

I ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA - RS



ATAS



Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS

24 a 26 de novembro de 2005

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(Carla T. Flores Torres; CRB 10/1600)

E56a I Encontro Estadual de Ensino de Física - RS (1. : 2005 : Porto Alegre, RS).
Atas / Encontro Estadual de Ensino de Física - RS;
Organizadores Ives Solano Araujo ... [et al.]. – Porto Alegre :
Instituto de Física – UFRGS, 2006.

212 p. : il.

Organizado pelo Grupo de Ensino de Física da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

1. Ensino de Física I. Araujo, Ives Solano II. Título

PACS fc01.40.

Impressão: Waldomiro da Silva Olivo
Intercalação: João Batista Costa da Silva

I ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA

ATAS

Organizadores do evento:

Marco Antonio Moreira
Eliane Angela Veit
Fernanda Ostermann
Fernando Lang
Ives Solano Araujo

Organizadores das atas:

Ives Solano Araújo
Eliane Angela Veit
Marco Antonio Moreira



Porto Alegre, 24 a 26 de novembro de 2005

Apresentação

O I Encontro Estadual de Ensino de Física – RS foi organizado pelo Instituto de Física da UFRGS, através do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física e do Grupo de Ensino de Física, como mais uma iniciativa de promover o ensino da Física em nosso meio.

Como se sabe, cada vez há menos aulas de Física no ensino médio e cada vez menos jovens pensam em ser professores de Física. Além disso, os currículos estão desatualizados, ensina-se no século XXI a Física do século XIX, e a preparação para o vestibular tolhe completamente a liberdade dos professores e incentiva a aprendizagem mecânica. Há outros problemas com o ensino da Física nas escolas, mas destacar esses é suficiente para evidenciar que esse ensino atravessa uma grande crise.

Por isso mesmo é preciso agir, tanto politicamente para ter mais espaço para a educação científica, em particular para a Física, nas escolas, como na sala de aula e na preparação de professores.

Temos que atualizar o currículo de Física no nível médio e ensinar conceitos físicos no fundamental desde a primeira série, não apenas na oitava. Temos que incorporar as tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física e, de um modo geral, mudar esse ensino para que a Física deixe de ser, para os alunos, um amontoado de fórmulas que se aprende mecanicamente.

Dentro dessa linha de preocupações o Instituto de Física que, praticamente desde que existe, oferece a Licenciatura em Física e tem um Grupo de Pesquisa em Ensino de Física, passou a ter, desde 2002, um Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física com mestrado profissional e acadêmico. Além disso, oferece sistematicamente cursos de extensão sobre tópicos relativos ao ensino de Física.

Todavia faltava ainda uma ação mais aberta que atingisse um maior número de professores de Física. Surgiu então a idéia de fazer um encontro estadual de professores de Física que foi, de imediato, caracterizado como o primeiro porque, seguramente, outros serão organizados. É importante que nos encontremos periodicamente para que nos conheçamos, discutamos os problemas do ensino da Física e busquemos novas abordagens, ou atualizemos velhas abordagens, para tornar a aprendizagem da Física mais significativa e – por que não? – cativante.

É com satisfação e otimismo que apresento aos participantes as Atas do I Encontro Estadual de Ensino de Física – RS.

Porto Alegre, julho de 2006

Marco Antonio Moreira

ÍNDICE

SESSÕES PLENÁRIAS (Artigos)

O PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO DO REDUACIONISMO: COMO APRENDER FÍSICA EM CONSONÂNCIA COM O TEMPO EM QUE VIVEMOS?
Jenner Barretto Bastos Filho
..... 7

ANALOGIAS NO ENSINO DA FÍSICA: POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES
Maria da Conceição Duarte
..... 12

APRESENTAÇÕES ORAIS (Artigos)

PROJETOS CURRICULARES INTERDISCIPLINARES E A TEMÁTICA DA ENERGIA
Alessandro Aquino Bucussi e Fernanda Ostermann
..... 17

UMA PROPOSTA PARA A INCLUSÃO DA FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL
Carlos Schroeder
..... 28

O ENSINO DE FÍSICA NA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO: UMA INVESTIGAÇÃO NOS OBJETIVOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS
Cleci Werner da Rosa e Álvaro Becker da Rosa
..... 37

A EVOLUÇÃO DA INTERFACE DO EQUIL, E RESULTADOS ASSOCIADOS
Gabriela Trindade Perry e Agostinho Serrano de Andrade Neto
..... 44

RELATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA COM MOTIVAÇÃO NA HISTÓRIA
Jeferson Fernando de Souza Wolff e Paulo Machado Mors
..... 49

UMA INVESTIGAÇÃO A RESPEITO DA UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA
Josiane Maria Weiss e Agostinho Serrano de Andrade Neto
..... 57

RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA: ENSINAR FÍSICA COM OS PROJETOS DIDÁTICOS NA EJA, ESTUDO DE UM CASO
Karen Espíndola e Marco Antonio Moreira
..... 69

UM RECURSO DIDÁTICO PARA ENSINO DE FÍSICA, BIOLOGIA E MÚSICA
Laura Rita Rui e Maria Helena Steffani
..... 79

TEXTOS, ANIMAÇÕES E VÍDEOS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA TÉRMICA NO ENSINO MÉDIO Leila J. Gonçalves, Eliane A. Veit e Fernando L. da Silveira	93
RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO O TRATAMENTO DO ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO COM UM ENFOQUE CONCEITUAL Marcia de Melo Braga e Rejane Maria Ribeiro Teixeira	102
O USO DE ANIMAÇÕES COMO ELEMENTO MOTIVADOR DE APRENDIZAGEM Maria Inês Castilho e Trieste Freire Ricci	108
O CONHECIMENTO EPISTEMOLÓGICO NAS ORIENTAÇÕES CURRICULARES DE CIÊNCIAS FÍSICAS E NATURAIS DO 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO NO CONTEXTO EDUCATIVO PORTUGUÊS Manoel Joaquim Cuiça Sequeira e José Luís de Jesus Coelho da Silva	115
O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO Michele Alberton Andrade e Sayonara Salvador Cabral da Costa	126
ENSINO DE FÍSICA COM EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS NUMA ESCOLA AGROTÉCNICA Nestor Davino Santini e Eduardo Adolfo Terrazzan	138
A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE CALORIMETRIA A PARTIR DA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO USANDO DADOS EXPERIMENTAIS Ricardo Robinson Campomanes Santana e Fabiano César Cardoso	150
ATUALIZAÇÃO DA PESQUISA EM RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: INFORMAÇÕES RELEVANTES PARA O ENSINO DE FÍSICA Sayonara Salvador Cabral da Costa e Marco Antonio Moreira	153
PESQUISANDO OS DIFERENTES MÉTODOS AVALIATIVOS DA APRENDIZAGEM E O EMPREGO DE SEUS RECURSOS DIDÁTICOS – NA PERSPECTIVA DOS EDUCADORES DE FÍSICA Tadeu Clair Fagundes de Souza e Renato Heineck	168
RADIAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO Ubiracir Barbosa Júnior	176

APRESENTAÇÕES EM PÔSTER (Resumos)

RESULTADOS PRELIMINARES DE UMA EXPERIÊNCIA DE INOVAÇÃO DIDÁTICA NA DISCIPLINA DE METODOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA I DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNISINOS Angela Maria Jacobus Berlitz e Fernanda Ostermann	181
INVESTIGANDO A PRÁTICA DOCENTE NO ENSINO DE FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS Carla Drum, Carlos Ariel Samudio Perez e Cleci Werner da Rosa	183
UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DINÂMICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO QUALITATIVA DE PROBLEMAS NA PERSPECTIVA DOS CAMPOS CONCEITUAIS Carla Simone Facchinello e Marco Antonio Moreira	184
UMA ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS EM FÍSICA DE ALUNOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA Cátia Simone Stürmer, Carlos Ariel Samudio Pérez e Cleci Werner da Rosa	186
UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA ENSINAR FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS Claudete Pecatti, Cleci Werner da Rosa e Álvaro Becker da Rosa	187
MATERIAL DIDÁTICO ELETRÔNICO INTEGRADO: O EFEITO COMPTON Cristiano Varzim, Ismael de Lima e Michel Betz	188
CALOR ESPECÍFICO, CALOR LATENTE E RESFRIAMENTO DE UM CORPO: ATIVIDADES EM LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO COM A UTILIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS Denise Borges Sias e Rejane Maria Ribeiro Teixeira	189
INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA A EVOLUÇÃO CONCEITUAL EM ENSINO DE FÍSICA Eliana Fernandes Borragini, Isabel Krey, Mateus Mariani e Geverson Luís Rabaiolli	190
SISTEMA DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA PARA O ENSINO DE FÍSICA Giovani Lima de Souza, Michel Betz, Jorge Amoretti Lisboa e Sílvio Luiz Souza Cunha	191
OTIMIZAÇÃO E VERSATILIDADE EM LABORATÓRIO PARA ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL E INTERDISCIPLINAR – UM ESTUDO DE CASO Gustavo Möllmann de Pádua	193
CONSTRUINDO CONHECIMENTO COM MATERIAL ALTERNATIVO: LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS Helena Libardi e Véra Lucia da Fonseca Mossmann	194

