

## Carta do Editor

Já se disse que o bom de um novo governo é que renascem as esperanças por mudanças. E elas sempre vêm para melhor ou pior. Nestes cinco meses o governo divulgou uma série de propostas que sinalizam mudanças no Ensino Médio (EM), interesse maior dos leitores da FnE. Anunciaram alterações nas avaliações, do tipo “Provão”, implantação do EM obrigatório, programa equivalente ao Bolsa-Escola para estudantes do EM, “quarto ano” no EM, vestibular apenas com Matemática e Português, incentivo à participação de professores na educação continuada e o tal “Provão das Licenciaturas”. A proposta da obrigatoriedade do EM, embora deveras louvável, já que a educação básica (ensino infantil, Fundamental e Médio) é um direito de todos, foi recebida com certo ceticismo pelas dificuldades de implementação devido a razões estruturais, financeiras e ausência de recursos humanos. Segundo o MEC, hoje 40% dos alunos que iniciam o Ensino Fundamental concluem o EM, mas a velocidade de expansão das matrículas é elevada (segundo o Censo de 2002, 400 mil novas matrículas foram feitas nesse ano), muitas escolas em cidades grandes não têm condições reais de expansão e atualmente há um déficit de 235 mil professores no EM. Vontade política pode contribuir para sanar algumas das dificuldades apontadas. Mas, e a falta de professores, principalmente na área de Ciências e Matemática? O INEP aponta que, entre 1990 e 2001, apenas 7.216 alunos se graduaram em cursos de licenciatura em Física (em Química foram 13.559, um resultado melhor, mas muito distante das necessidades). É fato bem conhecido que aulas de Física são ministradas, em caráter excepcional (mas que acaba permanente!) por formados em outras áreas, como Pedagogia. A SBF encaminhou à Equipe de Transição,

por sugestão de seu Secretário de Ensino, Maurício Pietrocola, duas ações imediatas para evitar o risco de que a Física seja retirada do currículo escolar do EM como disciplina independente: subsídio, na forma de bolsas, aos estudantes de licenciatura das áreas científicas em universidades públicas e o engajamento das instituições privadas na formação de professores de Física, através da paridade entre cursos de licenciatura em Física (sem fins lucrativos) e cursos de Engenharia ou similares.

De concreto mesmo até agora, a portaria do MEC instituindo o *Sistema Nacional de Certificação e Formação Continuada de Professores da Educação Básica*. O sistema é constituído pelo exame de certificação de professores, a rede nacional de centros de pesquisa e desenvolvimento da educação e programas de incentivo à formação continuada. Na nossa opinião, a proposta é meritória e merece elogios, apesar das muitas incertezas que cercam iniciativas desse porte. Os professores aprovados no exame terão direito a um Certificado Nacional de Proficiência Docente em dez áreas que se estendem da educação infantil à gestão educacional, passando pelas ciências da natureza, onde a nossa Física está inserida. O exame tem caráter voluntário para professores em exercício<sup>1</sup>, mas é obrigatório para os concluintes dos cursos de licenciatura. Está assim criado o “Provão das Licenciaturas”, retirando os licenciandos dos provões específicos por área do conhecimento como os atuais de Física, Química e Matemática. Há queixas por uma parte da comunidade de ensino de que o atual Provão de Física não é apropriado para avaliação do licenciando porque contempla, na maioria, aspectos de conteúdo da disciplina. Existe perigo real de que o exame proposto siga na direção completamente oposta avaliando apenas aspectos pedagógicos, o que seria um desastre. Desde

logo, urge que físicos participem efetivamente da elaboração das “matrizes do conhecimento, competências e habilidades que servem de referência para a construção dos instrumentos de avaliação”<sup>2</sup>.

Está proposta ainda a criação de redes de centros de pesquisa e desenvolvimento da educação com apoio pelo MEC de pelo menos dois centros em cada área de certificação (na de ciências da natureza, a disputa deve ser enorme!). No longo prazo, um projeto de lei será encaminhado para a instituição da bolsa de incentivo à formação continuada de professores certificados.

Como visto, propostas não faltam. Participemos para que as boas intenções resultem em melhoria efetiva do Ensino de Física.

*Nelson Student*

<sup>1</sup>A implantação é gradual a partir das séries iniciais do Ensino Fundamental.

<sup>2</sup>Parágrafo único do artigo 4º da portaria ministerial.

## Carta dos Leitores

### XV SNEF aconteceu em Curitiba

O XV Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) foi realizado em Curitiba. Com mais de mil inscritos, foi o SNEF com maior participação registrada. O tema desse Simpósio “Ensino de Física: presente e futuro”, foi proposto no sentido de colocar em debate os rumos a serem dados à educação em geral e ao Ensino de Física em particular, a partir do reordenamento pelo qual está passando a educação brasileira.

Foram cinco dias (21 a 26 de março de 2003) de intensa atividade, reunindo alunos e professores dos diversos níveis de ensino, interessados em debater questões relacionadas ao ensino e aprendizagem de Física, apresentar e discutir resultados de pesquisas no Ensino de Física e trocar experiências sobre a formação de profissionais para atuarem nesse campo.

A conferência de abertura, proferida pelo prof. Dr. João Zanetic, que, ao abordar o tema “Ensino de Física: presente e futuro”, situou-o tanto no contexto do campo de pesquisa em Ensino de Física como no da nossa sociedade atual, e a Mesa Redonda de Abertura – Políticas para educação, ciência e tecnologia: novas perspectivas – demarcaram de maneira singular o escopo sob o qual se desenvolveriam as demais atividades: apoiado no presente – fortemente marcado pela globalização, por políticas neoliberais, por novo arcabouço legal, por um significativo crescimento de oferta dos diversos níveis de ensino – e com vistas ao futuro, que futuro se vislumbra para o Ensino de Física, para os seus temas de pesquisas e para a formação de seus profissionais?

Subsídios para o enriquecimento desse debate puderam ser encontrados nas demais atividades. Assim, foram desenvolvidas quinze mesas redondas, sete palestras, quatro encontros temáticos e três conversas com professores estrangeiros a respeito da educação em seus respectivos países. Questões como o Provão, o ENEM, os parâmetros curriculares, a reorganização das

licenciaturas, a formação de professores, a avaliação da Pós Graduação e das pesquisas, dentre outras, permearam as discussões.

Foram apresentadas cerca de quatrocentas comunicações orais de trabalhos e relatos de experiências e desenvolvidos cerca de 60 cursos e/ou oficinas sobre os mais variados assuntos, tudo isso desenvolvido, conforme diversos depoimentos, em um ambiente bastante agradável e em clima de intensa troca de experiências.

A realização do XV SNEF só foi possível graças ao grande envolvimento das instituições organizadoras: o Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), a Universidade Federal do Paraná e a Sociedade Brasileira de Física; ao apoio financeiro da CAPES, do CNPq, da FAPESP, da FAPERJ, da FUNCEFET, da FUNPAR, da APP Sindicato, da Sangari do Brasil, da Editora Ática e da Secretaria de Educação do Paraná, que propiciou a participação de cerca de duzentos professores do Ensino Médio da Rede Pública de diferentes localidades do Paraná.

O sucesso do evento deveu-se à dedicação de todos os alunos, professores e pesquisadores que, na condição de organizadores, auxiliares, palestrantes, expositores, revisores, coordenadores de sessões, deram vida e qualidade ao XV SNEF.

A home page do XV SNEF ([www.sbf1.if.usp.br/eventos/snef/xv](http://www.sbf1.if.usp.br/eventos/snef/xv)) com toda a programação pode ainda ser consultada e, em breve, estará pronto o CD-ROM, contendo os anais do SNEF.

Prof. Dr. Nilson M.D. Garcia  
(CEFET/PR)

Coord. Geral XV SNEF

### Entrevista com Kepler

São múltiplos os méritos didáticos do artigo *Entrevista com Kepler*, de Alexandre Medeiros, publicado na revista *Física na Escola*, v. 3, n. 2, p. 20-33, 2002. Os relatos históricos, apresentados de modo divertido, baseiam-se em uma bibliografia criteriosamente selecionada e bastante atualizada. O artigo é interessante não apenas pelos relatos históricos mas, também, pelos

comentários de caráter epistemológico que, de modo ameno, explicitam o método hipotético-dedutivo utilizado por Kepler em suas tentativas de “encontrar uma ordem no caos das observações de outros astrônomos”.

Falando sobre as descobertas de Kepler, Einstein afirmou que: “Primeiramente, ele (Kepler) teve que formular um palpite a respeito da natureza matemática da curva descrita pela órbita para, depois, testá-lo em um vasto conjunto de dados numéricos. Se não desse certo, outra hipótese teria de ser imaginada e submetida ao teste. Após uma longa e penosa busca, a conjectura de que a órbita era uma elipse, com o Sol em um dos seus focos, mostrou-se compatível com os fatos. (...) Parece que a mente humana precisa antes construir formas, independentemente, para depois encontrá-las nas coisas. O maravilhoso trabalho de Kepler constitui um exemplo particularmente ilustrativo de que o conhecimento não pode resultar da experiência apenas, mas sim da comparação das invenções do intelecto com os fatos observados” (Albert Einstein, *Ideas and Opinions*, Wings Books, New York, p. 265-266, 1954, cuja tradução no Brasil intitulou-se *Como Vejo o Mundo*).

As palavras de Einstein encaixam-se perfeitamente dentro dos relatos históricos e os comentários do artigo, de modo que ele é útil para se ensinar o método científico, conforme a epistemologia einsteiniana. Esse recurso didático oferecido pelo artigo merece ser bem aproveitado, pois, como observou Romer, é importante ensinar não apenas Física mas, também, *como se faz Física* (Robert H. Romer, “Reading the equations and confronting the phenomena – The delights and dilemmas of physics teaching”, *American Journal of Physics*, v. 61, n. 2, p. 128-142, 1993).

Estou aguardando, com muita curiosidade, a continuação da entrevista, com o relato de como Kepler descobriu sua terceira Lei.

Mituo Uehara  
Universidade do Vale do Paraíba  
[mituo@univap.br](mailto:mituo@univap.br)

# 50 Anos da Dupla Hélice e as Contribuições da Física

**N**este ano comemoram-se os 50 anos da identificação da estrutura de dupla hélice do DNA. Tal acontecimento teve um enorme impacto sobre a ciência e trouxe importantes conseqüências científicas, tecnológicas, econômicas e sociais para a humanidade. A imagem da dupla hélice tornou-se um ícone da ciência moderna.

Na *Nature* de 25 de abril de 1953 James Watson e Francis Crick publicaram *A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid*. No mesmo número saíram os artigos de Maurice Wilkins, Alexander Stokes e Herbert Wilson e de Rosalind Franklin e Raymond Gosling, nos quais mostrava-se que o modelo da dupla hélice era compatível com os resultados experimentais por difração de raios-X. Em maio de 53, Watson e Crick analisaram as implicações genéticas da estrutura do DNA e sugeriram o mecanismo da replicação. O Prêmio Nobel de 1962 seria concedido a Crick, Watson e Wilkins. Rosalind Franklin, uma personagem também central nesta história, já havia falecido em 1958.

Publicamos aqui a tradução do artigo original de Watson e Crick. É um artigo curto que pode ser discutido em sala de aula, de forma interdisciplinar, em um trabalho conjunto de professores de Biologia, Física, Química e

História. Em particular, queremos destacar a importância que a Física – tanto teórica como experimental – e vários físicos tiveram na caminhada complexa que conduziu à dupla hélice. Entre os quatro cientistas com participação direta e decisiva no processo final, Crick e Wilkins eram físicos, Rosalind Franklin tinha formação em Química e Física e Watson era formado em Biologia e fizera seu doutoramento sobre bacteriófagos desativados por incidência de raios-X. Da Física viriam também contribuições importantes, nos anos seguintes, para o deciframento do código genético.

Muitas foram as linhas de pesquisa que conduziram à estrutura do DNA. A primeira surgiu, na genética clássica, com os trabalhos de Mendel, em 1865 (redescobertos em 1900). No início do século XX, biólogos cons-

**Muitas linhas de pesquisa conduziram à estrutura do DNA: a genética clássica de Mendel, em 1865; a teoria cromossômica da hereditariedade no início do século XX; as mutações genéticas analisadas por Müller em 1922 e finalmente a idéia de que o material genético era constituído por proteínas (a partir dos anos 1930)**

truíram a teoria cromossômica da hereditariedade; surgiu o conceito de gene e o de mapeamento genético. Naquela época, técnicas vindas da Física – o uso da radioatividade e dos raios-X – começaram a ser utilizadas nas investigações biológicas. Em 1922, Her-

mann Müller analisou as mutações genéticas ocasionadas por raios-X. Entre os anos 1930 e 1950 predominou a idéia de que o material genético era constituído por proteínas em

.....  
**Ildeu de Castro Moreira**  
Instituto de Física – UFRJ  
.....

Em comemoração aos 50 anos da proposta da dupla hélice, publicamos a tradução do artigo original de Watson e Crick onde os pesquisadores apresentam sua proposta para a estrutura do DNA. A tradução é de Ildeu de Castro Moreira e Luisa Massarani.

função de sua complexidade molecular. O DNA foi estudado em sua composição química, mas era julgado muito simples para ser o portador da informação genética. Com a Física Quântica e as novas técnicas para o estudo da matéria, iniciou-se a busca das estruturas moleculares. Destacaram-se Hermann Staudinger, com o conceito de macromolécula e os estudos de viscosimetria, e William Astbury que, apoiado nos recursos da

**É interessante ressaltar que, em muitos artigos que têm rememorado a emergência da dupla hélice, uma ausência constante é a referência a técnicas, provenientes da Física e da Química**

indústria têxtil inglesa, analisou as fibras vegetais e o DNA pela difração de raios-X. Nas pesquisas que buscavam a construção de modelos tridimensionais moleculares, o químico Linus Pauling se tornou o cientista mais influente, tendo elaborado o modelo da alfa-hélice para as proteínas, em 1950.

O estudo das transformações em bactérias possibilitou uma mudança de paradigma: a molécula que contém as informações genéticas passa a ser

o DNA. Nos anos 1940 surge o grupo Fago – capitaneado por Max Delbrück, aluno de Bohr, e Salvador Luria (orientador de Watson) – que, estudando os bacteriófagos, explorava as ligações entre Física, Genética e o conceito de informação. Em 1944, Schrödinger publicou seu livro *What is Life?* no qual sugeria que as informações genéticas estão armazenadas em uma estrutura molecular estável (um “cristal aperiódico”). A influência deste livro no pensamento científico da época foi muito grande, tendo sido explicitamente reconhecida por Wilkins, Crick, Luria e Watson.

No início dos anos 1950, com o aprimoramento dos experimentos de difração, em especial por Wilkins e Franklin, sedimentou-se a base para o trabalho de Watson e Crick; eles utilizaram também o trabalho de Erwin Chargaff sobre as proporções molares das bases no DNA. Para construir o modelo de dupla hélice, eles contaram

com muita intuição e ousadia mas também com a herança proveniente de diversas correntes de pensamento e tradições experimentais.

É interessante ressaltar que, em muitos artigos que têm rememorado a emergência da dupla hélice, uma ausência constante é a referência a diversas técnicas, provenientes da Física e da Química, que possibilitaram que tais avanços ocorressem. Entre as principais, podemos mencionar o uso dos raios-X e da radioatividade. Além deles, tiveram destaque a invenção da ultracentrífuga, por Svedberg nos anos 1920; o uso da fotografia por absorção de ultravioleta; a microscopia eletrônica; os métodos aprimorados de cromatografia e de viscosimetria e métodos matemáticos: uso das séries e das transformadas de Fourier na interpretação das figuras de difração por raios-X.

A identificação da estrutura do DNA é um bom exemplo de como a ciência moderna progride de forma interdisciplinar, colhendo contribuições de várias áreas do conhecimento e também do avanço tecnológico.

## Uma Estrutura para o Ácido Desoxirribonucléico

**J.D. Watson e F.H.C. Crick**  
Laboratório Cavendish, Cambridge

**G**ostaríamos de sugerir uma estrutura para o sal de ácido desoxirribonucléico (D.N.A.). Essa estrutura tem características inusitadas que são de interesse biológico considerável.

Uma estrutura para o ácido nucleico já foi proposta por Pauling e Corey (1953). Eles gentilmente permitiram que tivéssemos acesso a seu manuscrito antes da sua publicação. O modelo que eles propõem consiste de três cadeias entrelaçadas com os fosfatos próximos do eixo do filamento e as bases localizadas na parte exter-

na. Em nossa opinião, essa estrutura é insatisfatória por duas razões: (1) Acreditamos que o material que fornece os diagramas de raios-X é o sal, não o ácido livre. Sem os átomos ácidos de hidrogênio não é claro que forças manteriam a estrutura unida, especialmente porque os fosfatos negativamente carregados que estão perto do eixo se repelirão uns aos outros. (2) Algumas das distâncias de Van der Waals parecem ser muito pequenas.

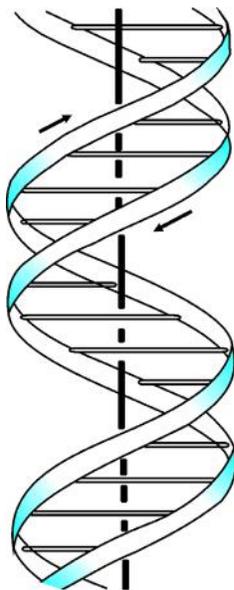
Outra estrutura com três cadeias foi também sugerida por Fraser (no prelo). Nesse modelo, os fosfatos estão

situados na parte externa e as bases na parte de dentro, mantidas juntas por ligações de hidrogênio. A estrutura tal como descrita é mal definida, e por essa razão não a comentaremos.

Queremos propor uma estrutura radicalmente diferente para o sal de ácido desoxirribonucléico. Essa estrutura tem duas cadeias helicoidais, cada uma delas enrolada em torno do mesmo eixo (veja o diagrama). Fizemos as suposições químicas usuais, ou seja, que cada cadeia consiste de grupos fosfato diester que ligam resíduos de b-D-desoxirribofuranose com

ligações 3', 5'. As duas cadeias (mas não suas bases) estão ligadas por um par (díade) perpendicular ao eixo da fibra. Ambas as cadeias seguem hélices que giram no sentido dextrógiro, mas, por causa do par, as seqüências dos átomos nas duas cadeias vão em direções opostas. Cada cadeia assemelha-se vagamente ao modelo n. 1 proposto por Furberg (1952), isto é, as bases estão do lado de dentro da hélice e os fosfatos na parte externa. A configuração do açúcar e dos átomos perto dele é similar à "configuração padrão" de Furberg, o açúcar sendo aproximadamente perpendicular à base ligada. Há um resíduo em cada cadeia a cada 3,4 Å na direção z. Fizemos a suposição de um ângulo de 36° entre resíduos adjacentes na mesma cadeia, de modo que a estrutura se repete depois de 10 resíduos em cada cadeia, isto é, após 34 Å. A distância de um átomo de fósforo do eixo do filamento é de 10 Å. Como os fosfatos estão na parte externa, cátions têm acesso fácil a eles.

A estrutura é aberta, e seu teor de água é bastante alto. Com conteúdo de água mais baixo esperaríamos que as bases se inclinassem de modo que



Esta figura é simplesmente diagramática. As duas folhas simbolizam as duas cadeias açúcar-fostato e as barras horizontais os pares de bases que mantêm juntas as cadeias. A linha vertical indica o eixo da fibra.

a estrutura poderia se tornar mais compacta.

