pintada em uma escola pública de Uberlândia, MG.

Algumas possibilidades de uso

A rosa dos ventos pode ser explorada de diversas formas. Uma delas é a verificação, no decorrer do ano, da posição do nascimento e pôr do Sol. Essa atividade trará elementos para desmistificar a concepção de que o Sol sempre nasce exatamente no leste e se põe exatamente no oeste. Os alunos poderão identificar esta variação no decorrer do ano, comparando os pontos do nascente e do poente com as datas do solstício e do equinócio, por exemplo. Algumas relações significativas podem ser obtidas a partir desta observação.

Outra possibilidade é a identificação da direção de certos locais de referência em sua própria cidade. Dispondo de um mapa da cidade que te-

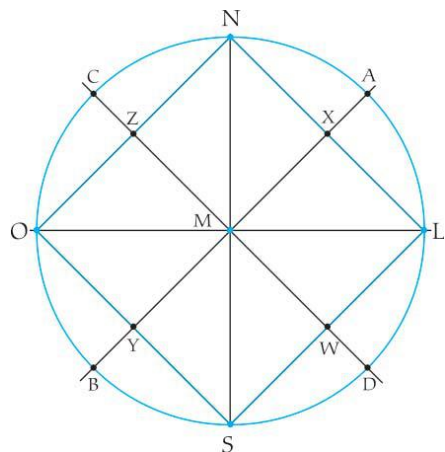


Figura 6 - Construção geométrica dos pontos colaterais.

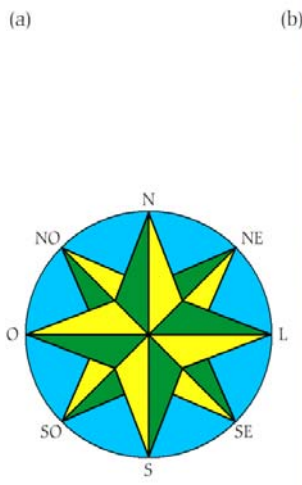


Figura 7 - Em (a), esquema de demarcação de uma rosa dos ventos; em (b), após a conclusão.

nhá uma rosa dos ventos, os alunos devem estendê-lo no chão e alinhar a rosa dos ventos desenhada na escola com a que está impressa no mapa. Assim, terão a real orientação geográfica da cidade a partir daquele local. Por meio do mapa orientado, o professor pode pedir que os

alunos localizem a direção de determinados pontos estratégicos da cidade, como uma igreja, uma praça ou outro qualquer. Os estudantes devem, então, visualizar aqueles pontos da cidade e comparar com as direções descobertas por eles no mapa.

A rosa dos ventos pode ser usada também como um observatório astronômico a olho nu. Neste caso, o professor deve dispor de um planetário virtual em seu computador e anotar, para um instante específico, a posição de um astro ou de um satélite artificial em coordenadas horizontais. Essas informações de tempo e espaço, compostas de data, horário, azimute e altura devem ser passadas aos estudantes, que vão orientar-se pela rosa dos ventos e localizar os objetos propostos. Na data da atividade, um aluno deve posicionar-se de pé no centro da rosa dos ventos, girar seu corpo para encarar a direção dada pelo azimute, elevar sua cabeça de um ângulo dado pela altura em relação ao horizonte e aguardar o instante esperado, atentando para seu relógio.

Considerações finais

A atividade que propomos é uma estratégia de construção de um instrumento

de localização, que aliou elementos usados pelo homem há muito tempo, como o estudo das sombras, com apoio de ferramentas atuais, como o computador. O resultado desta técnica, ou seja, a rosa dos ventos, oferece diversas possibilidades de uso, dependendo do interesse de cada professor.

Trata-se não somente da construção de um instrumento para suas aulas, pois o processo de elaboração revela o potencial para exploração de diversas áreas de conhecimento, como geometria, artes, geografia e história, ou de técnicas como a manipulação de dados em computador, a observação sistemática, o traçado para demarcação do solo e sua pintura.

Esperamos que a divulgação desta metodologia não seja compreendida somente como uma técnica para obtenção de um artefato que nos permita obter a localização geográfica de forma mais fiel do que a bússola ou a observação do movimento do Sol, mas que seu processo de elaboração seja também uma oportunidade de aprendizagem para todos aqueles envolvidos nessa atividade.

Referências

- [1] W. Teixeira, M.C.M. Toledo, T.R. Fairchild e F. Taioli (orgs), *Decifrando a Terra* (Oficina de Textos, São Paulo, 2000), 568 p.
- [2] G.B. Afonso, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **18**, 149 (1996).
- [3] R. Langhi, *Ideias de Senso Comum em Astronomia* (Observatórios Virtuais, 2004), disponível em telescopiosnaescola.pro.br/langhi.pdf.
- [4] R. López-Gay, *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales* **61**, 27 (2009).



.....
Magali Fonseca de Castro Lima
 E-mail: magalilima@if.ufrj.br

Vitorvani Soares
 E-mail: vsoares@if.ufrj.br

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

Quando ministramos aulas de física procuramos enfatizar os fenômenos, os conceitos associados e tentamos apresentar os assuntos de maneira descontraída, utilizando exemplos presentes no cotidiano. Na proposta que apresentamos neste artigo utilizamos como ferramenta pedagógica, além dos exemplos, outra prática comum entre os alunos: o jogo. Jogando os alunos sentem-se à vontade e este estado pode contribuir para o aprendizado fluir.

O jogo é uma ferramenta pedagógica que motiva e estimula o raciocínio lógico, podendo ser utilizado para levantar questionamentos e trabalhar ideias relacionadas a situações cotidianas. Johan Huizinga, antigo reitor da Universidade de Leyden, defende no seu texto clássico *Homo Ludens* que o jogo corresponde a uma das noções mais primitivas e profundamente enraizadas em toda a realidade humana.

O jogo, segundo Huizinga, é mais primitivo do que a cultura, pois faz parte daquelas coisas em comum que o homem partilha com os animais [1]. Rizzo [2] também enfatiza a função emotiva do jogo e nos revela o seu papel de elo entre o prazer e o aprender.

Ela nos lembra ainda que o jogo estimula a construção de esquemas de raciocínio através de sua ativação, e isto permite ao profissional melhor definir a sua atuação como educador e promotor do desenvolvimento da aprendizagem do aluno.

O estudo da cinemática deve proporcionar ao aluno identificar e entender a evolução dos movimentos que ele realiza e que os outros seres ou objetos realizam

também. É importante a percepção das grandezas tempo e posição e a variação de uma grandeza em função da outra. Experimentos em cinemática que permitam quantificar a velocidade ou a aceleração dos móveis são, em geral, relativamente caros. Materiais de laboratório necessários para realização de experimentos que possibilitam medir algumas grandezas cinemáticas – tais como trilhos de ar, centelhadores e fita termo sensível – nem sempre são fornecidos nas escolas de Ensino Médio.

Podemos também fazer apresentações que mostrem móveis em movimento uniforme ou em movimento uniformemente variado, mas dificilmente poderemos determinar a velocidade ou a aceleração desses móveis. Para contornarmos estes problemas, propomos um jogo no qual, ao longo de uma partida, esses conceitos podem ser discutidos e até mesmo mensurados para um móvel que se desloca sobre um tabuleiro. Utilizamos os aspectos observados no jogo para, gradativamente, fazer uma conexão entre o movimento das peças no tabuleiro e a abstração de uma equação que descreva esse movimento.

O ensino de ciências através de jogos é uma estratégia que vem sendo bastante aplicada. No Departamento de Educação do Instituto de Biociências da Unesp, por exemplo, foram desenvolvidos jogos didáticos para o ensino de biologia [3]. No CINTED-UFRGS, foi desenvolvido um software educativo composto por um jogo que aborda o tema radioatividade. Este jogo, intitulado “Urânio 235”,

O estudo da cinemática deve proporcionar ao aluno identificar e entender a evolução dos movimentos que ele realiza e que os outros seres ou objetos realizam também

O jogo é uma ferramenta pedagógica que motiva e estimula o raciocínio lógico, podendo ser utilizado para levantar questionamentos e trabalhar ideias relacionadas a situações cotidianas

A utilização de jogos como instrumento pedagógico no ensino das ciências vem sendo bastante aplicada atualmente. Este trabalho apresenta uma estratégia envolvendo o jogo e a cinemática que pode ser empregada pelos professores para atrair os seus alunos para o aprendizado.

apresenta conteúdos de química do programa do Ensino Médio [4].

O Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (CMDMC), do Instituto de Química da Unesp, também desenvolveu recentemente o software *Chemical Sudoku*, uma adaptação do jogo sudoku, que estimula o raciocínio e apresenta conceitos da tabela periódica de maneira lúdica e interativa. [5] Vale lembrar ainda que esta estratégia recebeu a atenção de toda uma edição do *Journal of Chemical Education*, recentemente [6].

A nossa proposta é um jogo para que essas medidas sejam feitas para um móvel que se desloca sobre um tabuleiro onde cada casa é uma unidade de deslocamento e que, em cada jogada, um dado determina quantas unidades de tempo estão se passando. Fazemos, então, uma comparação da situação simulada pelo jogo, que é concreto, com a situação proposta por um problema de cinemática.

Nossa experiência nos indica que atividades lúdicas, como a proposta desse trabalho, estimulam a curiosidade dos alunos e se mostram úteis quando são apresentadas antes do desenvolvimento teórico. Nas seções seguintes apresentaremos as instruções para a produção e a aplicação do jogo e na última seção apresentamos nossas considerações finais.

Construção do tabuleiro e regras do jogo

A construção do tabuleiro é muito simples. Basta construir uma trilha e dividi-la em aproximadamente 200 casas. É interessante que nessa trilha haja curvas para que possamos aproveitá-las para falar do caráter vetorial da velocidade e sobre a aceleração centrípeta, mesmo sem mensurá-la. É necessário ainda comprar ou confeccionar dois dados e alguns “pinos” (um para cada jogador), para se locomoverem sobre a trilha.

Regras do jogo

1. Para decidir quem começa a jogar, os jogadores devem lançar os dois dados.

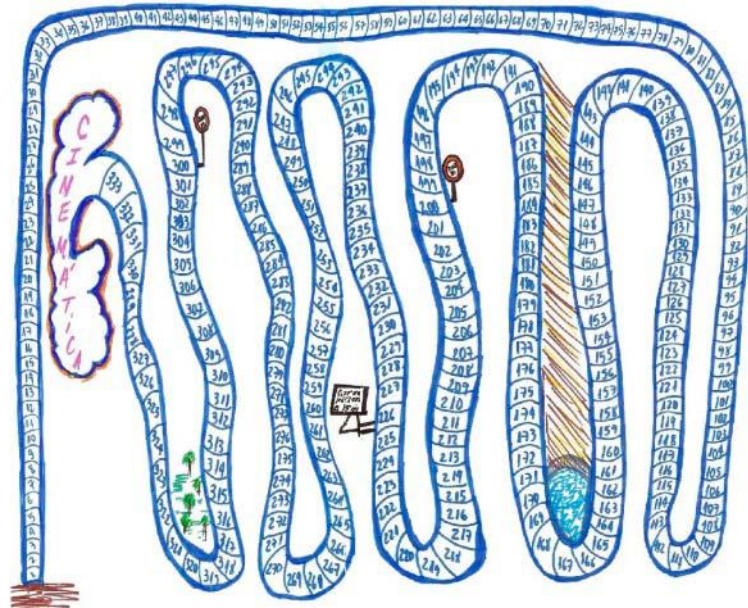


Figura 1 - Esta figura representa um tabuleiro de um dos jogos, empregado nas atividades com alunos, no Colégio Futuro VII.

Quem obtiver a maior soma começa a jogar, e assim sucessivamente.

2. O menor valor apresentado pelos dados indica o fator de multiplicação (FM) e o maior valor apresentado pelos dados indica por qual casa o jogador começa. Se os dois dados apresentarem o mesmo valor o jogador deve lançar os dados novamente até obter valores distintos.

3. A cada cinco jogadas o fator de multiplicação deve ser definido novamente através do lançamento de um dado.

4. Os jogadores lançam um dado e multiplicam o valor obtido pelo FM, determinando assim quantas casas vão pular.

5. Vence quem alcançar ou ultrapassar o final da trilha.

6. Ao longo da partida cada jogador deverá completar uma tabela como a mostrada na Tabela 1.

7. Após jogar e completar a tabela os

alunos devem construir gráficos representando a casa alcançada (“posição”) em função do acúmulo de valores obtidos pelo dado (“instantes de tempo”) verificando que se trata de uma função do primeiro grau.

Jogo e cinemática

Durante a brincadeira é importante que o professor questione o que está determinando a posição do jogador a cada jogada. Salientar que um dos parâmetros é determinado a cada jogada (o que simboliza o passar do tempo) e o outro parâmetro se mantém constante durante cinco jogadas. É interessante mostrar que o produto desses dois fatores determina o deslocamento do jogador. Depois que os alunos se mostrarem familiarizados com a dinâmica do jogo o professor pode começar a fazer paralelos com o movimento uniforme.

O fator de multiplicação determina quantas casas o jogador deve andar para cada unidade sorteada pelo dado. Logo FM é o número de casas por unidade sorteada e, por isso, pode ser associado à variação de posição com o passar do tempo de um corpo qualquer, basta imaginarmos que os valores sorteados pelo dado determinam o passar do tempo.

O aluno pode perceber também que a casa alcançada depende da posição ocupada pelo “pino” antes da jogada e do

Nossa experiência nos indica que atividades lúdicas, como a proposta desse trabalho, estimulam a curiosidade dos alunos e se mostram úteis quando são apresentadas antes do desenvolvimento teórico

Tabela 1. Tabela básica para o jogo.

Casa inicial:					
Jogada	Fator de multiplicação	Valor obtido através do dado	Acúmulo de valores obtidos pelo dado	Número de casas que andou	Casa alcançada
1ª					
2ª					
3ª					
4ª					

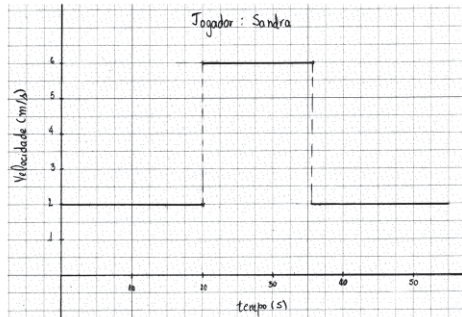
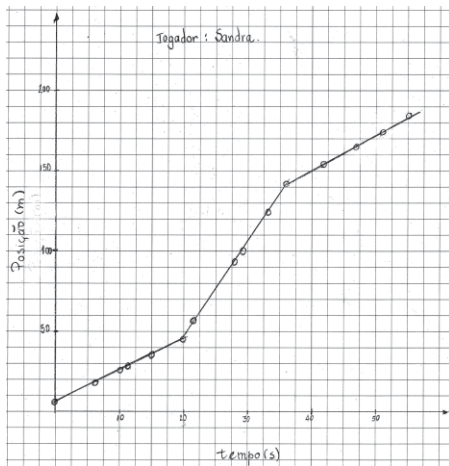


Figura 2 - Gráficos da posição vs. instante de tempo e da velocidade vs. tempo para uma das partidas realizadas pelos alunos.

quanto ele se locomoveu. Da mesma forma, a função horária de posição de um móvel, apresentada para eles na forma $S = S_0 + Vt$, onde Vt é o produto de dois parâmetros que foram concretizados no jogo, é a forma matemática de escrever que a posição do móvel é determinada pela posição inicial do móvel e pelo deslocamento realizado por ele, em um determinado intervalo de tempo.

Podemos aproveitar as tabelas completadas ao longo das jogadas para construirmos diferentes gráficos como, por exemplo, o gráfico da posição alcançada em função do tempo transcorrido (acúmulo de valores sorteados no dado). É importante fazer este gráfico com pelo menos dez posições alcançadas de modo que possa ser possível observar a mudança da inclinação da curva com a mudança do FM (velocidade do móvel). Sugerimos também a confecção do gráfico da veloci-

dade em função do tempo para comparar o comportamento da velocidade em cada um dos gráficos.

É interessante observar também que, se o professor tiver um computador e um projetor disponíveis, ele pode levar para sala de aula um tabuleiro, escolher dois alunos para jogar perante todos os colegas e construir a tabela de valores junto com os alunos e projetá-la para que toda a turma a visualize. Eventualmente, também pode ser utilizado um programa para construção dos gráficos ao longo da partida. Desta forma, toda a turma vai interagir na brincadeira e, possivelmente, aprender brincando.

Considerações finais

Aplicamos o jogo em turmas do 9º ano do ensino fundamental e da 1ª série do Ensino Médio do Colégio Futuro Vip. Não podemos afirmar que as turmas que

participaram desse trabalho apresentaram um rendimento melhor do que outras, nem que um outro professor vai ficar tão à vontade quanto nós ficamos utilizando esse jogo como ferramenta pedagógica, mas vimos os olhos de alguns alunos brilhando quando eles, através do jogo, conseguiram concretizar uma situação, interpretá-la e discuti-la. Aprender brincando não é a única forma de aprendizado, talvez nem seja a mais eficiente, mas é uma das formas prazerosas tanto para o educando quanto para o educador.

Através do jogo conseguimos conceituar posição, deslocamento, velocidade, aceleração, salientar o caráter vetorial da velocidade, mostrar técnicas para a construção de gráficos e chamar atenção para a interpretação deles. Acreditamos que o aperfeiçoamento desta técnica possa render muitos bons frutos.

Referências

- [1] J. Huizinga, *Homo ludens: A Study of the Play Element in Culture* (Beacon Press, Londres, 1950).
- [2] G. Rizzo, *Jogos Inteligentes: A Construção do Raciocínio na Escola Natural* (Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2001), 3ª ed.
- [3] <http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>, como consultado em 02/06/2009.
- [4] http://www.cinted.ufrgs.br/renote/m_05_2005/artigos/a39softwareradioatividade_revisado.pdf, como consultado em 02/06/2009.
- [5] http://www.universia.com.br/noticia/materia_dentrodo_campus_imprimir.jsp?not=39214 quando consultado em 02/06/2009.
- [6] Mary E. Saecker, *J. Chem. Educ.* **84**, 577 (2007).



Qualidade no Ensino de Física: Perspectivas e Desafios no Século XXI

Qualidade no ensino de física: perspectivas e desafios no século XXI

Refletir cientificamente sobre a qualidade no ensino de física – tema central do XIX SNEF, a ser realizado em Manaus – significa reconhecer o contínuo desafio para não regredir nos avanços já conquistados e continuar constituindo novas perspectivas para sempre superar, com discernimento crítico, os estágios evolutivos contemporâneos – sejam no âmbito da educação, da ciência ou da política – que se apresentam no processo de desenvolvimento desse conhecimento humano em todos os níveis educacionais.

Para saber mais, acesse

<http://www.sbfisica.org.br/~snef/xix/>



Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET

Materiais didáticos digitais de apoio à aprendizagem vêm sendo cada vez mais produzidos e utilizados em todos os níveis de ensino. Esses materiais são chamados Objetos de Aprendizagem (OA). Repositórios de OA proliferaram na Internet, colocando à disposição do usuário recursos educacionais para facilitar a aprendizagem tanto no ensino a distância quanto no apoio ao ensino presencial. Em particular, na área de física, o portal **COMPADRE** (www.compadre.org), considerado uma biblioteca digital, disponibiliza OA de excelente qualidade e uso gratuito, obtidos de várias fontes confiáveis.

Um dos mais disseminados tipos de OA são as simulações computacionais de experimentos de física, que estão disponíveis para utilização em diversos contextos. Mas infelizmente seu uso em sala de aula está longe de ser uma realidade, particularmente no Ensino Médio. Ainda que elas não devam substituir experimentos reais, pesquisas indicam que seu uso combinado à atividade experimental pode tornar mais eficiente o processo de aprendizagem dos alunos [1].