SIMULAÇÃO DO EXPERIMENTO DA GOTA DE ÓLEO DE MILLIKAN Ismael de Lima, Cristiano Varzim e Michel Betz	195
A FÍSICA DA FORÇA IMPRESSA COMO REFERENTE PARA A EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS DOS ALUNOS João Batista Siqueira Harres	196
TRABALHOS TRIMESTRAIS: UMA PROPOSTA DE PEQUENOS PROJETOS DE PESQUISA NO ENSINO DA FÍSICA Luiz André Mützenberg, Eliane Angela Veit e Fernando Lang da Silveira	197
TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO MEIO DE AMPLIAR E ESTIMULAR O APRENDIZADO DE FÍSICA Marcelo Antônio Pires e Eliane Angela Veit	199
DESENVOLVIMENTO DE UNIDADES DIDÁTICAS NA FORMAÇÃO INICIAL E CONTINUADA DE PROFESSORES PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL Marcelo Araújo Machado e Fernanda Ostermann	200
UMA PROPOSTA INOVADORA PARA O ENSINO DE FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO: UTILIZAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE ELETRODINÂMICA Maria Beatriz dos Santos Almeida Moraes e Rejane Maria Ribeiro Teixeira	201
O CONHECIMENTO GERADO NA BUSCA DE SOLUÇÕES PARA SITUAÇÕES- PROBLEMAS CRIADAS NA ELABORAÇÃO E NAS APRESENTAÇÕES DE TRABALHOS DE FÍSICA DE UMA FEIRA DE CIÊNCIAS Mario Luiz de Souza	202
FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA Mauro Duro Borges, Fernanda Ostermann e Marco Antonio Moreira	203
VISUALIZAÇÃO INTERATIVA DA REFLEXÃO E TRANSMISSÃO POR UM DEGRAU DE POTENCIAL NA MECÂNICA QUÂNTICA Michel Betz, Cristiano Varzim e Ismael de Lima	204
UM ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA NA UPF: METODOLOGIA CENTRADA NA ESTRUTURA DO EXPERIMENTO Michel Moccelin Viccari, Álvaro Becker da Rosa e Cleci Werner da Rosa	205

UTILIZANDO A MODELAGEM E A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS GASOSOS Osvaldo Balen	206
SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAIS NO ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS Pedro Fernando Teixeira Dorneles, Eliane Angela Veit e Marco Antonio Moreira	207
CRIAÇÃO DE SOFTWARES MULTIMÍDIA INTERATIVOS DE EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA Renato Heineck e Eliane Regina de Almeida Valiati	208
O USO DA MULTILINGUAGEM DA MÍDIA TELEVISIVA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA APROXIMAÇÃO EMPÁTICA Robson L. Bacchin Ilha e Sílvia Luiz Souza Cunha	209
A EXPERIÊNCIA DA DUPLA FENDA ABORDADA NO ENSINO MÉDIO Rogério Avila Chiarelli e Marco Antonio Moreira	210
UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DE DIFRAÇÃO E INTERFERÊNCIA PARA PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO Scheila Vicenzi e Sílvia Luiz Souza Cunha	211
UM HIPERMÍDIA EXPLORANDO SIMULADORES E IMAGENS COMO FERRAMENTAS AUXILIARES NO ENSINO/APRENDIZAGEM DE ÓTICA Valmir Heckler, Maria de Fátima Oliveira Saraiva e Kepler de Souza Oliveira Filho	212

O PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO DO REDUACIONISMO: COMO APRENDER FÍSICA EM CONSONÂNCIA COM O TEMPO EM QUE VIVEMOS?

Jenner Barretto Bastos Filho [jenner@fis.ufal.br]

Departamento de Física e Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Alagoas, Campus da Cidade Universitária, CEP 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil.

Resumo

Este artigo se constitui numa tentativa de conectar alguns tópicos ventilados em um livro recentemente publicado intitulado *‘Reduccionismo: Uma Abordagem Epistemológica’* com questões do Ensino de Ciências e, em especial, do Ensino de Física. Três pontos são enfocados: (1) o primeiro consiste em criticar duas posturas extremas e igualmente *reducionistas* para o Ensino como aquelas denotadas, respectivamente, pelas etiquetas de *conteudismo* e *metodologismo*; (2) a segunda consiste em afirmar a centralidade do papel do Professor no processo educacional, sem qualquer demérito para a centralidade do papel do estudante neste mesmo processo; (3) o terceiro consiste numa crítica à exagerada inserção da educação em ciências no contexto da “ciência normal”, tal como a descrita por Kuhn, como um gravíssimo reducionismo que desencaminha e não prepara cidadãos para os desafios futuros.

Em primeiro lugar quero agradecer ao Prof. Marco Antonio Moreira do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo amável convite para proferir a presente palestra neste *I Encontro Estadual de Ensino de Física*. Gostaria de afirmar aqui, com bastante ênfase, a minha grande satisfação em participar deste evento.

Aproveitando a circunstância de ter trabalhado no tema do *Reduccionismo* durante boa parte do ano de 2005, achei por bem sugerir para título desta palestra *O Problema Epistemológico do Reduccionismo*. Esta palestra se apresenta em continuidade conceitual com um livro recentemente publicado (Bastos Filho, 2005) que recebeu o título *Reduccionismo* e subtítulo *Uma abordagem Epistemológica*. Sem dúvida, o tema tem muito a ver com a *Educação em Ciências* e, em especial, com o *Ensino de Física* em quaisquer graus de escolaridade, mas é necessário mostrar este liame. Aproveito o ensejo para dizer que fui sobremaneira beneficiado pelas contribuições do Prof. Roberto Moreira Xavier de Araújo, numa recente discussão em mesa redonda na qual, ambos, participamos durante o *X Seminário Integrador da rede de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)* realizado em Maceió de 7 a 9 de novembro de 2005. Essas discussões foram de grande relevância para me estimular a pensar sobre essas relações.

Os objetivos do presente artigo são, fundamentalmente, dois: em primeira instância, tenho a intenção de discutir alguns dos aspectos abordados no livro aludido e, em segunda instância, tentarei correlacioná-los com algumas das questões relevantes do Ensino de Ciências e, em especial, do Ensino de Física. Neste sentido, o presente artigo é uma espécie de brevíssimo pós-escrito ao livro no contexto de uma tentativa de ensaiar um diálogo com as questões do Ensino de Ciências e, mais especificamente, do Ensino de Física aproximando-as do tema *Reduccionismo*.

Tecerei agora algumas considerações sobre o livro. O livro recentemente publicado sobre o *Reduccionismo* discute várias dentre as muitas acepções que este termo pode assumir. Há um capítulo que coloca em foco o que a comunidade brasileira de físicos pensa sobre temas correlatos como ‘reduccionismo’, ‘emergentismo’ e ‘teoria final’ estabelecendo um diálogo com um artigo previamente publicado pelo Prof. Arden Zylbersztajn (Zylbersztajn, 2003) do Departamento de Física da Universidade de Santa Catarina. Há também um capítulo que traz à baila as concepções veiculadas na comunidade de pesquisadores que trabalham em questões relacionadas com o *Desenvolvimento e o Meio Ambiente*.

No livro também são exemplificados casos bem sucedidos de reducionismos metodológicos. Talvez o mais emblemático exemplo de um procedimento metodológico reducionista seja a lei de inércia de Galileu-Descartes-Newton. A caricatura do real que consiste em desprezar programaticamente todos os elementos da realidade que não entram na descrição (atritos, dissipações, gravitação, etc.) e *reduzir* a realidade estudada apenas a alguns poucos de seus aspectos revela que esta metodologia radicalmente reducionista foi capaz historicamente de suscitar um avanço do conhecimento e que, portanto, ela tem valor epistemológico.

No entanto, o reducionismo pode ser entendido em outro contexto como aquele que enseja a possibilidade de oferecer explicações para fenômenos tendo lugar em níveis mais altos de realidade em termos de leis e constituintes em níveis mais baixos. Neste contexto, o *reducionismo* se contrapõe ao *emergentismo* cuja posição precípua consiste em asseverar que as emergências em níveis mais altos são essencialmente irreduzíveis a seus componentes e leis em níveis mais baixos.