A característica nova da estrutura é a maneira pela qual as duas cadeias são mantidas juntas pelas bases purina e pirimidina. Os planos das bases são perpendiculares ao eixo do filamento. Elas estão unidas aos pares, sendo que uma única base de uma cadeia está conectada, por ligação de hidrogênio, a uma única base da outra cadeia, de modo que as duas jazem lado a lado com coordenadas z idênticas. Um dos pares deve ser uma purina e o outro uma pirimidina para que a ligação possa ocorrer. As ligações de hidrogênio são feitas como se segue: purina posição 1 para pirimidina posição 1; purina posição 6 para pirimidina posição 6.

Se supomos que as bases ocorrem na estrutura somente nas formas tautoméricas mais plausíveis (isto é, com a configuração ceto em vez de configuração enol) encontra-se que somente pares específicos de bases podem se ligar. Esses pares são: adenina (purina) com timina (pirimidina), e guanina (purina) com citosina (pirimidina).

Em outras palavras, se uma adenina constitui o elemento de um par, em qualquer uma das cadeias, então, sob essas suposições, o outro elemento deve ser timina. O mesmo ocorre para a guanina e a citosina. A seqüência de bases em uma única cadeia não parece sofrer qualquer restrição. No entanto, se apenas pares específicos de bases puderem ser formados, segue-se que se a seqüência de bases em uma cadeia for dada, a seqüência da outra fica automaticamente determinada.

Foi observado experimentalmente (Chargaff, Wyatt, 1952) que a razão entre as quantidades de adenina e timina, e a razão entre guanina e citosina são sempre muito próximas da unidade para o ácido desoxirribonucléico.

É provavelmente impossível construir essa estrutura com um açúcar ribose no lugar do desoxirribose, porque o átomo extra de oxigênio levaria a um contato de Van der Waals muito próximo.

Os dados de raios-X sobre o ácido

desoxirribonucléico previamente publicados (Atsbury, 1947; Wilkins e Randall, 1953) são insuficientes para um teste rigoroso de nossa estrutura. Até onde podemos afirmar, ela é aproximadamente compatível com os dados experimentais, mas isso deve ser considerado como não comprovado até que tenha sido verificado com dados mais precisos. Alguns desses dados experimentais serão apresentados nas comunicações seguintes. Não tínhamos conhecimento dos detalhes dos resultados ali apresentados quando imaginamos nossa estrutura, que está escorada principalmente, embora não inteiramente, sobre dados experimentais publicados e argumentos estereoquímicos.

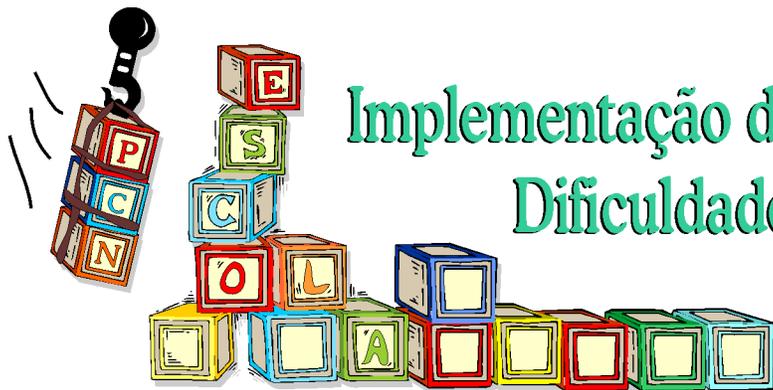
Não escapou à nossa observação que o pareamento específico que postulamos sugere imediatamente um possível mecanismo de cópia para o material genético.

Detalhes mais completos sobre a estrutura, incluindo as condições que foram supostas ao construí-la, junto com um conjunto de coordenadas para os átomos, serão publicadas em outro local.

Agradecemos muito ao Dr. Jerry Donohue pelos conselhos constantes e pelos comentários críticos, especialmente no que se refere às distâncias inter-atômicas. Fomos também estimulados pelo conhecimento da natureza geral de resultados experimentais não publicados e idéias do Dr. M.H. Wilkins, Dra. R.E. Franklin e seus colaboradores no King's College, Londres. Um de nós (J.D.W.) recebe o apoio através de uma bolsa da National Foundation for Infantile Paralysis.

### Referências Bibliográficas

- Pauling, L. and Corey, R.B. *Nature*, 171:346, 1953; *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.* 39:84, 1953.
- Furberg, S. *Acta Chem. Scand.* 6:634, 1952.
- Chargaff, E. Para referências veja Zamenhof, S., Brawerman, G., and Chargaff, E. *Biochim et Biophys. Acta* 9:402, 1952.
- Wyatt, G.R. *J. Gen. Physiol.* 36:201, 1952.
- Astbury, W.T. *Symp. Soc. Exp. Biol. 1, Nucleic Acid*, 66 (Cambridge Univ. Press, 1947)
- Wilkins, M.H.F. and Randall, J.T. *Biochim. et Biophys. Acta* 10:192, 1953.



# Implementação dos PCN em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades



.....  
**Elio Carlos Ricardo**

Doutorando em Educação Científica e  
Tecnológica – UFSC

E-mail: elio\_ricardo@hotmail.com  
.....

**A** Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/1996) aponta para a necessidade de uma reforma em todos os níveis educacionais, que se inspira, em parte, nas visíveis transformações por que passa a sociedade contemporânea. Isso é mais claramente expresso nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), que traduzem os pressupostos éticos, estéticos, políticos e pedagógicos daquela lei sendo, portanto, obrigatórias.

Para o nível médio, foram elaborados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e, mais recentemente, os PCNs+ (MEC, 2002), os quais procuram oferecer subsídios aos professores para a implementação da reforma pretendida e são divididos por áreas de conhecimento, a fim de facilitar, conforme as DCNEM, um trabalho interdisciplinar. Entretanto, há uma distância entre o que está proposto nesses documentos e a prática escolar, cuja superação tem se mostrado difícil. As dificuldades vão desde problemas com a formação inicial e continuada à pouca disponibilidade de material didático-pedagógico; desde a estrutura verticalizada dos sistemas de ensino à incompreensão dos fundamentos da lei, das Diretrizes e Parâmetros. Especialmente essas últimas é que serão tratadas nesse texto, discutindo-se ainda possíveis caminhos para sua superação.

**Um dos pontos centrais da LDB é a nova identidade dada ao Ensino Médio como sendo a etapa final do que se entende por educação básica. Ou seja, espera-se que ao final desse nível de ensino o aluno esteja em condições de partir para a realização de seus projetos pessoais e coletivos**

96 é a nova identidade dada ao Ensino Médio como sendo a etapa final do que se entende por educação básica. Ou seja, espera-se que ao final desse nível de ensino o aluno esteja em condições de partir para a realização de seus projetos pessoais e coletivos; é a formação necessária para a constituição do cidadão, na concepção da lei. Assim, não é por outra razão que as DCNEM destacam a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico como objetivo central do Ensino Médio. Somente esse caráter de terminalidade já seria suficiente para compreender que a reforma pretendida transcende a mera alteração de conteúdos a ensinar, mas tem a dimensão mais ampla de desenvolver as várias qualidades

humanas; daí a idéia de um ensino por competências.

Em relação à primeira dificuldade que será aqui tratada, qual seja, a estrutura atual da escola e sua hierarquia verticalizada, é imperativo que os professores leiam e

discutam a LDB/96 e os documentos elaborados pelo Ministério da Educação (MEC), a saber: DCNEM, PCNs e PCNs+. Essa exigência serve até para que os professores não sejam “enganados” em nome desses documentos, a partir de discussões isoladas e fragmentadas. Ao contrário, o professor terá que assumir seu papel de ator principal da reforma, assegurado pela lei, e deixar de ser mero executor de programas impostos. Para isso, a

Este artigo discute alguns conceitos presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais e nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, cuja incompreensão tem se mostrado um dos entraves à implementação das propostas desses documentos em sala de aula. Aponta ainda para a dimensão da reforma pretendida e a necessidade de rever não só os conteúdos a ensinar, mas as concepções e práticas educacionais correntes.

Um dos pontos centrais da LDB/

leitura, a discussão e a busca de compreensão dos documentos do MEC em seu todo, assim como do projeto político-pedagógico da escola, são condições necessárias. Necessárias mas não suficientes, pois as propostas por elas mesmas não mudam as práticas de sala de aula, mas a reflexão e a avaliação destas podem levar a reorientações significativas.

Essa apropriação do todo da proposta, e não apenas de partes isoladas, é enfatizada pelos PCNs e DCNEM, pois, dada a dimen-

são da proposta de reforma, inovações solitárias em uma disciplina correm o risco de serem um “clamor no deserto” e não envolvem a escola. A elaboração do projeto político-pedagógico da escola deveria ser uma construção coletiva. Isso, por outro lado, não implica inventar novas disciplinas ou que a escola trabalhe com um único tema, mas que haja uma ação articulada com vistas aos problemas e desafios da comunidade, da cidade, enfim, que a escola não seja mero cenário, mas que de fato seja um ambiente privilegiado das relações sociais. E, que a ética, valores e atitudes sejam também conteúdos a ensinar.

Nesse sentido, as DCNEM ressaltam como princípios pedagógicos a identidade, a diversidade e a autonomia. Autonomia para a escola elaborar seu projeto verdadeiramente político e substancialmente pedagógico, que contemple as características regionais e ao mesmo tempo cumpra a base curricular comum estabelecida em lei e que será objeto de avaliação pelo MEC, envolvendo também a diversidade. E, que cada escola tenha e assuma uma identidade, proporcionada especialmente pela parte diversificada do currículo, na qual poderão ser complementados e aprofundados alguns dos saberes trabalhados no núcleo comum. Nessa parte do currículo a escola pode “ousar” mais, ou seja, partir para o desenvolvimento de projetos inovadores, engajar os alunos, a comunidade, enfim, não há uma receita pronta, há sim uma escola que

precisa mudar e os professores querem mudar! Como educar um sujeito autônomo se a escola não dá espaço para que o aluno discuta, fale, participe? Como levar os alunos a continuar aprendendo se o professor não o faz?

Certamente, essa reorientação não se dá de uma hora para outra, é um

**O Ensino Médio irá preparar não só para o prosseguimento dos estudos, mas também para que o aluno possa fazer escolhas e, tanto quanto possível, decidir seu futuro**

processo de continuidade e rupturas. Continuidade das propostas, avaliações, reavaliações e inovações que dão resultados satisfatórios; e rupturas com práticas que se mos-

tram inadequadas ou ineficientes, como o ensino propedêutico, no qual o que se ensina só terá sentido, se é que tem, em etapas posteriores à educação formal. Isso não se aplica mais a um nível de ensino que é etapa final. O Ensino Médio irá preparar não só para o prosseguimento dos estudos, mas também para que o aluno possa fazer escolhas e, tanto quanto possível, decidir seu futuro, que pode não ser um vestibular, mas um curso profissionalizante, por exemplo. Isso não significa admitir que haja um caminho inevitável ao mercado de trabalho, significa sim, pensar que nem todos os alunos egressos do Ensino Médio irão imediatamente para um curso superior. Para esses, do que servirá a escola? Do que servirá a Física?

Algumas dessas preocupações estão presentes nos PCNs+, que trazem importantes subsídios para a implementação da proposta de reforma. O objetivo central desse documento é proporcionar uma possibilidade de organização escolar, dentro de cada área de conhecimento, buscando esclarecer formas de articu-

lação entre as competências gerais e os conhecimentos de cada disciplina em potencial. Para isso, oferecem ainda um conjunto de temas estruturadores da ação pedagógica. Entre-

tanto, o documento salienta que não se trata de uma imposição, mas de um exercício que procura contemplar as competências gerais e os conhecimentos, os quais não se excluem, mas se complementam, se desenvolvem mutuamente.

A partir das três grandes competências de representação e comunicação, investigação e compreensão, contextualização sócio-cultural, os PCNs+ sugerem para a Física os seguintes temas: *movimentos: variações e conservações; calor, ambiente e usos de energias; som, imagens e informações; equipamentos elétricos e telecomunicações; matéria e radiação; Universo, Terra e vida*. Cada um desses temas são subdivididos em unidades temáticas e evidenciadas suas relações entre as competências mais específicas e os conhecimentos físicos envolvidos. Os PCNs+ se aliam aos PCNs procurando dar um novo sentido ao ensino da Física, destacando que se trata de “construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (MEC, 2002b). É, portanto, de se perguntar não somente sobre “o que ensinar de Física”, mas principalmente “para que ensinar Física”. Acrescentam ainda os PCNs+ que o nível de aprofundamento e as escolhas didáticas dependem das necessidades/realidade de cada escola, por isso é que o projeto político-pedagógico terá que ser uma elaboração coletiva, pois tais decisões

**Os PCNs+ se aliam aos PCNs procurando dar um novo sentido ao ensino da Física, destacando que se trata de “construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade”**

ultrapassam o alcance de um professor isoladamente.

Mas, o que se poderia entender por competências no contexto da reforma? Ao que parece, a discussão acerca da noção de competências na educação brasileira ganhou força após

a LDB/96. Um dos autores que tem sido fonte de leitura e discussão sobre esse tema é Philippe Perrenoud, já com vários livros traduzidos para o português. Paradoxalmente, a com-

preensão do que seria um ensino por competências ainda está longe de acontecer. Segundo esse autor, a noção de competências pode ser entendida como “uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem se limitar a eles” (Perrenoud, 1999). As competências seriam então a mobilização de recursos cognitivos, entre eles o conhecimento, a fim de responder a uma situação-problema em tempo real. Essa utilização, integração e mobilização se dará em uma transposição de contextos, com vistas a inferir possíveis soluções ou elaborar hipóteses.

Assim, é possível dizer que não se ensina diretamente competências, mas cria-se condições para seu desenvolvimento. As habilidades, que estariam mais ao alcance da escola, não deveriam ser compreendidas como um simples saber-fazer procedimental, mas talvez um *saber o que fazer*, ou ainda *saber e fazer*, articulando assim competências e habilidades, pois estas são indissociáveis.

Entretanto, além de se compreender o conceito de competências, é também essencial repensar a concepção de educação presente na escola. É pôr em perspectiva os objetivos educacionais e se perguntar que sujeito pretende-se formar e para qual sociedade? Em um ensino por competências não serão os conteúdos que determinarão as competências, mas o contrário. No ensino

tradicional poderia se pensar que a sequência para as escolhas didáticas é: conteúdo, transposição didática, sala de aula, pré-requisitos, expectativa futura a cargo do aluno. Ou seja, os conteúdos são os primeiros a serem

escolhidos e o que se vai fazer com eles ao final do Ensino Médio está a cargo do aluno. Ele “tem” todos os pré-requisitos, basta juntar tudo! Será que isso ocorre?

O que se pretende em um ensino por competências é mudar essa

seqüência de modo que as competências gerais norteiem as escolhas didáticas e práticas pedagógicas, inclusive dos conteúdos, exigindo uma nova transposição didática. Certamente que esse caminho não é linear, mas dinâmico, a partir das exigências do que se pretende conhecer/ensinar. Ao proporem novas orientações para o ensino por meio de temas estruturadores, os PCNs+ ressaltam que “competências e conhecimentos são desenvolvidos em conjunto e se reforçam reciprocamente.” (Perrenoud, 1999b)

Um outro autor que trata do tema competências é Guy le Boterf (1998), o qual descreve o desenvolvimento de competências como sendo a passagem pelos estados de *incompetente inconsciente*, no qual o sujeito não sabe que não sabe alguma coisa; de *incompetente consciente*, onde o sujeito sabe que não sabe algo; de *competente consciente*, no qual o sujeito sabe o que sabe sobre algo; e de *competente inconsciente*, onde o sujeito não sabe o que sabe, pois teria recursos cognitivos mobilizáveis em situações-problema que ainda não conhece. A palavra incompetente pode parecer pejorativa, mas não é esse sentido usual dado ao termo aqui.

Nos textos de Philippe Perrenoud aparecem ainda outros conceitos, especialmente da didática francesa, que podem ser obstáculos à compreensão da noção de competências, entre eles o de transposição didática e de contrato didático. A idéia de transposição didática ganhou notoriedade no ensino das ciências a partir de Yves Chevallard (1991), a qual trata basicamente dos processos de descontextualização, despersonalização, e outros por que passa um *saber sábio*, ou acadêmico, até chegar

**Além de se compreender o conceito de competências, é também essencial repensar a concepção de educação presente na escola. É por em perspectiva os objetivos educacionais e se perguntar que sujeito pretende-se formar e para qual sociedade**

nos programas escolares (saber a ensinar) e na sala de aula (saber ensinado). Essa transposição implica uma mudança de forma e conteúdo e uma passagem de um domínio a outro. Philippe Perrenoud alerta que não é garantido que a mera transposição da física dos físicos seja seguro para fazer os adolescentes adquirirem noções de

Física, especialmente os que não se destinam à formação científica. Para esse autor a noção de competências é um problema de transposição didática, em sentido amplo, pois não basta a legitimação acadêmica do que se pretende ensinar, mas há necessidade de se buscar legitimação cultural, tanto quanto de compreender esse processo.

Nesse sentido, também as práticas sociais, as experiências, os saberes dos alunos entram em jogo e é preciso compreender que muitas regras desse “jogo da aprendizagem” são implícitas, o que se poderia entender como um contrato didático. Nessa relação entre o professor, o saber e o aluno/alunos não há um único saber, embora exista um programa, mas os alunos têm suas relações pessoais com os saberes que, em muitos casos, são de difícil acesso. “Colocar o aluno em jogo” e fazer com que ele continue essa relação com os saberes, agora saberes científicos, para além da escola também tem a ver com a noção de competências. Esse é um dos objetivos da “negociação” desse contrato didático, qual seja, de ampliar os espaços de diálogo, a fim de que a relação didática não se torne um “diálogo de surdos” (Astolfi e Develay, 1995).

Dois outros conceitos presentes nos PCNs e DCNEM, entendidos como eixos estruturadores da organização curricular, carecem de discussão: a contextualização e a interdisciplinaridade. A contextualização visa a dar significado ao que se pretende ensinar para o aluno. Ou seja, se o ponto de partida é a realidade vivida do aluno, também será o ponto de chegada, mas com um novo olhar e com uma nova

compreensão, que transcende o cotidiano, ou espaço físico proximal do educando. A contextualização auxilia na problematização dos saberes a ensinar, fazendo com que o aluno sinta a necessidade de adquirir um conhecimento que ainda não tem. Todavia, a aprendizagem se dá pela elaboração de pensamento e capacidade de abstração, de modo que não se pode confundir a contextualização com uma diluição em informações genéricas e superficiais, desprezando o rigor que as disciplinas científicas exigem.

Também a interdisciplinaridade é mais que a mera justaposição de metodologias e linguagens de mais de uma disciplina. É a complexidade do objeto que se pretende conhecer/compreender que exige reconhecer e ultrapassar os limites de uma única disciplina. É o diálogo, o complemento, o confronto com outros conhecimentos com vistas a uma melhor compreensão do mundo. Isso coloca a interdisciplinaridade em uma dimensão

**As mudanças na sociedade atual estão ocorrendo e há, bem ou mal, uma reforma educacional em andamento. Pode-se considerar duas alternativas: protagonizar a reforma, dentro do alcance de cada um, ou ser atropelado por ela**

epistemológica e não apenas uma prática metodológica, ou multidisciplinar, ou ainda simples exemplos ilustrativos que envolvam outras áreas.

As DCNEM, os PCNs e os PCNs+ ainda são documentos relativamente novos e, portanto, suas propostas precisam ser discutidas e debatidas.