Uma bem sucedida iniciativa na produção de simulações para o ensino de física, protagonizada por Carl Wieman, laureado com o Nobel de Física de 2001, é o PhET - sigla em inglês para *Tecnologia Educacional em Física*. Wieman, no discurso de agradecimento pela concessão da Medalha Oersted, honraria máxima da Associação Americana de Professores de Física (AAPT), lembra que ao fazer uso de simulações para explicar sua pesquisa

em Condensação de Bose-Einstein, “era particularmente extraordinário [o fato de] que minhas audiências achavam as simulações atraentes e motivadoras do ponto de vista educacional, independentemente se a palestra era dada em um colóquio de um departamento de física ou numa sala de aula do Ensino Médio. Eu jamais vira um instrumento educacional capaz de atingir efetivamente níveis de formação tão diferenciados [2]”.

Com os avanços dos computadores pessoais, tanto em *hardware* como na relação custo/benefício, e softwares indepen-

dententes de plataforma como o *Flash* e *Java*, as simulações interativas já constituem um mecanismo eficiente para apresentar conceitos científicos e contribuir para tornar os professores facilitadores e os alunos autônomos no processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido apresentamos aqui o PhET, um projeto da Universidade do Colorado (EUA) concebido para desenvolver simulações de alta qualidade em diversas áreas da ciência. Além de produzir as simulações, a equipe do PhET busca realizar uma avaliação da eficiência de seu uso em salas de aula [3]. Esse uso pode tomar várias formas: aulas expositivas, atividades em grupo, tarefas para casa, entre outras.

Objetos de aprendizagem

Parecem existir tantas definições do que seja um Objeto de Aprendizagem quanto aqueles que o produzem. Segundo Wiley [4] um OA pode ser qualquer fonte digital que poderá ser reutilizada para a aprendizagem. Esta definição inclui imagens, fotos, clips de vídeos, animações,

Um dos mais disseminados tipos de OA são as simulações computacionais de experimentos de física, que estão disponíveis para utilização em diversos contextos. Ainda que elas não devam substituir experimentos reais, pesquisas indicam que seu uso combinado à atividade experimental pode tornar mais eficiente o processo de aprendizagem dos alunos

Alessandra Riposati Arantes

Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

Márcio Santos Miranda

Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa, Ensino e Consultoria, Campinas, SP, Brasil

Nelson Studart

Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

O artigo aborda uma ampla classe de recursos instrucionais chamados Objetos de Aprendizagem, que se encontram disponíveis em repositórios na Internet. São essencialmente recursos digitais em diferentes formatos: áudio, vídeo, animação e simulação computacional com certas características específicas no processo de ensino e aprendizagem. Em particular, é proposto o uso das simulações interativas do projeto Physics Educational Technology (PhET) da Universidade do Colorado.

páginas na Web. Mais recentemente, Nash [5] conceitua OA como blocos de informação que estão à disposição do professor para que este os conecte da maneira que achar mais eficiente para o processo de aprendizagem. Desta forma, espera-se que os OA estimulem o desenvolvimento das capacidades pessoais, como, por exemplo, imaginação e criatividade. Assim, um objeto virtual de aprendizagem pode tanto contemplar um único conceito quanto englobar todo o corpo de uma teoria. Pode ainda “compôr um percurso didático, envolvendo um conjunto de atividades, focalizando apenas determinado aspecto do conteúdo envolvido” [6].

Para tornar o conceito de OA mais acessível, criaram-se metáforas. Naquela do brinquedo LEGO, introduzida por Hodgins e Conner [7], os OA seriam pequenos blocos de instrução que poderiam se juntar para formar estruturas instrucionais maiores e reutilizados em outras estruturas, assim construindo todo o contexto de aprendizagem. Entretanto, utilizar uma combinação aleatória de OA pode não conduzir necessariamente a algo relevante e coerente em termos de ensino e aprendizagem, porque nem todos os OA podem ser de fato assim arrançados. Isso levou à metáfora do átomo proposta por Wiley [4], em que os OA são comparados a átomos nesta sequência: (a) nem todo átomo pode ser combinado com outro átomo; (b) átomos só podem ser montados em certas estruturas prescritas pela sua própria estrutura interna; e (c) alguma instrução é necessária para juntar átomos. Tal acontece com os OA, isto é, agrupá-los requer conhecimentos de diferentes modelos pedagógicos de modo que a produção de um curso, por exemplo, seja eficaz e apropriada sob o ponto de vista da aprendizagem.

Tarouco e col. [8] sintetizam as características específicas que um OA deve apresentar:

Acessibilidade: facilmente acessível via Internet;

Atualizável: através do uso de metadados (literalmente “dados de dados”) torna-se fácil fazer atualizações;

Interoperabilidade: capacidade de operar através de uma variedade de *hardware*, sistemas operacionais e buscadores.

Granularidade: Quanto mais granular for um OA maior será o seu grau de reutilização.

Adaptabilidade: adaptável a qualquer ambiente de ensino;

Flexibilidade: material criado para ser utilizado em múltiplos contextos, não sendo necessário ser reescrito para cada novo contexto;

Reutilização/reusabilidade: várias vezes reutilizável em diversos ambientes de aprendizagem;

Durabilidade: possibilidade de continuar a ser usado por longo período e, na medida do possível, independente da mudança da tecnologia.

Além destas características, destacamos também que os OA deveriam ter: conexão com o mundo real e incentivo à experimentação e observação de fenômenos; favorecer a interdisciplinaridade; oferecer alto grau de interatividade para o aluno; possibilitar múltiplas alternativas para soluções de problemas; ter combinação adequada e balanceada de textos, vídeos e imagens; apresentar retroalimentação e dicas que ajudem o aluno no processo de aprendizagem; estar identificados por área de conhecimento e nível de escolaridade; apresentar facilidades de uso, possibilitando acesso intuitivo por parte de professores e alunos não familiarizados com o manuseio do computador; apresentar fácil funcionamento e execução na Web para que de fato possam ser incorporados ao cotidiano do professor nos tempos atuais.

Apesar de potencialmente eficientes, a tarefa de produção dos OA constitui um desafio para os profissionais envolvidos em tecnologia educacional. Segundo a especialista Anna Christina Nascimento [9], “um equívoco comum é acreditar que alunos ou professores, por serem bastante competentes em determinada área disciplinar, também possuem habilidades para produzir ótimos objetos de aprendizagem [...] é importante a formação de uma equipe multidisciplinar, na qual alunos e professores especialistas em áreas de conhecimentos trabalhem colaborativamente com pedagogos, professores de informática, programadores e *web designers*”. Infelizmente, poucas equipes no Brasil têm se dedicado à criação de OA, mas há esforços neste sentido em algumas instituições e iniciativas isoladas como o [sítio *http://objetosdeaprendizagem.ning.com/*](http://objetosdeaprendizagem.ning.com/).

Enquanto não se atinge um bom nível de produção brasileira, o professor pode dispor de excelentes repositórios onde os

OA estão organizados e disponíveis na Web. Esses repositórios facilitam a busca, pois, além de reunirem muitos OA num mesmo endereço eletrônico, eles os catalogam a fim de aperfeiçoar o processo de busca. As informações sobre os OA são organizadas em metadados que são utilizados para armazenar informações sobre os OA disponíveis nos repositórios. As informações mais comuns sobre os OA são título, autores, colaboradores, tema, palavras-chave, versão, localização, licença e propriedade intelectual, entre outras. Muitos são os repositórios, mas pode-se destacar o MERLOT - *Multimedia Educational Resource for*

Learning and Online Teaching (www.merlot.org) e o já citado comPADRE na área de física. No Brasil, o BIOE - Banco Internacional de Objetos Educacionais (<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>) foi criado em 2008 pelo MEC e MCT e ainda se encontra em processo de construção, mas já com uma quantidade significativa de OA. Nele estão disponíveis recursos digitais em diferentes formatos - áudio, vídeo, animação e simulação - relevantes e adequados à realidade da comunidade educacional.

Além desses repositórios, destacamos o PhET que possui inúmeras simulações computacionais de diferentes áreas e vem sendo muito utilizado por professores e alunos em todo o mundo.

PhET - Tecnologia Educacional em Física

O PhET é um programa da Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências (<http://phet.colorado.edu>) e as disponibiliza em seu portal para serem usadas on-line ou serem baixadas gratuitamente pelos usuários que podem ser alunos, professores ou mesmo curiosos. Nas simulações, o grupo procura conectar fenômenos diários com a ciência que está por trás deles, oferecendo aos alunos modelos fisicamente corretos de maneira acessível.

As simulações são apresentadas em várias seções: Simulações em destaque;

Para tornar o conceito de OA mais acessível, criaram-se metáforas. Naquela do brinquedo LEGO, os OA seriam pequenos blocos de instrução que poderiam se juntar para formar estruturas instrucionais maiores e reutilizados em outras estruturas, assim construindo todo o contexto de aprendizagem

Espera-se que os OA estimulem o desenvolvimento das capacidades pessoais, como, por exemplo, imaginação e criatividade. Eles devem ter, dentre outras características, conexão com o mundo real e incentivo à experimentação e observação de fenômenos

Novas simulações; Pesquisa de ponta; Simulações traduzidas em vários idiomas. Além dessas seções, as simulações também são agrupadas em seções específicas de cada área como física, química, ciências da terra e matemática. Todas as simulações são classificadas de acordo com o nível de ensino. Em física, as simulações são agrupadas em sete categorias: Movimento; Trabalho, Energia e Potência; Som e Ondas; Calor e Termodinâmica; Eletricidade, Magnetismo e Circuitos; Luz e Radiação; e Fenômenos Quânticos.

Um aspecto que merece destaque trata da facilidade de acesso e a possibilidade de rodar a simulação em qualquer equipamento sem a necessidade de recursos altamente específicos. Todas as simulações podem ser usadas diretamente na página principal, mas também é permitido o *download*. Elas são geralmente desenvolvidas em *Flash* e, se o computador não tiver o *plug-in*, o usuário é direcionado a baixar e instalar o recurso na sua máquina de forma simples.

O grupo do PhET possui uma abordagem baseada em pesquisa, na qual as simulações são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas no sítio. As entrevistas realizadas com diversos estudantes são fundamentais para o entendimento de como eles interagem com simulações e o que as torna efetivas educacionalmente.

A principal função da simulação consiste em ser uma efetiva ferramenta de aprendizagem, fortalecendo bons currículos e os esforços de bons professores. A finalidade de uso pedagógico da simulação pode ajudar a introduzir um novo tópico, construir conceitos ou competências, reforçar ideias ou fornecer reflexão e revisão final. O uso dessa ferramenta por professores pode ser bastante variado como o próprio grupo aponta: aulas expositivas, atividades em grupos na sala de aula, tarefas em casa ou no laboratório [10].

Estratégia 1 - aulas Expositivas

As simulações podem servir como demonstrações em aulas expositivas. Nesse caso, a principal contribuição consiste em visualizar conceitos abstratos como fótons, elétrons, linhas de campo, etc. Além disso, algumas simulações permitem que gráficos sejam construídos em tempo real, à medida que o professor interage com elas. Recomenda-se que o professor proponha questões prévias com o objetivo de

As simulações podem servir como demonstrações em aulas expositivas. Nesse caso, a principal contribuição consiste em visualizar conceitos abstratos como fótons, elétrons, linhas de campo, etc

trabalhar concepções alternativas do conteúdo em questão. Depois de terem sido apresentados à simulação, os alunos podem rever suas respostas das questões prévias e as conclusões podem ser apresentadas por meio de um registro da aula. Segundo o PhET, a principal vantagem em situações como a descrita anteriormente é percebida no decorrer das aulas, quando os alunos assumem uma atitude de construção de hipóteses e elaboração de teorias em conjunto com os seus pares e o professor.

Estratégia 2 - atividades em grupo

Para melhor aproveitamento, recomenda-se que os alunos utilizem as simulações em duplas, diretamente na sala de aula. Embora isso seja possível em algumas escolas, sabemos que isso não é regra, pois a maioria das escolas não dispõe de sala de informática e quando dispõe não possui pessoas capacitadas ou autorizadas a operá-las. Entretanto, muitos alunos dispõem de computadores em casa e o acesso a *lan-houses* não é tão difícil.

A principal ideia nesse caso é submeter a dupla de alunos a um roteiro estruturado que lhes possibilite investigar os fenômenos explorando todo o potencial da simulação e todas as relações entre as variáveis do fenômeno. De acordo com o grupo do PhET, o objetivo desse roteiro é encorajar os alunos a explorar o comportamento da simulação, questionar suas ideias e desenvolver os correspondentes modelos mentais.

Estratégia 3 - lição de casa

É uma estratégia em que o aluno pode visitar a simulação de forma livre ou a partir de um roteiro proposto pelo professor. Além disso, pode ser utilizada para introduzir um novo tópico, ou como um aprofundamento do conteúdo discutido em sala de aula oferecendo assim a oportunidade de que o aluno explore a simulação depois da aula presencial.

Estratégia 4 - laboratório

A maioria das escolas brasileiras hoje não possui laboratórios adequados à realização de atividades experimentais, por diversas razões: equipamentos sofisticados e falta de pessoal técnico de apoio

(o professor tem que fazer tudo!). Ainda assim, a maioria dos professores destaca a importância da realização de atividades experimentais. Não é nosso objetivo aqui comparar diretamente as vantagens e desvantagens da simulação em relação à realização de atividades experimentais. É indiscutível a importância da realização de experimentos. No entanto, nas simulações é possível alterar muitas condições de contorno com facilidade, repetir diversas vezes o experimento, explorando diversas combinações de parâmetros, e “ver o invisível” (átomos, elétrons, fótons, campos) a partir das representações presentes nas simulações e que facilitam a interação entre professores e alunos.

Dorneles [1], em sua tese de doutorado sobre o uso de atividades experimentais e computacionais como recurso instrucional no ensino de física geral no nível superior, destaca a importância das ferramentas computacionais usadas em conjunto com atividades experimentais na aprendizagem dos alunos tanto em relação à compreensão dos conceitos físicos envolvidos quanto ao estabelecimento de relações entre teoria e experimento. Além disso, ficou evidente que quando os alunos trabalham inicialmente com o computador se mostram mais capazes para integrar teoria e experimento.

Um exemplo: simulação de circuitos elétricos

A fim de ilustrar as análises feitas anteriormente, decidimos pela escolha de uma simulação específica do PhET: Circuitos de Corrente Contínua e Alternada disponível no BIOE (<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/9582>). Já na tela de abertura da simulação, identificamos uma “mesa” (lado esquerdo da imagem com fundo azul conforme indicado na Fig. 1) onde os circuitos podem ser montados de acordo com as necessidades do professor ou

da criatividade e espírito investigativo dos alunos. Na mesma figura identifica-se uma barra vertical que disponibiliza os elementos que podem ser inseridos no

circuito como fio, resistor, bateria, lâmpada, interruptor, gerador de voltagem alternada, capacitor e indutor. Depois de clicar e arrastar o elemento desejado para a mesa pode-se definir os atributos do objeto ao clicar com o botão direito sobre ele. Na bateria, por exemplo, é possível alterar a diferença de potencial (ddp), de 0 a 100.000 V e a resistência interna de 0 a

A principal função da simulação consiste em ser uma efetiva ferramenta de aprendizagem, fortalecendo bons currículos e os esforços de bons professores

9 Ω deixando visíveis ou não esses valores durante a simulação. Na lâmpada e no resistor é possível alterar a resistência (de 0 a 100 Ω), além de deixar o valor visível ou não, como na bateria. Além disso, a simulação possui um recurso denominado “miscelânea”, onde se encontram vários objetos de diferentes materiais. Esses objetos podem ser adicionados ao circuito com o objetivo de analisar o caráter isolante/condutor desses materiais. Outros comandos importantes aparecem na lateral direita:

1. Arquivo: simples funções de salvar (registra o circuito montado), carregar (recupera um circuito montado) e limpar (apaga todos os elementos inseridos na mesa);

2. Visual: possibilita trabalhar com elementos semelhantes ao mundo real (desenho natural) ou esquemáticos (diagrama) como aparecem nos livros didáticos;

3. Ferramentas: permite incluir voltímetro e dois tipos de amperímetros. O primeiro amperímetro deve ser adicionado ao circuito para realizar uma medida da corrente, enquanto que o outro precisa apenas ser posicionado sobre o fio para que seja possível ler a intensidade da corrente. Gráficos de corrente ou de voltagem (ambos em função do tempo) podem ser inseridos a fim de acompanhar a evolução dessas grandezas em trechos específicos do circuito, pois os gráficos possuem terminais de contato como acontece no voltímetro.

4. Tamanho: auxilia no zoom de visualização do circuito.

5. Avançado: permite incluir a resistência elétrica dos fios numa escala de 0 a 100 Ω . Também possibilita exibir ou ocultar a representação dos elétrons livres no fio.

A Fig. 1 reproduz um circuito simples montado. Observa-se que, além das informações dos elementos do circuito como resistência da lâmpada, ddp e resistência interna da pilha, foram adicionados dois medidores: voltímetro (ligado nos terminais da lâmpada) e amperímetro (que mede a corrente que passa pelo fio sem a necessidade de abrir o circuito). Percebe-se também que a ddp da pilha é superior à ddp medida nos terminais da lâmpada. Isso acontece porque foi habilitada e selecionada a opção resistividade do fio que promove uma queda de potencial ao longo dos fios que alimentam o circuito.

Uma simulação como essa pode ser usada de forma combinada com a montagem de circuitos reais ou até mesmo substituí-los caso o professor não disponha dos materiais apropriados. Como são muitos os recursos é possível montar

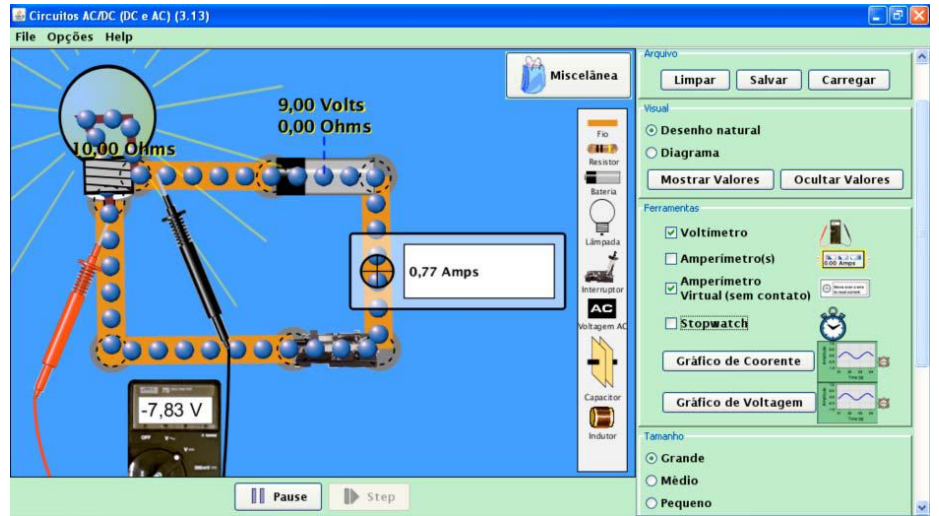


Figura 1 - Representação visual da simulação “Circuitos de Corrente Contínua e Alternada” (configuração: lâmpada de resistência 10 Ω ; bateria de ddp 9 V e resistência interna 0 Ω).

diferentes circuitos a fim de compreender as relações entre as grandezas envolvidas em circuitos elétricos como corrente, diferença de potencial, resistência e potência elétrica. Como sugere Dorneles [1], solicitar aos alunos que façam previsões diante de uma situação experimental é fundamental para que eles estabeleçam relações entre os conceitos envolvidos no fenômeno. Como exemplo, sugerimos o circuito da Fig. 2 com uma questão inicial específica, depois de termos introduzidos os conceitos de resistência e potência elétrica ou mesmo como uma questão problematizadora no início do curso: Qual das lâmpadas brilha mais na montagem mostrada na Fig. 2? Explícite os argumentos que o levaram a esta conclusão.