No livro argumenta-se que colocar em tensão as teses *reducionistas* e *emergentistas* constitui-se em algo muitíssimo fértil e instrutivo. A própria tensão – hoje bastante presente na Física – entre uma tradição *reducionista/unificadora* bem sucedida e uma já promissora teoria da complexidade de teor *emergentista* revela a riqueza extraordinária desse debate.

No entanto, os procedimentos reducionistas podem ser considerados no sentido negativo do termo como o que expressa a generalização constituída na passagem de algo bem sucedido num dado domínio de aplicação para outro domínio, no qual, tais procedimentos reducionistas constituem-se em expedientes fora de propósito e, por conseguinte, revelando-se mesmo em verdadeiros disparates.

No livro são discutidos aspectos da polêmica Anderson – Weinberg, da questão das essenciais cesuras que se constituem em descontinuidades de descrição da realidade quando se passa de um nível de descrição para outro, da irreduzibilidade ou não da passagem das qualidades secundárias às qualidades primárias e outras questões correlatas.

Há ainda outras maneiras de se conceber o reducionismo como a da falsificação grosseira do real como a que nos conduz a descaminhos graves, sem quaisquer contrapartidas em conhecimentos minimamente confiáveis. Um exemplo que se encontra extensivamente discutido no livro diz respeito à redução perversa do conceito de *desenvolvimento* de um país ao conceito de mero *crescimento econômico* deste. Este tipo de reducionismo constitui-se, diferentemente daquele reducionismo bem sucedido de caráter metodológico e que provê o aumento de conhecimento, em algo que distorce e desencaminha o planejamento e o futuro de uma nação.

No contexto da tensão essencial que existe entre os *reducionismos férteis* que ensejam o aumento do conhecimento e os *reducionismos perversos* que ensejam descaminhos é que queremos discutir alguns poucos aspectos da complexa questão do *Ensino de Física*.

Em primeiro lugar, é necessário afirmar que ensinar qualquer coisa que seja constitui tarefa enormemente complexa. Ensinar Física não constitui exceção alguma. Como quaisquer outros campos cognitivos devidamente aprofundados, Física requer longa e elaborada preparação. O Ensino de Física, além da preparação específica no teor próprio da disciplina, requer também preparação específica quanto ao elevado mister de ser Professor e, se possível e de maneira recomendável, requer também preparação adequada nas teorias sobre o complexo processo de aprendizagem. Isso, talvez explique, pelo menos parcialmente, a enorme carência de professores de Física, e ainda com maior razão, a carência de professores de Física que sejam adequadamente preparados em quase todas as partes do mundo.

A Vida é breve e a Arte é longa e, por isso é necessário adotar critérios que sejam minimamente suficientes para que possamos enveredar por questões do gênero. Recentemente o Prof. Alberto Gaspar apresentou um trabalho no qual defendeu uma tese segundo a qual o fracasso

do Ensino de Física reside, em larga medida, na falta de centralidade do papel desempenhado pelo Professor. Ele aduziu o exemplo extremo da assim chamada *Instrução Programada* que foi uma malfadada e desastrosa experiência na qual o papel do Professor era *reduzido* a um protagonista, se não meramente figurante, a de um ser supérfluo. E, no entanto, o professor é o elo mediador que trabalha a tradição estabelecida de sua disciplina e, desejavelmente, sem ser um mero transmissor e/ou repetidor desta, provê meios para que essa tradição seja re-elaborada e, se possível, criticada pelos seus discípulos.

A LDB recomenda o exercício de *Habilidades e Competências* ao invés de uma postura extrema meramente conteudista que não privilegia a reflexão e sim a mera quantidade de assuntos ventilados. Mas, para exercer essas *Habilidades e Competências* faz-se mister contextualizar o teor abordado, o que exige uma elaborada preparação necessariamente centrada em um mínimo criteriosamente escolhido de assuntos que devem ser trabalhados.

Em outras palavras, ao extremismo conteudista que consiste meramente em *encher cabeças*, não deverá ser simplesmente contraposto o extremismo metodológico igualmente nocivo consistindo em somente trabalhar caminhos – ou seja, métodos – sem que estejam presentes quaisquer substâncias em termos de conteúdos mínimos extensivamente trabalhados e julgados de importância essencial para a formação dos indivíduos. *Métodos*, ou *caminhos* assim trabalhados constituem-se em algo meramente *prima facie*, que são apenas prescrições vagas e generalistas sobre uma substância que se desconhece e, portanto, trata-se de algo que deve ser simplesmente recusado. E foi exatamente seguindo argumentos muito parecidos com esses que escrevemos uma crítica (Bastos Filho, 2002) a dois tipos de extremismos, a saber, tanto àqueles dos conteudismos exacerbados quanto àqueles dos metodologismos *prima facie* e injustificáveis.

Por exemplo, para que se atinja um Ensino Médio de qualidade não é necessário e nem mesmo desejável que se trabalhe, de maneira extensiva, um dado aspecto particular de uma lei importante da Física, como por exemplo, a *lei da conservação da energia mecânica*, fazendo-se referência a todos os modelos mecânicos disponíveis na literatura. Uma adoção didática do gênero de teor obsessivamente conteudista pode ser desestimulante para o estudante quando o mesmo estiver estudando a conservação da energia no contexto do eletromagnetismo. Esse estudante pode não ver qualquer liame entre as leis de conservação nos dois domínios. Talvez, muito mais interessante e proveitoso seja enveredar pela adoção didática que recomenda estudar a *lei da conservação da energia, na generalidade em que foi formulada, em meados do século XIX*. Esta adoção didática permite mostrar as diversas transformações de um dado tipo de energia a outro tipo, trabalhando, por conseguinte, *habilidades e competências* a fim de que, a partir de alguns poucos exemplos bem escolhidos e especialmente instrutivos, venhamos a prover condições para que tudo isso seja concebido de maneira contextualizada e integrada.

O que tudo isso pode suscitar em termos de discussões envolvendo *ciência, sociedade e tecnologia* é uma possibilidade a ser incentivada. Nesta orientação se enquadrariam as discussões sobre os processos irreversíveis, os recursos energéticos, o problema do desenvolvimento, entre outros.

Passo agora a outro tipo de consideração, a qual aproxima muito intimamente a maneira extrema com a qual a divisão social do trabalho afetou a instituição da ciência e o ensino de ciências em praticamente todos os níveis de escolaridade.

Se, por um lado, a divisão social do trabalho ensejou o surgimento de especialidades que se multiplicaram numa miríade de outras especialidades ainda mais específicas, é exatamente o aprofundamento dessas especialidades que desemboca na necessidade de que essas conversem entre si num diálogo que representa o sentido inverso, ou seja, o sentido da correlação e da interdisciplinaridade. Por isso as disciplinas e o aprofundamento dessas são coisas salutares. O que não é salutar é que as pessoas trabalhem em campos altamente especializados, sem ter consciência

do que estão fazendo e sem uma compreensão de seu conteúdo. Uma Educação assim concebida constitui-se em um Reduccionismo inaceitável, pois mata o próprio objetivo da Educação enquanto *Elevação do Espírito*¹. É importante que se assevere que a Educação não pode ser meramente reduzida apenas a atender a necessidades mercadológicas ou a algo ainda mais grave como a indústria da guerra e da dominação dos povos.

Neste sentido o combate à atividade da assim chamada “ciência normal”, apegada a um paradigma rígido e intolerante e aos dogmas e prescrições em nome de uma eficiência mais que duvidosa, representa, tal como denunciou Popper um perigo para a racionalidade e para o exercício da crítica. Trata-se de outro *Reduccionismo* inaceitável.

- Como conciliar uma “ciência normal” dogmática com a necessária Educação crítica e cidadã?

Há quem diga que somente os gênios e os cientistas extraordinários podem transcender os limites estreitos e opressores da “ciência normal”, mas que nós, simples mortais, temos que nos contentar em ser operários do saber queiramos ou não. Considero esta solução enormemente perversa, pois neste contexto, ela é equivalente a afirmar que os exercícios da crítica, da cidadania e da autonomia intelectual são meras ilusões para nós, simples mortais, cujas inteligências ou criatividade não nos permitem alcançar os vãos do excelso e do extraordinário.