Um exemplo disso são alguns entendimentos de que a noção de competências, ao centralizar unicamente no indivíduo o processo formativo, poderia esconder a intenção de lhe atribuir a responsabilidade por não conseguir realizar seus planos pessoais e coletivos, em vez de responsabilizar aspectos sócio-econômicos excludentes ainda presentes em nossa sociedade. Por outro lado, tais documentos oferecem importantes subsídios que possibilitam uma reorientação no ensino das ciências que pode contribuir para a superação dessa condição. O que a Física pode fazer pelos alunos? Essa é uma questão fundamental.

Observa-se ainda que há uma

distância a ser vencida entre a proposta e a prática, cujo sucesso depende da superação de algumas dificuldades detectadas em pesquisas anteriores (Ricardo, 2002), dentre as quais se destacam: falta de espaço para discussão das propostas do MEC em seu todo e para a elaboração coletiva do projeto político-pedagógico da escola; ausência de programas de formação continuada; desencontro de informações entre as instâncias federais, estaduais e a escola; pouco material didático disponível verdadeiramente compatível com os PCNs e outras.

No entanto, as mudanças na sociedade atual estão ocorrendo e há, bem ou mal, uma reforma educacional em andamento. Pode-se considerar duas alternativas: protagonizar a reforma, dentro do alcance de cada um, ou ser atropelado por ela. Espera-se que esse convite à reflexão seja também um convite a se optar pela primeira possibilidade.

### Agradecimento

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Arden Zylbersztajn, do Departamento de Física da UFSC, pelas contribuições dadas a este artigo.

### Referências Bibliográficas

MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. 144 p.

MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002b, p. 59.

Perrenoud, P. *Construir as Competências desde a Escola*. Trad. Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999, 90 p.

Perrenoud, P. *Construir as Competências desde a Escola*. Trad. Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999b, p. 13.

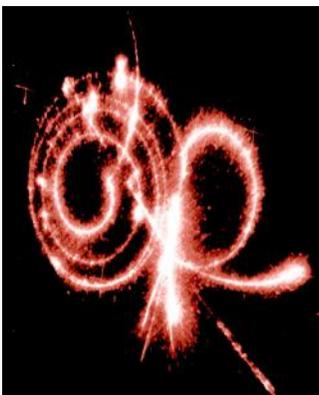
Guy le Boterf. *L'ingénierie des compétences*. Paris: 1998. Pode ser encontrado resumido no site: [http://www.adbs.fr/site/emploi/guide\\_emploi/competen.pdf](http://www.adbs.fr/site/emploi/guide_emploi/competen.pdf).

Chevallard, Yves. *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Trad. Claudia Gilman. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1991, 196 p.

Astolfi, J.P. e Develay, M. *A Didática das Ciências*. Tradução de Magda S. Fonseca. 5. ed. São Paulo: Papirus, 1995, 132 p.

Ricardo, E.C. As Ciências no Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais: da proposta à prática. *Ensaio - avaliação e políticas públicas em educação*. Rio de Janeiro, v. 10, n. 35, p. 141-160, abr/jun. 2002.

Ricardo, E.C. e Zylbersztajn, Arden. O Ensino das Ciências no Nível Médio: um estudo de caso sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 351-370, dez. 2002.



### Olimpíada Brasileira de Física 2003

#### Professor, Participe!

Inscreva seus alunos e sua escola!!!

Visite a página da Olimpíada Brasileira de Física no portal da SBF:

[www.sbf.if.usp.br/olimpiadas](http://www.sbf.if.usp.br/olimpiadas)

ou entre em contato com a Secretária da OBF,  
Sueli Mori de Almeida ([sueli@sbf.if.usp.br](mailto:sueli@sbf.if.usp.br))

# INTERDISCIPLINARIDADE em PROGRAMAS de EDUCAÇÃO CONTINUADA no NÍVEL MÉDIO

.....  
**José Antonio Salvador**

Professor do Departamento de Matemática da UFSCar e Coordenador Geral do Pró-Ciências UFSCar - 2001/2

.....  
**Carlos Alberto Olivieri**

Professor do Departamento de Física da UFSCar e Tutor do Pró-Ciências UFSCar 2002

**A** Lei de Diretrizes e Bases propôs profundas modificações no Ensino Médio, tornando-o um direito de todos os cidadãos e conferindo-lhe uma nova identidade como a finalização da Educação Básica que anteriormente terminava na última (oitava) série do Ensino Fundamental. Essa mudança é radical, não só na forma mas também no conteúdo, posto que as posturas tradicionais dos processos de ensino e aprendizagem foram confrontadas com novas orientações teóricas e metodológicas, que vão desde uma reestruturação dos conteúdos até as metodologias didático-pedagógicas.

No que tange às áreas de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, almeja-se o desenvolvimento de competências e habilidades que permitam ao estudante o estabelecimento de conexões entre o conhecimento científico e o domínio de novas tecnologias dentro do ambiente social em que ele se encontra inserido. Nesse contexto, os professores da rede

pública de Ensino Médio enfrentam o desafio de interpretar as dinâmicas sociais de nosso tempo e criar modelos pedagógicos adequados que correspondam a essa realidade. Certamente esses professores estão tentando responder ao desafio. Entretanto, são enormes as dificuldades de um ensino público de massa, com alunado heterogêneo, provindo de famílias que sofrem crescente pressão em virtude de

dificuldades econômicas, entre outras. Além disso, muitos centros de formação de professores adotam metodologias e práticas tradicionais, engessadas pelo tempo e muito distantes das indicadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM, 1999).

## **O Projeto Pró-Ciências**

Nos últimos anos, diversas instituições de ensino superior desenvolveram, pelo Brasil afora, atividades de educação continuada, uma delas via o Projeto Pró-Ciências, tendo como público alvo, exatamente, os professores do Ensino Médio (EM) das escolas públicas.

A UFSCar vem ao longo dos anos, oferecendo programas de formação continuada de professores das escolas

de São Carlos e região. Em 2001 e 2002, professores das áreas de Ciências, Matemática e Metodologia do Ensino desenvolveram o Projeto Integrado de Física e Matemática para Professores da Rede Pública.

Vale lembrar que os projetos aplicados anteriormente a 2002 concentraram-se no aperfeiçoamento dos conteúdos das disciplinas, prática utilizada comumente em projetos desse tipo em outras instituições de ensino superior. Porém, dentro da perspectiva de Perrenoud (2000) de que “o objetivo agora não é só passar conteúdos, mas preparar - todos - para a vida na sociedade moderna”, trabalhamos

**‘Mesmo as dificuldades estando presentes, ainda há uma luz no fim do túnel e basta apenas termos vontade e empenho, não esperando apenas que os resultados dos problemas já venham prontos, é preciso correr atrás do prejuízo, pois já esperamos demais’**

Este artigo discute esforços do Pró-Ciências na integração de professores de diversas áreas no Ensino Médio.



mais no sentido de tornar as aulas dos professores-alunos mais atraentes, dando maior ênfase nas formas de trabalhar os conteúdos com caráter interdisciplinar.

Segundo as novas diretrizes do EM, a transmissão de conhecimentos prontos, com significados e linguagens que só fazem sentido dentro das Ciências e Matemática, torna basicamente impraticável o desenvolvimento de competências e habilidades pelo próprio aluno, em um contexto onde se valoriza a resolução de problemas advindos do mundo real, que permita a construção, pelo estudante, de uma linguagem científica significativa e que lhe proporcione meios para a utilização dos conhecimentos construídos em outras situações e contextos (Menezes, 2000).

Além disso, temos observado que o uso de recursos e procedimentos didáticos com os quais o professor-aluno não é familiar provoca muitas resistências para sua adoção. Mais ainda, nossas experiências com cursos de extensão usando ferramentas computacionais têm apontado que a introdução de inovações nos métodos de ensino, principalmente as baseadas em novas tecnologias, sem os fundamentos teóricos e metodológicos que as sustentam, é ineficiente, provocando muitas vezes mudanças no discurso do professor, mas dificilmente alterando sua prática pedagógica

cotidiana. Assim, desenvolvemos nosso projeto levando em consideração a exploração da interdisciplinaridade e a explicitação das aplicações práticas dos conteúdos das disciplinas no dia-a-dia, valorizando e sugerindo atividades cooperativas e interdisciplinares.

**‘A parte mais importante deste projeto foi que vocês “confiaram em nós” ao nos dar completa autonomia na escolha do tema e elaboração da aula inédita’**

O enfoque que demos ao Projeto Pró-Ciências UFSCar 2002 pode ser justificado em parte pelas respostas da maioria dos professores-alunos aos questionários que passamos nos últimos anos, a respeito da desmotivação dos alunos do Ensino Médio na escola pública. A nossa pergunta foi: Como atraí-los e despertá-los para o estudo, mesmo sabendo que eles podem acumular saberes, passar nos exames, mas não conseguem usar o que aprenderam em situações reais? (Perrenoud, 2000).

O objetivo primordial do projeto é que os próprios professores-alunos busquem projetos pedagógicos adequados para as suas escolas, respeitando os assuntos abordados e as particularidades locais.

### Procedimentos

A equipe do projeto Pró-Ciências - UFSCar-2002, formada por 26 professores tutores das diversas áreas já citadas, trabalhou com 105 professores-alunos da rede pública de Ensino Médio de São Carlos e região, em encontros semanais aos sábados, com oito horas de duração cada encontro.

A Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, de acordo com a sua avaliação, atribui cores aos vários níveis de desempenho das escolas, variando de azul (bom desempenho) até vermelho (mau desempenho). Para o desenvolvimento desse projeto, as escolas foram selecionadas pela SEE/DE preferencialmente dentre aquelas que estavam avaliadas com amarelo, laranja e vermelho.

Descrevemos agora o roteiro de execução do projeto:

1. Antes de dar início ao projeto propriamente dito, os professores-tutores se debruçaram sobre os PCNEM, assistiram palestras e uma fita de vídeo

sobre o assunto (TV Escola) para, em seguida, discutirem as diversas interpretações sobre o significado da proposta. Nesse ponto, a complexidade do assunto veio à tona. Por exemplo, os conceitos de interdisciplinaridade, competências e habili-

dades e contextualização dos conteúdos, muito usados nos PCNEM, foram interpretados de diferentes modos pelos professores-tutores, criando expectativas diferenciadas em cada um. Isso, no entanto, não refreou a vontade do grupo de mostrar aos professores-alunos que é possível abordar em uma determinada aula conceitos normalmente usados em outras disciplinas, bem como as relações dos conteúdos ensinados com o dia-a-dia dos alunos.

2. A seguir, nas três primeiras semanas do projeto, os PCNEM foram discutidos com os professores alunos em 3 grupos de 35 componentes, cabendo aos professores-tutores a orientação e coordenação das discussões em cada grupo.

3. Na etapa seguinte, os professores-tutores dos diversos campos do conhecimento proferiram palestras e seminários sobre temas relacionados às suas áreas, explicitando os caracteres interdisciplinares, as correlações e superposições existentes entre as mesmas, utilizando-se de recursos de mídia disponíveis nas escolas, além de apresentarem pequenas demonstrações com kits/artefatos fáceis de serem confeccionados.

4. Os professores-alunos foram divididos em grupos menores (sete componentes cada), segundo critérios como circunscrição escolar, proximidade regional e áreas de conhecimento.

5. Foi proposto então que os grupos de professores-alunos escolhessem livremente temas transversais que pudessem pesquisar e trabalhar na elaboração de uma aula inovadora com seus alunos, sob a orientação e acompanhamento dos professores-tutores. A equipe julgou essencial esta etapa por permitir a realização na prática da decantada autonomia do professor em sala de aula.



6. Após as aulas ministradas nas escolas, cada grupo apresentou o seu trabalho para os demais, relatando os resultados bem como a receptividade por parte dos alunos e dos outros colegas que não participaram diretamente do projeto. As apresentações foram assistidas pelos professores-tutores que, por sua vez, avaliaram também os relatórios produzidos.

## Resultados e Conclusões

No trabalho desenvolvido, os professores-alunos envolveram os seus colegas de outras áreas, aproveitando, em alguns casos, os períodos de Horário de Tempo Pedagógico encontrado no sistema educacional público de São Paulo, para discutirem os seus projetos. A maioria dos grupos conseguiu envolver colegas professores de Português, Inglês, Geografia e Educação Física, ressaltando o caráter interdisciplinar dessas disciplinas, aparentemente fora dos contextos abordados, e que, em situação rotineira, dificilmente trabalhariam juntos o mesmo tema.

As propostas dos temas pelos professores-alunos abordaram uma vasta gama de assuntos, e cada grupo procurou explorar ao máximo as imbricações com as demais disciplinas dos currículos escolares. Assim, foram preparadas aulas inéditas envolvendo conceitos de decaimento radioativo (estudo da função exponencial), reações nucleares, energia solar juntamente com outras formas de energia, influência dos temperos nas temperaturas de cozimento de alimentos, formas geométricas na construção de um jardim, processos químicos envolvidos na digestão, bem como nos nutrientes de plantas utilizadas na alimentação humana, questões ecológicas, conceitos de estatística envolvidos na genética etc.

Os relatos, tanto os informais, quanto os apresentados oralmente para todos os colegas, bem como as

monografias de grupo e relatórios escritos individualmente, mostraram que as iniciativas dos professores-alunos tiveram resultados animadores. Eles conseguiram motivar seus alunos a aprender pesquisando, aprender fazendo e aprender construindo kits.

Alguns professores-alunos encontraram algumas dificuldades que aos poucos foram sendo superadas. Entretanto, cremos que a partir do projeto eles estão mais confiantes de que podem mudar e continuar superando os obstáculos que eventualmente venham a enfrentar. Além disso, propusemos que eles se tornassem multiplicadores nas suas escolas. Muitos deles já atraíram colegas professores de outras áreas como de Português, História, Geografia, Artes e Educação Física, para juntos participarem de projetos interdisciplinares.

Avaliamos que o Pró-Ciências UFSCar-2002 avançou muito no que diz respeito à melhoria do processo de ensino, aprendizagem e avaliação, mas ainda foi um passo pequeno. É

**‘Este projeto me serviu como um alerta e mostrou-me que é preciso acordar e deixar de esperar. Aprendi muitas coisas boas, entre elas a perseverança, pois tinha sábadado em que eu estava desanimada e após chegar ao curso, uma energia positiva me contagiava, fortificava e mostrava que o caminho é esse, nos unirmos para vencer os problemas’**

necessário muito mais, como, por exemplo, uma parceria continuada com os órgãos já citados que se envolveram nos projetos anteriores, para que essa empolgação não se arrefeça. Por outro lado, sabemos que existe uma legião de professores das escolas públicas que

não querem mudanças, uma vez que elas, geralmente, exigem mais empenho e dedicação docente, implicando em mais trabalho ou, em última análise, em saídas das suas rotinas.

Assim, ficou claro para os professores-alunos que é gratificante o fato de discutir com colegas de outras áreas e de levar para a sala de aula assuntos modernos e interdisciplinares dos tópicos dos currículos que se relacionem diretamente com o dia-dia dos alunos, tornando-os mais interessados no aprendizado das diferentes disciplinas.



A abordagem adotada produziu um saldo positivo, superando vários objetivos propostos, dos quais destacaremos a valorização do professor como agente transformador da realidade cotidiana da escola, a sua autonomia na definição de temas, a exploração da interdisciplinaridade proposta nos PCNEM, a construção coletiva de projetos, o desenvolvimento de projetos inéditos nas escolas e a possibilidade de parceria entre a Universidade com a Secretaria de Educação e Escolas.

Se por um lado colhemos frutos considerados positivos, por outro devemos destacar que, principalmente devido à falta de conteúdo de parte dos professores-alunos nas diversas áreas, basicamente os enfoques foram feitos superficialmente e, em alguns casos, os conceitos envolvidos nas aulas inéditas não foram desenvolvidos corretamente. Sempre que possível, os professores-tutores os orientaram, em tempo, no sentido de desfazer equívocos cometidos e alertando para a necessidade de maior aprofundamento nos conceitos.

Finalmente, devemos destacar que não temos ilusão de que os resultados favoráveis da aplicação de um único projeto possam levar à solução imediata dos diversos problemas do ensino de Ciências e Matemática no Nível Médio.

## Referências Bibliográficas

Menezes, L.C. Uma Física para o novo ensino médio, *Física na Escola* v.1, n. 1, outubro 2000.

*Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*, Ministério da Educação, Brasília, 1999.

Perrenoud, P. *Dez Novas Competências para Ensinar*, Porto Alegre, Artmed Editora, 2000

TV Escola: Um passo para o Futuro: PCN-Matemática. Debate com professores, alunos e coordenadores dos PCN.



**A** proposta para a construção do experimento apresentada nesse trabalho surgiu da análise de uma exposição de Termodinâmica da Estação Ciência (Stuchi e Ferreira, 2002).

### Montagem

#### Material

Os materiais necessários para a construção do experimento são: dois canecões de alumínio, dois pedaços de tubos de alumínio (retirado de antenas de televisão em desuso) de 40 cm de comprimento, um ebulidor, massa epóxi, uma rolha de borracha (ou cortiça) no diâmetro dos tubos de alumínio, uma base de madeira de aproximadamente 20x60 cm e um termômetro (opcional).

#### Procedimentos para a montagem

1. Fure os canecões para a inserção dos tubos. Os furos podem estar espaçados entre si em 7 cm e centralizados no corpo dos canecões (Figura 1);

2. Encaixe os tubos nos canecões (Figura 2). Tome o cuidado de vedar as superfícies de contato dos tubos com os canecões com massa epóxi para evitar vazamentos de água (Figura 3);

3. Depois que a massa epóxi estiver seca, coloque os canecões sobre a base de madeira, encha-os de água, posicione o ebulidor e o termômetro e o experimento está pronto para ser iniciado (Foto 1).

### O Experimento em Funcionamento

Antes do ebulidor ser ligado qualquer uma das extremidades dos tubos de alumínio, que estão dentro

dos canecões sem o ebulidor, deve ser tampada com a rolha. O procedimento acima é necessário para que o processo de troca de calor não inicie antes da água ferver, o que prejudicaria uma boa observação do fenômeno. O número de extremidades a serem tampadas não influencia no resultado da demonstração, apenas facilita o manuseio do experimento (no caso de ser uma das extremidades tampadas ao invés das quatro ao mesmo tempo).

Acompanhe o aumento da temperatura da água com um termômetro. Com uma das extremidades dos tubos tampada, a água aumenta de temperatura apenas dentro do canecão onde

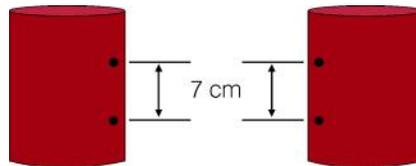


Figura 1.

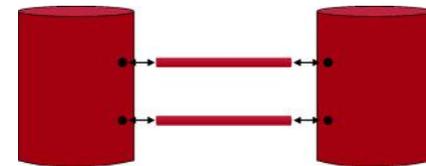


Figura 2.



Figura 3.

.....  
**Adriano M. Stuchi**

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Universidade Estadual de Santa Cruz,  
Ilhéus, BA  
E-mail: stuchi@uesc.br.  
.....

Apresentamos uma sugestão para a construção de um experimento com material de baixo custo para a verificação do fenômeno da convecção. O ensaio é simples e pode ser utilizado por professores do Ensino Médio.



Foto 1. Montagem do experimento.

está o ebulidor.

Quando a água entrar em ebulição, pode-se aproveitar a oportunidade para demonstrar aos alunos que a temperatura da água permanece constante enquanto ela ferve.

Depois que a água ferveu a rolha pode ser retirada mantendo-se o ebulidor ligado. Olhando os canecões por cima, observa-se o turbilhão formado pela água quente entrando no canecão onde está a água fria. O tubo de alumínio superior permanece

quente, enquanto o inferior está frio. Colocado o termômetro em contato com a água dentro de cada canecão, monitora-se a elevação de temperatura da água em um reservatório e a diminuição no outro.