Além desta, muitas outras simulações interessantes poderão ser encontradas no portal do PhET ou no BIOE.

Conclusões

Os objetos virtuais de aprendizagem, como as simulações interativas aqui discutidas, usados como recurso pedagógico prometem crescer rapidamente com o passar do tempo. A presente geração de alunos já está sendo formada em um ambiente totalmente permeado pela informática, de modo que essa tecnologia educacional tende a ser bem recebida. Tendo os OA disponíveis na Internet, os alunos podem continuar investigando um problema fora da sala de aula. Também no ensino a distância, os OA constituem ferramenta

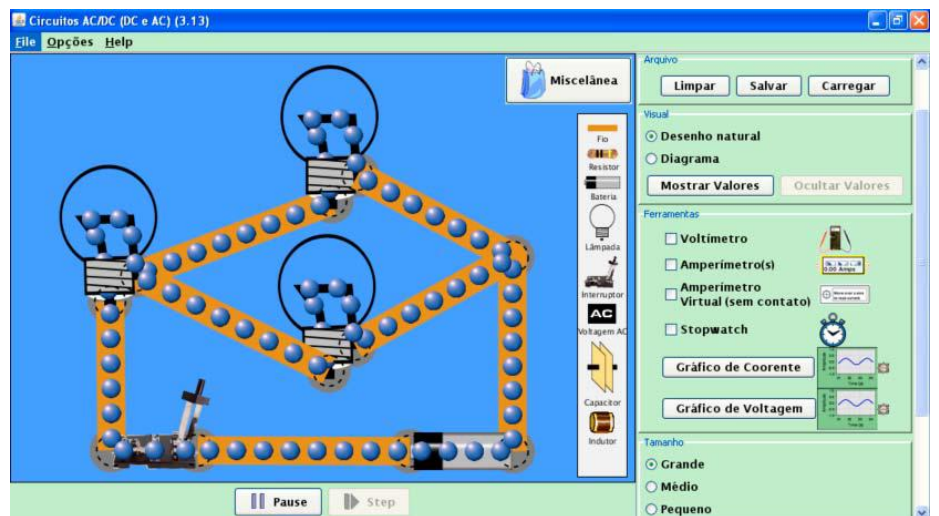


Figura 2 - Representação visual da simulação “Circuitos de Corrente Contínua e Alternada” (configuração: lâmpadas de resistência 10 Ω ; bateria de ddp 9 V e resistência interna 0 Ω).

indispensável para uma aprendizagem autônoma.

Além das qualidades já citadas, os OA e, mais especificamente as simulações podem facilitar a identificação de concepções alternativas do conteúdo trabalhado. As simulações possuem ainda grande utilidade como organizadores prévios no contexto da teoria da aprendizagem significativa. As simulações possuem enorme potencial, mas não constituem uma panacéia, de modo que seja possível prescindir do papel essencial do professor como facilitador da aprendizagem e de outros recursos metodológicos tradicionais como experimentos reais, livro didático e resolução de problemas.

Em vista da rápida disseminação dos OA, é imprescindível realizar mais pesquisas sobre sua eficácia no contexto escolar: investigar como eles são usados e se,

de fato, contribuem para uma aprendizagem efetiva. No caso do uso de simulações interativas, Wieman aponta que “elas são muito poderosas, mas não necessariamente benéficas. Uma boa simulação pode levar a uma aprendizagem muito rápida e muito efetiva de assuntos difíceis. Contudo se existe algo numa simulação que o aluno interpreta diferentemente do que se pretendeu, eles podem aprender a ideia errada” [2]. Avaliações sistemáticas sobre o uso dos OA em sala de aula ainda são escassas no Brasil [11]. Por conta disso, nosso grupo está trabalhando nessa direção.

Um alerta final: OA não constituem uma panacéia para todos males do ensino de física. É necessário que o OA esteja em relação direta com o *objeto de ensino*, como salientou Masami Isoda, da Universidade de Tsukuba, Japão. Assim

como relacionados aos *recursos próprios do ser humano*, como a intuição, a experimentação, o senso comum, a comunicação, os estilos de aprendizagem, a habilidade de lidar com situações difíceis, o reposicionamento do papel do professor, o prazer (intelectual/estético/lúdico), como alertado por Abraham Arcavi, da Universidade Hebraica de Jerusalém e Instituto Weizmann de Ciências, em Israel, em palestras durante recente *workshop* na UFSCar [12].

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio do CNPq. Alessandra Riposati Arantes é bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado – PNPd da CAPES. Márcio Santos Miranda é aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade Federal de São Carlos.

Referências

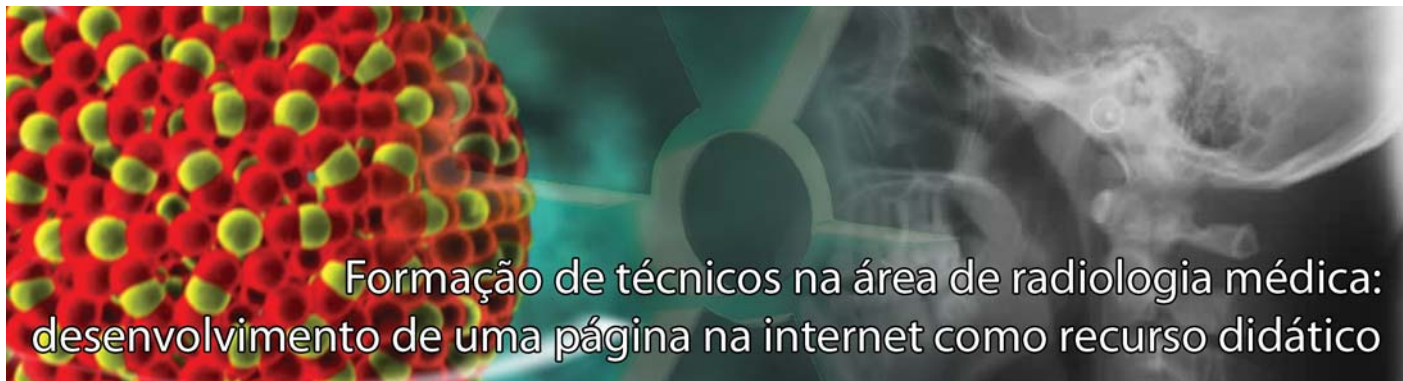
- [1] P.F.T. Dorneles, *Integração entre as Atividades Computacionais e Experimentais como Recurso Instrucional no Ensino de Eletromagnetismo em Física Geral*. Tese de Doutorado em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010; P.F.T. Dorneles, E.A. Veit e M.A. Moreira, in: *Anais do GIREP* (Cyprus, Nicosia, 2008).
- [2] C.E. Wieman, K.K. Perkins and W.K. Adams, *Am. J. Phys.* **76**, 393 (2008).
- [3] W. K. Adams, S. Reid, R. LeMaster, S.B. McKagan, K.K. Perkins, M. Dubson and C.E. Wieman, *Journal of Interactive Learning Research* **19**, 397 (2008); *ibidem* **19**, 551 (2008).
- [4] David A. Wiley, *The Instructional use of Learning Objects* (2000). Disponível em www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc. Tradução em português está disponível em <http://penta3.ufrgs.br/objetosaprendizagem/>.
- [5] S.S. Nash, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* **1**, 217 (2005).
- [6] Walter Spinelli, Disponível em www.lapef.fe.usp.br/rived/textoscomplementares/textoImodulo5.pdf.
- [7] W. Hodgins and M. Conner (2000). Disponível em www.linezine.com/2.1/features/whewyewtkls.htm.
- [8] Liane M.R. Tarouco, *et al.* Disponível em www.cinted.ufrgs.br/renote/set2003/artigos_anitapdf.
- [9] A.C.A. Nascimento, in *Objetos de Aprendizagem: Uma Proposta de Recurso Pedagógico*, organizado por Carmem Lúcia Prata e Anna Christina de Azevedo Nascimento (MEC-SEED, Brasília, 2007).
- [10] C.E. Wieman, W. Adams, P. Loeblein and K.K. Perkins, *The Physics Teacher* **48**, 225 (2010).
- [11] R. Tavares, G.L. Rodrigues, M. Andrade, J.N. dos Santos, L. Cabral, H.P. Cruz, B. Monteiro, T. Gouveia e K. Picado, in Ref. [9].
- [12] Masami Isoda e Abraham Arcavi, palestras a convite durante o I Workshop Internacional sobre Objetos de Aprendizagem no Ensino de Ciências e Matemática. São Carlos, julho de 2010.



Professor, associe-se à SBF

A Sociedade Brasileira de Física foi criada durante a XVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência ocorrida em Blumenau, Santa Catarina, no dia 14 de julho de 1966. Os participantes desta Assembléia, dentre os quais pesquisadores, professores de segundo grau e estudantes de física, foram convocados para a mesma através de carta individual enviada a todos os sócios do setor de física da SBPC. Desde então a SBF vem aglutinando a comunidade de físicos no país, promovendo encontros em diversas áreas e desempenhando relevante papel na educação para a ciência no Brasil em todos os níveis.

Professor de ciências, venha você também fazer parte dessa comunidade que há mais de 40 anos o apoia e trabalha por você. Associe-se à SBF.



Formação de técnicos na área de radiologia médica: desenvolvimento de uma página na internet como recurso didático

.....
Jader da Silva Neto

Colégio Cenecista São Roque, Bento
Gonçalves, RS, Brasil

Fernanda Ostermann,

Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Porto
Alegre, RS, Brasil

E-mail: fernanda@if.ufrgs.br

.....
Sandra Denise Prado

Instituto de Física, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Porto
Alegre, RS, Brasil

.....

Apresentamos neste trabalho uma página na Internet, como produto educacional resultante do projeto “A física Moderna no processo de formação de técnicos na área de radiologia médica”, desenvolvido como parte de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A aplicação deste projeto ocorreu no curso Técnico em Radiologia Médica – Radiodiagnóstico, do Colégio Cenecista São Roque, em Bento Gonçalves – RS. Esta página foi utilizada, durante o segundo semestre letivo de 2007, como material de apoio para a disciplina de Proteção Radiológica, a qual contemplava uma carga horária de 40 horas-aula.

A formação em nível técnico tem se expandido muito nos últimos anos. A interpretação de dados estatísticos mostra aumentos expressivos no número de matrículas e estabelecimentos que ofertam educação profissional em nível técnico [1]. Em relação a estes números verifica-se a intensificação, nos últimos anos, dos investimentos por parte do governo federal cujos impactos, entre outros, têm sido a criação de vários CEFETs, agora IFETs (Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia). Isto revela uma grande tendência e necessidade da política econômica atual, em termos da expansão de formação técnica.

Ao longo de décadas, ocorreram mudanças significativas na legislação referente à educação de um modo geral. As reformas no ensino médio e na educação profissional impostas pela LDB (Lei n. 9.394/96) e pelo Decreto Federal n. 2.208/97 tiveram como inovação, entre outros aspectos, a separação do ensino técnico-profissional do ensino médio em geral. Mais recentemente, a partir de

críticas e de debates envolvendo estudiosos da área educacional acerca desta última reforma, surgiu o Decreto n. 5.154/04, com a finalidade de complementar a LDB/96 em seus artigos 36 (§ 2º), 39, 40 e 41, além de revogar o Decreto n. 2.208/97, tornando facultativo às instituições de ensino a oferta da educação profissional técnica de nível médio em articulação com o ensino médio. O Decreto n. 5.154/04 definiu novas orientações para a organização da educação profissional, a qual passou a ser desenvolvida através de cursos e programas de formação inicial e continuada de trabalhadores; educação profissional técnica de nível médio; e educação profissional tecnológica, de graduação e de pós-graduação.

Diante desta grande reforma da educação brasileira, destacamos as orientações dadas quanto à necessidade de desenvolver competências, afastando-se assim do conceito de qualificação profissional. As mudanças no sistema educacional no Brasil, a partir dos anos 90, foram orientadas segundo a noção de competências, denotando as exigências de qualidade, produtividade e valorização dos trabalhadores [2]. Assim, o sistema de ensino passou a oferecer uma formação profissional visando o “saber-fazer”, de modo que o trabalhador possa expressar suas competências em situações reais de aprendizagem e de trabalho.

A adequação ao modelo das competências requer uma modificação tanto na organização curricular quanto nas metodologias adotadas em sala de aula. O professor deve atuar como um orientador, cabendo a ele a tarefa de monitorar e auxiliar os alunos durante o processo de aprendizagem, despertado por situações-problema centrais. Na pedagogia das competências, os conteúdos

A formação em nível técnico tem se expandido muito nos últimos anos. A interpretação de dados estatísticos mostra aumentos expressivos no número de matrículas e estabelecimentos que ofertam educação profissional em nível técnico

Este artigo relata o desenvolvimento de uma página na Internet acerca de tópicos de física moderna abordados no curso técnico de radiologia médica do Colégio Cenecista São Roque, Bento Gonçalves, RS. A proposta que apresentamos visa a abordagem conceitual de tópicos de física moderna tendo como conceito central a dualidade onda-partícula, a qual foi ilustrada a partir da simulação computacional com o interferômetro virtual de Mach-Zehnder. Tomando como referencial teórico o sócio-interacionismo de Vygotsky, esta proposta foi implementada a partir do trabalho mediado pelo professor através de debates de textos em aula e simulações computacionais.

abordados nas disciplinas, os quais passam a se chamar bases tecnológicas, assumem uma nova finalidade, uma vez que deixam de ser fins em si mesmos e assumem o papel de “semente” para despertar no aluno o desenvolvimento de competências [3].

Desenvolvimento da página

Apoiado na pedagogia das competências e conhecendo as várias teorias de aprendizagem, optamos pela teoria socio-interacionista de Vygotsky, por acreditar que esta é a que melhor se aproxima da nossa finalidade no meio educativo. Assim, visando desenvolver competências em sala de aula e formar sujeitos que constroem seu conhecimento a partir da interação, organizou-se o material didático a ser utilizado nas aulas.

A partir da análise das entrevistas realizadas com ex-alunos e outros professores do curso, o planejamento da disciplina de Proteção Radiológica teve início com uma reorganização da apresentação dos conteúdos. A dualidade onda-partícula foi tomada como conceito central de nossa proposta e não apenas como um apêndice, uma vez que é um tópico de grande relevância para os conteúdos subsequentes, cabendo ao professor retomá-lo ao longo da disciplina de forma a evidenciar em que situações ele será útil para um técnico em radiologia.

A partir de uma revisão na literatura, constatou-se que não havia nenhum material de apoio referente à proteção radiológica e uma nova análise das entrevistas mostrou um ensino pouco interativo e com escassos recursos. Quando se fala que não há material de apoio referente à proteção radiológica nos referimos ao fato de encontrarmos apenas textos de física sobre radiações ou manuais de proteção radiológica. A literatura em ensino de física carece de trabalhos não altamente técnicos que relacionem a física das radiações com a importância da radioproteção. O que resta aos professores é ter um bom conhecimento em física e a partir de sua interpretação relacionar este conhecimento com a teoria sobre proteção radiológica. Tendo em vista estes argumentos pode-se considerar plenamente justificada a necessidade de inovar o desenvolvimento da disciplina, desde a organização dos conteúdos até a forma de apresentação dos mesmos.

Para haver inovação é preciso mate-

riais que ofereçam esta possibilidade assim como o planejamento de atividades diferenciadas. Dentre estes materiais citamos o uso de simulações computacionais, elaboração de roteiros para as simulações, seleção de textos apropriados e a redação de textos pelo professor. Ainda com a intenção de inovar a forma de (re)ver a física por parte destes alunos, procurou-se estratégias de ensino com as quais estes não estavam acostumados, desde o debate de textos científicos até o uso da Internet como uma ferramenta de aprendizagem.

Para isso foi desenvolvida, em linguagem html, uma página na Internet, a qual está disponível em <http://lief.if.ufrgs.br/~jader>. Esta recebeu atualizações semanais com os textos utilizados, roteiros exploratórios elaborados e uma série de vínculos onde os alunos têm acesso a textos que tratam de assuntos abordados em aula e, muito deles, relacionados aos questionamentos gerados pelas discussões em sala.

Com a intenção de tornar o acesso à página prazeroso e não uma simples obrigação, sua concepção foge da grande tendência vista na Internet, que são páginas carregadas de imagens e movimentos que tiram a atenção de quem as está acessando e também tornam este acesso lento. A

Fig. 1 apresenta o *layout* da página em um visual leve e simples.

Ao acessar a página, os alunos da disciplina ou outros interessados são informados quanto aos objetivos da mesma e visualizam um índice onde estão vínculos para os roteiros e textos referentes ao assunto selecionado e também para outros sítios de interesse. Todos os textos foram disponibilizados em formato pdf e antes de acessar cada um é possível ler uma pequena explicação referente aos seus objetivos.

Textos

É evidente a necessidade que os alunos sentem de ter algo escrito e não ficar apenas no visual para que

possam compreender o conteúdo, principalmente em física. Dessa forma, foram preparados diversos textos de apoio para serem utilizados nas aulas, sempre buscando uma linguagem acessível aos alunos e proporcionando uma leitura de fácil compreensão.

Os alunos não aprendem por descoberta. O professor deve atuar como um orientador em sala de aula e ajudar os alunos a construir o conhecimento a partir da interação e da troca de significados com os colegas [4]. Assim, os

textos selecionados para a disciplina devem, além de introduzir o assunto a ser trabalhado, promover situações de debate em aula. Quando um aluno ouve seu colega, sente-se encorajado a emitir sua opinião e, a partir dessas trocas de ideias, o professor desenvolve suas aulas, guiando a classe em suas discussões e, ao mesmo tempo, promovendo a construção do conhecimento.

No caso de nossa intervenção em sala de aula, estes debates foram frequentes e um dos ingredientes fundamentais para o desenvolvimento da proposta. Ao se abordar as radiações eletromagnéticas, a turma se mostrou surpresa com o fato de estarmos cercados de radiação. Surgiu então o questionamento a respeito dos efeitos das radiações produzidas nos aparelhos de celular e nas doses de radiação recebida em uma viagem de avião. Como forma de estimular a leitura por parte dos alunos e o uso da Internet como ferramenta, foram colocados na página da disciplina vínculos para textos que deveriam

A literatura em ensino de física carece de trabalhos não altamente técnicos que relacionem a física das radiações com a importância da radioproteção. Assim, pode-se considerar plenamente justificada a necessidade de inovar o desenvolvimento da disciplina, desde a organização dos conteúdos até a forma de apresentação dos mesmos

Ao se abordar as radiações eletromagnéticas, os alunos mostraram-se surpresos com o fato de estarmos cercados de radiação. Surgiu então o questionamento a respeito dos efeitos das radiações produzidas nos aparelhos de celular e nas doses de radiação recebida em uma viagem de avião



Figura 1 – Página da disciplina de Proteção Radiológica.

ser lidos e debatidos na semana seguinte. Este procedimento foi adotado com muita frequência no decorrer da disciplina.

Utilizando um referencial construtivista e levando aos alunos assuntos que são de seu interesse despertamos a curiosidade para outras informações. Assim, o professor é levado, cada vez mais, a buscar materiais que lhe auxiliem em aula, enriquecendo sua prática pedagógica.