Mas há um erro nesta posição e aqui reitero a solução que apresentei em um capítulo de livro publicado em 2001 (Bastos Filho, 2001). Os exercícios da crítica, da autonomia intelectual e do nível político de cidadania não são exigências para que venhamos a nos “igualar” a Einstein ou a Galileu ou a Newton ou a quaisquer outros cientistas extraordinários, e sim, e isso é de longe o mais importante, para sermos *os melhores nós mesmos que pudermos alcançar* em sinergia uns com os outros. Por isso a Educação deve ser a melhor possível para todos. Não reconhecer isso é equivalente a afirmar que somente os gênios e cientistas extraordinários podem ter direito à cidadania. Deste modo, a prática da “ciência normal” é parecida com a prática dos vestibulandos que montam algoritmos para soluções de problemas sem a contrapartida do devido conhecimento de causa dos princípios explicativos que justificam plenamente e racionalmente o uso desses mesmos algoritmos. Infelizmente, esta prática está disseminada em todos os níveis de escolaridade e também na prática de muitos pesquisadores. Isso revela além de um *reduccionismo* negativo e inaceitável, uma prática de baixos padrões cognitivos, de baixos níveis de cidadania e de baixos padrões morais. Esse talvez seja um dos mais perversos e reducionistas aspectos que uma Educação para o futuro em termos de uma Educação voltada para um desenvolvimento planetário sustentável não poderá jamais se furtar de tentar superar.

Finalmente gostaria de tecer algumas considerações sobre uma tendência recente no Ensino de Ciências que insiste em atualizar os conteúdos em vista de uma defasagem entre o que se ensina nas salas de aulas com o que se pesquisa nos dias de hoje. O Ensino de Física ministrado nas Escolas Médias é relativo à Física de Galileu e Newton (século XVII), algo da Física do século XVIII e do século XIX como termodinâmica e eletromagnetismo. Muito pouco da Física do século XX é ministrado no Ensino Médio. Recentemente, há uma tendência de diminuir esse fosso com a introdução do Ensino de Física Moderna (teorias quântica e relativista) e até outras tentativas mais arrojadas de ministrar tópicos como supercondutividade de altas temperaturas, física dos quarks, nanociência, nanotecnologia, teoria da complexidade etc. Considero tudo isso muito importante e muito relevante. No entanto, é ainda mais importante que isso seja uma exigência cognitiva e não meramente uma exigência mercadológica para que venhamos a competir enquanto nação no concerto da globalização. Tudo isso é importante por razões cognitivas altas e para que o Espírito

¹ Não apenas no sentido cognitivo, mas no sentido político do exercício da cidadania e, talvez ainda mais importante, no sentido da solidariedade e da Ética.

Humano seja Elevado. O *reducionismo* que nos faz, tão somente, peças de um mercado em competição, não poderá jamais conduzir a uma boa educação.

Finalizo este artigo trazendo à baila mais um ponto o qual deixarei como uma interrogação para que seja refletido. Os currículos de Física são quase todos eles, e praticamente não há exceções, centrados na *mecânica*. A idéia subjacente a esta centralidade é a de que o mundo é fundamentalmente mecânico. Hoje, sabemos perfeitamente que isso não é verdade e que o mundo é muito mais termodinâmico que mecânico. As irreversibilidades, os impactos entrópicos e antrópicos explicam melhor o mundo que a abordagem simplesmente mecânica. E, no entanto, ainda não nos libertamos do peso da tradição mecânica, nem na nossa ciência nem na nossa educação. Trata-se, talvez, de um *reducionismo* grave que não conseguimos superar e não apenas de uma tradição que se no passado nos propiciou relevantes conquistas cognitivas agora constitui sério obstáculo para seja superado.

Referências

BASTOS FILHO, J. B., 2002, ‘Cabeça Bem-Feita versus Cabeça Cheia’, *Pesquisa*, ano 1, n. 1, p. 3 [Revista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) que logo após mudou de título para *Fapeal Rumos*]

_____, 2001, ‘A Ciência Normal e a Educação são Tendências Opostas?’, In: *Ciência, Ética e Sustentabilidade*, MARCEL BURSZTYN (ORG.), São Paulo, Brasília, Editora Cortez, UNESCO, CDS/UnB, p. 61-93.

_____, 2005, *Reduccionismo (Uma Abordagem Epistemológica)*, Maceió, Editora da Universidade Federal de Alagoas (EDUFAL)

GASPAR, A., 2004, ‘Cinqüenta Anos de Ensino de Física: Muitos Equívocos, Alguns Acertos e a Necessidade de Recolocar o Professor no Centro do Processo Educacional’, *Educação - Revista de Estudos da Educação*, Ano 13, n. 21, dez 2004, p. 71-91 [Trata-se da Revista do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas (CEDU/UFAL) publicada em Maceió, Alagoas, Brasil. Embora o artigo tenha sido publicado em um fascículo de 2004, o trabalho foi apresentado durante o XXIII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste de 31 de março a 2 de novembro de 2005 na parte dedicada ao Ensino Médio]

ZYLBERSZTAJN, A., 2003, ‘Teoria Final, Unificação e Reduccionismo: Opiniões da Comunidade Brasileira de Física’, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, março de 2005, p. 1-17. [Disponível também na página eletrônica www.sbf.if.usp.br]

ANALOGIAS NO ENSINO DA FÍSICA: POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES

Maria da Conceição Duarte [cduarte@iep.uminho.pt]
Instituto de Educação e Psicologia.
Universidade do Minho.
Braga, Portugal.

Resumo

A problemática das analogias no ensino da Física será abordada nesta conferência em relação aos seguintes aspectos:

1. Conceito de analogia;
2. Potencialidades da analogia no ensino da Física;
3. Principais linhas de investigação e resultados mais relevantes;
4. Algumas inferências resultantes da investigação realizada, com especial ênfase para as limitações/problemas que se colocam à utilização de analogias no ensino da Física.

A compreensão do conhecimento físico na sala de aula, implica, frequentemente, quer o estabelecimento de relações entre diversos fenómenos do mundo físico quer a construção de novas e mais úteis ligações entre eles. Uma forma de apoiar/facilitar esses processos é através do recurso à analogia. Porque captura paralelismos entre diferentes domínios, um conhecido (*análogo, fonte ou base*) e um outro desconhecido ou pouco conhecido (*alvo, problema ou tópico*), recorre-se a ela quando se carece de conhecimentos sobre um tema, quando se pretende comunicar ideias ou resolver problemas. Esta multiplicidade de funções e o reconhecimento de várias potencialidades didácticas – ajudar a tornar inteligíveis conteúdos novos, favorecer a visualização de conceitos mais abstractos ou fenómenos não observáveis, permitir aceder mais facilmente a um grau superior de complexidade conceptual, promover a correcta compreensão de conceitos mais difíceis (constituindo uma forma de minimizar o aparecimento de concepções alternativas), implicar cognitivamente e afectivamente os alunos, melhorar o interesse e a auto-estima dos alunos – leva a que a analogia seja considerada uma ferramenta didáctica importante na aprendizagem de conceitos científicos, especialmente conceitos complexos, como é muitas vezes o caso da Física.

As potencialidades didácticas da analogia, reinterpretadas à luz de desenvolvimentos ocorridos em campos como o das Ciências Cognitivas e da “Nova” Filosofia da Ciência, e o seu reconhecimento por educadores e investigadores na área da educação em ciências, traduziu-se na emergência de um programa de investigação produtivo que engloba diferentes linhas de investigação. Salientam-se como as mais importantes:

1. Proposta de modelos de ensino com recurso a analogias

Partindo do pressuposto que a aprendizagem é um processo activo de construção de conhecimento e tendo como objectivo facilitar a utilização de analogias de uma forma programada e adequada, diversos autores apresentam modelos de ensino com recurso a analogias, considerando que podem constituir uma ferramenta útil quer na utilização, interpretação e análise crítica de uma analogia utilizada, quer na análise e discussão, por parte do professor, de uma analogia apresentada num manual, quando este não sugere a estratégia a seguir, ou, ainda, como guia de elaboração de novas analogias pelos intervenientes no processo de ensino-aprendizagem.

Os modelos propostos podem agrupar-se em três tipologias – modelos centrados no professor, modelos centrados no aluno e modelos que consideram as duas situações anteriores –, de acordo com a estratégia que privilegiam. Todavia, qualquer que seja o modelo perfilhado ou adaptado, a construção de uma analogia deve compreender três etapas fundamentais: a génese da analogia, que engloba a circunscrição do *alvo* e do *análogo*, bem como as relações entre ambos; aplicação da analogia de modo a permitir compreender melhor o *alvo*; o estabelecimento das

diferenças entre *o alvo* e o *análogo*, bem como as limitações da analogia. Por outro lado, a sua utilização não pode deixar de atender aos seguintes pressupostos: o análogo seleccionado deverá ser familiar ao maior número possível de alunos; os elementos partilhados devem ser identificados quer pelos alunos quer pelo professor; os atributos que não são compartilhados deverão ser identificados sem qualquer margem de dúvida.