Há troca de calor da água dos dois canecões com o ebulidor. Devido à comunicação entre os reservatórios, a água mais fria se desloca em direção ao ebulidor, trocando de lugar com a água quente. A água quente, que é menos densa que o volume

igual de água fria, flui pelo tubo superior. A água fria atravessa o tubo de baixo.

A convecção se caracteriza pela troca de calor através do deslocamento de porções de água quente e fria. Os fluxos de água quente através do tubo superior e água fria pelo tubo inferior são as correntes de convecção.

### Conclusão

O experimento apresentado é uma proposta de demonstração do conceito

de troca de calor por convecção construído com material de baixo custo. A atividade é útil para professores de escolas públicas com poucos recursos materiais.

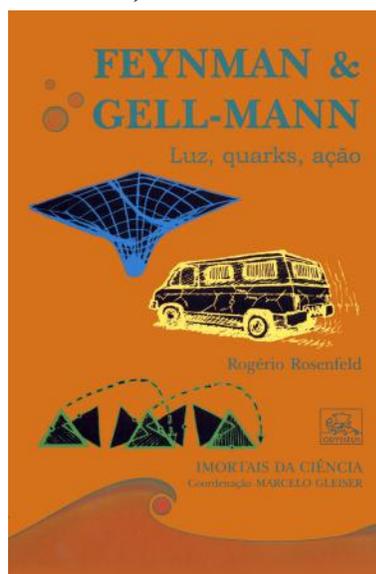
Outra vantagem do experimento proposto é que a demonstração do fenômeno não depende da utilização de um termômetro. O professor que encontrar dificuldades em conseguir um termômetro para a realização do experimento, pode fazer uso da visão e do tato (experimentando aproximar cuidadosamente a mão para verificar qual tubo de alumínio está frio ou quente e olhando o turbilhão de água quente dentro do canecão com água fria ou ainda colocando corante em um dos canecões) para demonstrar a troca de calor por convecção. Outra sugestão é que os alunos participem da demonstração verificando os efeitos descritos pelo professor interativamente.

### Referências Bibliográficas

Stuchi, A.M.; Ferreira, N.C. *Análise de uma Exposição Científica e Proposta de Intervenção*, São Paulo, dissertação de mestrado (IFUSP, 2002).

## Lançamento: Coleção Imortais da Ciência

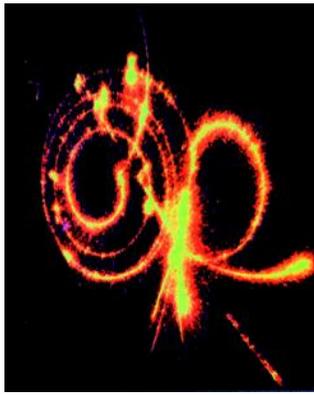
A Editora Odysseus ([www.odysseus.com.br](http://www.odysseus.com.br)) lançou uma coleção de livros sobre pioneiros da Ciência e suas descobertas, escrita por cientistas brasileiros sob a coordenação do físico e divulgador científico Marcelo Gleiser. As personalidades e os temas contemplados até o momento foram Lavoisier e a Química Moderna por Carlos Filgueiras, Darwin e a teoria da evolução por Nélio Bizzo, Oswaldo Cruz/Carlos Chagas e o nascimento da Ciência



no Brasil por Moacir Scliar, Niels Bohr e a teoria atômica por Maria Cristina Abdalla, a filosofia de Platão/Aristóteles por Marco Zingano, a Matemática e ciência aplicada de Arquimedes por Jeanne Bendick, Watson/Crick e a estrutura do DNA (ver artigo neste número da FnE) por Ricardo Ferreira, Edwin Hubble e a expansão do Universo por Augusto Daminieli, os Pré-Socráticos e a invenção da razão por Auterives Maciel Jr., a Geometria de Euclides por Carlos

Tomei, as descobertas das leis de movimento planetárias de Kepler por Ronaldo Rogério de Freitas Mourão e os trabalhos sobre luz e quarks de Feynman/Gell-Mann por Rogério Rosenfeld.

Trata-se de uma coleção escrita para não-especialistas, de leitura agradável, e que pode ser usada como textos para-didáticos no ensino de Ciências no nível médio, despertando o interesse dos alunos pela leitura científica e ressaltando a importância dessas descobertas para o desenvolvimento científico e tecnológico. O livro de Cristina Abdalla foi revisto por Vicente Pleitez no volume 25(2), 2003 da *Revista Brasileira de Ensino de Física* cujo artigo pode ser encontrado em [www.scielo.br/rbef](http://www.scielo.br/rbef).



# Olimpíadas de FÍSICA

## Brasil sediará a Olimpíada Iberoamericana de Física em 2004

O Brasil foi convidado a sediar a Olimpíada Iberoamericana de Física (OIBF) de 2004 e os organizadores da Olimpíada Brasileira de Física (OBF) e a SBF (Sociedade Brasileira de Física) aceitaram o convite.

O Brasil participa desta Olimpíada há três anos, por intermédio da OBF. Em 2000, na Espanha, nossa equipe era formada por três estudantes: Alexandre Henrique dos Santos (SP), Diogo Diniz Pereira da Silva (PB) e Francisco Vieira Neto (GO). Liderada pelo prof. Dr. Fernando Moraes, da UFPE, ela conquistou uma Menção Honrosa.

No ano de 2001, nas cidades de La Paz e Sorata (Bolívia), a participação brasileira na OIBF ocorreu com uma equipe também selecionada pela OBF e composta pelos estudantes Leonardo Leite Pereira (PA), Lívia Maria Frota Lima (CE), Martha Priscilla Torres (CE) e Paulo Ribeiro Almeida Neto (PA). Nossa equipe, chefiada pelo prof. Dr. Carlito Lariucci da UFG, conquistou quatro medalhas: duas de Ouro (Lívia e Leonardo), uma medalha de Prata (Martha Priscila) e uma de Bronze (Paulo).

A Guatemala sediou a VII OIBF em 2002. Dessa Olimpíada participaram 49 (quarenta e nove) estudantes de treze países da América Central e do Sul além de Portugal e Espanha. A equipe brasileira foi formada pelos alunos Daniel Pessoa M. Cunha (CE), Henrique Chociay (PR) e Júlio César de Oliveira (CE). Sob a liderança do prof. Dr. Carlito Lariucci, da UFG, nossos estudantes conquistaram três medalhas: uma de

Ouro (David Pessoa) e duas de Bronze (Henrique e Júlio César).

Os bons resultados conseguidos por nossas equipes na OIBF, além da motivação e participação crescentes de estudantes, professores e colégios na Olimpíada Brasileira de Física, credenciam o Brasil a organizar e sediar este evento internacional.

### O que é a OIBF

Esta é uma Olimpíada de Física entre jovens estudantes da Espanha, Portugal e países das Américas cujo idioma seja espanhol ou português.

Além de estimular o estudo da Física e o desenvolvimento dos jovens talentosos nesta área, este concurso visa promover o intercâmbio de experiências e o aprofundamento da amizade entre os países participantes. A Olimpíada Iberoamericana de Física tem o apoio da Federación Latinoamericana de Sociedades de Física (FELASOFI).

### Onde já ocorreu a OIBF

Iniciada na Colômbia em 1991, a OIBF foi realizada, após um intervalo de seis anos, em 1997 no México. Desde então esta Olimpíada é promovida anualmente, já tendo ocorrido na Venezuela (1998), Costa Rica (1999), Espanha (2000), Bolívia (2001) e Guatemala (2002). Este ano a OIBF está prevista para setembro próximo, em Cuba. O Brasil portanto sediará a IX OIBF.

Como sede o Brasil deverá convidar os países iberoamericanos; cada país será representado por até quatro estudantes, um professor líder que chefiará a delegação e um professor co-líder. Os estudantes não poderão ter completado 18 (dezoito) anos até 31/

.....  
**José David M. Vianna**

Pesquisador Associado Sênior, UnB e presidente da Comissão da Olimpíada Brasileira de Física

.....

**A Olimpíada Brasileira de Física é um projeto permanente da Sociedade Brasileira de Física e único passaporte para as Olimpíadas Internacionais de Física**

---

Esta coluna apresenta notícias sobre a Olimpíada Brasileira de Física e outras olimpíadas internacionais.

12/2003, ter participado de Olimpíadas Internacionais de Física ou ter participado mais que uma vez da OiBF e nem ser estudante universitário na data da inscrição oficial.

### Estrutura Administrativa da OlbF

A Olimpíada Iberoamericana de Física é dirigida por um Secretariado Permanente composto por um presidente, um secretário e três vogais. Em cada país onde a OlbF ocorre constitui-se um Conselho Diretor, um Comitê Organizador e um Comitê Científico. No Brasil já foi formado o Comitê Organizador e os outros dois órgãos deverão estar compostos até setembro próximo. Também até setembro deverá estar definida a cidade que sediará a IX OlbF. O Comitê Científico é o responsável pela elaboração das provas com questões formuladas de acordo com programa e regras adotados pela OlbF.

### Júri Internacional da OlbF

Durante a realização da OlbF é formado um Júri Internacional, com as características seguintes:

- seus membros são os líderes e co-líderes das delegações que estiverem participando da OlbF;
- o presidente do Júri é designado pelo país sede;
- o presidente do Júri poderá autorizar membros do Comitê Científico a participarem das reuniões, sem direito a voto;
- o Júri é a autoridade máxima da Olimpíada Iberoamericana de Física em realização e suas decisões serão por maioria de votos (um por país que estiver presente à OlbF);
- tanto a prova Teórica como a Experimental serão analisadas e corrigidas pelo Júri Internacional. A prova teórica vale 60% e a experimental 40% da média final.

### A OBF 2003

Este ano já foi dada a largada para a Olimpíada Brasileira de Física, com a divulgação do Calendário e atividades nos vários estados e no Distrito Federal. Como nos anos anteriores, a OBF 2003 será realizada em três etapas:

- a primeira ocorrerá em 16/8

nas escolas;

- a segunda em 27/9 com as provas realizadas nas sedes ou sub-sedes regionais;
- a terceira etapa acontecerá em 1/11, nas coordenações estaduais ou locais indicados pelos coordenadores estaduais.

A inscrição dos alunos para a 1ª fase poderá ser feita até 9/8 com os professores credenciados junto à OBF. Esses professores poderão credenciar-se até 30/6 na página da OBF, ou enviando para a respectiva coordenação estadual formulários próprios obtidos nesse mesmo endereço eletrônico onde também se encontra o Regulamento da OBF2003.

Maiores informações: Comissão da Olimpíada Brasileira de Física (COBF), Dr. José David M. Vianna, Presidente (david@ufba.br); Drª Sandra Sampaio Vianna, Vice-Presidente (vianna@npd.ufpe.br); Dr. Adalberto Fazzio, Tesoureiro (fazzio@if.usp.br); Dr. Antonio José Roque da Silva, Secretário Executivo (ajrsilva@macbeth.if.usp.br).



### A influência da pressão<sup>1</sup>

#### Objetivo

Mostrar que sob pressões diferentes uma substância ferve a temperaturas diferentes.

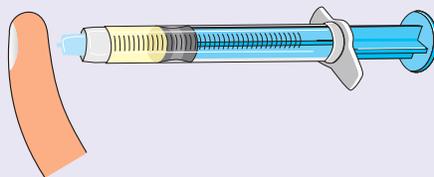
#### Material

- seringa plástica de 20 mL
- acetona<sup>2</sup>

#### Procedimento

Coloque um pouco de óleo dentro da seringa para reduzir o atrito entre o êmbolo e a superfície interna da mesma. Encha a seringa com uma pequena quantidade de acetona. Expulse o ar que estiver dentro da seringa, deixando apenas

o líquido. Feche o bico da seringa com o dedo, e depois puxe rapidamente o êmbolo.



#### Observe que...

A acetona entra em ebulição durante alguns instantes.

#### Explicação

Quando se diminui a pressão sobre a acetona (expansão do volume do êmbolo), suas moléculas necessitam de menor energia cinética para o

escape do estado líquido para o estado gasoso. Em outras palavras, a temperatura de ebulição da acetona fica menor do que a temperatura da solução na seringa, por isso ela entra em ebulição.

#### Tópicos de discussão

- o efeito da pressão sobre a temperatura de ebulição de uma substância.
- mudança de estado.

Fábio Luís Alves Pena  
IF/UFBA  
flpena@bol.com.br

<sup>1</sup>Este experimento foi inspirado numa questão do vestibular da FUIVEST de 1991.

<sup>2</sup>Muito utilizada em salões de beleza para retirar esmalte das unhas.

# Continuação da Entrevista com **Kepler:**

## A Descoberta da Terceira Lei do Movimento Planetário

**Rogério:** E então Kepler, você já descansou o bastante. Por favor, explique, agora, como foi que você chegou, mesmo, à sua terceira lei.

**Kepler:** Ok! Como vocês se lembram, no *Mysterium Cosmographicum*, de 1596, escrito ainda em Graz, eu havia tentado construir o Universo baseado nos cinco sólidos platônicos, mas como aquilo não se mostrara frutífero, eu decidi perseguir uma abordagem pitagórica ainda mais fundamental, ou seja, tentei construir o Universo a partir das harmonias musicais da escala pitagórica.

**Pedro:** Sim, isso nós já sabemos em linhas gerais, mas como você chegou na 3ª lei, mesmo?

**Kepler:** Calma, eu chego lá. Eu buscava encontrar as razões harmônicas que eu supunha existirem no movimento planetário, mas elas insistiam em permanecer ocultas. Lendo o meu *Harmonici Mundi*, você verá como eu descrevi todo o processo de descoberta da terceira lei em detalhes.

**Rogério:** Pois conte logo como foi cara, até eu já estou impaciente em saber.

**Kepler:** Você não quer ler o meu livro?

**Pedro:** Depois a gente dá uma lida, conte logo e depressa, por favor. Você é muito demorado, enrola muito, desculpe lhe dizer isso, com todo o respeito.

**Kepler:** Você percebeu isso agora? Eu sempre fui demorado, sempre fiz esses raciocínios meio tortuosos e acho que deve ter sido por isso que muitos não me entenderam ou não gostaram do que eu escrevia. Eu sei que eu era meio confuso, mas a coisa era mesmo complicada e eu não dispunha das melhores ferramentas matemáticas necessárias para enquadrar o problema. A princípio eu tentei encontrar as razões harmônicas nos

períodos de revolução dos planetas. Mas parece que o Criador não havia escolhido aquele tipo de harmonia. Tentei encontrar aquelas razões harmônicas experimentando os cálculos entre o que me pareciam serem os volumes dos planetas. Mas, também não deu certo. Tentei, então, ajustar as menores e maiores distâncias de cada planeta ao Sol e calcular as suas razões.

**Galamba:** E foi aí que você deu com a solução.

**Kepler:** Não! Isso, também não deu certo.

**Jomar:** Puxa. E quanto tempo você passou em todas essas tentativas?

**Kepler:** Muito, muito tempo, anos a fio, até 1618, quando encontrei a solução e a publiquei no ano seguinte. Contando desde a publicação do meu *Astronomia Nova*, de 1609, que continha as minhas duas primeiras leis, foram mais nove anos de trabalho extenuante. Inclusive essa minha demora, que para mim sempre foi um sinal de persistência, de obstinação religiosa, foi muito mal compreendida. Mesmo após resolver a questão, alguns tripudiaram dizendo-se admirados de que eu houvesse demorado todos aqueles anos para resolver o problema do movimento planetário.

**Amélia:** E qual foi a sua resposta para essas críticas?

**Kepler:** Eu afirmei, em um tom certamente irônico, que havia solucionado naqueles anos o que a humanidade não havia solucionado em milênios.

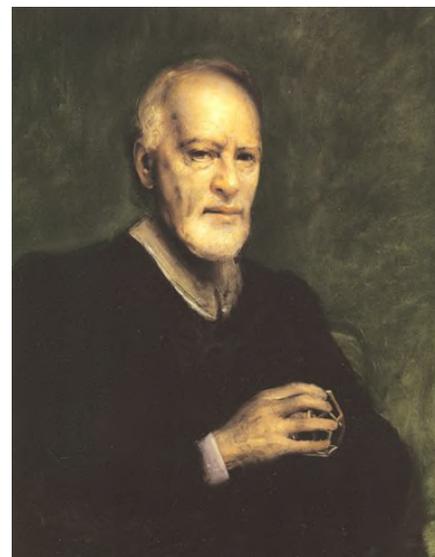
**Amélia:** Isso é que é resposta!

**Galamba:** Bonito, mas um tanto presunçoso, não?

**Kepler:** E você, mocinho, quanto tempo passa insistindo em resolver um problema quando não acerta logo de cara? Na Ciência não basta apenas talento, estalo de gênio. Aliás, esse

.....  
**Alexandre Medeiros**

Departamento de Física – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco



Kepler já velho

---

Este artigo apresenta a continuação da bem humorada conversa entre Kepler e um grupo de professores em descanso tranqüilo no sítio de um deles, à beira de um pacote de amendoim. A primeira parte deste texto teve ótima repercussão junto aos leitores e sua continuação vem enfatizar a possibilidade de se unir Física a uma atividade lúdica como o teatro.

estalo de gênio é muitas vezes o fruto de muita perseverança, como foi no meu caso.

Jomar: Você está coberto de razão Kepler, eu digo sempre isso aos meus alunos, mas, por favor, conte o resto da história. Como você chegou à sua terceira lei? Já estamos todos entendendo como você não chegou, só está faltando compreender como é que você chegou lá.

Kepler: Mas, meu caro, esse é o ponto central da minha heurística, uma heurística do erro. É preciso apreciar as minhas muitas tentativas para poder saborear o acerto que finalmente consegui obter. Porque esse acerto foi, sobretudo, fruto de uma constante correção de rumo. E o que me levou a corrigir o rumo?

Pedro: Sim, o que foi que lhe levou a corrigir o rumo?

Kepler: Bem, eu tentei encontrar as razões harmônicas estudando as velocidades extremas dos planetas.

Amélia: E, então, graças a Deus, você, finalmente, encontrou a solução desejada.

Kepler: Ainda não!

Galamba: Eu já teria desistido.

Kepler: Disso eu tenho certeza.

Galamba: Epa, rapaz, agora fui eu que não gostei. O que você quer dizer com isso?

Kepler: Nada. Eu, então, tentei encontrar as razões harmônicas calculando as variações de tempo necessárias para o planeta percorrer uma unidade de comprimento de sua órbita. Aquela me pareceu uma solução bastante engenhosa.

Amélia: E então?

Kepler: Também não deu certo.

Galamba: A gente não vai sair daqui hoje. Eu duvido que essa entrevista não seja cortada.

Kepler: Foi, então, que resolvi examinar a posição do observador localizado no centro do Universo, no Sol, quero dizer.

Pedro: Mas o Sol é o centro do Universo?

Kepler: Para mim era. Lembre-se: eu era um pitagórico e aquele negócio do fogo central do Filolau era tão importante para mim quanto havia sido para o Copérnico. E ao fazer essa mudança, ocorreu-me estudar as va-

riações de velocidade angular, sem me importar com as distâncias, quando vistas do Sol.

Galamba: Já sei, e aí não deu certo, novamente.

Kepler: Não, absolutamente. Dessa vez eu senti que havia encontrado algo de muito fundamental. Foi, justamente, aí que eu descobri a terceira lei.

Rogério: Espera aí. A sua terceira lei, da forma como a ensino, estabelece uma proporcionalidade entre o quadrado dos períodos das órbitas planetárias e o cubo das distâncias médias destes até o Sol, certo? Como é que você veio a pensar em tentar esse quociente? Como lhe veio à mente essa idéia? Porque, para mim, essa relação não é daquelas que a gente começaria logo testando. Eu sei que você não testou logo essa relação, mas o que fez você, finalmente, testá-la?