Em se tratando de textos, também preparamos roteiros exploratórios para guiar os alunos nas atividades de simulação computacional. Tais roteiros não são uma forma de forçar o aluno a chegar no resultado que desejamos, mas uma ferramenta que irá guiá-los na atividade que estão realizando a fim de evitar que estes se distraiam ou que simplesmente trabalhem de forma descoordenada sem agregar nenhum aprendizado.

Simulações

Tendo em mente que o uso de simulações unicamente não pode solucionar todas as dificuldades relacionadas ao aprendizado, estas foram utilizadas como uma estratégia cuja finalidade foi facilitar a compreensão dos conceitos abstratos e não-intuitivos que envolvem os princípios fundamentais da física quântica. Muitos fenômenos da escala microscópica são de difícil compreensão para serem explorados a partir de figuras estáticas ou sugerindo-se aos alunos um “imaginem que...”. Entre estes fenômenos citamos o efeito fotoelétrico, o espalhamento Compton e a dualidade onda-partícula, os quais estão intimamente ligados à interação das radia-



Figura 3 - Formação de franjas de interferência idênticas às obtidas com *laser*.

ções com a matéria sendo sua abordagem de extrema importância para o entendimento da física que rege o radiodiagnóstico.

A dualidade onda-partícula foi estudada a partir de um roteiro exploratório preparado para o uso de um *software* tipo bancada virtual, o qual simula o interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ) [5]. Para se ter uma noção básica de como as radiações interagem com a matéria é preciso primeiramente saber o que são exatamente tais radiações e, para isso, faz-se necessário uma abordagem pelo menos conceitual do fenômeno da dualidade onda-

partícula na FMC. A dualidade onda-partícula é um dos temas centrais na FMC e se constitui um marco da ruptura entre a física clássica newtoniana e a FMC. Tal ruptura, no entanto, poderá ser introduzida aos estudantes de forma mais suavizada se a dualidade onda-partícula for tratada após algumas noções básicas de óptica ondulatória. Na Fig. 2, a simulação com o IMZ utilizando um feixe *laser* nos remete ao experimento com a dupla-fenda, retomando-se conceitos de óptica ondulatória clássica.

Enquanto opera com o interferômetro em regime quântico, o aluno observa que as franjas de interferência obtidas com a emissão de vários fótons únicos são idênticas àquelas formadas com *laser* e a partir de então é levado a utilizar tais conceitos para interpretar e explicar a formação das franjas de interferência, como representado na Fig. 3.

Nesta simulação, explora-se também a impossibilidade de inferir o caminho seguido pelo fóton e ao mesmo tempo observar as franjas de interferência. A partir disso introduz-se o modelo da dualidade onda-partícula para explicar o comportamento dos fótons, tomando como ponto de partida a interpretação ondulatória da física quântica, proposta por Schrödinger em 1925. A opção por esta interpretação da física quântica se deve à sua analogia com a óptica ondulatória clássica. Uma vez que o aluno percebe que precisa de um modelo que leve em consideração o caráter dualístico das radiações pode-se proceder à simulação dos fenômenos de interação, conforme ilustrado na Fig. 4.

Para simular o efeito fotoelétrico e o

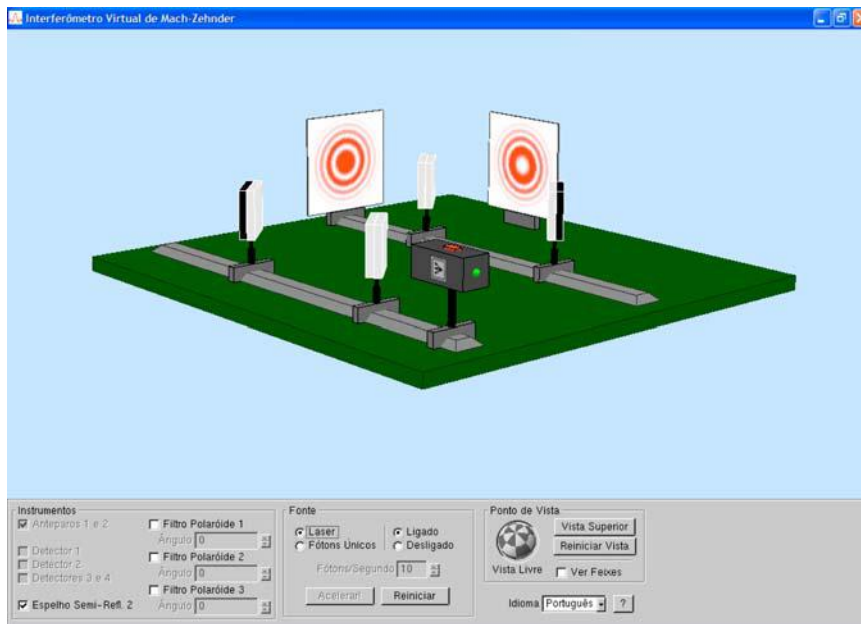


Figura 2 - Formação das franjas de interferência com *laser*, de modo análogo ao experimento de Young.

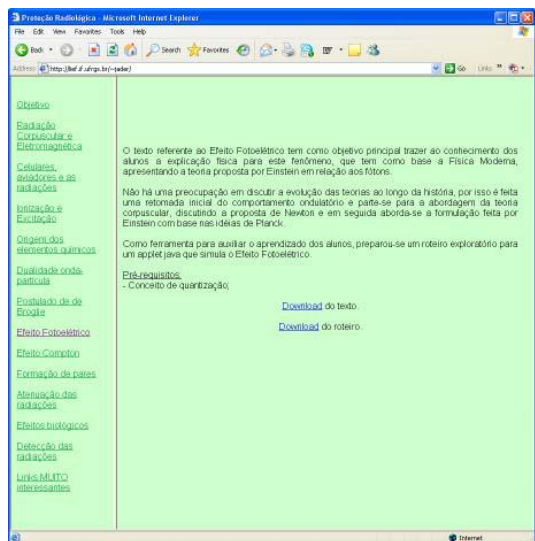


Figura 4 - Link para texto de apoio e roteiro exploratório.

espalhamento Compton foram utilizados, via Internet, aplicativos Java *Applets*, de autoria de Angel Franco Garcia [6-7]. Para cada simulação também foram desenvolvidos roteiros exploratórios. É interessante deixar que os alunos identifiquem o comportamento das radiações tanto na simulação do efeito fotoelétrico quanto no espalhamento Compton, permitindo que estes relacionem o comportamento das radiações nestes efeitos com a simulação que realizaram no IMZ.

Em relação ao efeito fotoelétrico, os alunos podem explorar os fatores que interferem na sua ocorrência e a partir de então, o professor poderá relatar as primeiras observações do efeito fotoelétrico, as explicações dadas em função de um modelo ondulatório para a luz e, por final, mostrar para os alunos como somente o modelo corpuscular explica, de forma adequada, este fenômeno.

O estudo do efeito fotoelétrico possibilita uma abordagem interdisciplinar com física do radiodiagnóstico no momento em que esta disciplina trata da utilização das telas intensificadoras (écrans). Estas possuem uma camada constituída por cristais de fósforo suspensos em plástico flexível. A camada de fósforo tem a propriedade de emitir luz quando este material é irradiado por um feixe de raios-X, de modo que esta luz é que vai impressionar o filme radiográfico. Devido ao alto número atômico do fósforo (para as energias usadas em radiologia), quase toda a absorção dos raios-X se dá pelo efeito fotoelétrico. O filme radiográfico é muito mais sensível à luz

A partir do estudo do espalhamento Compton pode-se refletir com os alunos acerca dos dispositivos de proteção radiológica, como por exemplo, os equipamentos de proteção individual

Considerações finais

A abordagem de tópicos de física moderna no Ensino Médio é uma tendência atual, de modo que a introdução de tais

de que aos raios-X, consequentemente o uso da tela possibilita uma considerável redução do tempo de exposição o que acarreta uma diminuição da dose a que o paciente é exposto.

Esta abordagem interdisciplinar permite também a relação do efeito fotoelétrico com a redução dos efeitos biológicos no paciente devido à possibilidade de se operar com exposições menores e formar mesmo assim imagens com boa qualidade.

Seguindo o estudo dos fenômenos de interação, a abordagem do espalhamento Compton visa reforçar o modelo corpuscular para as radiações. A partir do estudo do espalhamento Compton pode-se refletir com os alunos acerca dos dispositivos de proteção radiológica, como por exemplo, os equipamentos de proteção individual e também sobre os efeitos da radiação espalhada na qualidade da imagem radiográfica. Ao interagir com a matéria, as radiações sofrem um processo de absorção e espalhamento (radiação dispersa). A parte irradiada do corpo do paciente constitui a principal fonte de radiação dispersa. Quanto maior o volume irradiado, mais radiação é espalhada, desprezando-se outros fatores. Como estratégia para reduzir este efeito de espalhamento, pode-se trabalhar com os alunos a limitação do feixe através do uso de grades, cones, diafragmas, entre outros dispositivos.

Certamente a abordagem destes dispositivos e técnicas que visam reduzir a exposição do paciente, assim como sua proteção e do técnico em radiologia e a melhora na qualidade da imagem, é feita em algum momento em um bom curso de Técnico em Radiologia. No entanto, este enfoque interdisciplinar, distante daquela disposição engessada dos conteúdos, possibilita maior aprendizado aos alunos bem como sua conscientização a partir de argumentos baseados em conhecimentos que até então não passavam de uma física sem grandes aplicações.

O estudo do efeito fotoelétrico possibilita uma abordagem interdisciplinar com física do radiodiagnóstico no momento em que esta disciplina trata da utilização das telas intensificadoras

tópicos já é vista em diversos livros de física. No entanto, esta abordagem, quando feita pelo professor e, até mesmo em função dos livros adotados, é muito informativa e não desperta interesse por parte dos alunos.

Trabalhando em um curso no qual seria de grande relevância abordar a dualidade onda-partícula, partimos na busca de recursos que possibilitassem a abordagem deste tópico de difícil compreensão para os alunos.

Podemos aqui observar que o uso adequado da Internet como ferramenta de ensino e a abordagem da física moderna a partir de simulações computacionais foram instrumentos que atuaram de forma positiva em nossa intervenção em sala de aula. Estes possibilitaram uma representação visual com grande fidelidade dos fenômenos abordados, proporcionando uma abordagem mais conceitual e qualitativa da física quântica.

Mesmo passível de futuras melhorias, podemos considerar que, de modo geral essa abordagem mais conceitual da física moderna ancorada a recursos computacionais e programas educativos especialmente desenvolvidos para a abordagem da dualidade onda-partícula surtiu efeitos, a partir do momento que foi possível mudar, expandir e aperfeiçoar a visão que os alunos tinham das radiações, além de tornar o assunto mais interessante e mais estimulante aos estudantes.

No nosso caso, em particular, parte importante da inovação a que nos propuemos se deu através do uso da simulação virtual do interferômetro de Mach-Zehnder com resultados surpreendentes se considerarmos que trabalhamos com uma turma bastante heterogênea e com um histórico médio de alunos afastados há alguns anos dos bancos escolares.

Referências

- [1] MEC/INEP/DEEB - Censo Escolar 2003 a 2005.
- [2] M.N. Ramos, *A Pedagogia das Competências: Autonomia ou Adaptação?* (Cortez, São Paulo, 2001).
- [3] M.N. Ramos, *Educação & Sociedade* **23**(80), 400 (2002).
- [4] L.S. Vygotsky, *Psicologia Pedagógica* (Martins Fontes, São Paulo, 2004).
- [5] F. Ostermann e S.D. Prado, *Física na Escola* **7**(1), 22 (2006).
- [6] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>.
- [7] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/compton/Compton.htm>.



.....

Luiz Henrique Martins Arthur

Centro de Ciências Tecnológicas,
Universidade do Estado de Santa
Catarina, Joinville, SC, Brasil
E-mail: mahavantara@hotmail.com.

.....

Uma densa escuridão já se mostrava pela janela do laboratório, quando finalmente estávamos com tudo arrumado para a última viagem. Eram 18:45 h. Esperava o ponto crítico do processo, enquanto esticava minhas costas. Estava um pouco cansado com isso tudo pois, depois da primeira viagem ao século retrasado, já não sabia ao certo a qual eu mesmo pertencia. Pensava se ele também estava com os mesmos sentimentos.

Da última vez que nos encontramos estávamos em Estocolmo, em 2079, acompanhando as comemorações dos duzentos anos do nascimento de Einstein, juntamente com a premiação pela idealização do QCM (manipulador do contínuum-quadrídimesional), aparelho que tornou possível a nossa peregrinação. Há mais de seis meses não nos víamos, e somente durante a cerimônia fomos trocar umas palavras:

- Parabéns, Dr. - Tomei a iniciativa, embora um pouco hesitante. - Parabéns a você também. - Disse ele, de forma mais simpática que eu.

- Não pensei que seria tão cedo, afinal faz apenas oito meses da primeira viagem. - Continuei, tentando manter a conversa. - Acho que o comitê deseja reverenciar nosso trabalho o quanto antes, para não menosprezar nosso feito.

- Ainda mais depois das indiferenças que recebemos assim que anunciamos a possibilidade tecnológica de criar e manipular os *wormholes*.

- Pois é. Nada como uma competente demonstração, para calar as resistências. O que pretende fazer com o dinheiro? - Continuei.

- Não sei ainda. Depois que voltarmos da “Última Viagem” terei bastante tempo para pensar nisso.

Senti um frio na espinha ao ouvir aquilo. Ele realmente não tinha esquecido da promessa que fizemos quando conse-

guimos que o equipamento funcionasse, indo logo em seguida para o séc. XIX para testar seu desempenho. A viagem não foi nada agradável, não apenas pelo mal estar corporal, mas também porque provocou lapsos de memória, juntamente com uma certa confusão “existencial”. Mas a promessa, de fazermos um “tour” completo pela história para darmos um alô aos “responsáveis” pela compreensão que temos do universo, tinha sido feita e deveria ser cumprida. Não por um sentimento de culpa, de talvez quebrar a promessa, mas porque devíamos isto, a nós e a eles. Mesmo não gostando dos detalhes históricos, ao contrário dele, que adorava, eu sabia que devia continuar.

Eram 18:50 h. O ponto crítico fora então atingido. O mal estar habitual começou a tomar conta de nós, enquanto a pressão corporal baixava a ponto de praticamente dormirmos. Quando acordamos, o Sol brilhava alto. O mar estava calmo em Mileto. Após uma pequena refeição e providenciarmos os trajes da época, fomos então em busca deles. Chegamos mesmo a conversar com os três: Thales, Anaximandro e Anaxímenes. Eu, claro, achei tudo um absurdo. Como estes três filósofos, que eram considerados precursores da explicação da Natureza, sem invocar os Deuses, podiam ter ideias tão absurdas? Como minha formação era científico-tecnológica, não conseguia perceber a relevância de conhecer os pormenores e subjetivismos alheios. Ainda que viessem de “ilustres pensadores”. Para Thales, por exemplo, a água constituía a base de tudo. Mas como? Não sabia ele que há vários outros elementos? Os outros dois, Anaximandro e Anaxímenes, com ideias malucas como o “apeíron”, e o ar compondo tudo o que existia, também não ajudava. Enquanto o Dr. conversava, admirado, eu não podia conter uma feição de rejeição, mas o Dr. não permitia que eu abrisse a boca. Por certo estava temeroso que eu

Este texto dirige-se a alunos e interessados em conhecer mais de perto a história da física clássica, e não visa uma responsabilidade maior quanto aos detalhes inerentes a esta. É uma crônica, e um ponto de partida informal (porém historicamente compromissado), com a intenção de dar um apanhado geral dos principais pensadores, relevantes para o fim desejado, com breves relatos e discussões sobre suas ideias. É parte integrante deste texto discussões sobre ciência, suas características e justificativas. Durante as conversas favor ignorar as reais dificuldades de comunicação que haveria quanto às diferentes línguas, bem como perdoar as “licenças poéticas” e possíveis anacronismos.

falasse uns impropérios, mesmo depois do nosso acordo, de jamais revelarmos quem somos e de onde (ou quando) viemos.

Depois de um dia de conversas, já perto da noite, o Dr. disse-me:

- Percebi seu descontentamento com as ideias dos nossos amigos. Como sei que sua formação histórica e cultural está no limite tendendo a zero, vamos fazer disto também uma grande escola para você. Não percebe o grande salto de raciocínio que temos aqui? Pela primeira vez temos uma tentativa de se libertar dos desígnios dos deuses, com explicações mais “coerentes” para a Natureza.

- Coerentes? - Respondi, quase que em um grito. - Como podem ser coerentes?

- Coerentes ao seu tempo. Com o conhecimento disponível.

- Quase zero, você quer dizer. - Disse eu, de forma irônica.

- Sim, quase zero! Mas não é assim que começa? Ou você acredita que suas equações diferenciais caíam do Céu? Que algum “Moisés” subiu em uma montanha e disse: a taxa de variação temporal do momento é igual à força aplicada? Tudo começa com pouco, mas este pouco que é tudo! Percebe que estas pessoas já estão formando uma ideia de composição, de combinação e de concentração?

- É. Talvez eu esteja me precipitando. Aquele cara, o Heráclito, já tem uma boa ideia do dinamismo das coisas.

Continuando nossa viagem, conhecemos Empédocles e Pitágoras, sendo este último de maior interesse para mim. Afinal ele gostava de números! Achava que eles estavam mesmo no cerne de tudo, com suas relações e simbolismos. Só não gostei de todo aquele misticismo, que por sinal não deixaria de me perseguir tão cedo. Com Empédocles ouvi pela primeira vez a ideia de “quatro elementos” constituintes de tudo e, como o Dr. dissera, mais um passo para estruturar um modelo para a Natureza. Por falar em modelo, fiquei quase maluco ao estudar os modelos criados para explicar o sistema solar (que para os pensadores da época era o Universo!). O “fogo central” de Filolau me fez pensar no poder da crença em uma informação que não se podia, de forma alguma, comprovar. O Dr. me garantiu que depois iríamos conversar sobre isto, que veríamos que muitas das nossas próprias ideias também não podem ser comprovadas. Eu estava pagando para ver!

* * *

Na próxima parada, fomos falar com Aristóteles. E, depois de já ouvir algumas coisas ao seu respeito, diria umas poucas e boas para ele. Mal deixei o Dr. falar, e comecei o meu ataque:

- Pois então amigo Aristóteles. Nunca, nessa sua cabecinha, passou-lhe pela cabeça arremessar uma pedra para perceber seu real movimento?

- Mas eu não preciso. - Disse ele, com um tom estóico. - Sei que, mesmo que a trajetória não se dê exatamente como digo, ela tenderá a fazê-lo em um mundo ideal, sem a corruptibilidade existente.

- Você está de rodeios... Veja só. - Peguei uma pedra e joguei-a ao longe. - Percebeu como ela faz um movimento curvilíneo em sua trajetória? E não tem nada dessa história de “antiperistasis”. Pois na ausência de ar as coisas continuam se movimentando, e para sempre!

- Movimento no vazio? Isto é um absurdo. - Disse Aristóteles, agora não muito estóico. - Não só este movimento não existe, como o próprio vazio não existe! Como pode não haver algo? Tudo tem seu destino, seu lugar natural. É essa a causa do movimento de qualquer coisa, e nada mais existe além das coisas em seu lugar natural, dentro do Universo. E também não entendi o seu “para sempre”. Se fosse assim, não haveria um fim para o Universo e isto é outro absurdo. O Universo tem sua hierarquia, da Terra ao Primeiro Motor. E acaba aí. Não tem nada depois, nem sequer existe um depois.