2. Estudos de intervenção na sala de aula com recurso a analogias

Inserem-se nesta linha de investigação vários estudos, alguns dos quais seguindo um dos modelos de ensino propostos, onde se procurou ver a eficácia das analogias na evolução conceptual e mesmo atitudinal dos alunos, em tópicos como: “electricidade”, “óptica”, “Leis de Newton”, “calor e temperatura”, “densidade”, “pressão”, “pressão atmosférica” etc.. As estratégias utilizadas integraram nalguns casos analogias simples, noutros analogias múltiplas e noutros, ainda, analogias de aproximação; na maioria dos estudos as analogias foram propostas pelo professor, enquanto que apenas num pequeno número foi pedido aos alunos que produzissem analogias. De uma forma geral, os resultados obtidos parecem indicar que as analogias utilizadas promoveram a aprendizagem dos alunos, facilitando a aplicação de conhecimentos em novas situações.

3. Analogias nos manuais escolares

Os diversos trabalhos inseridos nesta linha de investigação procuraram avaliar manuais escolares, alguns dos quais relativos à disciplina de Física, no que respeita à presença de analogias, sua natureza, localização no texto e forma(s) de exploração. Os principais resultados chamam a atenção para os seguintes aspectos: existem grandes diferenças entre os manuais, quer na quantidade quer na qualidade das analogias incluídas; o repertório de boas analogias parece ser limitado; raramente é tornada explícita a introdução da analogia; muito poucas vezes se observa qualquer tentativa de descrever o análogo ou referência às limitações no seu uso.

4. As analogias na prática pedagógica dos professores

São vários os trabalhos incluídos nesta linha de investigação e que nos dão conta das dificuldades sentidas pelos professores, quer quando explicitam o seu conhecimento sobre analogias, quer quando as utilizam ou se referem à sua utilização no ensino das ciências (ou da Física). A análise dos resultados obtidos, permite constatar o seguinte: a maioria dos professores reconhece a utilidade das analogias e refere o seu uso frequente na sua prática pedagógica; em alguns casos, o conhecimento dos professores relativamente ao conceito de analogia é pouco fundamentado; a analogia surge, em muitas situações da aula, de uma forma acrítica e espontânea; as analogias utilizadas são confusas e, por vezes, os análogos são tão complexos ou mais do que o alvo; as limitações das analogias não são clarificadas; raramente os professores dão oportunidade aos alunos para sugerirem as suas próprias analogias, sendo esta uma das razões para que os alunos apresentem mais dificuldades em compreender as analogias utilizadas; raramente é feita a avaliação da eficácia da analogia na aprendizagem dos alunos.

5. Utilização de analogias ao longo da história da ciência

Esta é, porventura, uma das linhas de investigação mais recente mas cujos trabalhos permitem uma melhor compreensão do papel da analogia no desenvolvimento da Física, da forma como alguns cientistas (por exemplo: Newton, Faraday, e outros) recorreram à analogia para a formulação criativa das suas teorias.

Ao percorrermos, ainda que de forma breve, os resultados da investigação realizada, podemos retirar algumas inferências sendo que a primeira nos parece ser a do pouco impacte que a investigação, teórica e empírica, parece ter tido na prática dos professores, bem como nos livros de texto escolares. Efectivamente, quer professores quer os livros de texto não recorrem suficientemente a estratégias destinadas a favorecer o processo de transferência analógica, como por

exemplo: usar a mesma analogia para explicar vários factos; proporcionar aos alunos situações onde possam desenvolver as suas próprias analogias pessoais; analisar conjuntamente com os alunos os limites da validade da analogia utilizada; desenvolver uma certa variedade de analogias para descrever o mesmo fenómeno; ou utilizar a analogia como instrumento para realizar previsões.

A segunda inferência, está relacionada com a consideração de que não basta escolher uma analogia pelas suas características, a sua eficácia depende do modo como é explorada por professores e alunos. De uma forma semelhante ao que acontece com outros recursos, as analogias não possuem virtudes inerentes que sejam independentes do objectivo com que são utilizadas. Se é verdade que a responsabilidade da aprendizagem cabe ao aluno, o propiciar experiências com frequentes oportunidades para que participe da diversidade de processos que exigem compreensão, cabe ao professor. É na interacção professor/aluno, na discussão dos novos conceitos, das semelhanças e diferenças entre estes e a analogia que serviu de suporte à sua interpretação e compreensão, que reside muitas vezes o sucesso ou insucesso do recurso a um ensino com analogias. Sem esta interacção a utilização da analogia com função heurística não poderá ser consistente nem desempenhar o seu papel. Durante este tipo de interacção, o professor tem condições de avaliar em que medida os alunos compreendem os conceitos análogos, bem como reconhecer se eles estão em condições de estabelecer as relações analógicas correctas. Caso o professor entenda que a analogia não foi parcial ou totalmente compreendida, pode clarificar qualquer situação através de esclarecimentos que julgue convenientes.

A terceira, mas não menos importante, é a constatação de que a par das muitas potencialidades da analogia no processo de ensino-aprendizagem da Física existem limitações/problemas aquando da sua utilização e para as quais os professores devem estar particularmente atentos, nomeadamente: a analogia pode ser interpretada pelos alunos como o conceito em estudo, ou dela serem apenas retidos os detalhes pitorescos, sem se chegar a atingir o que se pretendia; não ocorrência de um raciocínio analógico que possa levar à compreensão da analogia; não reconhecimento da analogia como tal, pelo seu carácter tão persuasivo, ou por outro lado, tão subtil; tendência dos alunos a centrarem-se nos aspectos positivos da analogia e desconhecimento das suas limitações, o que pode conduzir a que não atinjam o que se pretende com a analogia e, conseqüentemente, fazer uma transferência incorrecta de elementos do análogo para o alvo, distorcendo ou sobrevalorizando alguns aspectos em detrimento de outros de igual importância; interpretação “literal” de certos aspectos da analogia ou relações que a própria analogia prevê mas que não são directamente transferíveis, podendo originar erros conceptuais ou reforçando concepções alternativas nos alunos; proporcionar uma falsa ideia de compreensão inibindo o aluno de aprofundar o conceito objecto de estudo.

Em suma, a construção de uma analogia não é um processo linear e unidireccional, mas algo complexo que resulta de um conjunto de aproximações sucessivas em que o indivíduo “saltita” permanentemente entre dois domínios, o familiar e o menos familiar. A sua apresentação no processo de ensino-aprendizagem, não deve ser feita de uma forma espontânea, mas deve seguir uma metodologia pensada, com actividades estudadas, previamente planificadas e posteriormente avaliadas.

Parece evidente que existem alguns factores determinantes no seu sucesso, de que se destacam:

- a) a existência de um ambiente de ensino interactivo;
- b) uma selecção cuidada do análogo, tendo em conta a sua acessibilidade cognitiva e cultural para os alunos com quem vai ser utilizado;
- b) a construção de analogias pelos próprios alunos;
- c) uma avaliação crítica das analogias presentes no manual escolar por parte do professor, pois muito embora alguns livros contenham analogias e o seu uso possa parecer óbvio para os professores, existirão sempre alguns alunos que necessitarão de ajuda para

resolver o problema análogo e estabelecer as semelhanças entre o análogo e o problema proposto.

PROJETOS CURRICULARES INTERDISCIPLINARES E A TEMÁTICA DA ENERGIA¹

Alessandro Aquino Bucussi [alessandro.bucussi@terra.com.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051
Campus do Vale, 91.501-970. Porto Alegre, RS – Brasil.*

Fernanda Ostermann [fernanda@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051
Campus do Vale, 91.501-970. Porto Alegre, RS – Brasil.*

Resumo

Partindo das contribuições da pesquisa em Ensino de Física, Ensino de Ciências e Educação, fizemos uma leitura dos atuais parâmetros e diretrizes curriculares da legislação educacional brasileira para incorporar alguns de seus elementos através de projetos interdisciplinares abordando a temática da energia. Desenvolvemos uma revisão histórico-conceitual da gênese do conceito de energia e de estudos relacionados à sua transposição didática para o ensino médio. Argumentamos em torno da necessidade de superar-se o ensino centrado apenas na resolução de problemas e no desenvolvimento de modelos físico-matemáticos, da importância de diversificar-se o currículo trabalhando com diferentes ênfases, permitindo uma maior motivação e aumentando as oportunidades de aprendizagem. Discutimos os resultados da implementação de duas propostas de introdução do conceito de energia: uma com ênfase nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), e outra com ênfase nas contribuições da História, da Filosofia e da Sociologia da Ciência (HFS). E, finalmente, sugerimos algumas estratégias para dar continuidade ao desenvolvimento da abordagem temática ao longo do 2º ano do ensino médio.

Palavras-chave: currículo, interdisciplinaridade, energia.