Kepler: Bem, eu não testei essa relação diretamente.

Nairon: Agora sou eu que não estou mais entendendo. Você não testou essa relação? E como chegou a ela?

Kepler: Eu não expressei a minha terceira lei, inicialmente, nessa linguagem dos livros didáticos de vocês, do mesmo modo que o Newton não disse que  $F = ma$ , vocês sabem.

Pedro: Do caso do Newton eu sabia, mas da sua terceira lei, não. E como foi, então? De onde nasceu a sua idéia de estudar as velocidades angulares e como chegou à terceira lei, mesmo?

Kepler: Eu já falei que estava preocupado em construir uma dinâmica do movimento planetário, para usar a linguagem de vocês. Foi aí que abandonei aquela idéia de espíritos conduzindo os planetas e pensei em termos de uma força magnética que emanasse do Sol como tentáculos e que arrastasse os planetas, varrendo-os pelo espaço.

Rogério: E como era o mecanismo de atuação dessa força magnética?

Kepler: Bem, de início eu imaginava que os espíritos que moviam os planetas eram menos ativos quando os planetas estavam distantes do Sol ou, então, que havia apenas um único espírito localizado no Sol e que movia os planetas vigorosamente perto do

mesmo, mas que se mostrava quase exausto ao atuar sobre os planetas mais distantes, porque a distância enfraquecia a sua força. Eu me perguntei que tipo de força motora poderia distorcer as trajetórias circulares convertendo-as em elipses. Supus, então, que existia uma força entre o planeta e o Sol, que era atrativa durante metade da órbita e repulsiva na outra metade. Uma força com essas características era, sem dúvida, a força magnética. Eu já sabia que a própria Terra era um imã, como expliquei antes, pois a bússola era um indício disso. Imaginei, então, que os planetas possuíam pólos magnéticos também. Como o eixo da Terra em sua trajetória em torno do Sol sempre aponta para uma mesma direção, acarretava que parte do ano um dos seus pólos estava mais próximo do Sol e na outra parte do ano essa situação se invertia. Isso deveria acontecer com os outros planetas, também. Supus, também, que o Sol tivesse um único pólo magnético e assim estariam explicadas a atração e a repulsão dos planetas. Era uma teoria engenhosa, não?

Pedro: Engenhosa, mas errada. O Sol tem dois pólos magnéticos e, além disso, a força magnética é muito pequena para influenciar naquela escala de distâncias.

Kepler: Mas eu não sabia disso. De toda forma, aquilo me serviu de inspiração para reconsiderar o problema de como os planetas varriam o espaço.

Galamba: Que idéia mais doida, cara.

Kepler: Doida para você que está acostumado a pensar em termos diferentes, mas, entretanto, aquilo era uma clara tentativa de buscar as causas dos movimentos. Ainda que essas causas fossem os tais espíritos ou o espírito único vindo do Sol. Mas foi, então, que eu mudei o meu esquema para as forças magnéticas, abandonando os tais espíritos. Eu saquei que eles não precisavam existir e afirmei que deveríamos substituir a palavra espírito pela palavra força. E, assim, nós podemos obter o princípio subjacente aos movimentos planetários, a Física dos Céus. Eu passei a acreditar, firmemente, que a força motriz não era um espírito ao comparar a

diminuição que a ação desse espírito sofria com a distância ao Sol, que me parecia muito semelhante a da luz que também diminuía com a distância. Eu estava emergindo de conceitos antigos e medievais e construindo uma trilha que seria seguida posteriormente pelo Newton. Para mim, aquela força deveria ser algo substancial, não no sentido literal da palavra, mas do mesmo modo em que a luz é algo substancial, significando que era algo que emanava de um corpo. Eu fui, a duras penas, enquadrando os meus próprios mitos em um crescente padrão de racionalidade, sem jamais, entretanto, ter deixado de lado a minha visão mística. Como disse no início, eu sempre fui um místico, mas não um místico no sentido de adotar, exclusivamente, um pensamento especulativo. Eu sempre tentei, crescentemente, enquadrar as minhas próprias convicções místicas em um padrão de racionalidade matemática. Meu objetivo voltou-se para um mecanicismo em desenvolvimento e o meu intento passou a ser cada vez mais mostrar que existia algo como uma máquina celeste e que essa máquina não era apenas divina, mas era, igualmente, um certo tipo de relógio muito complexo, construído pelo maior de todos os relojoeiros: Deus. E para mim, os movimentos desse magnífico relógio eram causados por forças magnéticas, de modo semelhante àquele como o peso movia as peças de um relógio. Restava expressar essas causas em termos matemáticos.

Amélia: Esse é um caminho que leva direto ao Newton, essa mistura de misticismo com enquadramento racional conduzindo a um mecanicismo em desenvolvimento.

Kepler: Creio que sim. Mas eu evoluí até essa postura, eu não comecei adotando-a. O Newton, entretanto, já parece haver partido dessa mescla de atitudes. Não somos exatamente a continuação um do outro, mas temos muitos pontos de contato, talvez mais que aqueles, porventura existentes entre o Newton e o Galileu. Este era bem mais cético.

Pedro: Mas você estava falando de como havia chegado à sua terceira lei. Havia falado que resolvera estudar as variações de velocidade angular, sem

se importar com as distâncias, quando vistas do Sol. Disse que foi daí que nasceu a terceira lei. E ainda disse que ela não foi expressa, inicialmente, do modo como estamos acostumados a formulá-la, não foi?

Kepler: Foi.

Pedro: E então, onde é que o magnetismo entra nessa história? E como você expressou a terceira lei? Ainda estou sem entender como chegou a ela.

Galamba: Eu já estou voando faz tempo.

Kepler: Você, agora, vai entender. Vou juntar todas essas peças.

Amélia: Graças a Deus!

Kepler: Foi o fato de haver considerado uma força magnética emanando do Sol, que às vezes repelia e às vezes atraía os planetas, que me levou a reconsiderar as varreduras em termos das variações de velocidade angular, sem me importar com as distâncias, quando vistas do Sol. Foi então que passei a contemplar, realmente, a beleza da música celestial. Saturno, por exemplo, quando está no afélio, o ponto mais distante da órbita, move-se a uma velocidade angular de 106 segundos de arco por dia. Entretanto, quando está no periélio, a distância mais próxima do Sol, sua velocidade angular é de 135 segundos de arco por dia. A razão entre essas quantidades  $106/135$  difere em apenas dois segundos de  $4/5$  que é a terça maior da escala musical pitagórica. Comparando, de modo semelhante, os movimentos de Júpiter no afélio e no periélio eu encontrei uma terça menor. Para Marte eu encontrei uma quinta e assim por diante. O meu espanto aumentou quando resolvi comparar os dados das velocidades angulares extremas de pares de diferentes planetas. Foi aí que a harmonia dos mundos saltou à minha vista. Eu pude ouvir, através da Matemática, a música celestial. Os valores extremos daquelas velocidades davam os intervalos da escala completa. Havia, efetivamente, um ritmo naquelas razões. Assim me pareceu.

Jomar: Isso me parece bonito, porém confuso. Onde estava a sua terceira lei, afinal?

Kepler: Estava oculta naquelas razões, estava presente naquelas ritmos

planetários. Foi, por isso, que adotei a nova Matemática dos ritmos, a matemática das razões, a nova Matemática que simplificava os cálculos astronômicos: os logaritmos.

Rogério: Não entendi.

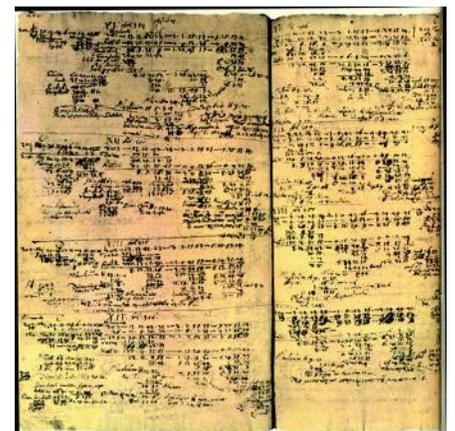
Jomar: Nem eu. Onde os logaritmos entram nessa história?

Nairon: Logaritmos e escalas musicais são primos irmãos. A própria percepção auditiva obedece a uma escala logarítmica. Agora estou começando a perceber onde quer chegar.

Jomar: Então explique para nós.

Nairon: Não, deixe o Kepler explicar, ele é que é o pai da criança.

Kepler: Eu estava motivado pela idéia de que as órbitas planetárias deveriam satisfazer um conjunto de relações matemáticas simples que os pitagóricos haviam descoberto e descrito como a escala musical. Aquelas razões numéricas entre tons harmônicos formavam os ritmos musicais. Ao estudar os períodos dos planetas e as suas distâncias médias, eu encontrei que as razões entre os logaritmos daquelas quantidades formavam uma proporção de 3 para 2. Esse foi o enunciado original da minha terceira lei, que é equivalente a esse que vocês usam em suas aulas. Pode parecer pouco ter demorado tanto para perceber essa relação tão simples, mas eu não dispunha da Geometria Analítica e muito menos desses seus maravilhosos computadores ou mesmo de papéis log-log e mono-log que permitem linearizar curvas de modo tão simples. Eu acho que essa coisa das linearizações é algo que todos os estudantes de Física deveriam estudar com muito carinho. No meu tempo isso



Caderno de cálculos de Kepler.

não existia.

**Jomar:** Dá para explicar melhor essa coisa dos logaritmos?

**Kepler:** É simples. No fundo o que eu estava fazendo, falando em termos mais modernos, era estudar a relação entre os logaritmos dos períodos e dos raios orbitais médios. Atualmente isso se faz com gráficos log-log, não? Mas as escalas logarítmicas do Napier só apareceram em 1614 e eu cheguei àquela idéia, mais ou menos, simultaneamente e de modo independente. Só depois tive contato com as idéias do Napier. Eu escrevi um livro sobre o assunto em 1621. Eu, portanto, descrevi, inicialmente, a minha terceira lei em termos da razão 1,5, do mesmo modo que apareceria se eu houvesse utilizado um papel log-log para construir, em termos modernos, um gráfico daquelas variáveis. Eu não falei, inicialmente, nos termos mais familiares, que vocês conhecem bem, das relações entre os quadrados dos períodos e os cubos das distâncias médias. Para mim, a terceira lei era a pura expressão da harmonia logarítmica, assim como na música. Os logaritmos me influenciaram na formulação da terceira lei na mesma medida em que, por exemplo, as cônicas de Apolônio haviam me influenciado antes na formulação da primeira lei. Hoje, percebo que os logaritmos exerceram sobre mim um papel semelhante ao que a Análise Tensorial e a Geometria Riemanniana exerceu, muito depois, no desenvolvimento das equações de Campo na Relatividade Geral pelo Einstein.

**Rogério:** Como assim?

**Kepler:** Em cada um desses casos é lícito perguntar se foi a estrutura matemática que forneceu a ferramenta com a qual tanto eu quanto o Einstein pudemos descrever nossas teorias dos fenômenos em causa ou se foi a estrutura matemática efetivamente que selecionou um certo aspecto daqueles fenômenos a ser considerado.

**Nairon:** Dá para falar um pouco mais dos logaritmos e da sua junção com a música e com as razões astronômicas que você buscava?

**Kepler:** Certamente! Como você deve saber, o próprio Napier inventou os logaritmos tendo em mente suas

capacidades descritivas da Natureza. A referência aos movimentos é, portanto, muito apropriada. Napier, originalmente, concebeu os logaritmos como “números artificiais” e, depois, renomeou-os como logaritmos, que quer dizer números provenientes das razões, dos ritmos. O sufixo “ritmo” não é *nenhuma* coincidência. Uma tábua de logaritmos é, neste sentido, uma tabela que nos permite obter um conhecimento geométrico de todas as dimensões e movimentos no espaço.

**Jomar:** Eu ainda não entendi a equivalência que você falou entre essa sua forma de expressar sua terceira lei em termos de logaritmos e a nossa maneira usual de apresentá-la.

**Kepler:** Veja lá: eu acho que todo estudante questionador ao ver a minha terceira lei pela primeira vez deve sentir nela algo de diferente das outras, de mais difícil. Isso porque da forma como ela veio a se tornar mais conhecida, ela diz que a razão entre os quadrados dos períodos de dois planetas quaisquer é igual à razão entre os cubos das distâncias médias desses mesmos planetas ao Sol, não é isso? E além de falar nessa relação esquisita entre quadrados e cubos, ela ainda envolve, simultaneamente, dois planetas diferentes.

**Pedro:** É, isso é mesmo muito complicado, mas a sua explicação em termos dos logaritmos não ajudou muito até agora.

**Kepler:** Pois bem, vou colocar as coisas em termos mais modernos para que vocês compreendam a linha do meu pensamento. Eu não comecei testando razões entre parâmetros de planetas distintos, mas de um mesmo planeta. A comparação cruzada veio logo depois. Eu, de início, percebi, após muitas tentativas baseadas na busca das harmonias, que a razão entre os logaritmos do período e da distância média ao Sol para um determinado planeta estava na razão de 3/2. Ou seja, em termos simbólicos modernos, que

$$\frac{\log T_1}{\log R_1} = \frac{3}{2}$$

ou seja, que aquela razão era 1,5, como disse antes. Isso era o mesmo que

dizer que

$$\frac{\log R_1}{\log T_1} = \frac{2}{3}$$

ou seja,

$$\frac{3 \log R_1}{2 \log T_1} = 1$$

Isso valia para quaisquer planetas  $p_1$  e  $p_2$ , ou seja:

$$\frac{3 \log R_1}{2 \log T_1} = \frac{3 \log R_2}{2 \log T_2}$$

Assim sendo,

$$\frac{\log R_1^3}{\log T_1^2} = \frac{\log R_2^3}{\log T_2^2}$$

Isso acarreta que

$$\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2}$$

E note, portanto, que eu ainda estou tomando uma razão referente aos parâmetros de um certo planeta e comparando-a com uma razão semelhante tomada para um outro planeta. Só, então, eu mudo a ordem, cruzando os dados e chegando na relação mais conhecida como sendo a minha 3ª lei:

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{R_1^3}$$

Sacou?

**Pedro:** Agora, sim! Mas você não escreveu exatamente desse jeito, não foi?

**Kepler:** Isso mesmo! O raciocínio que acabei de explicar é algo como uma tradução do modo como eu pensava, porque, certamente, se eu fosse falar com vocês neste momento, do mesmo modo que eu falava à minha época, sem traduzir, vocês dificilmente compreenderiam aquilo eu queria dizer. Eu sempre falei e escrevi em termos acentadamente metafóricos.

**Jomar:** Explica melhor esses tais termos metafóricos e essa necessidade de tradução.

**Kepler:** Veja lá! Quando eu finalmente cheguei à minha 3ª lei, que espero já tenham compreendido, eu disse, exatamente, o seguinte: “Tendo percebido o primeiro lampejo da aurora há dezoito meses, a luz do dia há três meses, e só há alguns dias o Sol de maravilhosíssima visão, nada me deterá. Sim, entrego-me ao santo delírio”. Entenderam?

Amélia: Mais ou menos! Você estava se aproximando gradativamente da solução, não é isso? Mas que santo delírio é esse?

Kepler: São os acordes harmônicos da música celestial que eu passei a perceber, expressos na beleza da minha 3ª lei. Aquelas razões logarítmicas eram, para mim, uma pura música celestial. E eu ainda acrescentei o seguinte: “Zombeteiramente desafio todos os mortais com essa confissão franca: roubei os vasos de ouro dos egípcios para deles fazer um tabernáculo para o meu Deus, longe das fronteiras do Egito”. Entenderam?

Galamba: Está meio complicado, você falava de um modo muito estranho, mas deu para entender que você admitiu que era mesmo ladrão. Se não roubou os dados do Tycho, como disse antes, admitiu agora que roubou os vasos de ouro de uns certos egípcios. Eu bem que desconfiei de você, desde o início.

Kepler: Não foi nada disso, meu jovem! Você entendeu tudo de modo muito direto, como se estivesse assistindo ao Big Brother. Eu falei de um modo metafórico, que necessita de uma interpretação mais aprimorada, que vá aos significados mais profundos do meu discurso, ou seja, uma hermêutica. O “ouro dos egípcios” significa o conhecimento pitagórico das harmonias musicais que eu sempre acreditei que o Pitágoras havia aprendido de sacerdotes egípcios muito antigos, como o Hermes Trismegisto. E eu utilizei aquela inspiração pagã para honrar ao meu Deus, para compreender o seu plano matemático do Universo, para ouvir os acordes matemáticos da sua sinfonia celestial.

Nairon: Muito bonito, mas como concluiu sua mensagem?

Kepler: Eu afirmei que: “Se me perdoardes, rejubilar-me-ei. Se vos zangardes, suporta-lo-ei. Olhai, lancei os meus dados, e estou escrevendo para os meus contemporâneos ou para a posteridade. É o mesmo para mim. Bem pode esperar cem anos por um leitor, uma vez que Deus também esperou seis mil anos por uma testemunha”. Entenderam?

Pedro: Certamente! Essa sua alu-

são à espera de Deus por seis mil anos parece ser uma menção bíblica à criação do mundo. E a testemunha, com certeza, é você mesmo. Isso é muito bonito, mas seria bom você voltar a falar do nosso modo, senão o revisor da revista vai pedir para reescrever essas suas partes.

Amélia: Mas, como foi a introdução dos logaritmos na Astronomia?

Kepler: Não foi tão tranqüila quanto possa imaginar. À primeira vista, os logaritmos foram vistos, como muitos, infelizmente, ainda os vêm hoje em dia, como um mero artifício para encurtar os cálculos. Poucos entenderam como essa idéia está enraizada na estrutura da própria Natureza. A história dos logaritmos é algo de uma beleza indescritível. Eles não são, absolutamente, um mero artifício de cálculo. Mas até o Maestlin não compreendeu essa dimensão mais profunda dos logaritmos por considerá-los puro artifício, e sugeriu enfaticamente, condenou mesmo, os astrônomos que os utilizavam a refazer os cálculos. E eu estava no meio desses “condenados”.

Galamba: Não é possível que vá começar a se lamentar novamente.

Kepler: Olha, é difícil explicar melhor essas coisas todas de música, magnetismo, logaritmos em um tempo tão curto de uma entrevista. Aconselho que consultem a bibliografia ao final desta entrevista.

Rogério: Ok! Vamos passar adiante.

Galamba: Graças a Deus. Pode ser que agora eu aterrisse novamente.

Amélia: Deixando um pouco de lado suas três leis, fale mais das suas outras obras e do restante de sua vida.

Kepler: Vou abreviar, pois as três leis são, realmente, o ponto principal. Eu desenvolvi muitos trabalhos como subprodutos da minha busca pelas três leis. Por exemplo, em 1611 eu escrevi o meu *Dioptrice* onde explicava o funcionamento do telescópio. Aquilo foi feito sob a clara influência dos trabalhos do Galileu. Aliás, eu, no ano anterior, havia escrito um livro sobre as descobertas astronômicas do Galileu intitulado *Dissertatio cum Nuncio Sidereo*, ou seja, *Dissertação sobre o*

*Mensageiro Sideral*. Foi aí que eu introduzi o termo “satélite”.

Pedro: O que mais você tratava no *Dioptrice*, além de explicar o funcionamento do telescópio?