- De onde eu venho essas suas palavras o levariam para o manicômio. - Ao dizer isto o Dr. deu-me uma pisada no pé que tive que disfarçar a dor. E Aristóteles continuou:

- Não sei o que é esse tal de manicômio, mas sei que você não tem o mínimo juízo para analisar o Universo. Como se bastasse eu jogar uma pedra! Não sabe você que a Natureza é muito mais sutil que como ela mesma se nos apresenta? É preciso muito mais que jogar uma pedra! E ainda assim, as conclusões que tiramos dos eventos aqui na Terra não podem ser aplicadas, jamais, para as esferas além da nossa. Pois estas são de uma outra natureza.

Realmente desisti de convencer aquele cara. Na verdade fui obrigado a desistir, não só devido às repreensões do Dr., mas porque percebi que eu mesmo não era tão bom com argumentos. Eu estava acostumado a fazer e mostrar os resultados, mas não poderia fazer isto ali. Não poderia dizer como eu sei as coisas que sei. E mesmo que eu pudesse, acho que ele encontraria uma saída para qualquer questionamento. Dificil este Aristóteles. E não tive sorte também com Ptolomeu, que não me convenceu (e muito menos eu a ele) com o geocentrismo.

- Percebeu como a crença em um movimento circular condicionou séculos de

atraso no conhecimento astronômico? - Disse eu, mais tarde, esperando um balançar de cabeça concordando comigo. - Aquelas ideias de epiciclos, equantes... Que bagunça!

- Novamente lá vem você... Pois eu não diria atraso, e sim avanço! Não fosse o movimento circular de Platão e de todos os outros que o adotaram como princípio, provavelmente estaríamos ainda pensando que a Terra está sustentada por quatro elefantes, apoiados sobre tartarugas que se apoiam, por sua vez, em serpentes que flutuam na existência. E não esqueça que os planetas possuem uma órbita praticamente circular!

- Agora você deve estar brincando, Dr! Qualquer criança do jardim da infância sabe que os planetas e tudo o mais possuem órbitas elípticas.

- É mesmo? Pois eu o desafio, na próxima viagem para Titã, a ver a diferença. Mais tarde, quando encontrarmos Tycho e Kepler, você compreenderá melhor.

* * *

Já estava precisando de uma folga dos “velhos tempos a.C.”, quando “desembarcamos” na Idade Média. Os caras por aqui já estavam com uma argumentação mais madura (pelo menos para mim, sei que o Dr. me repreenderia novamente se dissesse isso a ele). Um tal de Filoponos, na alta Idade Média, teve “peito” para contradizer Aristóteles, ainda mais depois que os caras de chapéu engraçado, nas igrejas, adotaram suas ideias. Filoponos, embora admitisse uma “força impressa”, assim como Hiparco uns setecentos anos antes dele, já percebia uma “resistência” oferecida pelo ar. Demorou uns mil anos até que Buridan viesse com o “ímpetus” dele, propriedade que era fornecida ao objeto em movimento, e que só cessava por influências externas. Gostaria de levar Tartaglia e outros colegas afins para conversar com Aristóteles. Teria dado, no mínimo, uma acirrada conversa.

Mas a Idade Média já estava ficando, para mim, um pouco em trevas. Foi quando nos deparamos com pessoas que fariam Aristóteles sair “dando estrela”. E, vejamos só, algumas destas pessoas eram daquelas que usavam chapéu engraçado! Dois “Nicolaus” começaram a mexer profundamente nas estruturas de Aristóteles. O primeiro deles, Nicolau de Cusa, já ousava dizer que o universo não tem limites, e que não tem esse papo de natureza diferente acima da Terra. É tudo farinha do mesmo saco! Não preciso dizer que gostei dele, se bem que ainda ouvia muito a palavra Deus. Na verdade, não deixaria tão cedo de ouvir esta palavra, e eu e o Dr. ainda teríamos uma conversa séria sobre isto.

Com Nicolau Copérnico finalmente vi meu querido Sol em seu lugar. Depois de falar com Aristarco, ainda nos “anos a.C.”, que, ao contrário da filosofia aristotélica dominante, defendia que o Sol estava no meio daquilo tudo, cogitei por quanto tempo levariam o absurdo do geocentrismo em frente. E levaram longe! Estamos praticamente na renascença, e só agora vem um cristão (literalmente!) me dizer que a Terra não é o centro do Universo... E provavelmente influenciado pelo nosso amigo Aristarco! Copérnico, assim como eu, não gostava nem um pouco das estratégias dos geocentristas em “salvar os fenômenos”. A ironia é que ele ainda manteve algumas destas estratégias, embora seu modelo fosse de uma matemática bem mais acurada. Como matemática é a minha praia, tivemos algumas boas conversas:

- E aí, Copérnico. E como é que você se defende da crítica do pessoal que diz que a Terra tem que estar parada, pois se assim não o fosse, um objeto atirado para cima não cairia no mesmo lugar? - Perguntei, sem os habituais puxões de orelha do Dr.

- “E aí?” Hum, bem... “E aí” pra você também. Pois é. Não tenho uma resposta definitiva para esta questão, mas - deixe eu falar baixinho, pois isto pode ser perigoso - sei que a Terra está em movimento. É mais coerente assim. Quando jogamos algum objeto para o alto, de alguma forma este objeto continua acompanhando o movimento de Terra, e por isso parece que estamos parados. A história ainda me dará razão.

- Com certeza! - Respondi, já percebendo o impropério. - Quer dizer, é claro que um raciocínio tão belo e coerente deverá prevalecer sobre os outros.

- Espero que assim seja. Mas, por favor, não diga a ninguém que eu te disse isto! Não sei se quero que saibam das minhas ideias.

- Como não? Você precisa mandar isto já para uma gráfica... quer dizer... precisa divulgar suas ideias. Já sei: e se dissesse, você ou alguém, que é apenas um modelo matemático para a explicação dos movimentos que observamos aqui da Terra? Talvez assim fosse possível manter estas ideias em voga tempo o suficiente para descobrirem que se trata da verdade.

- Excelente ideia! Acredito que esta possa ser a solução. Muito obrigado, sr...

- Chame-me apenas de “colega”. - Retruquei.

* * *

Mais tarde, esperando o sono chegar,

comentei com o Dr.:

- Gente fina esse Copérnico. Meio temeroso, mas uma cara legal. E as inovações não acabam aqui, não é mesmo?

- É claro que não. Agora é que estamos chegando perto daqueles que irão abrir caminho para o surgimento do grande Newton. Quanto à cautela de Copérnico, é perfeitamente compreensível. Sabe aqueles caras cujo chapéu você acha engraçado? Pois é... eles estão pegando pesado. Apenas uma geração depois de Copérnico, temos Giordano Bruno que será queimado vivo!

- O quê? Por quê? O que ele fez? Dormiu com a filha de um desses caras?

- Não, não. É pior: defende que o Universo é infinito, que nem a Terra e nem o Sol estão no centro de tudo, e que até existe vida em outros planetas!

- E é queimado por isso? Acho que meu nariz vai sangrar de nervosismo. Mas o que estamos esperando? Vamos já salvá-lo.

- Não, você ficou louco? Não podemos fazer algo que modifique a este ponto a história. É muito perigoso... Espero que não tenha já feito alguma alteração...

- Eu? Ahn... É claro que não. Só bati um papinho com o Copérnico, nada mais.

- Melhor assim. Agora descanse um pouco. Lembra quando te falei do Tycho e do Kepler? Pois é... Amanhã vamos conhecê-los.

* * *

No dia seguinte conhecemos um cara de nariz engraçado, parecia o homem de lata. Fomos ao seu castelo, que parecia que sairia andando de tantos aparelhos utilizados para medição da posição dos astros. Achei incrível, quase sobre-humano, a quantidade e qualidade dos dados colhidos por Tycho e seus ajudantes. E, mais uma vez irônico, é o fato de ele acreditar em uma Terra estática. Se ele soubesse que seus dados não só levariam à destruição deste modelo, como também à destruição do dogma do movimento circular! Acho que ele “teria um filho”...

Mais tarde fiz questão de dar uma fugidinha do Dr. para dar uma palavrinha com Kepler:

- E aí, Kepler. Calculando muito?

- “E aí?” Ahn... Pois é... Aqui estou calculando muito sim. - Respondeu ele, meio não entendendo.

- Aquele seu papo dos sólidos perfeitos é uma viagem, não? - Continuei.

- Uma viagem? Acho que compreendo o que quer dizer... Sim, é uma viagem a um mundo de relações. Mas esta ideia não é exclusividade minha, um grande

pensador antes de mim já falava neles.

- Sim, eu sei: nosso amigo “Pita”. Mas usar estes conceitos para descrever o sistema solar, é coisa sua, não?

- É. Mas já descobri que foi apenas uma conjectura. Meus últimos cálculos mostram que foi tudo uma grande viagem, como você disse. O legal é que estou conseguindo mostrar que o modelo do meu colega Tycho não tem razão de ser, e que Copérnico é “o cara”. Na verdade nem tanto, pois também descobri que os planetas não descrevem órbitas circulares. Veja só. - Ele me mostrou um desenho onde representava a órbita de um planeta. - Percebe?

- Percebe o quê? - Perguntei em seguida. - Só vejo um círculo!

- Não, não. É uma elipse. Embora sua excentricidade seja pequena, vê-se que não é um círculo. Os dados que “peguei emprestado” de meu colega mostram que tem que ser assim.

Agora percebia o que o Dr. queria dizer. Para mim aquilo era um círculo, e fiquei realmente impressionado de saber que nesta época já havia um espírito tão grande de precisão. E, ao constatar que o próprio Kepler abandonaria (como o fez, com seus sólidos perfeitos) suas teorias se os dados assim o exigisse, tive que dar o braço a torcer. Apesar de suas “viagens”, estes caras eram geniais.

* * *

Talvez mais genial ainda seja o Galileu. Quando descobri que ele não considerava a Bíblia como fonte de conhecimentos científicos, que construiu uma luneta e “descobriu” os anéis de Saturno, as luas de Júpiter, as fases de Vênus... Incrível! Sem falar nos seus estudos sobre a queda dos corpos, movimento dos projéteis e na inércia que, embora circular, daria pistas decisivas para a consolidação de uma nova física. Iniciei uma conversa com o Dr.:

- Esse Galileu se superou! Uma única pessoa fazer tantas novas descobertas... O que me deixa furioso é todo aquele episódio com a Igreja. Que direito eles têm de julgar um gênio do porte de Galileu?

- Realmente este fato pode ser tudo, menos simples. Desde o início do nosso “tour” você tem ouvido a palavra Deus, mas você ainda não parou para pensar na sua importância para estes caras, não? Mesmo sendo ateu, você deve reconhecer que não é fácil contrariar uma visão predominante. Ainda mais se a maioria dos que te cercam são os “do chapéu engraçado”. Como vimos, você não vai querer confusão com eles. E Copérnico e Galileu, entre outros, sabem disto muito bem.

Mesmo provavelmente não tendo subido na torre de Pisa para demonstrar suas ideias, Galileu chamou muita atenção com seu sistema heliocêntrico, pois isto ia claramente contra as sagradas escrituras. Onde já se viu a Terra andar, se é o Sol que é parado por Josué? É uma afronta!

- Mas Galileu tinha *provas*! E o telescópio? Corroborava as suas ideias... - Falei indignado.

- O que é que tem o telescópio? O que o faz pensar que isto é uma prova? - Disse o Dr. também indignado.

- Ora, Dr. É evidente que é uma prova. Sabemos como o telescópio funciona, e como ele permite conhecer coisas que estão muito distantes.

- Sabemos? Quem "*sabemos*"? Nós! Eles não! Nem mesmo Galileu! Já vejo que está na hora de uma pequena lição. Tenho certeza que você não teve aulas de filosofia da ciência. Serei breve, mas preste atenção: - Sentei, já resignado com o "*sermão*", e ouvi:

- É importante frisar que, ainda na nossa época, existem muitos estudos a respeito do que é Ciência, produzindo-se, a cada ano, uma copiosa literatura a respeito. Todos concordam que a Ciência pode ser caracterizada por várias atividades como pesquisa, experimentação sistemática e controlada, refutação e confirmação, embora uma conceituação mais categórica seja sempre controversa. Não obstante, temos um certo consenso que podemos utilizar para um princípio geral norteador. - E continuou:

- Os conceitos de ciência mais bem aceitos nos dias de hoje são fundamentados nos estudos de filósofos da ciência como Thomas Kuhn (1922-1996), Karl Popper (1902-1994), Paul Feyerabend (1924-1994) e Imre Lakatos (1922-1974). Com estes filósofos cientistas temos um entendimento de como a ciência evolui ao longo do tempo, com a ideia de "ruptura de paradigmas" (Kuhn) que acontece de tempos em tempos. Ao longo da maior parte do tempo, a ciência é um conjunto de procedimentos - o método científico - que visam desenvolver um conhecimento através da elaboração de uma tese e idealizar maneiras de testá-la. Para isto utiliza-se um aparato experimental adequado onde o experimento possa ser feito de forma controlada e passível de repetição, por qualquer cientista, com o intuito de produzir dados que ratifiquem, retifiquem ou refutem a tese testada para, idealmente, chegar a um conhecimento com cada vez mais sucesso de explicação e predição de novos fenômenos. Esta última caracte-

rística é normalmente a "chave de ouro" de uma teoria: é quando ela, além de suas explicações de fenômenos existentes, permite a previsão de novos fenômenos, que são posteriormente verificados, é que a teoria científica mostra seu poder.

Neste período, conhecido como "ciência normal", as atividades produzidas se fundamentam em alguma teoria pré-concebida e paradigmática, sendo raro o surgimento de ideias realmente novas. Quando isto acontece, temos a "Revolução Científica", onde antigos conceitos e teorias são substituídos por outros mais corretos e/ou abrangentes. Assim, uma nova teoria científica, para sobreviver ao ataque feroz (benéfico e necessário) da comunidade científica, deve oferecer uma exatidão maior que a antecessora, ao mesmo tempo em que a engloba, ou seja, a substitui com vantagens. Deste modo, a ciência progride de forma essencialmente descontínua, aonde cada ideia vai sendo substituída por outra melhor.

Uma definição mais categórica de ciência, e muito aceita pela comunidade científica, é associada à ideia de Refutabilidade (Popper). De forma a complementar as características já descritas, a noção de refutabilidade é essencial para caracterizar completamente (ou quase, como veremos) o fazer científico, estabelecendo que um conhecimento só é científico na medida em que pode, com os procedimentos já citados, ser refutado. Assim, o conhecimento esotérico a respeito dos Anjos e sua hierarquia, para citar um exemplo, não é científico justamente por não oferecer maneiras de ser refutado, e o conhecimento de que nossas características hereditárias são produzidas com base no código genético nas nossas células o é, pois oferece maneiras para sua refutação, através de experimentos que (neste caso) comprovam sua veracidade.

Esta é a ideia mais difundida concernente à ciência e sua conceituação, e só não é absolutamente aceita pois deixa de fora uma observação crucial: o fato de pesquisas históricas mostrarem que algumas ideias científicas revolucionárias não se dão como o "método científico" exige, e sim através de caminhos muitas vezes "propagandistas" (baseados na coerção e não na demonstração), que não oferecem maneiras de serem refutadas, mas que levam à produção de teorias de extraordinário sucesso. Exemplo disto é justamente o sistema heliocêntrico, desenvolvido inicialmente por Aristarco, e melhor desenvolvido por nosso amigo Galileu, onde suas afirmações não podem, nesta época,

ser testadas e refutadas, mas acabam prevalecendo devido à sua simplicidade (em relação ao sistema geocêntrico) e poder explicativo e preditivo. Analogamente temos a teoria da evolução e do big bang que, mesmo em nossa época, também oferecem poucas maneiras de serem refutadas (e também ratificadas), mas que produzem resultados fantásticos quanto à explicação de fenômenos. Novamente, o motivo de sobreviverem e compartilharem significativo respeito na comunidade científica é o fato de produzirem resultados efetivos na explicação, e mesmo predição, de fenômenos. Ou seja, teorias que sobreviveram não pelo seu método, mas por seus resultados.

Com isto chegamos às ideias de Paul Feyerabend a respeito da ciência, onde a mesma, além das características já descritas, deve gerar resultados. Importante dizer que resultados, aqui, não significa necessariamente aplicação prática direta, mas sim uma aplicação ainda que conceitual e abstrata. Exemplo disto seria o desenvolvimento de modelos matemáticos avançados que não possuem qualquer ligação direta com o mundo físico, mas que produzem um repertório maior de ferramentas de raciocínio que podem ajudar na resolução de outros problemas que, aí sim, geram frutos tecnológicos diretos.

Finalmente poderíamos dizer que a ciência é, ainda, uma constante batalha entre teorias rivais (Lakatos), sendo que a teoria que explica melhor os fenômenos a que se propõe explicar acaba fazendo com que outras, que não conseguem o mesmo feito, degenerem-se, por decisão metodológica dos cientistas pesquisadores.

- Ufa! Dr., preciso urgentemente de ar. Preciso de um "período de incubação" para digerir tudo isto! Mas acho que já percebo que realmente não é tão simples. E falando nos caras de chapéu engraçado... como você lida com Deus, Dr.? - Perguntei.

- Eu não lido! Nem sequer penso nele! Se começasse a discorrer sobre isto, provavelmente teria motivos, ainda que subjetivos, para negá-lo, como também para aceitá-lo. Se aceito sua existência, então, de certa forma, não estou sendo científico em acreditar em algo que não pode ser, de modo algum, verificado. Por outro lado, se nego categoricamente sua existência, então também não estou sendo científico, por refutar algo que não oferece maneiras de ser refutado!

- Então como é que é? Você fica em cima do muro?

- Para se ficar em cima do muro é necessário ponderar as duas alternativas,

o que não é o caso.

- Você me confunde, Dr.!

- Bom, se o que você quer é um nome para o que eu sou, então talvez a palavra mais próxima seja o "agnóstico": uma pessoa que não sabe se acredita ou não em Deus. Na verdade, no meu caso, é um pouco mais que isso: eu simplesmente não pondero nem uma, nem outra alternativa! Apenas não penso a respeito. Não vejo nada demais nisto. Por que afinal temos que escolher um lado? Por quê? Na ciência o fazemos? Eu acho que não. Se escolho a física quântica como explicação, não preciso abandonar qualquer outra teoria concorrente por isso, nem negar a existência de uma outra. Apenas uso a que dá melhores resultados no momento. Acho que, de certa forma, sou um "anarquista pessimista": não só não compartilho da visão positivista e cientificista, como também creio ser, a verdade, intangível ao homem. É mais que o princípio da incerteza: acredito - percebe o "acredito"? - que nem mesmo haja uma verdade! Prefiro encará-la como uma construção nossa, cuja busca nos rende bons momentos de conversa, juntamente com novos brinquedinhos, como o nosso manipulador do continuum-quadrimensional. Isto pode até parecer o que chamam de relativismo, de pragmatismo, ou outro "ismo". Se não há como não termos um "ismo", então prefiro o "Dadaísmo".

- Dada o quê?

- É isso mesmo: uma recusa de "ismos". Se vão chamar isto também de um "ismo", então que o façam. Não vou perder uma única noite de sono por isto. Sinto-me até um pouco fútil em ter que falar sobre tudo isto, porque quando expressamos uma ideia criamos uma identidade que pode e é usada contra nós, para colocar-nos sob algum estereótipo. Mas, por falar em sono, vamos descansar, "Sancho Pança". Precisaremos de energia para conhecer alguns outros gigantes.

* * *

Depois de uma longa noite de sono, não que precisássemos esperar alguma coisa, afinal podíamos ir a qualquer tempo assim que quiséssemos, mas porque o corpo pedia, descobri, como nunca, que pensar dá uma canseira... Quando voltássemos, lia mais história e filosofia.