Introdução

Partimos do reconhecimento de que a falta de sintonia entre a realidade escolar e as necessidades específicas de sua comunidade expressa-se nos projetos político-pedagógicos destas escolas, freqüentemente figurativos e não representativos de uma opção consciente feita pela comunidade escolar. Quando existe esta sintonia, a escola consegue tornar seu projeto curricular mais representativo, de forma que cada professor, pai ou estudante conhece porque razões são realizados estes ou aqueles tipos de práticas educativas, sabem em função de que tipo de formação escolar se está trabalhando, identificam em nome de que prioridades os recursos materiais foram utilizados e o tempo foi distribuído. Sem isso, sem esta clareza sobre qual currículo se quer praticar e qual nosso papel no desenvolvimento do mesmo, teremos grandes dificuldades em promovermos um educação efetiva, que contribua para a emancipação intelectual, afetiva e social dos estudantes.

Assim, nessa tentativa de se construir um currículo mais representativo dos interesses da comunidade, identificamos o planejamento curricular como um momento estratégico não só no sentido de se buscar uma maior sintonia entre estes interesses, mas para o processo educacional como um todo. Contudo, este momento de planejamento e reflexão da educação escolar tem sido muito pouco valorizado, estando de forma geral associado a uma tarefa burocrática destinada unicamente aos professores que acabam apenas delimitando o “quê”, o “como” e o “quando” se desenvolverá um conjunto de conteúdos disciplinares constituídos através de uma forte influência acadêmica. Deixa-se em segundo plano o “por quê” das escolhas ali contidas.

¹ Extrato de Dissertação realizada sobre a orientação da Profª. Dra. Fernanda Ostermann, a ser apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para o título de Mestre em Ensino de Física. Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ou seja, a escola tem trabalhado de maneira geral com um currículo que resulta apenas de uma seleção fragmentada de tópicos disciplinares isolados que seguem uma visão propedêutica de ensino médio, justificada pelo uso que se fará destes saberes num momento futuro de escolarização, ignorando, desta forma, o caráter de etapa final da educação básica associado ao atual ensino médio. Há uma necessidade de oferecermos aos estudantes um currículo com significado imediato, que se justifique para os estudantes como um todo, e não apenas para aqueles que terão condições de ingressar no ensino superior.

Pouco se faz no sentido de se construir este currículo com uma justificativa convincente das finalidades dos saberes e práticas que se pretende sejam através dele trabalhados, de forma que se deixe claras sua relevância social, ambiental, cultural, científica, filosófica, econômica, política. Desta forma, se no lugar de construirmos um currículo a partir de tópicos disciplinares que se justificam apenas através de seu uso numa etapa superior de educação, à qual nem todos os estudantes sequer chegarão, construíssemos um currículo a partir de temas que explicitassem o “por quê” destas escolhas, pois as mesmas já envolvem um processo de reflexão e justificação mais cuidadoso, talvez tivéssemos melhores resultados.

O que procuramos defender nesta pesquisa é como a abordagem temática pode contribuir neste processo de dar mais significação ao aprendizado. Inclusive por favorecer uma atitude mais interdisciplinar, que acaba levando às diversas disciplinas a romperem com seu tradicional isolamento, estimulando o desenvolvimento de uma visão mais abrangente e integrada do processo educativo. Da mesma forma, a abordagem temática envolve também maiores possibilidades de contextualização, pois tende a ser resultado de escolhas que deverão incluir saberes mais significativos para os estudantes. Estando, inclusive, estes dois movimentos em consonância com a atual reforma curricular em andamento no Brasil desde 1996 com a aprovação da nova LDB.

Assim, é preciso admitir-se que o currículo não é algo que está posto, fixo, permanente, mas sim que ele é algo mutante, adaptável, resultado de um processo que não é exato, justo ou definitivo, mas caótico, complexo, conflitivo. Como afirma Tomas Tadeu da Silva (em Goodson, 1995, p.8):

O processo de fabricação do currículo não é um processo lógico, mas um processo social, no qual convivem lado a lado com fatores lógicos, epistemológicos, intelectuais, determinantes sociais menos nobres e menos formais, tais como interesses, rituais, conflitos simbólicos e culturais, necessidades de legitimação e controle, propósitos de dominação dirigidos por fatores ligados à classe, à raça, ao gênero.

Nossa tentativa, portanto, é de, partindo de uma leitura crítica da atual legislação educacional, avaliar quais são as contribuições que o desenvolvimento de projetos curriculares interdisciplinares têm a dar ao trabalho do professor em sala de aula, em especial naquilo que se refere ao desenvolvimento de uma temática específica que tomaremos como foco de nossa análise: a temática da energia.

Iniciaremos apresentando o referencial teórico e a metodologia de pesquisa que nos orientaram durante o desenvolvimento, implementação e avaliação dos projetos curriculares interdisciplinares que discutiremos na seqüência, finalizando com algumas implicações curriculares.

Referencial teórico

Para que a escola consiga entrar em sintonia com as expectativas educativas de sua comunidade, é preciso que esteja em condições tanto de discutir temáticas de interesse da mesma como de apresentar-lhe de forma motivadora outros temas que julgue relevante. Neste sentido, a temática da energia foi escolhida tanto por sua relevância para ensino de ciências, quanto pela sua relevância no dia-a-dia dos estudantes.

No que diz respeito à relevância do conceito para a ciência, Moreira (1999, p.2) afirma:

Se tivéssemos que citar um único conceito físico como o mais importante para a Física, e para toda a ciência de um modo geral, este seria, sem dúvida, o conceito de energia. De maneira análoga, se tivéssemos que citar qual o mais útil princípio físico para toda a ciência, a escolha, certamente, recairia sobre o princípio de conservação da energia. Aliás, não é difícil de perceber que estas escolhas estão relacionadas.

Acreditamos, portanto, que na construção de um currículo de ciências é importante garantirmos o desenvolvimento de alguns conceitos básicos, úteis tanto no contexto disciplinar quanto interdisciplinar, envolvendo aspectos relativos à tecnologia, à sociedade, ao ambiente e ao cotidiano dos estudantes. A energia parece ser um destes conceitos, vinculada a diversos processos de transformação e manifestações de regularidades, tanto na natureza quanto na sociedade, já foi consagrada como um conceito unificador do currículo de física na obra de Delizoicov e Angotti (1992) e apresenta uma forte presença na dinâmica tanto dos fenômenos naturais como naqueles relativos aos modos de vida e processos de produção da sociedade moderna.

Diante disto, quando se tenta definir de maneira clara e objetiva tanto o conceito de energia, quanto o conceito de currículo, o que se percebe é a existência de uma diversidade de concepções que podem, inclusive, serem dispostas em uma perspectiva histórica. Assim, trabalhamos, num primeiro momento, no sentido de realizarmos uma revisão dos estudos relacionados tanto ao conceito de currículo como com o conceito de energia, a fim de que pudéssemos posicionarmo-nos coerentemente em relação à esta rede de significados associados aos dois termos.

Nestas revisões optamos por desenvolver um paralelo entre o saber científico e o saber escolar, saberes separados por uma transposição didática que passa, desta forma, a ter um papel de destaque no planejamento curricular. Estas duas revisões foram transformadas em textos de apoio ao professor, um sobre o currículo, outro sobre a energia, tendo em comum o desenvolvimento de uma abordagem que apresenta estes conceitos a partir de uma perspectiva histórico-conceitual. Tomamos como referencial para o estudo do conceito de currículo a sociologia da educação em sua vertente pós-estruturalista e para o estudo do conceito de energia a epistemologia de Thomas Kuhn.

Como nestes dois textos também procuramos avaliar a forma como as concepções de currículo e energia se inserem no contexto escolar. Fez-se necessário assumirmos um referencial tanto do ponto de vista da psicologia do processo de ensino aprendizagem, quanto do ponto de vista didático e pedagógico das relações em sala de aula. Posicionamo-nos, desta forma, dentro de uma linha construtivista, adotando de forma complementar a visão interacionista de Vygotsky e a visão interpretacionista de Piaget, e ainda, do ponto de vista didático-pedagógico, nosso principal referencial foi a obra de David Ausubel (Moreira, 1983).

Metodologia

Nosso interesse ao discutir o currículo relacionado ao conceito de energia incluía a implementação e avaliação de propostas curriculares interdisciplinares. Para realizarmos o acompanhamento e a análise de resultados desse processo de implementação adotamos uma metodologia qualitativa associada a uma postura etnográfica.