Kepler: Eu fui o primeiro no Ocidente a explicar a formação das imagens real, virtual, direita, invertida e a ampliação das imagens. Os árabes já haviam explicado boa parte da Óptica Geométrica, mas creio que o fiz de forma mais sistemática. Eu também expliquei o fenômeno da reflexão interna total. No meu livro sobre o Cálculo, o *Stereometrica Doliorum*, também de 1611, eu me ocupei das marés como um fenômeno causado pela Lua. O Newton desenvolveu posteriormente essa minha idéia, mas na época que eu a lancei o encardido do Galileu foi enfaticamente contra. Isso poucos dizem. Eu também utilizei a paralaxe para tentar medir as distâncias das estrelas e, além disso, expliquei como a nossa percepção tridimensional de profundidade decorria do fato da nossa visão ser binocular. Isso, conjuntamente, deu origem ao que hoje vocês chamam de Astrometria.

Amélia: Você fez tudo isso em Praga?

Kepler: Não. Em 1612 o imperador Rodolfo II foi deposto e eu saí da cidade. Mudei-me para Linz, na Áustria, deixando o posto de matemático imperial para ser matemático distrital. Coisas da vida.

Alexandre: Como foi aquela história do ano do nascimento de Cristo?

Kepler: Bem, isso foi em 1614. Eu estudei o calendário em profundidade e escrevi um livro que em português seria algo como *O Verdadeiro Ano em que o Filho de Deus nasceu no Útero da Virgem Maria*. Nele eu mostrava que havia um erro de quatro anos no calendário cristão e que Jesus havia nascido em 4 a.C., uma conclusão aceita até hoje.

Pedro: Para mim isso era novidade.

Kepler: Pois é! E então, entre 1616 a 1620 eu me ocupei bastante com o fato da minha mãe ser processada pelo Santo Ofício por atos de bruxaria. Em um sentido metafórico, ela era mesmo

uma bruxa. Então eu tive de defendê-la e fiz muitas viagens que me tomaram muito tempo. Isso também atrasou o meu trabalho sobre a terceira lei.

**Galamba:** Por favor, não fale mais nessa lei que já não agüento mais. Eu vou até pedir para o Rogério trocar as minhas aulas de Mecânica por outras de Termologia (risos).

**Kepler:** Pois bem. Em 1618 o início da Guerra dos Trinta Anos acirrou a tensão entre protestantes e católicos. Em 1621 eu publiquei a *Epitome Astronomia*, o meu trabalho mais completo sobre a Astronomia heliocêntrica. Publiquei ainda as *Tabelas Rodolfinas*, que substituíram edições mais antigas de obras semelhantes, mas baseadas no geocentrismo. Eu aí já usava extensivamente os logaritmos. Em 1626 mudei-me de Linz devido a perseguições religiosas, e no ano seguinte me fixei na pequena cidade de Sagan, onde fui prestar meus serviços de astrólogo ao general Wallenstein, meu último senhor. Em 1629 cheguei a ser convidado para trabalhar na Universidade de Rostock, mas não fui para lá. No ano seguinte estava fazendo uma viagem de Sagan a Nuremberg no lombo de um velho cavalo, para cobrar um antigo débito, mas não cheguei ao meu destino. Parei muito doente em Regensburg, que em português chama-se Ratisbona. Entrei em coma, talvez devido às pústulas febris, não sei ao certo qual a minha doença. Talvez fosse uma afecção do pulmão. O certo é que morri em 15 de novembro de 1630. Mas também dei várias contribuições técnicas que aqui não vou mencionar e ainda deixei um pequeno livro de que foi publicado postumamente e é considerado um pre-

cursor da Ficção Científica: *Somnium*. Nele eu descrevia uma viagem à Lua.

**Galamba:** Era você mesmo viajando para a terra dos pés juntos, companheiro.

**Cleide:** Que crueldade, Galamba!

**Kepler:** Deixe para lá; certas coisas que alguns professores de Física fazem que me deixam bem mais triste.

**Pedro:** O que, por exemplo?

**Kepler:** Essa mania que alguns de vocês têm de se referirem à minha obra como a cinemática planetária e apenas às concepções gravitacionais do Newton como sendo uma Física planetária. Isso me deixa revoltado. Aquilo para mim não era mera cinemática, era pura Física. Uma Física, certamente, diferente da de vocês, mas ainda assim uma Física. Então, jogam fora a minha Física e se apossam das minhas leis. Entender dessa maneira é tomar uma visão divorciada da História da Ciência. Eu vi algo assim, um dia desses, num desses livros didáticos que vocês usam. Fiquei uma fera! Quase mando uns livros de História da Ciência de presente para aquele distinto. Se vocês quiserem me fazer alguma justiça, por favor, não digam mais isso.

**Cleide:** E o que de bom você recomendaria para que os professores de Física lessem a seu respeito, a respeito das suas idéias?

**Kepler:** Olha, em outras línguas encontramos muitos textos excelentes, como, por exemplo, o do Max Caspar. Outros estão apontados na bibliografia dessa entrevista.

**Rogério:** Mas e em português? O que você recomendaria?

**Kepler:** Infelizmente, há bem menos trabalhos de boa qualidade do que

deveria haver ao meu respeito. Agora vocês têm esta entrevista (risos). E vale a pena ainda assinalar que neste preciso ano de 2003 um professor defendeu uma tese belíssima no departamento de Filosofia da USP sobre o meu trabalho, sobre a minha forma particular de encarar a produção do conhecimento. O autor da tese foi o Claudemir Roque Tossato e o título é *Força e Harmonia na Astronomia Física de Johannes Kepler*, um trabalho realmente muito bonito.

**Alexandre:** Eu consegui uma cópia no dia seguinte ao da defesa, em março deste ano. É realmente um estudo profundo e digno de ser lido com toda a atenção.

**Jomar:** Eu sei que você já contou a sua história até a sua morte, mas eu ainda queria que você falasse um pouco mais do seu interesse pelo Magnetismo. Eu estou ensinando isso e...

**Carrico:** Pois é, eu me interesso muito por Magnetismo. Lá na UFRN eu tenho pesquisado sobre isso há bastante tempo e...

**Pedro:** Gente, o Carrico acordou, o Kepler foi embora.

**Carrico:** O Kepler esteve aqui? E como eu não vi?

**Amélia:** Você era ele...

**Carrico:** O que, menina? Que brincadeira é essa? Eu vim aqui para ouvir o Kepler falar.

**Alexandre:** Pois o jeito vai ser ler a entrevista dele (risos).

**Rogério:** Mas valeu, o cara é complicadinho todo, mas valeu. E agora, quem é que nós vamos entrevistar?

**Alexandre:** Calma, deixa ver antes o que os nossos colegas acham desse papo para lá de heterodoxo do Kepler.

## Referências Bibliográficas

- Caspar, M. Kepler. New York: Dover, 1990.  
Crease, R. What does energy really mean? Physics World, July 2002.  
Field, J. Kepler's geometrical cosmology. Chicago: University of Chicago Press, 1988.  
Gingerich, O. The eye of heaven: Ptolemy, Copernicus, Kepler (Masters of modern Physics). New York: Springer Verlag, 1993.  
Godwin, J. Harmonies of heaven and earth. London: Thames and Hudson, 1987.  
Kepler, J. Conversation with Galileo's si-

dereal messenger. Trad. Rosen, Edward New York: Johnson Reprint, 1965.

Kepler, J. Epitome of copernican astronomy & harmonies of the world. (Great Minds Series). Trad. Wallis, Charles Glenn. New York: Prometheus Books 1995.

Kepler, J. Mysterium cosmographicum - The secret of the universe. Trad. Duncan, A.M. New York: Abaris Books, 1981.

Kepler, J. New astronomy. Trad. Donahue, William H. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

Kepler, J. Somnium: the dream, or posthumous work on lunar astronomy, trad. Rosen,

Edward (Madison: University of Wisconsin Press, 1967.

Rosen, E. Three imperial mathematicians: Kepler trapped between Tycho Brahe and Ursus. New York: Abaris Books, 1986.

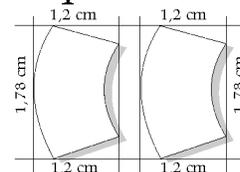
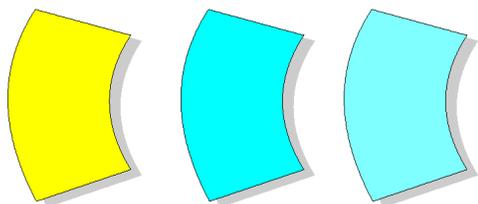
Small, R. An account of the astronomical discoveries of Kepler. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1963.

Stephenson, B. Kepler's Physical astronomy. New York: Springer-Verlag, 1987.

Voelkel, J. Johannes Kepler and the new astronomy. (Oxford Portraits in Science). Oxford: Oxford University Press, 2001.

# Criando Ilusões de Óptica

## Usando um Monitor de Computador



Ilusões de óptica geram na maioria das vezes um interesse muito grande nos alunos. De uma maneira geral, há um certo desconforto e ao mesmo tempo um fascínio ao observar algo e não conseguir distinguir claramente o que realmente está acontecendo. Neste artigo, discutimos algumas ilusões de óptica associadas com o efeito da persistência da visão. Com o auxílio de um monitor de computador e um pequeno disco de cartolina é possível observar vários efeitos intrigantes que raramente são discutidos nos livros-texto de Física de graduação (Halliday *et al.*, 1995; Tipler, 2000) ou de Ensino Médio (GREF, 1998; Gerraro e Soares, 1998).

Quando se fala a respeito de ilusões de óptica em cursos introdutórios de Óptica, ocasionalmente algum aluno pergunta por que os raios das rodas dos carros, às vezes

**Há um certo desconforto e ao mesmo tempo um fascínio ao observar algo e não conseguir distinguir claramente o que realmente está acontecendo; algumas ilusões de óptica estão associadas com o efeito da persistência da visão**

giram no mesmo sentido do movimento de rotação da roda e em alguns momentos gira estranhamente no sentido contrário. Quando algum dos alunos comenta esse tipo de observação, em geral grande parte da classe também se recorda de já ter visto o fenômeno pelo menos alguma vez. Diante dessa curiosidade e da falta de um apelo visual que possa ajudar no entendimento dessa ilusão em sala de aula, buscamos, com a ajuda de uma tela de computador, visualizar esse fenômeno de maneira simples e direta.

### Disco com uma Fenda Radial

Primeiramente, cortamos uma fenda no disco de cartolina no sentido radial e fazemos um pequeno furo em seu centro<sup>1</sup>. Uma breve ilustração do fenômeno que iremos discutir pode ser rapidamente realizada prendendo um canudo de plástico ao furo central do disco de cartolina (já com a fenda) e fazendo-o girar rapidamente em frente à tela do computador. Não é difícil perceber que a única fenda se multiplica em várias outras e que essas fendas giram num sentido e depois surpreendentemente em outro. É possível notar que, quando imprimimos uma rotação bem grande ao disco as fendas giram em sentido contrário

a este. Também é intrigante o fato que o número de fendas muda com a diminuição ou aumento de rotação do disco.

A frequência de varredura da tela do computador é igual a 60 Hz, o que signifi-

fica que a cada segundo a tela inteira é pintada (“varrida”) 60 vezes. Assim sendo, o período de cada varredura passa a ser igual a  $1/60$  segundos, que passaremos a chamar de  $T_0$ . A persistência visual do olho humano é no máximo em torno de 15 cenas por segundo. Desse modo, colocando uma seqüência de 15 ou mais cenas diferentes em um segundo, o nosso cérebro juntará todas em uma única cena, dando a impressão de movimento.

A Figura 1a mostra como ocorre o surgimento de 6 fendas, a partir de

.....  
Paulo Batista Ramos e  
Rogério Rodrigues de Souza  
pbatista@fev.edu.br  
Centro Universitário de Votuporanga  
.....

Neste artigo propomos, com a ajuda de um monitor de computador e um pequeno disco de cartolina, algumas experiências simples que podem ajudar no entendimento de algumas ilusões de óptica. Em particular, cortando uma fenda no disco de cartolina e fazendo-o girar rapidamente em frente ao monitor de computador é possível observar vários efeitos interessantes.

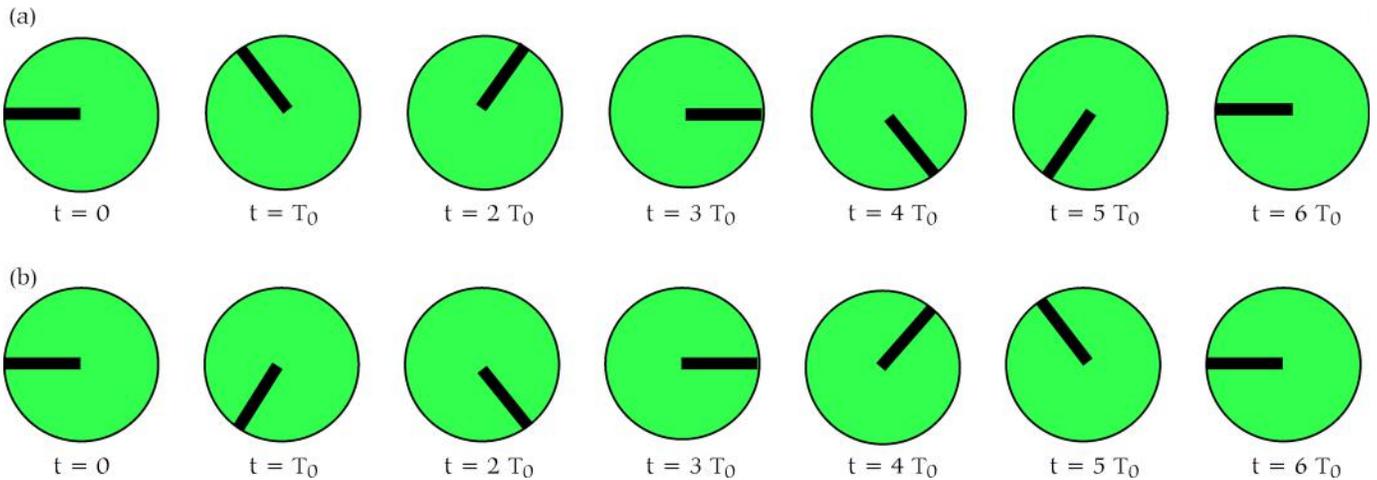


Figura 1. (a) Intervalos de tempos  $T_0, 2 T_0, 3 T_0, \dots$  que correspondem às varreduras sucessivas e às correspondentes posições da fenda do disco de cartolina. Nesse caso, a fenda gira  $60^\circ$  a cada varredura, dando a impressão de movimento composto horário, no mesmo sentido da rotação do disco de cartolina. (b) Intervalos de tempos  $T_0, 2 T_0, 3 T_0, \dots$  que correspondem às varreduras sucessivas e às correspondentes posições da fenda do disco de cartolina. Aqui, a fenda gira  $300^\circ$  a cada varredura, dando então a impressão de que a fenda gira no sentido anti-horário, contrário ao sentido de rotação do disco.

uma única fenda, girando no sentido horário. Acompanhando as posições da fenda, após sucessivas varreduras da tela do computador, é possível notar um movimento contínuo da fenda girando no sentido horário. Nesta situação, notamos que a cada varredura da tela do computador o disco gira sempre  $1/6$  de volta (que corresponde a um ângulo de  $60^\circ$ ). Assim, após uma varredura a fenda estará a  $60^\circ$  de sua posição inicial.

Após duas varreduras a  $120^\circ$  de sua posição inicial e assim por diante. Finalmente após 6 varreduras a fenda volta à sua posição inicial. Uma vez que o disco realiza

**Verificando o número de fendas criadas na cartolina e o sentido do movimento de rotação dessas fendas, podemos inferir qual é a frequência de rotação do disco**

$1/6$  de volta a cada tempo de varredura  $T_0$ , o período de rotação do disco, no qual ele realiza uma volta inteira, será igual a  $6 T_0$ . A frequência correspondente será igual ao inverso desse período, ou seja,  $1/(6 T_0)$ . Levando em conta o valor de  $T_0$ , que é igual a  $1/60$  segundos, obtém-se então uma frequência igual a 10 Hz.

Ilustremos agora a situação na qual as 6 fendas parecem girar em sentido contrário à rotação do disco. Nessa situação, consideremos que a cada varredura da tela do computador o disco gira sempre  $5/6$  de volta (que corresponde a um ângulo de  $300^\circ$ ).

Dessa forma, após uma varredura a fenda estará a  $300^\circ$  de sua posição inicial, após 2 varreduras a fenda estará a  $600^\circ$  de sua posição inicial e assim sucessivamente. A Figura 1b ilustra passo a passo as posições da fenda após sucessivos intervalos de tempo  $T_0$ . Observando as posições sucessivas das fendas podemos notar que o resultado do movimento da fenda aparenta ser um movimento contrário ao movimento de rotação.

Levando em conta que o disco realiza  $5/6$  de volta a cada varredura, o período de rotação do disco será igual a  $(6/5) T_0$ . A frequência de rotação é igual ao inverso

desse período, e substituindo o valor de  $T_0$  é possível obter uma frequência igual a 50 Hz. Uma vez que essa frequência corresponde a um número maior que 15 cenas por segundo (no caso, 50 cenas por segundo), maior que a quantidade de cenas por segundo que nosso cérebro consegue distinguir isoladamente, teremos a impressão que existem ao todo 6 fendas no disco de cartolina.

Nas Tabelas 1a e 1b são apresentadas algumas frequências de rotação do disco de cartolina, os períodos e os correspondentes números de fendas surgidos no disco de cartolina. Um ex-

celente exercício que pode ser proposto aos alunos em sala de aula é a construção dessa tabela seguindo o raciocínio apresentado anteriormente.

Uma conclusão interessante que podemos tirar dessas observações é o fato de que, verificando o número de fendas criadas na cartolina e o sentido do movimento de rotação dessas fendas, podemos inferir qual é a frequência de rotação do disco. Por exemplo, se observarmos o disco de cartolina

Tabela 1. (a) Frequência, período de rotação do disco e o correspondente número de fendas, dando a impressão de movimento no mesmo sentido de rotação do disco. (b) Frequência, período de rotação do disco e o correspondente número de fendas, dando a impressão de movimento das fendas no sentido contrário à rotação do disco.

(a)		
Frequência (Hz)	Período	Fendas
5	$12 T_0$	12
6	$10 T_0$	10
7,5	$8 T_0$	8
10	$6 T_0$	6
15	$4 T_0$	4
(b)		
Frequência (Hz)	Período	Fendas
45	$4/3 T_0$	4
50	$6/5 T_0$	6
52,5	$8/7 T_0$	8
54	$10/9 T_0$	10
55	$12/11 T_0$	12

possuindo 4 fendas que giram no sentido contrário à rotação do disco, podemos deduzir que o disco gira a 45 Hz, ou, ainda, que este gira à frequência de 45 Hz mais múltiplos inteiros da frequência de varredura da tela do computador de 60 Hz, ou seja, 105 Hz, 165 Hz,... e assim por diante. De fato, um outro exercício interessante que pode ser proposto aos alunos é observar o número de fendas e o seu sentido de rotação e inferir a frequência de rotação do disco.

Com o auxílio de um pequeno motor acoplado ao furo central do disco de cartolina, é possível controlar a frequência de rotação desse disco e assim observar gradualmente a mudança no número de fendas criadas e a posterior alteração do sentido de rotação dessas fendas. A Figura 2 mostra como a montagem experimental pode ser feita. O potenciômetro permite variar a corrente elétrica que passa no pequeno motor e assim controlar a rotação do disco. Além disso, quando a frequência de rotação do disco é maior que a frequência de varredura da tela do computador, ou seja, para frequências maiores que 60 Hz (3600 rpm), algumas deformações nas fendas do disco podem ser notadas.