O próximo cara legal que conheci foi René Descartes. Ele tinha uma "fé" muito grande na razão, chegando mesmo a dizer que, se reconheço algo como verdade, então certamente é verdadeiro. No início me pareceu uma tautologia, mas o Dr. prontamente me esclareceu as ideias ao

mencionar que Descartes não admitia a ideia de ser enganado por Deus, ou seja, Deus não nos mostraria algo que percesse ser verdade se assim não o fosse. Mas, já no primeiro instante, fiquei admirado ao constatar que Descartes não admitia que nem mesmo Deus pudesse alterar as leis da natureza! Poderia tê-la criado mas, uma vez o feito, é "por sua conta", ou seja, as leis inerentes ao universo são imutáveis e governam sua existência futura. E nós, com nossa razão, podemos conhecê-las. Fui, também, dar uma palavrinha com ele:

- E aí Descartes. E aquela viagem do "vórtex"?

- "E aí"? "Viagem"? Não estou entendendo. Mas o "vórtex" surge com a necessidade de se explicar o motivo de os objetos serem atraídos pelo chão. Como não pode haver o vazio, então através da dinâmica dos três elementos que constituem o Universo temos este efeito que chamamos de "queda", assim como em um redemoinho de água a serragem vai para o centro.

- Mas você ainda está nessa de "elementos"? Pensei que já tinham esquecido isto. Afinal, Aristóteles já está bem morto e enterrado! - Disse eu.

- Vejo que és um homem culto, conhece Aristóteles.

- Pois é, de onde eu venho sou chamado de "o grande mestre pensador, conhecedor de todos os segredos do Universo". - Estufei o peito e aproveitei.

- Também sou amigo de Aristóteles e de Platão, mas sou mais amigo da Verdade! Estes caras foram geniais, mas os tempos são outros. Os meus elementos não são os dos nossos velhos amigos gregos. Além do mais, minha física é válida para todo o Universo!

- Mas, assim como Aristóteles, você não aceita que o vazio possa existir.

- Não. Caso assim o fosse, os objetos se movimentariam para sempre, uma vez que só uma influência externa pode parar um movimento.

- Mas é isto mesmo! - Comentei espantado, ao reconhecer a 1ª Lei de Newton! - E por isto mesmo é possível o vazio! Não sabe você que ninguém está "empurrando" nosso planeta para que ele permaneça em sua órbita?

- Sei, mas neste caso, minha teoria do vórtex dá conta da explicação. Além do mais, se assim não o fosse, deveria haver uma "atração a distância", o que é claramente descabido.

- E se eu te mostrasse dados que contrariassem suas teorias? - Agora eu pegava um!

- Ora! A menos que tenhas uma teoria, obtida com a razão, que explique os seus dados, eles não me servem de nada!

Como não podia revelar mais detalhes, novamente constatei, pelo jeito mais difícil, que não seriam os meus argumentos que fariam alguma diferença...

* * *

Então, finalmente, o grande gênio! Durante toda nossa viagem dei um jeito de escapar de perto do Dr., para trocar umas palavrinhas sem ser censurado. Queria treinar para o grande momento: falar com o maestro da Natureza, aquele que, por certo, já é um cientista pleno, sem rodeios religiosos, e que somente com a matemática vai desvendar finalmente os segredos do Universo! Aquele que, sem preconceitos ou crenças descabidas, vai ser o sintetizador de todo o conhecimento físico produzido até então. Aquele que é citado em todos os livros de Física, que produziu uma nova matemática, que sepultou de vez o misticismo: Newton. Isaac Newton.

Na verdade, antes disso, o primeiro que encontrei foi o Robert Hooke. Só para "testá-lo", perguntei:

- E aí, incrível Hooke. Sabia que, a partir de três elementos e sua dinâmica temos os movimentos dos planetas ao redor do Sol?

- "E aí"? "Incrível"? Sei que sou bom, mas não é para tanto... Ah, sobre sua pergunta, vejo que conheces Descartes. Então, como deves ser da área, sabes que o que faz com que os planetas girem ao redor do Sol é o resultado do seu movimento natural juntamente com a atração do Sol.

- É isso aí! Como sabes? - Perguntei empolgado.

- E não sou eu o incrível Hooke? Mas já que sei que você é do meio, poderia me fazer um favor?

- Mas é claro, será um prazer.

- Tem um cara, muito misantropo, um tal de Newton. Conheces?

- Se conheço? Estava indo mesmo na casa dele! - Aproveitei.

- Então pode, por favor, perguntar a ele sobre um problema que tem me incomodado nos últimos dias?

- Manda lá.

- É o seguinte: que tipo de curva descreve um objeto que está em uma órbita, em torno de um corpo, cuja atração varia com o inverso do quadrado da distância entre eles?

- Mas essa é fácil! Quer dizer... Esta deve ser fácil para o grande Newton. - Consertei a tempo.

Pois então lá estava eu, e agora com uma boa desculpa, na porta do Newton.

Bati:

- Sim?

- Ne... Ne... New... Newton? - Gaguejei.

- Pois não?

- Primeiramente quero dar os meus parabéns, quer dizer, agradecer por ter permitido que eu chegasse até aqui, opss... Ter permitido que seu endereço me trouxesse até aqui, para... para... - Diabos, não dava uma dentro!

- Por favor, meu jovem, apresse-se. Tenho muito o que fazer.

- Tá legal, indo direto ao assunto. Um tal de Hooke solicitou-me que lhe fizesse uma pergunta.

- Aquele chato, novamente. O que houve agora para enviar alguém me importunar? Será que acabou o seu nanquim? Ou deu uma martelada no dedo e não consegue mais escrever? Deus permita que sim!

Já notando seu humor, fiz a pergunta rapidamente, a qual ele prontamente retrucou, como se estivesse competindo em um show de perguntas e respostas:

- Uma *elipse*.

- Como sabes? - Perguntei estupefato.

- Ora, eu a calculei já faz algum tempo.

Não querendo abusar, mas já abusando, perguntei se podia dar uma olhada nos seus cálculos. Para minha surpresa, ele me convidou a entrar (pois até então eu estava na porta!), enquanto ia ao seu escritório procurar suas anotações. Esperei durante quase uma hora, quando fui ver o que estava acontecendo.

- Newton? Lembra de mim? Visita!

- Ah, sim. Desculpe, estava fazendo uns raciocínios. O que você queria mesmo? Ah, sim. A *elipse*. Bom, eu não encontrei, mas depois eu calculo novamente. Quer tomar um vinho?

Eu estava perplexo. Eu? Tomando vinho na casa do Newton? Ah, se o Dr. não ficasse lá conversando com o Huygens! E, para aproveitar que ele estava com um pouco de "uva" no sangue, perguntei:

- Como foi isso? Digo... Como você conseguiu estruturar seu raciocínio? Aposto que foi a matemática aliada à razão. - Arrisquei.

- É isso mesmo. Sabe, sou fiel ao grande Deus, mas não gosto nem um pouco dos católicos. Sabe? Aqueles caras de chapéu engraçado? Outro dia tive sérias discussões com alguns destes fanáticos, porque não aceitavam o fato de que é possível a transmutação dos elementos. Como se a alma dos elementos não pudesse ser purificada ou alterada, a ponto de termos o ouro a partir do chumbo. Mas,

como você bem falou, minha razão não se deixou abalar. Continuei firme com meus amigos Pitágoras e Hermes Trismegisto, rumo à desvelação dos espíritos de atração responsáveis pela gênese de minha teoria física.

Eu fiquei atônito. O que eu estava ouvindo? Era como se Mozart se sentasse ao piano e tocasse uma música do Little Richard! Estava tudo errado!

- Espera aí, Isaque! Transmutação? Trismegisto? Espírito? Vamos deixar este vinho de lado, não está te fazendo bem. Onde está o Físico que há em você?

- Ora... Aqui mesmo! Como ia dizendo, nos meus estudos alquímicos...

- "Pó pará"... Não estou te reconhecendo. Só falta me dizer que caiu uma maçã na sua cabeça!

- Maçã? Bem... Não que eu me lembre. Se bem que também não lembro onde estão os meus cálculos sobre a *elipse*...

* * *

Parafrazeando a gurizada da mecânica quântica, era como se o chão ruísse sob meus pés. Então o grande cientista, apesar de grande, não era tão cientista assim! Eu realmente estava precisando ter uma conversa com o Dr., para tornar isso tudo um pouco mais palatável:

- Dr., sei que não era para eu ter falado com ninguém sem sua presença, mas não pude resistir a algumas curiosidades.

- Tudo bem, eu já esperava isso. De qualquer forma, é sua curiosidade que faz de você um cientista. Só espero que você não tenha dito besteira.

- Eu também espero! Sabe... Uma das coisas que mais me perturbou nesta história toda foi ter conhecido Newton. Não deve ser surpresa para você, Dr., mas fiquei chocado com o lado místico dele. Afinal, como podem coexistir, em uma pessoa, pura genialidade científica com misticismo? Eu pensei que Newton fosse muito mais que isso.

- Espera aí, rapaz. Ele **é** muito mais! Como pode um traço de personalidade apagar o outro? Não pode! Embora, infelizmente, tendamos a analisar as pessoas deste modo, isto não altera o fato de ambas as idiossincrasias não serem mutuamente excludentes. Ou você vai julgar a física de Einstein por ele não ter sido um bom violinista? Vai julgar as ideias de Rutherford por ele ter dito que toda ciência é física ou mera coleção de selos? Se bem que Rutherford não esteja de todo errado, mas... Vai julgar as contribuições de Feynman à ciência por ele ter sido fanfarrão e mulhengo? Uma única pessoa que seja é sempre muito mais que um cientista, um músico

ou um artista. Bem, na verdade, quase sempre: temos muitas pessoas por aí que não são mais que um chimpanzé de calça jeans. Mas em geral é isso. Desculpe o clichê histórico, mas não deixa de ser verdade: Newton é fruto de sua época! E, como tal, não é descabido que ele tenha colocado os pés na alquimia. Afinal, é justamente por ter sido um grande perscrutador que ele o fez! Pois ali estava um conhecimento a ser desvendado, fosse ele "científico" ou não.

* * *

Assim tínhamos concluído a viagem. Chegando em casa, novamente em 2079, fui prontamente registrar minhas lembranças.

* * *

Fiquei alguns dias escrevendo feito um louco, e mostrei posteriormente ao Dr. Enquanto ele lia, eu fazia (ou fingia que fazia) alguns exercícios. Ao terminar, ele me disse:

- Criativo, Teobaldo. Realmente teria sido uma grande viagem. Quem sabe um dia você possa manipular o continuum-quadridimensional. Mas, para isto, volte à realidade, em 2004, e continue seus exercícios de Física Geral!

Saiba mais

- I. Fernández, D. Gil-Pérez, J. Carrascosa, A. Cachapuz y J. Praia, *Enseñanza de las Ciencias* **20**, 477 (2002).
- P. Feyerabend, *Contra o Método* (Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1977).
- Thomas Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Perspectiva, São Paulo, 1970).
- I. Lakatos, in *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*, organizado por I. Lakatos e A. Musgrave (Cultrix e EDUSP, São Paulo, 1979), p. 109-243.
- R. de A. Martins, *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência* **9**, 3 (1990).
- M.R. Matthews, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **12**, 164 (1995).
- M.A. Moreira, artigo em página pessoal (2003). Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>. Acesso em 20/2/2009.
- M.A. Moreira, N.T. Massoni e F. Ostermann, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 127 (2007).
- L.O.Q. Peduzzi, *As Concepções Espontâneas, a Resolução de Problemas e a História e Filosofia da Ciência em Textos de Física* (UFSC, Florianópolis, 1998).
- L.O.Q. Peduzzi, A; Zyllbersztajn, e M.A. Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **14**, 239 (1992).
- K. Popper, *Conjecturas e Refutações* (UnB, Brasília, 1994).
- R.S. Westfall, *A Vida de Isaac Newton* (Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1993).



Viajando pelo sistema solar: um jogo educativo para o ensino de astronomia em um espaço não-formal de educação

.....

Adriana Oliveira Bernardes

Laboratório de Ciências Físicas,
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos
Goytacazes, RJ, Brasil
E-mail: adrianaobernardes@uol.
com.br

.....

Rosana Giacomini

Laboratório de Ciências Químicas,
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos
Goytacazes, RJ, Brasil

.....

Muitas vezes nos perguntamos por que alunos do Ensino Médio apresentam desempenho abaixo do esperado quando submetidos a exames externos como os do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e do Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), e por que o interesse desses alunos, relatado pelos professores, geralmente é tão pequeno na área científica.

Os resultados divulgados pelo MEC sobre o ENEM demonstram a fragilidade do ensino em nosso país, apresentando médias aquém do desejado por alunos do Ensino Médio. Vem daí a importância em “mostrar a ciência como um conhecimento que colabora para sua compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo, é a meta que se propõe para o ensino da área na escola fundamental” [1]. Realmente, competir com a TV, vídeo games, computadores e outros aparatos tecnológicos, é cada vez mais difícil. Entretanto, se o interesse por ciências fosse despertado desde as séries iniciais, talvez tivéssemos mais indivíduos despertos ao aprendizado das ciências.

O ensino de astronomia e sua perspectiva interdisciplinar envolvendo conhecimentos de química, física, matemática e biologia motiva e estimula o interesse por ciências em qualquer nível de ensino; “o ensino de ciências naturais também é espaço privilegiado em que as diferentes explicações sobre o mundo, os fenômenos da natureza e as transformações produzidas pelo homem podem ser expostas e comparadas” [1].

Neste sentido, “utilizar o jogo na edu-

cação infantil significa transportar para o campo do ensino-aprendizagem condições para maximizar a construção do conhecimento, introduzindo as propriedades do lúdico, do prazer, da capacidade de iniciação e ação ativa e motivadora” [2].

Ainda podemos considerar que “a utilização do jogo potencializa a exploração e a construção do conhecimento, por contar com a motivação interna, típica do lúdico, mas o trabalho pedagógico requer a oferta de estímulos externos e a influência de parceiros, bem como sistematização de conceitos em outras situações que não jogos” [2]. Neste trabalho apresentaremos a construção do jogo educativo “Viajando pelo Sistema Solar” e sua aplicação a um grupo de alunos pertencentes ao Clube de Astronomia de Itaocara Marcos Pontes (Fig. 1).

Clube de astronomia, espaço não-formal de educação

Apesar das divergências que ocorrem muitas vezes no entendimento do que seja educação não-formal, podemos conceituá-la como a educação que ocorre longe da instituição escolar e pode ocorrer em museus, centros de ciências ou qualquer centro que se disponha a realizar de forma sistematizada algum trabalho educacional fora do espaço escolar.

A educação pode tomar três diferentes formas: educação formal, desenvolvida nas escolas; educação informal, onde são transmitidos conhecimentos e informações bem gerais, por familiares, amigos e convívio geral (processo natural e espontâneo) e educação não-formal, onde existe a intenção de criar ou buscar os objetivos fora da instituição es-

Apresentamos neste trabalho o jogo educativo “Viajando pelo Sistema Solar”, desenvolvido com o intuito de estimular o interesse por ciências em alunos do Ensino Fundamental, 1º segmento. O jogo, produzido através de uma parceria entre um clube de astronomia e um colégio estadual, ambos localizados em Itaocara, Rio de Janeiro, priorizou a utilização de materiais de baixo custo e fáceis de serem encontrados no mercado. Sua aplicação ocorreu inicialmente em um espaço não-formal de educação (no clube de astronomia), no qual o jogo mostrou-se um excelente recurso para um primeiro contato com o tema por alunos na faixa etária entre seis e 12 anos.

Os resultados divulgados pelo MEC sobre o ENEM demonstram a fragilidade do ensino em nosso país. Vem daí a importância em “mostrar a ciência como um conhecimento que colabora para sua compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo, é a meta que se propõe para o ensino da área na escola fundamental”

natural e espontâneo) e educação não-formal, onde existe a intenção de criar ou buscar os objetivos fora da instituição es-



Figura 1 – Alunos do Clube de Astronomia “Marcos Pontes” realizam atividade lúdica com o jogo “Viajando pelo sistema solar”.

colar. Ainda segundo Gohm [3], “educação não-formal proporciona aprendizagem de conteúdos da escolarização formal em espaços como museus, centros de ciências ou qualquer outro com atividades bem direcionadas e objetivos definidos”. Os objetivos específicos deste trabalho foram: estimular o aprendizado do conteúdo Planetas do Sistema Solar em alunos com faixa etária de seis a 12 anos, desenvolver a concentração destes alunos, estimular a socialização e verificar o potencial do trabalho com o lúdico em espaços de educação não-formais.

Elaboração do jogo educativo: viagem pelo sistema solar

Uma parceria com a Olimpíada Brasileira de Astronomia¹ (OBA) proporcionou ao Clube de Astronomia de Itaocara Marcos Pontes a obtenção de recursos para construir os tabuleiros do jogo “Viajando Pelo Sistema Solar”. Foram construídos quinze tabuleiros que foram utilizados em um projeto para a divulgação de astronomia no Ensino Fundamental em escolas públicas. A aplicação foi realizada para o público infantil que frequenta o Clube de Astronomia de Itaocara Marcos Pontes, localizado à rua Pereira Marins n. 47, em Itaocara, no Noroeste Fluminense. Frequentam semanalmente o clube de 10 a 12 crianças na faixa etária de seis a 12 anos, que realizam atividades planejadas por pedagogos e professores membros do clube, visando o aprendizado de astronomia. As atividades contaram com o trabalho dos monitores de astronomia para que fossem realizadas. O monitores também eram membros do clube, que normalmente frequentavam o Ensino Médio e possuíam idades entre 15 e 19 anos.

Características do jogo

O jogo “Viajando Pelo Sistema Solar” é um jogo de tabuleiro semelhante à trilha e simula uma viagem interplanetária, na qual os jogadores percorrem um caminho

(trilha) que os leva através dos planetas, da Terra até Netuno. Para que possam realizar a viagem, os jogadores terão que responder algumas perguntas sobre os planetas do sistema solar. Da Terra até Netuno eles viajarão pela Lua, Mercúrio, Vênus, passando próximo ao Sol e de lá partirão direto para Marte, depois o cinturão de asteróides, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. O tabuleiro foi confeccionado em base de maderite de 60 cm x 40 cm, com espessura de 3 mm. O tabuleiro de maderite foi forrado com papel cartão preto, que lhe serviu de base; foram então fixados os planetas e a lua de bola em isopor e o sol em papel cartão amarelo. A trilha por onde os pedes seriam deslocados foi feita em molde de papel ofício, e o molde definitivo em papel cartão verde. Foram então colados pequenos planetas em cada uma das casas que fazem parte do percurso do jogo, além de cartas para que haja avanço ou recuo dos pedes.

Sempre com o intuito de estimular a leitura, além do aprendizado de astronomia, algumas das mensagens presentes na trilha, que levavam os jogadores a percorrer a trajetória entre os planetas, continham assuntos comuns a astronomia, como tempestades de areia em outros planetas e aumento ou diminuição da força da gravidade, entre outros conceitos.

O baralho foi confeccionado em papel cartão com fundo preto com tamanho de 3 cm x 5 cm, as perguntas foram digitadas e impressas em papel ofício e coladas ao baralho e no verso foram coladas fotos dos planetas com o nome dos mesmos.