Buscamos na etnografia uma forma de melhor incluirmos em nossa reflexão sobre o currículo tanto aspectos gerais, relativos aos contextos escolares em que seriam implementados os projetos, quanto específicos, relativos aos estudantes e professores diretamente envolvidos com a implementação da proposta curricular interdisciplinar envolvendo a temática da energia. Foi assim que nossa metodologia de trabalho se estruturou sobre a observação participante acompanhada por uma série de entrevistas e análises de documentos representativos dos ambientes escolares e atores sociais estudados.

Contexto disciplinar

Seguimos avaliando o que chamamos de contexto disciplinar, ou seja, os fatores específicos da disciplina de física que influenciam a forma como se constitui o currículo escolar relativo ao conceito de energia. A parte deste contexto disciplinar relativa àquilo que podemos denominar de saber cientificamente compartilhado e de saber escolar, foi discutida no texto de apoio ao professor anteriormente comentado. Complementando esta análise do contexto disciplinar realizamos uma investigação sobre a contribuição que os livros didáticos e as formas de ingresso no ensino superior têm sobre o currículo da energia.

Analisamos sete livros didáticos, escolhidos como exemplares da influência que estes materiais exercem sobre o currículo escolar do ensino de física, buscando mapear quais são suas principais contribuições para o currículo associado ao conceito de energia. Da mesma forma, analisamos as provas de física do vestibular da UFRGS e as provas do ENEM, de 1998 para cá, como exemplares da influência que a seleção para o ingresso no ensino superior tem sobre este mesmo currículo associado ao conceito de energia.

Contexto escolar

Nesta tentativa de buscarmos elementos relevantes para a análise e planejamento curricular, chegamos ao contexto escolar, ou seja, ao contexto real no qual se daria a implementação de nossos projetos. Duas instituições de ensino colaboraram com esta pesquisa: o Instituto de Educação Divina Providência (IEDP), instituição particular, e o Instituto de Educação Riachuelo (IER), instituição pública estadual, ambos localizados no município de Capão da Canoa no litoral norte do Rio Grande do Sul.

Entendemos que cada contexto escolar específico requer um planejamento curricular próprio, voltado às necessidades e expectativas daquela comunidade escolar em especial. Foi isso que buscamos estabelecer neste olhar etnográfico que lançamos sobre estes contextos, quais as especificidades e potencialidades ali existentes a fim de que tivéssemos condições de realizar um planejamento curricular vinculado à realidade local.

Implementação

A implementação desta proposta acabou ocorrendo e em duas etapas. A primeira, no final do ano de 2004, consistiu em uma avaliação de duas propostas alternativas de introdução do conceito de energia, implementadas com turmas do 1º ano do ensino médio. Uma destas propostas foi marcada pela ênfase nas contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFS), a outra foi marcada pela ênfase nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

A ênfase em HFS teve sua implementação dividida em 5 fases que ocorreram ao longo dos meses de outubro, novembro e dezembro de 2004. Cada fase envolveu uma carga horária de 3 a 6 horas-aula totalizando 30 horas-aula de 55 minutos com cada uma das turmas. O professor-pesquisador tinha dois encontros semanais com as turmas: um de duas horas-aula e outro de uma hora-aula.

Na tabela 1 destacamos as componentes curriculares e a carga-horária de cada uma das 5 fases desta etapa de implementação.

Fases	Componentes Curriculares	Carga-Horária
1ª	Introdução histórica dos conceitos de Quantidade de Movimento e Energia Cinética (<i>vis viva</i>). - Teorema do Impulso e Teorema da Energia Cinética (definição de trabalho). - Lei da conservação da quantidade de movimento. - Estudo das colisões	12 horas-aula

2ª	<ul style="list-style-type: none"> - O contexto histórico da Revolução Industrial e o pensamento Iluminista; - O avanço tecnológico no funcionamento das máquinas e o uso do vapor como fonte de energia. 	3 horas-aula
3ª	<ul style="list-style-type: none"> - Processos de transformação e transferência de energia. - Contextualização histórica da descoberta simultânea do Princípio de Conservação de Energia e sua validade universal. - Definição descritiva do conceito de energia. - Forças conservativas e energia potencial. - Limitação da conservação da Energia Mecânica e as forças dissipativas. 	11 horas-aula
4ª	<ul style="list-style-type: none"> - A degradação da energia. - Potência e rendimento; - 2ª Revolução Industrial (os motores elétricos). - Energia e o Eletromagnetismo. - Energia e a Ondulatória. - Energia e a Física Moderna e Contemporânea. 	4 horas-aula

Tabela 1 – Descrição das fases de implementação da 1ª etapa do projeto.

O planejamento envolvendo a ênfase curricular voltada para as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), foi estruturado de forma a abordar as principais fontes de energia da atualidade: destacando as renováveis das não-renováveis, investigando a tecnologia envolvida no uso da fonte, os envolvimento econômico e sociais, além das consequências ambientais.

Analisando as fontes investigou-se também qual a atual distribuição dos recursos energéticos no planeta e a geopolítica envolvida na gestão e no uso destes recursos. Os atuais debates sobre redução do consumo de energia e uso de fontes renováveis, sustentabilidade, e outras questões sócio-político-ambientais associadas ao uso da energia.

A implementação do projeto curricular pode ser dividida em duas fases:

- a primeira, de 12 horas-aula, foi desenvolvida pelo professor através de aulas expositivas e apresentação comentada de materiais impressos e de vídeos, serviu para a definição de conceitos básicos sobre energia e a articulação de algumas informações e idéias centrais relacionadas às fontes de energia;
- e a segunda, de 8 horas-aula deu mais destaque à participação dos estudantes, envolvendo apresentação de seminários, finalização de textos e realização de avaliações escritas e presenciais.

Nesta segunda fase, o trabalho dos grupos foi dividido em torno de sete diferentes tipos de fontes de energia:

Não renováveis

- Urânio (U_3O_8)
- Combustíveis Fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural)

Renováveis convencionais

- Biomassa I (cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal)
- Hidráulica (incluindo as Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs)

Renováveis não-convencionais

- Biomassa II (óleos vegetais carburantes ou biodiesel)
- Eólica
- Solar

A segunda etapa de implementação ocorreu no início de 2005, consistindo em uma avaliação da forma como a temática da energia pode ser explorada de forma mais interdisciplinar ao

longo do 2º e 3º anos do ensino médio, culminando com a elaboração de duas propostas curriculares para cada um dos institutos de educação onde foram implementados os projetos desta pesquisa.

Nesta segunda etapa de implementação, buscamos aprofundar o estudo sobre as possibilidades de desenvolvimento de um currículo com perfil interdisciplinar focando a temática da energia. Enquanto, na primeira etapa, nossa intenção foi a de abordar a forma como se introduz o conceito de energia no ensino médio em turmas de 1º ano, nesta segunda etapa procuramos avaliar outras possibilidades curriculares que dessem continuidade ao estudo do conceito de energia no 2º e 3º anos do ensino médio.

Quando analisamos a forma como as instituições escolares constroem seus currículos, percebemos que, na maioria das vezes, se a instituição não tem um projeto curricular detalhadamente definido, vinculado ao uso de um material didático específico, por exemplo, os professores acabam tendo uma certa autonomia sobre o planejamento das atividades relativas as suas disciplinas. É o que ocorre nos dois institutos de educação onde o professor-pesquisador atua, isto é, não existem planejamentos curriculares detalhados e nem materiais didáticos pré-definidos, os professores de uma forma geral têm grande autonomia sobre seus planejamentos, mais no IEDP do que no IER, devido ao número maior de professores que atuam numa mesma disciplina neste último, necessitando cumprirem, pelo menos em linhas gerais, um planejamento em comum.

Assim, interessava-nos levar estes professores com relativa autonomia a reverem o momento em que o planejamento curricular vinha sendo realizado, geralmente durante o período de férias ou nas vésperas do início do ano letivo. Buscando um planejamento mais integrado, feito ao longo do ano letivo e contando com a participação dos estudantes inclusive.

Nosso primeiro objetivo, portanto, nesta segunda etapa de implementação foi o de tentar desenvolver uma metodologia de trabalho que permitisse ao professor ir reconstruindo e revendo seu planejamento curricular de forma concomitante com as atividades curriculares do dia-a-dia da sala de aula, contando com a colaboração e o apoio da coordenação pedagógica, de professores e dos estudantes nesta tarefa. Procurando fazer com que o planejamento curricular esteja mais presente no dia-a-dia da escola, como parte do próprio desenvolvimento curricular, contanto, inclusive, com a participação de um número maior de pessoas interessadas em sua elaboração.

Nosso segundo objetivo foi o de realizar este planejamento de forma que oferecesse uma alternativa ao currículo excessivamente disciplinar e acadêmico tradicionalmente praticado no ensino de física. Como já destacamos, este currículo caracteriza-se por ser fortemente influenciado por aquilo que Doménech et. al. (2003) chamaram de “reducionismo conceitual”, ou seja, uma abordagem excessivamente disciplinar, baseada no desenvolvimento de modelos matemáticos e centrada na resolução de problemas, o que vem se mostrando ineficiente, principalmente, no que diz respeito à capacidade de despertar o interesse dos estudantes para a aprendizagem da Física.