## Deformações

Para estudar essas deformações que são extremamente interessantes, realizamos algumas investigações. Antes de qualquer coisa, tomamos dois discos de cartolina. Um deles exatamente igual ao usado anteriormente; no segundo cortamos um pequeno círculo fora de seu centro, com diâ-

metro aproximadamente igual a 4 cm e a 1 cm da borda do disco. Acoplamos cada um desses dois discos ao motor e gradualmente aumentamos a sua rotação até começarmos a perceber as deformações. Para cada situação, ou seja, para o disco com o furo excêntrico e para o disco com a fenda radial, realizamos as observações separadamente. Os resultados obtidos são descritos abaixo.

Para os dois discos notamos que as deformações sempre ocorriam do lado direito da tela do computador. É difícil não deixar de registrar o espanto e a curiosidade dos alunos ao observar tais deformações. Para demonstrar que isso acontecia justamente pelo fato de que o sentido de varredura da tela é da esquerda para a direita e de cima para baixo, invertamos a tela do computador deixando-a literalmente de cabeça para baixo. Nessa nova situação, o sentido da varredura da tela se invertia e passava a ser da direita para a esquerda e de baixo para cima. As deformações nos discos agora sempre aconteciam do lado esquerdo da tela. As fotos a seguir mostram as deformações verificadas nos dois casos para o disco com o círculo fora de seu centro.

O disco de cartolina com a fenda radial produz deformações intrigantes. Nas fotos a seguir são apresentadas tais deformações, onde também é claramente possível observar a varredura.

A explicação para o surgimento dessas deformações se baseia no fato de que o disco de cartolina se encontra girando, nessas situações, com uma frequência maior que a frequência de

varredura do feixe da tela do computador. Assim sendo, por exemplo, no caso do disco de cartolina com o furo excêntrico que gira no sentido horário, como mostra a Foto 1, o furo está girando mais rápido que a varredura do feixe. Dessa forma, quando a varredura se desloca de cima para baixo (e da esquerda para a direita) revelará as várias posições posteriores do furo. O efeito resultante é o verificado na Foto 1, que mostra as sucessivas posições superpostas do furo correspondentes às sucessivas varreduras horizontais. É preciso lembrar que isso ocorre, pois a frequência envolvida é bem maior do que a persistência visual. Para as situações mostradas na Foto 2, o mesmo raciocínio se aplica, mas agora como a tela está invertida, a varredura se desloca de baixo para cima (e da direita para a esquerda) e como o disco gira mais rápido que a varredura (ainda no sentido horário), as próximas varreduras horizontais revelarão as sucessivas posições superpostas do furo. Na Foto 3, que diz respeito à fenda radial, esta também se encontra girando com uma frequência maior que a frequência de

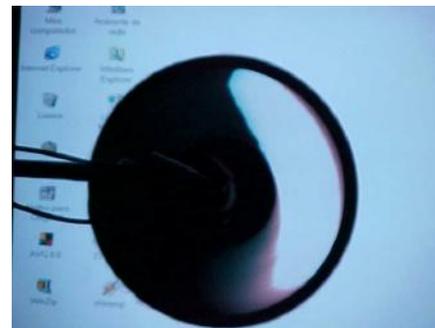
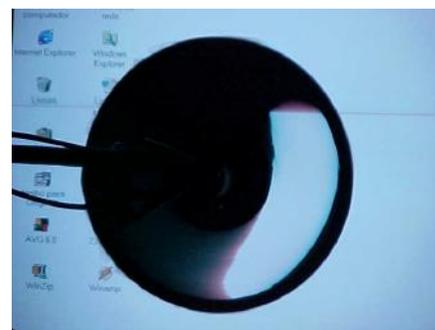
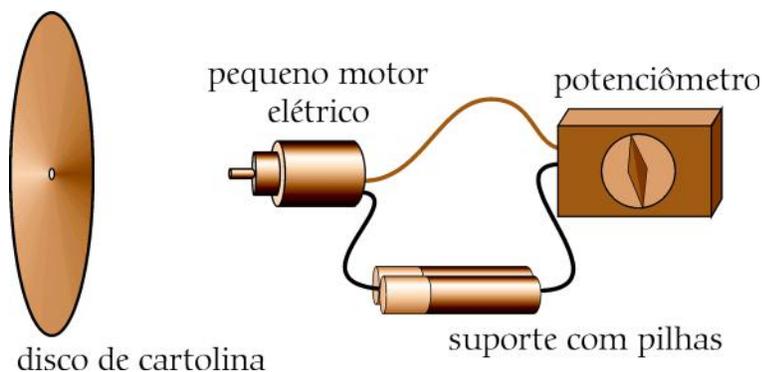


Foto 1. Registro do disco de cartolina com um círculo feito fora do centro do disco. Nesse caso, a tela do computador é mantida em sua posição original, onde os ícones podem ser vistos na parte superior esquerda.

Figura 2. Esquema ilustrando a montagem da experiência.

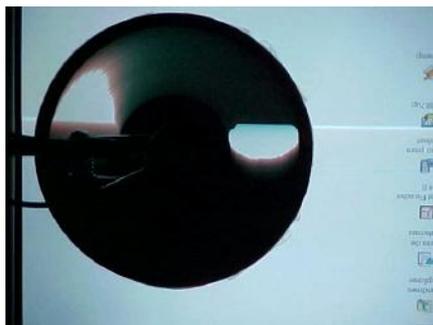
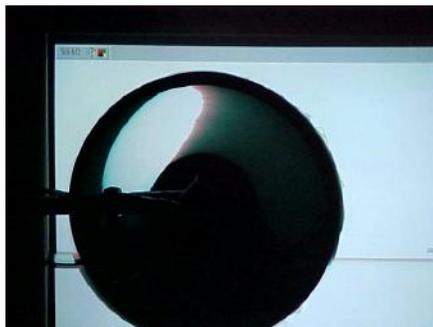


Foto 2. Registro no mesmo disco de cartolina, mas agora com a tela de computador invertida. Na segunda foto, alguns ícones na parte superior direita sugerem que a tela está de cabeça para baixo.

varredura, logo, as sucessivas varreduras horizontais que ocorrem de cima para baixo do feixe indicarão as sucessivas posições superpostas correspondentes dessa fenda. Finalmente, uma atividade interessante que pode ser proposta aos alunos é a análise e a discussão dessas deformações em várias fotos tiradas do disco com a fenda

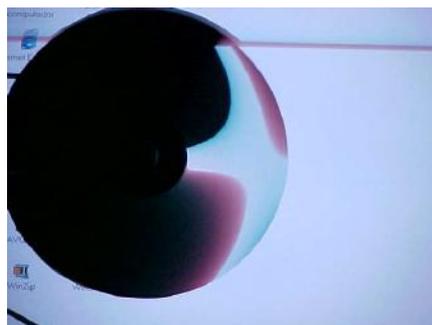


Foto 3. Registro o disco de cartolina com uma fenda radial. Aqui, a tela de computador é mantida em sua posição original.

ou ainda com outras formas geométricas cortadas sobre este.

### Conclusão

Algumas experiências realizadas em sala de aula podem enriquecer o tema discutido e torná-lo mais atrativo. Aqui, mostramos que com a ajuda de um monitor de computador e

um pequeno disco de cartolina vários efeitos interessantes e curiosos podem ser observados. É importante dizer que os mesmos efeitos apresentados também podem ser visualizados com a ajuda de uma televisão no lugar do monitor de computador. Devido ao seu aspecto elementar, os conceitos discutidos aqui podem tanto ser apresentados no ensino médio como em cursos introdutórios de graduação.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a M.A.C. Gonçalves e P. Delatorre pelas discussões durante o desenvolvimento do trabalho.

### Nota

<sup>1</sup>Tomamos um disco de cartolina com 8 cm de raio e fenda de largura de 1 cm e comprimento igual a 6 cm.

### Referências

- Halliday, D.; Resnick, R. e Walker, J. *Fundamentos de Física 4: Ótica e Física Moderna*. LTC, Rio de Janeiro (1995).  
Tipler, P.A. *Física: Eletricidade, Magnetismo e Ótica*. LTC, Rio de Janeiro (2000).  
Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Física 2: Física Térmica e Ótica*. Edusp, São Paulo (1998).  
Ferraro, N.G. e Soares, P.A.T. *Física Básica*. Volume único, Atual, São Paulo (1998).

---

### Assine A Física na Escola

Para receber *A Física na Escola* faça sua assinatura anual enviando cheque no valor de R\$ 15,00 (se professor do Ensino Médio) ou R\$ 20,00 se assinante comum. Assinantes da *Revista Brasileira de Física* recebe *FnE* gratuitamente. Se preferir, pague pelo cartão Visa.

Valor da assinatura R\$ \_\_\_\_\_ N.º do Cartão: \_\_\_\_\_ Validade (mês/ano): \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

CEP: \_\_\_\_\_ UF: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

DDD: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

Escola (nome/endereço): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Remeta seu comprovante de pagamento para a Sociedade Brasileira de Física - C.P. 66328 - 05315-970, São Paulo - SP ou envie cópia digital por e-mail para [jean@sbf.if.usp.br](mailto:jean@sbf.if.usp.br), aos cuidados de Jean Buzoli. Obs.: Guarde consigo o recibo referente ao pagamento efetuado.

# Medir a Velocidade do Som

## Pode Ser Rápido e Fácil

**P**ara fazer experimentos que envolvam ondas sonoras ou mesmo resolver exercícios propostos em livros didáticos, é muito comum adotar como velocidade de propagação do som no ar o valor 340 m/s, que corresponde à velocidade dessas ondas a cerca de 20 °C. Porém, a dependência da velocidade do som com a temperatura do meio de propagação é grande. Uma boa aproximação para a velocidade do som no ar é dada por<sup>1</sup>:

$$v = 330,4 + 0,59T \text{ (m/s)} \quad (1)$$

em que T é a temperatura dada em °C

Não é difícil determinar a velocidade do som no ar a uma temperatura qualquer: coloque em vibração um diapásio de frequência conhecida próximo à boca de um tubo contendo água; ao variar o nível da água no tubo, procure ouvir um reforço na intensidade do som (Figura 1).

Esse reforço se deve ao fato de formar-se no tubo uma onda estacionária na coluna de ar existente entre o nível da água e a boca do tubo, de comprimento L. Sendo este o primeiro reforço observado, a coluna de ar está vibrando com a menor frequência possível, que corresponde à frequência do diapásio. O comprimento de onda neste caso corresponde a quatro vezes o comprimento L da coluna<sup>2</sup>, por tratar-se de um tubo fechado em uma das extremidades. Então  $v = \lambda f$ , isto é

$$v = 4\lambda f \quad (2)$$

A precisão da medida fica limitada à determinação do comprimento L no momento em que ocorre um aumento na intensidade do som. Neste experimento, no entanto, as variações des-

se comprimento não produzem variações de intensidade sonora muito perceptíveis pelo ouvido humano, dificultando muito a determinação do ponto de ressonância.

De que maneira podemos diminuir a interferência do observador e melhorar a precisão da medida de uma forma simples e sem grandes custos?

Vamos começar tomando um tubo de ar de comprimento L fixo, de secção constante e a princípio aberto nas duas extremidades. Esse tubo pode ser de material opaco ou transparente, mas se for transparente, poderá ser usado em outros experimentos interessantes. Existem disponíveis no mercado, tubos de PVC transparente de 33 mm de diâmetro por cerca de R\$ 6,00 o metro. É mais fácil manusear tubos de até 1 m de comprimen-

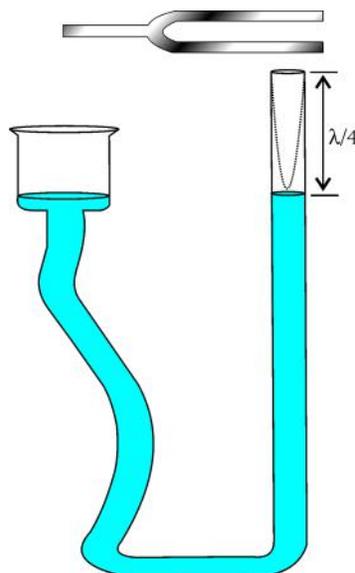


Figura 1. Montagem inicial do experimento.

.....  
**Marisa Almeida Cavalcante**

GoPEF: Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP

<http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa>

E-mail: [marisac@pucsp.br](mailto:marisac@pucsp.br)

.....  
**Cristiane R.C. Tavoraro**

GoPEF: Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP

E-mail: [cris@pucsp.br](mailto:cris@pucsp.br)

.....

Este artigo propõe um experimento de baixo custo para medir com eficiência a velocidade do som.

to. Vejamos por que: ao bater com a palma da mão em uma das extremidades abertas do tubo podemos ouvir um som característico que depende do comprimento  $L$  (note que ao bater com a palma da mão em uma das extremidades este tubo se torna fechado em uma das extremidades, como na Figura 2). Se você tiver tubos de comprimentos diferentes, experimente e observe: quanto mais longo o tubo mais grave será o som, isto é, menor será a sua frequência. Então agora só falta determinar a frequência do som que ouvimos para calcular  $v$ ! Só?

Essa é a parte mais interessante! Existem equipamentos especiais que medem a frequência de uma onda sonora com bastante precisão: são os espectrômetros sonoros. No entanto é um equipamento caro que certamente não se encontra disponível em nossas escolas e às vezes nem nas universidades. Mas dispondo de um computador com placa de som, microfone, e conexão com a internet, então você tem um espectrômetro em potencial!

Existem na rede vários softwares livres que desempenham com bastante eficiência o papel de analisador de espectro sonoro, isto é, que conseguem determinar a frequência fundamental acompanhada das respectivas frequências harmônicas de uma onda sonora (frequências harmônicas são múltiplas inteiras da frequência fundamental). Dentre eles está o Gram V6, cujo endereço para acesso é <http://www.visualizationsoftware.com/gram/gramdl.html>.

Voltemos ao tubo sonoro: ao bater em uma das extremidades com a palma da mão conforme indica a Figura 2, teremos um tubo fechado em uma das extremidades. O som produzido pode ser captado pelo microfone ligado à placa de som do computador. O Gram V6 salva o som produzido em extensão "wav" e o reproduz de duas maneiras: no alto falante do computador e

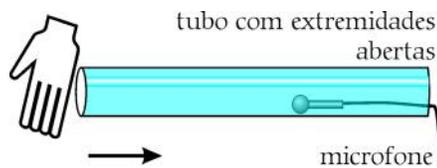


Figura 2. Fonte sonora utilizada para a obtenção do espectro.

simultaneamente na tela, já mostrando as diferentes frequências que o compõem (fundamental e harmônicas).

A Figura 3 mostra o espectro do som produzido em um tubo de 20 cm. Deslizando o cursor pelo espectro temos a indicação da frequência correspondente.

A menor frequência (localizada pelo cursor) é a fundamental e as superiores são as frequências harmônicas produzidas no tubo, sendo  $f_n = nv/4L$  para  $n = 1, 3, 5, \dots$ . O espectro se repete porque foram produzidas várias batidas seguidas. Este procedimento pode ser também visualizado no endereço <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/index.html><sup>1</sup>.

A Figura 4 mostra a curva espectral para o tubo de 20 cm, onde podemos localizar com maior precisão a frequência fundamental e os respectivos harmônicos. O experimento foi reproduzido utilizando-se tubos de comprimentos 20, 40 e 100 cm, nas mesmas condições de temperatura.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos através da curva espectral em cada caso. Quando realizamos este experimento, a temperatura era de 18 °C. Se utilizarmos a relação para a velocidade do som no ar,  $v = 330,4 + 0,59T(^{\circ}\text{C})$  teremos  $v = 341,02 \text{ m/s}^1$ .

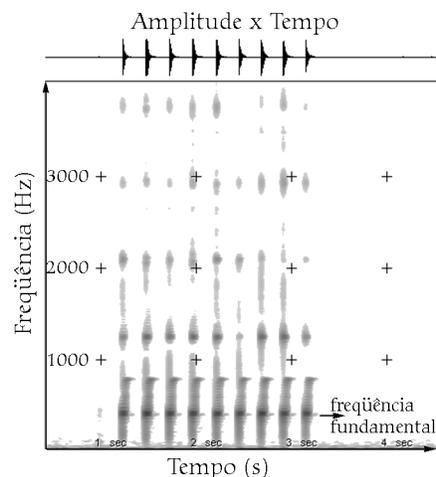


Figura 3. Espectro sonoro para um tubo com 20 cm de comprimento obtido através do software Gram V6. Para facilitar a compreensão representamos os eixos tempo e frequência. Este software mostra também o sinal sonoro capturado através do microfone (amplitude x tempo), como pode ser visto acima do espectro.

Tabela 1. Estimativa da velocidade do som para tubos de diferentes comprimentos, à temperatura de 18 °C.

Comprimento do tubo (cm)	Frequência fundamental (Hz)	Velocidade do som (m/s)
20	412 ± 4	330 ± 3
40	205 ± 3	328 ± 4
100	82 ± 2	328 ± 6

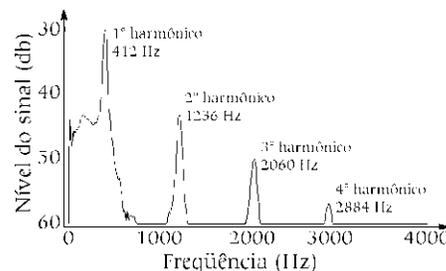


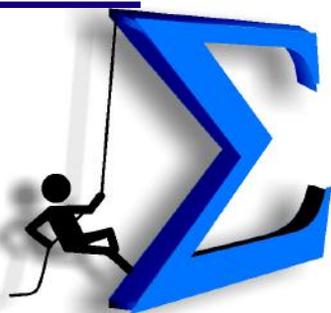
Figura 4. Outra forma de representação espectral que pode ser obtida através do software de análise sonora Gram V6. Para obter esta curva basta clicar sobre a região do espectro sonoro do gráfico representado na Figura 2 e fixar as condições de resolução desejadas. O valor de frequência pode ser obtido diretamente na tela alterando-se a posição do cursor para o ponto da curva em que se deseja obter esta informação.

O software Gram V6 permite ajustar a banda de frequência a ser analisada bem como o número de canais de coleta de dados de modo a obtermos a precisão indicada na Tabela 1.

A utilização do computador como ferramenta de medida tornou o processo de determinação da velocidade do som muito rápido e simples, além de barato, podendo ser reproduzido em sala de aula sem grandes restrições (não precisa ser um laboratório de Física, por exemplo). Usando um pouco de criatividade, é possível usar o processo de medição de frequências de ondas sonoras em outros experimentos: por que não construir um instrumento musical? Seja com tubos ou cordas, certamente é uma atividade que desperta o interesse dos alunos além de proporcionar uma ampla discussão sobre Acústica.

## Referências Bibliográficas

1. <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/index.html>, site do Grupo de Novas Tecnologias em Ensino do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
2. "Fundamentos de Física", Halliday, D.; Resnick R.; Walker, J.; v. 2, 4ª edição, LTC.

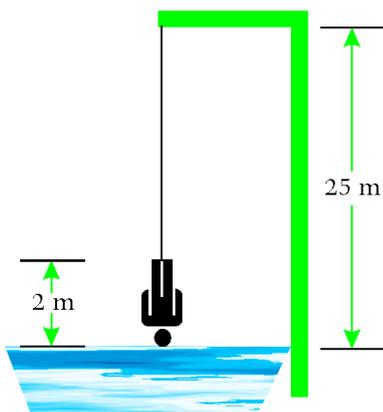


# Problemas Olímpicos

## Novos problemas

1 Os três problemas a seguir fizeram parte da X Olimpíada Cearense de Física de 2002

**Problema 1.** Um homem de 2 m de altura salta de uma plataforma 25 m acima da superfície de um lago com uma corda elástica amarrada aos pés (praticando o 'esporte' chamado *bungee-jumping*). Ele cai verticalmente a partir do repouso. O comprimento e as propriedades elásticas da corda são tais que a velocidade do homem é zero exatamente no instante em que sua cabeça encosta na água. Depois a corda retrai um pouco e o movimento acaba quando a cabeça do homem está a 8 metros da superfície da água.