Para a confecção dos planetas e da Lua foram utilizadas bolas de isopor de tamanhos diferentes, que foram pintadas com as cores dos planetas. Os tamanhos dos planetas não estavam em escala, apenas houve uma preocupação para que estivessem em ordem crescente de tamanho. O jogo em si foi elaborado pela equipe do Clube de Astronomia e construído pela equipe utilizando os seguintes materiais:

- 4 folhas de papel cartão de cores variadas
- 1 placa de maderite de 60 cm x 40 cm
- 1 cola plástica
- 9 bolinhas de isopor com tamanhos: 200 mm, 400 mm, 600 mm e 800 mm
- 1 vidro de guache azul
- 1 vidro de guache marron
- 1 vidro de guache cinza
- 1 vidro de guache amarelo
- 1 barralho dos planetas
- 1 xerox folha com planetas

O tempo estimado de cada partida é de 10 a 20 minutos.

Questões do baralho de astronomia

com suas respostas:

Quantos são os planetas do sistema solar? 8

Quantos são os planetas anões? 3

Qual o nome da estrela do nosso sistema solar? Sol

Qual planeta é conhecido como planeta vermelho? Marte

Quais são os planetas do sistema solar que não possuem lua? Mercúrio e Vênus

Qual o nome dos planetas do sistema solar chamados de planetas rochosos? Mercúrio, Vênus, Terra e Marte

Quais são os planetas chamados de gasosos? Júpiter, Saturno, Urano e Netuno

Qual o nome dos planetas chamados planetas gigantes? Júpiter, Saturno, Urano e Netuno

Qual ex-planeta recentemente foi rebaixado a planeta anão? Plutão

Qual o nome do primeiro astronauta brasileiro? Marcos César Pontes

Qual o nome do foguete que levou o primeiro astronauta brasileiro ao espaço? Soyus

Onde era a base de lançamento do foguete que levou o primeiro astronauta brasileiro ao espaço? Banikur, Casaquistão

Qual o nome dos planetas anões? Céris, Plutão e Éris

Quais são os planetas que possuem anéis? Júpiter, Saturno, Urano e Netuno

Quantas luas possui Júpiter? 63

A qual constelação pertencem as Três Marias? Constelação de Órion

Qual é a característica mais marcante da superfície do nosso satélite natural? É cheia de crateras

Qual o nome do nosso satélite natural? Lua

De que são formados os anéis dos planetas? De rocha e gelo

Qual o nome das quatro maiores luas de Júpiter? Io, Europa, Ganimedes e Calixto

Qual planeta do sistema solar apresenta as maiores temperaturas? Vênus

Qual é o menor planeta do sistema solar? Mercúrio

Qual o maior planeta do sistema solar? Júpiter

Qual planetas do sistema solar possui os maiores e mais bem definidos anéis? Saturno

Qual o nome do astro que fornece luz e calor para Terra? Sol

Qual planeta do sistema solar possui a superfície muito parecida com a da Lua, cheia de crateras? Mercúrio

Qual dos planetas do sistema solar passa por um processo de efeito estufa, fazendo com que apresente as maiores

temperaturas do sistema solar? Vênus

Qual o planeta em que vivemos? Planeta Terra

A Terra é dividida em dois hemisférios; qual o nome deles? Norte e sul

Quais são as camadas que compõem a Terra? Crosta, manto e núcleo

Regras do jogo

Inicialmente define-se a ordem dos jogadores da maneira que se julgar conveniente. O jogo é iniciado jogando-se

um dado, o que define o número de casas que o primeiro jogador deverá avançar. Ao cair em determinada casa, o jogador deverá observar a que planeta ela corresponde e uma carta relativa a este planeta será retirada do baralho e lida pelo jogador que estiver à sua direita.

Na carta constará o bônus relativo à pergunta, caso seja dois e ele acertar, deverá avançar duas casas, caso erre a resposta, deverá recuar duas casas. Algumas cartas do tabuleiro não possuem perguntas, mas apenas bônus ou penalidades nas quais o jogador deverá avançar ou recuar, conforme o caso. O vencedor será aquele que chegar primeiro a Netuno.

Material de apoio

Confeccionamos um material de apoio para ser utilizado à medida que os alunos iniciassem o jogo. Este material continha todas as informações para que o aluno pudesse responder às perguntas e seu conteúdo era apresentado em textos. Isto ajudava muito quando eram recebidos novos alunos no clube, que poderiam, sem maior prejuízo, participar da atividade lendo o material fornecido.

Perfil dos alunos que participavam do projeto

Os alunos que participaram das atividades promovidas pelo clube possuíam idades entre seis e 12 anos e eram alunos de

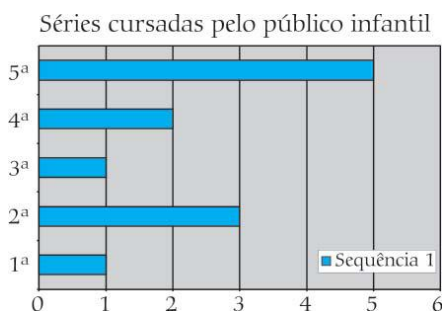


Figura 2 - Séries cursadas pelos alunos que frequentam o Clube de Astronomia.

colégios públicos. As séries cursadas pelos alunos podem ser observadas na Fig. 2.

Entrevista com os monitores

As seguintes questões foram formuladas aos monitores:

1) Como o jogo foi apresentado aos alunos que fazem parte do clube?

Monitor I: "Todas as semanas realizamos atividades com os alunos no clube, estas atividades são bem variadas: às vezes exercícios, palavras-cruzadas, apresentamos também vídeos, entre outras. O jogo despertou grande interesse dos alunos, normalmente a participação em todas as atividades é sempre muito grande, eles têm muito interesse, mas gostei de ver como nos jogos eles se interessaram bastante"

Monitor II: "Duas atividades eu percebo que são melhor aceitas pelos alunos do "clubinho": o lançamento de foguetes de garrafas pet e os jogos. O aluno que frequenta o clube, assim como os alunos das escolas, não querem atividades que eles costumam ter na escola e sim atividades diferentes".

2) O que observou à medida que os mesmos tomavam contato com o jogo?

Monitor I: "Eles gostaram muito e aprenderam a jogar rápido. Rapidamente eles começaram a aprender com o próprio jogo, com as respostas dos outros principalmente e, então, logo já sabiam responder a todas as perguntas. Perguntaram inclusive se seriam sempre as mesmas perguntas".

Monitor II: "Notei que o próprio tabuleiro ajudava a responder as perguntas, em relação ao tamanho dos planetas, por exemplo. Isto facilitava para os alunos que ainda frequentavam CA (classe de alfabetização) e ainda não sabiam ler muito bem."

3) Como você pode qualificar a participação dos alunos?

Monitor I: "Foi total! Todos jogaram, participaram e gostaram muito".

Monitor II: "Foi uma atividade ótima para eles e para nós também. Eles gostaram muito e queriam saber se haveriam outros jogos."

4) Quais outros recursos foram utilizados no mesmo período?

Monitor I e II: lançamento de foguetes didáticos, palavras-cruzadas, leituras de textos, atividades práticas e observação do céu, dentre outras.

Conclusão

Os resultados qualitativos preliminares foram satisfatórios. O jogo obteve gran-

de aceitação junto aos membros do clube, na faixa de seis a 12 anos, que demonstraram bastante interesse. O trabalho desenvolvido com o jogo educativo "Viajando Pelo Sistema Solar" junto ao clube mostra a possibilidade de trabalhar o conteúdo de astronomia de forma lúdica junto ao público das séries iniciais e também a possibilidade deste aprendizado ocorrer em espaços não-formais de educação.

O projeto em si mobiliza professores e monitores, amantes da astronomia, para proporcionar um primeiro contato das crianças com esta área da ciência, apresentando a possibilidade de parcerias entre as escolas e os espaços não-formais de educação, que poderão contribuir bastante para o processo de ensino e aprendizagem dos alunos, mostrando como o lúdico pode motivar e incentivar o aprendizado dos alunos.

Perspectivas futuras do projeto

O projeto pretende no futuro aplicar o jogo em turmas de alunos do Ensino Fundamental (1ª a 4ª série), realizando primeiramente pesquisa sobre o conhecimento prévio do aluno.

A parceria entre a escola e o clube permanecerá, sendo que os monitores participarão da aplicação dos jogos nas escolas, assim como os professores das turmas e também os professores membros do Clube de Astronomia.

Nota

¹A OBA é coordenada pelo professor João Batista Canalle, professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Referências

- [1] Brasil, *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2006), 135 p.
- [2] T.M. Kishimoto, *Jogo, Brinquedo, Brincadeira e a Educação* (Cortez, São Paulo, 2002).
- [3] M.G. Gohn, Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação **14**, 27 (1999).

Leia Mais

J. Delors (coord) *et al.* Educação: um tesouro a descobrir, relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XI. São Paulo: Cortez, Brasília. DF: MEC: UNESCO, 1980. cap. 4, p. 89-102.

Brasil, Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Fundamental, Adaptações Curriculares. Disponível em <http://www.educacaoonline.pro.br/adaptacocurriculares.asp>. Acessado em: 27/9/2008.

Link interessante

<http://clubedeastronomiamp.zip.net/>



Os estudantes de Ensino Médio demonstram preferência pelas aulas experimentais, quando supostamente o conhecimento é tratado de forma “mais concreta”, “aprender na prática”, como costumam dizer. Sem avançar na discussão epistemológica entre empirismo e racionalismo, o pêndulo de Newton (Fig. 1) pode contribuir para mostrar que a observação de um fenômeno desperta o interesse momentâneo dos alunos, mas somente o estudo sistemático e o domínio dos conteúdos poderão levar os estudantes à compreensão dos fatos observados.

Antes de iniciar a apresentação, é interessante o professor chamar a atenção dos alunos não apenas para o que eles observarão, mas também para o que eles não observarão

A abordagem aqui proposta pretende promover uma aula diferente daquelas em que o professor apresenta os conteúdos, explica e resolve exercícios. Na verdade, essa abordagem é complementar às aulas normalmente ministradas. O professor pode apresentar em sala de aula o pêndulo de Newton, fazendo as bolinhas oscilar, e motivar os alunos a utilizar seus conhecimentos de física a fim de explicar o funcionamento.

Procedimento

Antes de iniciar a apresentação, é interessante o professor chamar a atenção dos alunos não apenas para o que eles observarão, mas também para o que eles não observarão (isto permitirá o professor discutir sobre os “possíveis” resultados que não são verificados). O pêndulo deve ser colocado sobre uma mesa horizontal e mantido em repouso. Na dinâmica da apresentação, os alunos observarão o professor realizar uma série de oscilações com o pêndulo: inicialmente utilizando apenas uma bolinha; depois duas, três e quatro bolinhas. Antes de cada demonstração o professor pode indagar ao grupo sobre

quantas bolinhas se moverão na outra extremidade do pêndulo. Os alunos observarão que o número de bolinhas que iniciam o movimento em uma extremidade é sempre igual ao número de bolinhas que partem na extremidade oposta, após cada colisão. Este resultado, definitivamente, não é intuitivo. Pode-se avançar nas demonstrações, escolhendo duas bolinhas em uma extremidade e uma única na extremidade oposta, e soltando-as simultaneamente. Qualquer outra combinação de número igual ao desigual de bolinhas em ambas as extremidades é possível a fim de enriquecer a apresentação.

Reflexões

Após fazer todas as demonstrações que achar conveniente, o professor pode começar suas indagações: se as bolinhas não estão presas umas às outras,¹ por que o pêndulo de Newton apresenta sempre o mesmo resultado - o número de bolinhas que se movimentam em uma extremidade é sempre igual ao que se movimenta no

.....
Mauro Costa da Silva
 Colégio Pedro II, Rio de Janeiro, RJ,
 Brasil
 E-mail: maurocostasilva@ig.com.br

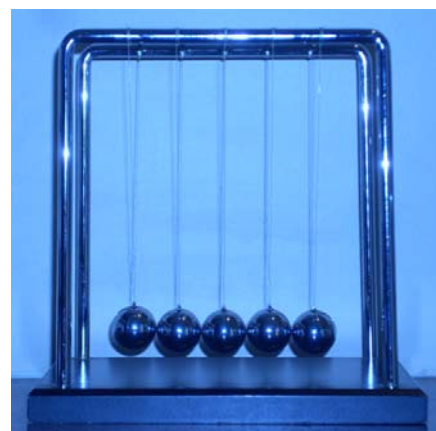


Figura 1 - O pêndulo de Newton.

Este artigo propõe uma prática docente para os estudantes de ensino médio como forma de comprovação dos princípios de conservação. A prática prevê a utilização do pêndulo de Newton como forma de instigar os alunos à observação crítica das múltiplas possibilidades de colisão nesse pêndulo, e motivá-los a encontrar uma explicação baseada nos conhecimentos adquiridos sobre mecânica

lado oposto? O professor poderá fundamentar o “estranhamento” das observações verificadas no pêndulo lembrando que o princípio de conservação da energia permite que uma bolinha ao colidir em um lado possa mover, por exemplo, duas no lado oposto, basta que a velocidade das duas bolinhas seja convenientemente menor que a velocidade da primeira bolinha no instante da colisão. O professor pode ainda lembrar o princípio de conservação da quantidade de movimento para mostrar que esse princípio também não impede outras soluções. Então, o que está havendo? Diante de uma condição inicial, por que a natureza escolhe sempre a mesma solução final? Colocado o problema, deve-se dar aos alunos uns dias para que pesquem, antes de apresentar a solução. Alguns alunos acham que a solução é meramente teórica. Vale antecipar que a solução é numérica, e que os cálculos devem ser apresentados. Caberá aos alunos perceber que a solução do problema se dá quando os dois princípios de conservação citados são satisfeitos.

Demonstração

A maioria dos livros do Ensino Médio utiliza um modelo padrão que é apresentado no estudo das colisões (Fig. 2)². É possível demonstrar de maneira simples o funcionamento do pêndulo de Newton a partir desse modelo. Sejam:

- m - massa que inicia a colisão (corresponde a massa de uma ou mais bolinhas);
- m_2 - massa que parte após a colisão da massa m ;
- v - velocidade da massa m antes da colisão;
- v_1 - velocidade da massa m após a colisão;
- v_2 - velocidade da massa m_2 após a colisão.

Considerando que todas as bolas têm a mesma massa, $m_2 = x.m$, onde x é o número de bolas que partem do outro lado do pêndulo de Newton. Pelo princípio de conservação da quantidade de movi-

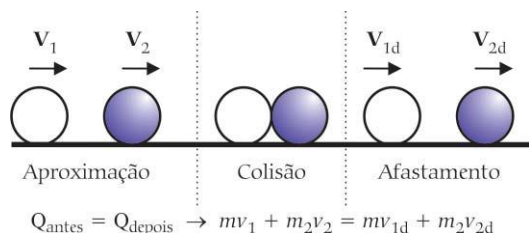


Figura 2 - Colisão unidimensional.

mento:

$$mv = mv_1 + m_2v_2 \rightarrow mv = mv_1 + (xm)v_2 \rightarrow v = v_1 + xv_2 \quad (1)$$

Considerando as colisões elásticas (coeficiente de restituição $e = 1$)

$$1 = \frac{v_2 - v_1}{v} \rightarrow v = v_2 - v_1 \quad (2)$$

Montando um sistema com as Eqs. (1) e (2)

$$\begin{cases} v = v_1 + xv_2 \\ v = v_2 - v_1 \end{cases} \rightarrow 2v = (x+1)v_2 \rightarrow v_2 = \frac{2v}{x+1} \quad (3)$$

Substituindo o resultado da equação do sistema na Eq. (2)

$$v_1 = \frac{2v}{x+1} - v = \frac{2v - (x+1)v}{x+1} \rightarrow v_1 = \left(\frac{1-x}{1+x} \right) v \quad (4)$$

Pelo princípio de conservação da energia

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} \rightarrow v^2 = v_1^2 + xv_2^2 \quad (5)$$

Substituindo a Eq. (3) na Eq. (4)

$$\begin{aligned} v^2 &= v_1^2 + x \left(\frac{2v}{x+1} \right)^2 \\ \rightarrow v_1^2 &= v^2 - \frac{4xv^2}{(x+1)^2} \\ \rightarrow v_1^2 &= \left(1 - \frac{4x}{(x+1)^2} \right) v^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_1 &= \left(\sqrt{\frac{x^2 - 2x + 1}{(x+1)^2}} \right) v \\ \rightarrow v_1 &= \sqrt{\frac{(x-1)^2}{(x+1)^2}} v \\ \rightarrow v_1 &= \frac{(x-1)}{(x+1)} v \end{aligned} \quad (6)$$

Igualando as Eqs. (4) e (6)

$$\frac{(x-1)}{(x+1)} = \frac{(x-1)}{(x+1)} \rightarrow x-1 = 1-x \rightarrow x = 1$$

Portanto

$$v_1 = 0 \text{ e } v_2 = v$$

O resultado comprova que o número de bolinhas que colidem numa extremidade é igual ao número de bolinhas que partem do outro lado.

Conclusão

Para concluir, vale ressaltar aos alunos que o ensino de física, que prima por uma abordagem fenomenológica, pelo domínio dos conceitos e valoriza as questões teóricas, não exclui o uso da matemática como ferramenta fundamental para obtenção de resultados. Essa observação, óbvia para os professores de física, não está tão clara para alguns alunos que se dedicam ao estudo conceitual dos fenômenos, mas deixam a matemática em um plano secundário, um papel coadjuvante no ensino da física. O pêndulo de Newton pode contribuir para enfatizar que, sem abandonar o estudo conceitual, algumas questões “teóricas” só são resolvidas com a solução das equações.

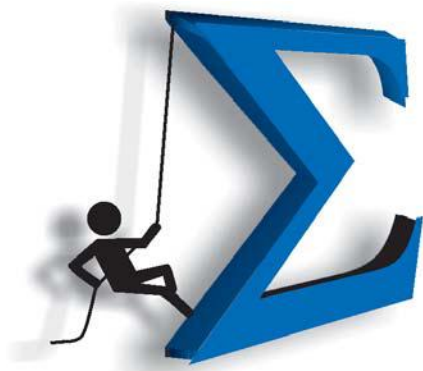
Notas

¹O que significa liberdade de movimento e, portanto, várias possibilidades de resposta diante de uma condição inicial - por exemplo, uma bolinha poderia mover as outras quatro inicialmente em repouso, fazendo-as oscilar com pequena amplitude, ou fazer duas oscilarem com amplitude um pouco maior, etc.

²O tratamento vetorial será dispensado em função de a colisão ser unidimensional.

Saiba mais

D. Halliday, R. Resnick and J. Walker, *Fundamentals of Physics Extended* (John Wiley & Sons, Inc. New York, 1997).
F.W. Sears e M.W. Zemansky, *Mecânica e Hidrodinâmica* (LTC, Rio de Janeiro, 1975), v. 1.



Problemas Olímpicos

Soluções dos problemas do número anterior

1 Cubo de madeira de massa M em suporte horizontal perfurado na vertical de baixo para cima por um projétil de massa m não deve perder contato com o suporte. Tendo em vista que a perda de velocidade do projétil ($\Delta v = v - u$) é pequena comparada com u , podemos supor que a desaceleração seja com boa aproximação uniforme ao atravessar o bloco, e então a força exercida pelo projétil no bloco será também constante. O tempo necessário para o projétil atravessar o bloco é

$$\Delta t = d/v_{av} = 2d/(v + u).$$

O impulso vertical exercido no bloco é igual à perda de momento do projétil: $F\Delta t = m(v - u)$, ou $F = m(v - u)/\Delta t$. Como o bloco não perde o contato com o suporte, temos que esta força é igual ao peso do bloco, $Mg = m\Delta v/\Delta t$.

Resolvendo para M e substituindo Δv e Δt nas expressões acima, determinamos que a massa mínima do bloco é

$$M = m(v^2 - u^2)/(2dg) = 6 \text{ kg}.$$

2 Bloco de massa m e velocidade v em um plano encontra um "monte" de massa $3m$ e altura h em repouso. Calcular o valor de v para que a velocidade u do monte seja máxima. Se o bloquinho sobe o "monte" e depois escorrega para trás para o plano horizontal terminando com uma velocidade V , da conservação de momento linear temos

$$mv = -mV + 3mu \rightarrow V = 3u - v, \quad (1)$$

enquanto da conservação de energia antes e depois da colisão, e após a substituição de V dado pela Eq. (1)

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}3mu^2 \Rightarrow u = \frac{1}{2}v. \quad (2)$$

Assim, para se obter a maior valor para u , necessitamos v o maior possível. O limite é atingido quando o bloquinho

atinge o topo do "monte" e então desliza de volta. Seja U a velocidade do "monte" com o bloquinho momentaneamente parado em seu topo. A conservação do momento implica que

$$mv = 4mU \rightarrow U = v/4, \quad (3)$$

enquanto a conservação da energia mecânica nos dá

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}4mU^2 + mgh \Rightarrow v = \sqrt{\frac{8}{3}gh}. \quad (4)$$

após a substituição de U dado pela Eq. (3). Este valor de v maximizará u . O "monte" terminará com uma velocidade $\sqrt{2gh/3}$, de acordo com a Eq. (2) após o bloquinho ter escorregado de volta. Curiosamente, a Eq. (1) implica que o bloquinho também terá essa mesma velocidade.

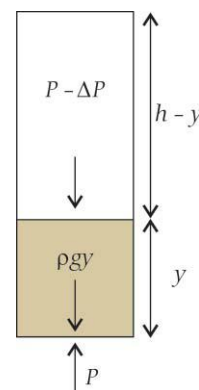
3 Cálculo do comprimento de uma coluna de mercúrio quando um tubo aberto de comprimento h é submerso pela metade em uma cuba de mercúrio e tem seu topo fechado. A pressão atmosférica corresponde a uma pressão de uma coluna de mercúrio de altura H . A pressão atmosférica é dada por

$$P = \rho gH, \quad (1)$$

sendo ρ a densidade do mercúrio (ordinariamente H é aproximadamente 76 cm). Considere o balanço de força na coluna de mercúrio (de comprimento y a ser determinado) que permanece no tubo (supondo que o mesmo tenha uma seção transversal unitária por simplicidade; desta forma pressão é igual a força) após ter sido puxado para fora do banho de mercúrio.

A pressão do ar aprisionado no espaço acima do mercúrio decresceu de $P_i = P$ antes do tubo ser puxado para $P_f = P - \Delta P$ após ser retirado, uma vez que o ar expandiu isotermicamente do volume inicial

$V_i = h/2$ até o volume final $V_f = h - y$ (lembre-se que o tubo tem seção transversal unitária).



Supondo o ar como sendo um gás ideal, temos

$$P_i V_i = nRT = P_f V_f \rightarrow Ph/2 = (P - \Delta P)(h - y). \quad (2)$$

Mas o balanço de força na coluna de mercúrio como mostrado na figura é

$$P = P - \Delta P + \rho gy \rightarrow \Delta P = \rho gy. \quad (3)$$

Substituindo as Eqs. (1) e (3) na Eq. (2) e após rearranjo dos termos, obtemos

$$y^2 - (h + H)y + hH/2 = 0. \quad (4)$$

A solução desta equação deve considerar o sinal negativo na frente do discriminante uma vez que $y < h/2$. Assim

$$y = \frac{H + h - \sqrt{H^2 + h^2}}{2}. \quad (5)$$

É fácil verificar que esta solução é sempre positiva, para todo valor finito de H . Em particular os casos limites são: $y \rightarrow 0$ se $H \rightarrow 0$ (ou seja, experimento feito no vácuo) e $y \rightarrow h/2$ se $H \rightarrow \infty$ (em um meio de altíssimas pressões). Outros casos limites são: $y \rightarrow 0$ se $h \rightarrow 0$ (i.e., experimento realizado com um tubo muito curto) e $y \rightarrow h/2$ se $h \rightarrow \infty$ (tubo muito longo).



Construção gráfica para alunos cegos

Um aluno cego tem obviamente grande dificuldade em acompanhar as aulas de física, uma vez que nelas são comumente utilizados gráficos para relacionar duas grandezas, como por exemplo velocidade vs. tempo, entre outras relações. Como o aluno cego vai acompanhar as aulas sem ter condições de analisar um gráfico e tirar dele a função que rege o fenômeno estudado? Foi devido a esta dificuldade que me foi pedido para dar aulas de apoio a uma aluna cega, cuja nota havia sido muito baixa e estava, portanto, muito mal no curso. Durante uma conversa que tive com a aluna, ela me contou quais eram as suas dificuldades, dentre as quais citou os gráficos. A aluna não imaginava o que era um gráfico e também desconhecia figuras geométricas, embora soubesse a área de cada uma delas. Assim, fui a uma serralheria, comprei uma chapa de alumínio de 80 cm x 20 cm e pedi para cortar algumas figuras geométricas: triângulos, trapézios, retângulo, quadrado e discos de diferentes raios. O primeiro problema foi imediatamente resolvido, pois ao entregá-las à aluna, ela passou a conhecer as figuras geométricas comuns auxiliada pelo tato. Resolvi o problema dos gráficos de uma forma muito simples (vide Figs. 1 e 2). Durante uma aula, observei um pequeno instrumento utilizado nas aulas de artes chamado Geoplano, que consiste em uma tábua quadrada com preguinhos para se construir figuras. O Geoplano que tenho mede 40 cm x 40 cm, com 121 pequenos pregos dispostos em 11 linhas e 11 colunas, afastados 3 cm um do outro. A primeira coluna da esquerda para a direita é o eixo vertical (ordenadas). A primeira linha de baixo para cima é o eixo horizontal (abscissas). Os gráficos são

construídos com os elásticos a partir da formação dos eixos. Se colocarmos mais preguinhos entre os já existentes no Geoplano, podemos fazer os gráficos com linhas curvas, como, por exemplo, as parábolas. Estas, apesar de não ficarem perfeitas, podem ser facilmente compreendidas. Desta forma, com o Geoplano e alguns elásticos coloridos de escritório, minha ideia surgiu. O trabalho de ensino de física para deficientes visuais já foi assunto de artigos nesta revista, dentro os quais destaco o artigo de ensino de óptica de Camargo e colaboradores [1]. Souza e colaboradores desenvolveram um importante trabalho sobre o ensino de eletrodinâmica para deficientes visuais [2]. Para todos aqueles interessados no ensino de física para pessoas com dificuldades visuais, o livro e a página eletrônica de Éder Pires Camargo na internet são valiosas fontes de informação [3].

A Fig. 1 mostra o Geoplano com um gráfico simples: o eixo vertical é a velocidade e o eixo horizontal o tempo. Nesse exercício deve-se determinar a velocidade média de uma partícula cuja velocidade variava com o tempo da forma mostrada

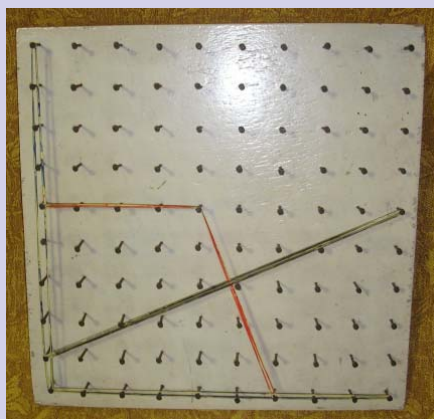


Figura 1 - O Geoplano.

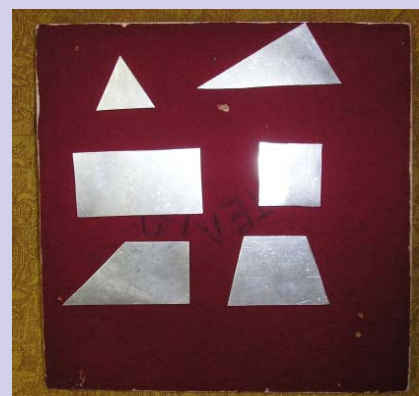


Figura 2 - Figuras geométricas planas cortadas de uma lâmina de alumínio, para que os alunos reconheçam as figuras geométricas.

na figura, ou seja, um trapézio retângulo. A Fig. 2 mostra as figuras geométricas cortadas na chapa de alumínio.

Alexandre César Azevedo
Colégio Pedro II, Unidade Escolar Realengo II,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: alexandrecesar.azevedo@gmail.com

Referências

- [1] E.P. de Camargo, R. Nardi, PR.P. Maciel Filho e D.R.V. de Almeida, Física na Escola **9**(1), 20 (2008).
- [2] M.M. de Souza, M.PR. da Costa e N. Studart, Física na Escola **9**(2), 10 (2008).
- [3] E.P. de Camargo, *Ensino de Física e Deficiência Visual* (Editora Plêiade, São Paulo, 2008). Uma lista dos trabalhos deste autor pode ser encontradas em <http://www.dfq.feis.unesp.br/dv fisica/> (acessado em maio de 2010).



Na Prateleira

A Revista Brasileira de Ensino de Física e o Futebol

Caro leitor!

De modo um pouco diferente do que tem ocorrido nas últimas edições, gostaria de utilizar este espaço, enquanto editor da Física na Escola e da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), para falar um pouco mais desta última. Como provavelmente todos sabem, a RBEF é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Física e tem, por objetivo, contribuir para a manutenção de um alto nível de qualidade do ensino de física em nosso país.

O que motiva a escrever hoje sobre a RBEF é que há poucos dias nosso colega do Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense, Paulo Murilo Castro de Oliveira, escreveu um boletim para a SBF a respeito de um artigo de autoria de Guillaume Dupeux, Anne Le Goff, David Quéré e Christophe Clanet publicado no *New Journal of Physics* **12**, 093004 (2010). O que este artigo tem a ver conosco, brasileiros, e com a RBEF? Bem, trata-se da análise da física de uma bola de futebol, mais particularmente do gol marcado pelo jogador Roberto Carlos em um jogo de nossa seleção na França em 1997. Este artigo foi comentado pelos principais jornais de todo o mundo e do Brasil e podemos sem dúvida afirmar que este estudo é um belo exemplo da aplicação da nossa ciência a um “problema” do cotidiano bem como uma ótima maneira de divulgá-la, pois o futebol é, indubitavelmente, o esporte mais popular do planeta. O conteúdo da carta do Prof. Paulo Murilo diz respeito à nossa síndrome de tupiniquins, ou seja, de valorizarmos conhecimento produzido la fora em detrimento daquele que produzimos aqui. E aí que entra a RBEF: Paulo Murilo chama a atenção para um artigo muito semelhante publicado na

Revista Brasileira de Ensino de Física **26**, 297 (2004), da autoria de C.E. Aguiar e G. Rubini e que trata de um gol que Pelé não fez em um jogo contra a Tchecoslováquia na copa de 1970 no México. Embora Roberto Carlos tenha feito o gol e Pelé não, a física tratada é muito semelhante. O artigo de Aguiar e Rubini porém passou despercebido e é, sem dúvida, tão digno de nota quanto o artigo dos pesquisadores franceses.

Obviamente o debate em nosso meio é sempre bem vindo e com certeza a carta do Prof. Paulo Murilo suscitará discussões, como já se pode ver poucos dias após sua publicação. Enquanto editor da RBEF não cabe a mim polemizar sobre o assunto, embora enquanto pesquisador na área concordo com a maior parte de seus comentários e discordo em alguns poucos pontos. Mas também enquanto editor sinto-me na obrigação de agradecer ao misivista pela maneira elogiosa com a qual ele se refere à nossa revista. Assumi a revista há quase um ano e tenho tentado manter o nível que o Prof. Nelson Studart, antes de mim, soube dar à RBEF. O papel do editor é tentar manter a qualidade, mas o que precisamos ter bastante claro é que a tarefa é de todos nós: dos autores, submetendo artigos de excelente nível, dos grandes expoentes de nossa ciência que frequentemente nos enviam artigos sobre tópicos avançados em um nível mais acessível aos estudantes e principalmente os árbitros, cujo processo de análise sério e criterioso são fundamentais para nos ajudar a manter o nível que tanto queremos. O editor é como um gerente, que apenas tenta manter a máquina funcionando. Não fosse a colaboração de todos, a tarefa seria impossível.

O conteúdo da carta do Prof. Paulo Murilo diz respeito à nossa síndrome de tupiniquins, ou seja, de valorizarmos conhecimento produzido la fora em detrimento daquele que produzimos aqui

Gostaria então de utilizar esta oportunidade para tecer alguns poucos comentários a respeito da RBEF. A revista tem recebido um número crescente de artigos de pesquisadores de fora, mais particularmente de Portugal e Espanha, seguido da Argentina, Itália, França, Sérvia e até da distante Tailândia. Outros países latino-americanos têm marcado constante presença, como a Colômbia e Cuba. A revista

está se internacionalizando e já está indexada no Web of Science, da Thomson. Isso sem dúvida é uma grande vitrine mundo afora para nossa produção intelectual e esperamos

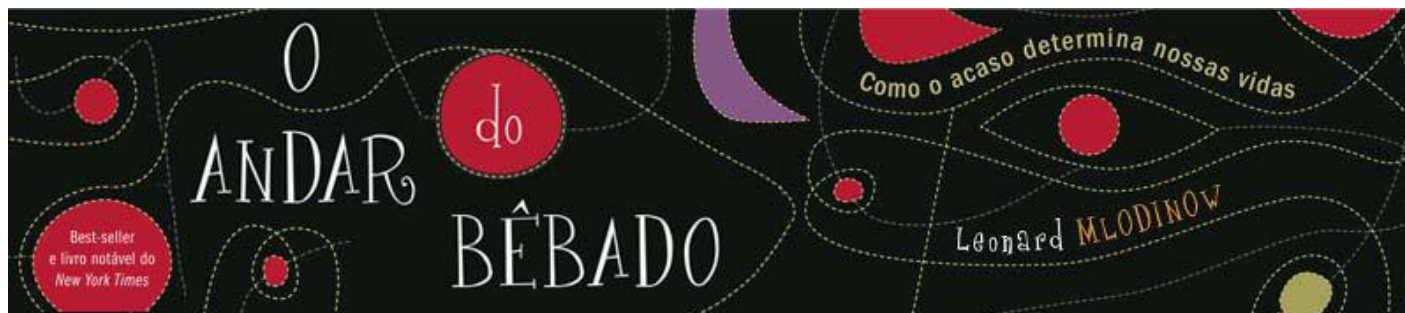
que a RBEF se firme como uma das grandes revistas da área. Recentemente instalamos um sistema totalmente online de submissão, que esperamos facilite a vida dos autores e árbitros. Assim, caro leitor, é importante, e volto a frisar, que a revista não teria todo este sucesso não fosse pelo trabalho daqueles que submetem artigos de qualidade e dos árbitros, que nos ajudam a preservá-la.

Convido todos assim a se tornarem leitores assíduos da RBEF. Venha participar, seja lendo-a, enviando seus artigos ou ajudando-nos a arbitrar os trabalhos submetidos. A RBEF é uma revista de acesso livre e pode ser encontrada no sítio da Sociedade Brasileira de Física (<http://www.sbfisica.org.br>). Ajude-nos a mantê-la assim!

Para os interessados, a missiva do Prof. Paulo Murilo pode ser encontrada em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/boletim1/msg220.htm>.

Boa leitura!

Sílvio Dahmen



Deus joga dados?

O Andar do Bêbado. Como o Acaso Determina Nossas Vidas

Leonard Mlodinow

Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 2009. 264 p

O debate envolvendo o acaso e a necessidade é uma das mais antigas questões da história da filosofia. De fato, a menção à necessidade pode ser buscada no texto mais antigo do pensamento filosófico, o fragmento subsistente de Anaximandro de Mileto. Entretanto, a longa trajetória de discussões epistemológicas não ofusca a atualidade do tema, a qual tem sido expressa em diferentes publicações contemporâneas, entre as quais se destaca *O Andar do Bêbado. Como o Acaso Determina Nossas Vidas* (*The Drunkard's Walk: How Randomness Rules Our Lives*) livro do físico Leonard Mlodinow, atualmente professor do Instituto de Tecnologia da Califórnia.

A obra, como anunciado no prefácio, trata dos princípios que governam o acaso, explicitando sua importância nos campos da política, dos negócios, da medicina, da economia, do esporte e do lazer, dentre outros. Os dez capítulos se articulam de modo ordenado, abrangendo (1) “o papel oculto do acaso... quando um rato consegue ter um desempenho melhor que seres humanos” (cap. 1 - Olhando pela lente da aleatoriedade), (2) “os princípios básicos da probabilidade e como podem ser mal utilizados... por que uma boa história tem menos chance de ser verdadeira que uma explicação pouco convincente” (cap. 2 - As leis das verdades e das meias verdades), (3) “um arcabouço para pensarmos em situações aleatórias... de um apostador na Itália devastada pela peste aos modernos programas de TV” (cap. 3 - Encontrando o caminho em meio a um espaço de possibilidades), (4) “como contar o número de maneiras pelas quais os eventos podem ocorrer, e a importância disso... o significado matemático da esperança” (cap. 4 - Rastreamento dos caminhos do sucesso), (5) “até que ponto as probabilidades refletem os resultados que observamos... o paradoxo de Zenão, o conceito

de limite e como vencer no jogo de roleta” (cap. 5 - As conflitantes leis dos grandes e pequenos números), (6) “como ajustar as expectativas em função de eventos passados ou de novas informações... erros na probabilidade condicional, de exames médicos ao julgamento de O.J. Simpson e a falácia da acusação” (cap. 6 - Falsos positivos e verdadeiras falácias), (7) “o significado e a ausência de significado nas medições... a distribuição normal e as classificações dos vinhos, pesquisas políticas, notas escolares e a posição dos planetas” (cap. 7 - A medição e a lei dos erros), (8) “como os grandes números podem desfazer a desordem da aleatoriedade... ou por que 200 milhões de motoristas se transformam numa criatura com hábitos muito constantes” (cap. 8 - A ordem no caos), (9) “por que muitas vezes somos enganados pelas regularidades dos acontecimentos aleatórios... um milhão de zeros consecutivos ou o sucesso dos gurus de Wall Street podem ser aleatórios?” (cap. 9 - Ilusões de padrões e padrões de ilusão) e (10) “por que o acaso é um conceito mais fundamental que a causalidade... Bruce Willis, Bill Gates e a teoria do acidente normal” (cap. 10 - O andar do bêbado).

Apesar de extremamente bem escrito e de apresentar uma série de argumentos para tentar demonstrar a centralidade do acaso, o andar do bêbado discute tal conceito apenas como uma questão do conhecimento - como, por exemplo, na proposição de que o determinismo é um modelo fraco para descrever a experiência humana ou na afirmação o modo como enxergamos o mundo seria muito diferente se todos os nossos julgamentos pudessem ser isolados da expectativa e baseados apenas em informações relevantes. Com efeito, o livro não “ataca” aquela questão que, talvez, seja o centro do debate: o aleatório é intrínseco ao mundo - do ponto

de vista ontológico - ou diz respeito ao modo segundo o qual este se apresenta - ou seja, em uma perspectiva epistemológica [1]? Neste último caso, não seria uma mera ilusão - fruto da impossibilidade do *Homo sapiens* de compreender, na totalidade, o mundo - ou, ainda, uma medida da intrinsecamente ignorância humana? Apesar da argúcia do autor, permanecem estas ancestrais perguntas, pois, não parece ser realmente possível dizer se Deus joga, ou não, dados...

Rodrigo Siqueira-Batista

José Abdalla Helayël-Neto

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Referência

- [1] R. Siqueira-Batista e F.R. Schramm, *Ciência & Saúde Coletiva* **13**, 207 (2008).