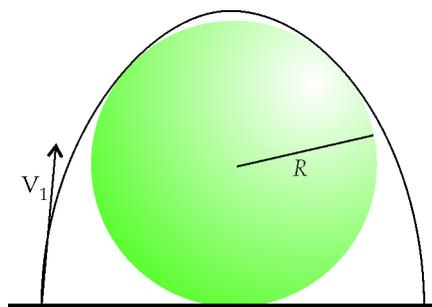


a) Encontre o comprimento normal da corda, quando não está esticada.

b) Encontre a velocidade e a aceleração máximas durante toda a queda.

Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Problema 2.** Um tronco cilíndrico de raio  $R$  está sobre um plano horizontal.



Um grilo quer saltar por sobre o tronco com a menor velocidade inicial possível. Ache o valor dessa velocidade inicial mínima. Nota: A posição inicial do grilo ao saltar pode ter qualquer valor. Pode ser útil a seguinte relação entre dois números  $X$  e  $Y$  quaisquer:

$$\frac{1}{2}(X + Y) \geq \sqrt{XY}$$

**Problema 3.** Um avião voa com velocidade horizontal constante

$V_A = 470 \text{ m/s}$ . Um observador no solo ouve pela primeira vez o barulho do avião 21 s após ele ter passado por sobre sua cabeça. Qual é a altura em que o avião está voando? Considere a velocidade do som  $V_s = 330 \text{ m/s}$ .

2 Densidades terrestre e solar. O ângulo na qual o Sol é visto da Terra (diâmetro angular do Sol) é aproximadamente  $10^{-2}$  rad. O raio da Terra é  $R_T = 6400 \text{ km}$  e a aceleração da gravidade terrestre é  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ . Usando estes dados, determine a razão entre a densidade média da Terra e do Sol.

Dicas: um ano  $\sim 3.10^7 \text{ s}$  e o volume de uma esfera é  $V = (4/3)\pi R^3$ , sendo  $R$  o raio da esfera.

*Quantum*

Julho/Agosto -1999

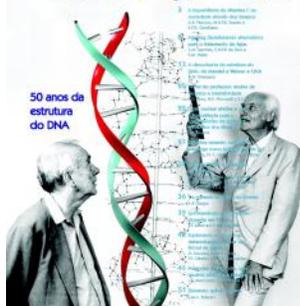
3 Placa quente. Uma placa grande condutora, fina, de área  $S$  e espessura  $d$  é colocada em um campo elétrico homogêneo  $\vec{E}$ , cuja direção é perpendicular a placa. Quanto calor é dissipado na placa quando o campo elétrico for desligado?

*Quantum*

Julho/Agosto -1999

Aguarde no próximo número as soluções do v. 3, n. 2 e destes problemas

química nova NA ESCOLA



## Química Nova na Escola n. 17

A revista *Química Nova na Escola*, lançada na reunião anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) em maio, chega ao seu décimo sétimo número. Sua chamada de capa aponta para o cinquentenário da descoberta da estrutura do DNA. O sítio da SBQ disponibiliza gratuitamente boa parte das revistas lançadas até o momento. Visite o endereço [www.sbq.org.br](http://www.sbq.org.br) e procure o ícone 'publicações' para saber mais a respeito. Além dos dezessete números já editados, *Química Nova na Escola* lançou também um kit composto por fita de vídeo, CD-Rom contendo os dez primeiros número da revista e quatro cadernos temáticos abordando diversos temas relacionados à Química (o caderno sobre estrutura da matéria apresenta artigos de alto nível e os assuntos abordados tratam basicamente de Física Quântica).

# Resenhas

## Física – Um Outro Lado

Vale a pena conhecer este “Outro Lado da Física” apresentado pelos autores de maneira alegre e descontraída, mas sem perder o rigor conceitual. Com temas distribuídos em quatro volumes, o aluno é convidado a percorrer todo o conteúdo de Física abordado no Ensino Médio, não apenas resolvendo “problemas escolares”, mas, efetivamente, entrando no universo da Física.

Logo no início de cada livro, divertidos diálogos com conceitos fundamentais da Física já colocam o leitor diante de interessantes questionamentos. No volume *Um Olhar Para os Movimentos*, o tempo é entrevistado pelo movimento; no *Faces da Energia*, a entrevistada é a própria Energia; no *Calor e Temperatura* é o calor (que por falha conceitual do repórter deveria participar de um debate com o frio, que por razões óbvias não pôde comparecer) e finalmente no *Luz e Cores*, a luz é que é colocada na berlinda.

Em relação aos conteúdos previstos nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN-EM), os livros são completos e estão em total acordo com os mesmos, de modo que podem ser adotados como livros-texto. Outrossim, podem ser adotados na forma de leituras complementares, pois transpõem o conceito tradicional de “livro didático”. Dada a forma como os temas são abordados, os livros podem servir também como leitura extracurricular, na divulgação dos conceitos da Física para um público mais amplo.

Ao final de cada volume existem suplementos onde questões e problemas tirados de exames vestibulares e

no Exame Nacional de Ensino Médio são propostos. São apresentados também alguns roteiros para a realização de experimentos simples e conclusivos sobre cada assunto. A seguir, faremos um breve apanhado dos temas abordados em cada livro.

Em *Um Olhar Para os Movimentos*, apresenta-se uma visão histórica sobre as causas dos movimentos, desde Aristóteles até Newton, passando por Galileu. Desenvolvem-se os conceitos de velocidade média e velocidade instantânea, utilizando-se apenas de conceitos matemáticos condizentes com os ensinados no Ensino Médio. Todas as equações dos movimentos retilíneo-uniforme e uniformemente-variado são deduzidas a partir de discussões conceituais, tornando claras as procedências, bem como problemas ilustrativos são resolvidos. Passa-se também pelas experiências do plano inclinado, pelo movimento em duas dimensões e discute-se uma análise de Galileu a respeito do movimento de queda livre.

Em *Faces da Energia* aborda-se a conservação da energia como um princípio e a relação entre energia mecânica e trabalho, considerando sistemas com uma ou muitas forças. As equações são deduzidas, mesmo para resultantes das forças atuando em direções diferentes daquelas do movimento. As forças de atrito também são tratadas e as transformações da energia são discutidas. Discute-se ainda a degradação da energia e suas relações com a entropia. O livro termina com a discussão sobre as origens históricas da conservação de energia.

Em *Calor e Temperatura*, através do uso de analogias de fácil entendimento, analisa as relações entre as grandezas calor, temperatura e pressão e, utilizan-

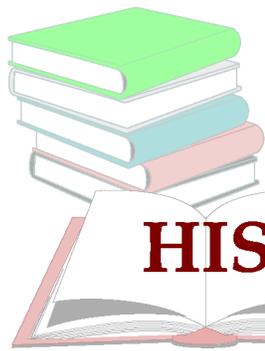
do-se de exemplos corriqueiros no dia a dia de qualquer pessoa, seja professor ou estudante, são tratadas as trocas de calor e temas correlatos para diversos tipos de materiais. As diversas fases das substâncias e suas mudanças são facilmente exemplificadas no regime de temperaturas presentes no nosso dia-a-dia, e são apresentadas aplicações para esses fenômenos. Na questão da dilatação, discute-se o comportamento anômalo da água. Alguns fenômenos atmosféricos são debatidos e a história da teoria do calor é apresentada ao final.

Em *Luz e Cor*, discute-se o espectro completo das ondas eletromagnéticas e como essas ondas são produzidas por oscilações de cargas elétricas. As cores são descritas como uma manifestação da luz visível. Tratando os espalhamentos de luz, explica de maneira fácil, por que o céu é azul, por que as nuvens são brancas, por que em determinadas condições alguns objetos são transparentes e o que é difração da luz. Segue uma discussão dos processos físicos do olho humano e sua sensibilidade. Esse livro termina com um pouco de história sobre Newton e a luz.

Todos os livros estão bem diagramados com ilustrações bonitas e atraentes que estimulam a aprendizagem. A coleção, em nossa opinião, apresenta apenas uma falha que pode ser reparada em edições futuras: a quase ausência de temas relacionados com a Física Moderna e contemporânea.

*Física – Um Outro Lado*. Aníbal Figueiredo e Maurício Pietrocola, Editora: FTD S.A, 4 Volumes, São Paulo (2000).

Carlos Alberto Olivieri  
e Alice Pierson  
UFSCar



# Notas da HISTÓRIA DA FÍSICA no Brasil

## Henrique Morize, os raios-X e os raios catódicos

Talvez a primeira pesquisa experimental, dentro do contexto da Física Moderna, tenha sido realizada no Brasil pelo físico e astrônomo **Henrique Morize** (1860-1930). Ele publicou, em 1898, uma tese com o título *Raios Catódicos e de Roentgen – Estudo teórico e experimental da descarga nos gases rarefeitos*, na qual estão relatados alguns experimentos, feitos em 1896/97, sobre um dos mais importantes temas da física da época: a natureza e o comportamento dos raios catódicos e dos raios de Roentgen (raios-X).

A tese foi apresentada no concurso para a cátedra de Física Experimental na Escola Politécnica do Rio de Janeiro e se dividia em quatro partes: Descarga elétrica nos gases rarefeitos; Raios catódicos; Raios de Roentgen; Dispositivos experimentais e aplicações. Morize discutiu as características básicas das descargas elétricas nos gases rarefeitos e as principais concepções sobre a natureza dos raios catódicos (corpúscular ou ondulatória) filiando-se aos que defendiam uma natureza corpúscular e que imaginavam que eram íons. A concepção de que tais raios seriam partículas sub-atômicas carregadas (elétrons), como Thomson havia proposto um ano antes, não é mencionada, assim como não há referência às medidas da razão carga/massa dos raios catódicos já realizada por Zeeman ou Kauffmann e Wiechert. Isso sugere que a difusão da ciência produzida na Alemanha e na Inglaterra se dava aqui com maior atraso, em contraposição à francesa,

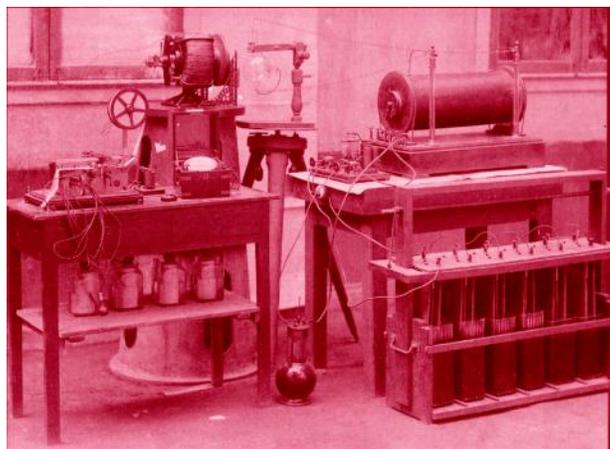
sobre a qual Morize estava bem atualizado.

O aspecto mais interessante da tese é a descrição de alguns experimentos que realizou e de outros que propunha que fossem feitos, especialmente na investigação dos raios-X e de seus usos. Alguns desses experimentos ele não conseguiu fazer por falta de equipamentos e de recursos materiais para a montagem. Morize publicou nos *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* (v. 127, p. 546-548, 1898) uma nota em que apresenta os resultados que obteve ao medir a duração da emissão dos raios-X com um dos aparatos que montou. Em outro experimento esquematizado, mas não realizado, ele se propunha a medir a velocidade dos raios-X. Morize estabeleceu também um método prático, cuja descrição foi publicada nos *Comptes Rendus* de 1898, para localizar um projétil dentro de um corpo humano. Durante a I Guerra Mundial, teve de reafirmar a autoria desse processo diante da tentativa de um pesquisador francês que tentou contestá-la.

A importância da tese de Morize foi atestada pelo físico Joaquim da Costa Ribeiro: "Sua tese de concurso, datada de 1898, versou sobre 'Descarga elétrica nos gases rarefeitos', assunto que, naquela época, era atualíssimo, incluindo algumas das mais importantes contribuições trazidas à Física em fins do século

passado, pela escola de experimentadores ingleses, e que deveriam desempenhar papel fundamental nos desenvolvimentos subsequentes da Física Atômica e da Física Corpúscular." No entanto, estes trabalhos em Física Experimental de Morize não tiveram prosseguimento. Apesar de ter se mostrado suficientemente competente na realização de experimentos, Morize não pôde se consagrar à pesquisa neste domínio da Física Experimental. Estava claramente limitado pelas condições precárias existentes no Brasil e pela opção profissional de se dedicar a outras atividades científicas.

Morize teve também um papel de destaque em várias áreas vizinhas à Física, tendo iniciado os estudos de sismologia no Brasil. Em 1905, instalou no Observatório instrumentos que permitiram registrar sismos. Estudou questões de geodesia e investigou o campo elétrico da atmosfera do Rio de Janeiro. Deu também importantes contribuições à Meteorologia, em particular na organização de uma rede nacional de estações meteorológicas. Participou da expedição para a determinação geográfica da futura capital do país e chefiou a delegação astronômica brasileira que observou o eclipse de 1919 em Sobral. Em 1916, Morize fundou, ao lado de outros cientistas, a *Sociedade Brasileira de Ciências*, que se transformaria na Academia Brasileira de Ciências. Ele foi o seu primeiro presidente, entre 1916 e 1926. Presidiu também a Rádio Sociedade, a primeira estação de rádio brasileira, cujo principal motor era seu amigo Ro-



Equipamento utilizado por Morize em 1896/97 para realizar suas experiências com raios-X

quette Pinto. O objetivo da Rádio Sociedade era levar a educação, a cultura e a ciência até os lugares mais distantes do território nacional. Ao longo dos quase 30 anos em que lecionou Física Experimental na Escola Politécnica, a postura de Morize sempre foi a de realizar demonstrações práticas durante as aulas. Isso constituía uma importante novidade para o cenário científico brasileiro da época.

Uma das mais destacadas contribuições de Morize foi a difusão do uso dos raios-X no Brasil. Ele não foi o primeiro a fazer radiografias aqui, tendo sido antecedido pelo Dr. Francisco Carneiro da Cunha e seu preparador Manoel de Queiroz Ferreira, em março de 1896, quatro meses após os trabalhos de Roentgen. Mas Morize se engajou imediatamente na nova empreitada, aprimorando o processo e realizando um grande número de radiografias ainda em 1896. Sua inte-

ração com os médicos Camillo Fonseca e Araújo Lima levaram à criação do primeiro gabinete radiológico do país, que durou cerca de um ano e meio. Os altos custos do material e a realização de muitos exames gratuitos levaram o empreendimento à falência.

Quando da morte de Morize, em 1930, os jornais do Rio anunciavam que ele havia sido o fundador da Física Experimental no Brasil. Exageros à parte, sua contribuição, especialmente no que tange ao estímulo às atividades experimentais e à organização da comunidade científica no Brasil, foi de fato muito significativa. As suas atividades em prol da ciência pura e da difusão da educação, da informação científica e da consolidação de instituições científicas em moldes pro-

fissionais contribuíram em muito para que ele desfrutasse da fama de pioneiro da luta pela ciência básica no Brasil.

Encerremos com uma frase, ainda hoje atualizada, de Morize: “A ciência pura, desinteressada, da qual nascem as aplicações práticas, tal como da semente resultam a planta e o fruto, é a base da riqueza nacional, e as nações que a abandonam, fiadas no benefício provável das pesquisas feitas nos países que melhor compreendem os interesses seus e da humanidade, ficarão condenadas a serem países de segunda classe, qualquer que possa ser a riqueza ostentada em certa fase”.

Ildeu de Castro Moreira  
Instituto de Física – UFRJ

**Morize não foi o primeiro a fazer radiografias no Brasil, mas seu engajamento na técnica foi grande a ponto dele montar o primeiro gabinete radiológico do país**

## Navegando na WEB



[www.physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/index.html](http://www.physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/index.html)

Você quer saber o valor mais preciso das constantes físicas no Sistema Internacional? Pois não deixe de visitar o NIST. O sítio contém ainda informações no SI. Além disso há um pequeno curso de como calcular e expressar os erros de um resultado de medidas.

[www.ba.infn.it/www/didattica.html](http://www.ba.infn.it/www/didattica.html)

Aqui temos uma porção de quase tudo, de Física, Matemática, Astronomia, equações diferenciais ordinárias e muito mais. Alguns laboratórios

virtuais baseados em *applet* Java. Um sítio bastante completo, inclusive com aplicações em Engenharia, demonstrações em classe, livros de multimídia, questões e respostas... vale a pena dar uma navegada por lá.

[www.if.ufrgs.br/cref/ntef/index.html](http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/index.html)

Tem sido crucial a utilização de novas tecnologias no ensino, em particular a utilização da informática. Ensino à distância, Internet, *softwares* gratuitos e aquisição automática de dados, dentre outros, são exemplos destas novas tecnologias que sem dúvida pode incre-

mentar o canal de comunicação ensino/aprendizagem. O sítio acima é um exemplo excelente que visa a auxiliar os professores do Ensino Médio. Vários assuntos, tais como a Física e Música, Eletricidade e Magnetismo e Relatividade Restrita, dentre outros, são apresentados de maneira muito clara.

[www.cienciaonline.org](http://www.cienciaonline.org)

Esta página é voltada para assuntos de ciências em geral. Podem ser aí encontradas novas áreas temáticas como Geologia e Biotecnologia, além de uma parceria com a NASA. Este sítio é bastante dinâmico, pois trata-se de uma revista científica com atualizações freqüentes.

[omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/infoenci.html](http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/infoenci.html)

Aqui temos uma página alternativa para a utilização da informática no Ensino de Física. Particularmente a utilização do LOGO, passo a passo, aplicado ao estudo de alguns fenômenos físicos tais como lei de resfriamento de Newton.



## A influência da pressão<sup>1</sup>

### Objetivo

Mostrar que sob pressões diferentes uma substância ferve a temperaturas diferentes.

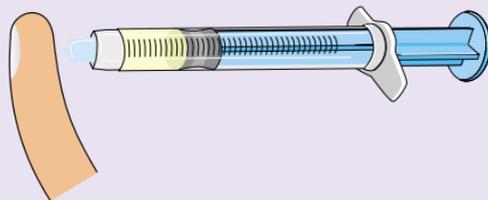
### Material

- seringa plástica de 20 mL
- acetona<sup>2</sup>

### Procedimento

Coloque um pouco de óleo dentro da seringa para reduzir o atrito entre o êmbolo e a superfície interna da mesma. Encha a seringa com uma pequena quantidade de acetona. Expulse o ar que estiver dentro da seringa, deixando apenas

o líquido. Feche o bico da seringa com o dedo, e depois puxe rapidamente o êmbolo.



### Observe que...

A acetona entra em ebulição durante alguns instantes.

### Explicação

Quando se diminui a pressão sobre a acetona (expansão do volume do êmbolo), suas moléculas necessitam de menor energia cinética para o

escape do estado líquido para o estado gasoso. Em outras palavras, a temperatura de ebulição da acetona fica menor do que a temperatura da solução na seringa, por isso ela entra em ebulição.

### Tópicos de discussão

- o efeito da pressão sobre a temperatura de ebulição de uma substância.
- mudança de estado.

Fábio Luís Alves Pena  
IF/UFBA  
flpena@bol.com.br

<sup>1</sup>Este experimento foi inspirado numa questão do vestibular da FUVEST de 1991.

<sup>2</sup>Muito utilizada em salões de beleza para retirar esmalte das unhas.