O destaque que damos à proposta interdisciplinar visa, antes de tudo, oportunizar aos estudantes o desenvolvimento de uma visão mais abrangente do papel relevante que a energia desempenha tanto para a sociedade em geral quanto para o cotidiano destes mesmos estudantes, complementando, desta forma, a aprendizagem do conceito científico de energia.

Pretendemos, assim, construir um planejamento que apresente uma aproximação mais coordenada da temática da energia, tanto por parte da própria Área de Ciências, quanto pelas demais Áreas. Levamos em consideração o quão pouco se tem produzido pesquisas no campo de Ensino de Física no que se refere à propostas curriculares interdisciplinares. Também os livros didáticos, como já vimos, têm contribuído muito pouco neste sentido, de forma que se percebe um certo desencontro tanto da pesquisa acadêmica, quanto na elaboração de textos didáticos, em relação a demanda existente nas escolas por um currículo mais interdisciplinar; demanda esta com claras influências da atual legislação educacional.

Desta forma, foram desenvolvidos seis os projetos de pesquisa curricular, quatro com turmas do IEDP e dois com turmas do IER. De forma geral, estes projetos de pesquisa envolveram alguns momentos em sala de aula nos horários regulares da disciplina de Física, contudo, boa parte deles foi desenvolvida pelos grupos como atividade extraclasse, principalmente nas turmas do IEDP.

No IEDP, todos os estudantes das turmas envolvidas estavam realizando trabalhos de pesquisa, alguns deles relacionados a outras temáticas e outras propostas de atividades que não as relativas à tópicos de energia e planejamento curricular. Os grupos que fizeram parte desta implementação foram formados aleatoriamente e, inicialmente, não sabiam que participariam desta pesquisa. Sendo assim, a avaliação dos projetos pôde ser integrada à disciplina de Física, correspondendo a 30% da avaliação do 2º trimestre do ano letivo de 2005.

Todos os grupos foram formados a partir das duas turmas de 2º ano e uma de 3º ano do IEDP. Estes grupos concordaram em apresentar parte do material didático por eles desenvolvido sobre a forma de página da web. Isto motivou bastante o trabalho dos estudantes, mesmo porque ao final toda a pesquisa deverá ser organizada pelo professor-pesquisador de forma a disponibilizá-la na página do Instituto na internet (www.iedp.com.br). O fato do IEDP dispor de laboratório de informática com 15 computadores com acesso à internet e da maioria dos estudantes (mais de 65% dos estudantes participantes dos grupos envolvidos) terem condições de acesso discado em casa fez com que a internet se tornasse a principal fonte de pesquisa.

Os trabalhos de pesquisa desenvolvidos pelos grupos de estudantes do IEDP foram todos relacionados a quatro formas básicas de energia: térmica, química, elétrica e nuclear. A energia mecânica já havia sido trabalhada com detalhe no 1º ano quando da implementação da proposta curricular de introdução do conceito de energia através de uma ênfase nas contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFS).

Quanto ao trabalho implementado com as duas turmas do IER, não tivemos a mesma lógica de atividades de pesquisa em grupos, a proposta foi mais centralizado no professor-pesquisador, pois, apesar de se ter incluído atividades de pesquisa extraclasse, houve uma seqüência de atividades em sala de aula destinadas às turmas como um todo.

O tipo de proposta curricular interdisciplinar que se queria construir com estas turmas estava mais voltada à forma como se dá o fluxo de energia e matéria na natureza e na sociedade. A maior parte dos estudantes da turma de 2º ano noturno já havia trabalhado no 1º ano o conceito de energia através de uma proposta curricular onde as fontes de energia foram abordadas a partir das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Buscou-se, portanto, dar continuidade a este trabalho abordando a maneira como a energia obtida a partir destas diversas fontes era então distribuída e consumida na sociedade moderna. Manteve-se, inclusive, a mesma ênfase curricular nas relações CTSA.

Com a turma de 3º ano noturno foi desenvolvido um projeto curricular visando analisar o fluxo da energia e da matéria na biosfera. Como o professor-pesquisador estava trabalhando o conteúdo de Óptica nas aulas de Física, partiu-se da consideração de que são as ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol as principais responsáveis pela quase totalidade da energia disponível na biosfera terrestre. Analisar o fluxo desta energia e os problemas globais a ela associados: efeito estufa e buraco na camada de ozônio, por exemplo, foi a proposta que o professor implementou com toda a turma.

Implicações curriculares

Queremos, com isso, por em discussão a necessidade e a validade de mudanças curriculares na forma como se trabalha não só o conceito de energia, mas a física como um todo, procurando estabelecer um diálogo entre as diversas variáveis que compõe um planejamento curricular, desde os aspectos disciplinares e pedagógicos até os fatores políticos e legais envolvidos no processo.

Destacamos o papel relevante que uma atitude interdisciplinar tem a desempenhar nesta articulação entre os diversos aspectos e fatores que influem sobre o planejamento e a implementação curricular. É, justamente, esta atitude que nos permitiu superarmos um certo reducionismo conceitual, associado a um academicismo e uma tradição propedêutica fortemente arraigada no currículo de ensino médio, principalmente no ensino de física.

Mais especificamente, concluímos ser possível introduzir o conceito de energia já no 1º ano do ensino médio através de uma visão mais abrangente, destacando o caráter unificador do mesmo, e não mais limitando-se ao seu significado apenas no campo da mecânica. Mostrar, além das relações da energia com outros campos da física, sua presença em outras disciplinas: química, biologia, geografia, além de seus aspectos históricos, sociológicos e ambientais.

Finalmente, quisemos argumentar em torno de uma proposta de planejamento curricular que fizesse parte do próprio desenvolvimento curricular, que contasse com a colaboração não só de outros professores, mas também dos próprios estudantes. Enfim, buscamos a construção de um projeto curricular interdisciplinar para a temática da energia que fosse representativo das expectativas e necessidades da comunidade escolar.

Referências

- APPLE, M. (1982). Ideologia e Currículo. São Paulo, Brasiliense.
- AURÉLIO (1999). Dicionário Aurélio Eletrônico – Séc. XXI. Versão 3.0.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARROS, S.S. (2002). Reflexões sobre 30 anos da pesquisa em Ensino de Física. In: Encontro de Pesquisa e Ensino de Física, VIII, Rio de Janeiro. Atas. Cd-rom.
- BRANDÃO, C. R. (1983). Pesquisa Participante, Brasiliense, São Paulo.
- BRASIL (1999). Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio (PCNEM).
- BRASIL (2002). Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio (PCN+). Brasília: MEC, SEMTEC.
- BRASIL (2004). Física, por Ricardo, E.C. Orientações Curriculares do Ensino Médio. Departamento de Políticas de Ensino Médio. SEB/MEC.
- CANDEL, A. R.; SATOCA, J.V.; SOLER, J.B.L. (1984). Interpretación errónea del concepto de entropía (revisión del concepto de orden). Enseñanza de las Ciencias, p.198-201.
- CAPRARA, A. A construção narrativa de problemas. In: MAMEDE, S. et al. (Org.) Aprendizagem baseada em problemas: anatomia de uma nova abordagem educacional. Fortaleza: Hucitec, 2001.
- CHALMERS, A. F. (1993). O que é ciência, afinal? Ed. Brasiliense.
- CHALMERS, A. F. (1988). A fabricação da ciência. Ed. Unesp.
- CHERRYHOLMES, C.H. (1993). Um projeto social para o currículo: perspectivas pós-estruturais. Em Teoria educacional crítica em tempos pós-modernos, org. por Silva, T.T. da, Porto Alegre, Artes Médicas.
- COOL, C. (1987). “Psicologia e Currículo: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar”. Série Fundamentos. Ed. Ática. São Paulo.
- COTIGNOLA et. al. (2002). Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field? Science & Education, 11:279-291.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. (1990). Física. São Paulo: Cortez (Série Formação Geral. Coleção Magistério 2º Grau).

- DELIZOICOV, D. (2004). Pesquisa em Ensino de Ciências como Ciências Humanas aplicadas. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v.21(2): 145-175.
- DOMÉNECH, J.L., et al. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 20(3):285-311.
- DRIVER, R.; WARRINGTON, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, Vol.20, p.171-176.
- DUIT, R. (1984). Learning the energy concept in school – empirical results from The Philippines and West Germany. *Phys. Educ.*, vol.19, p.59-66.
- FORQUIN, Jean-Claude (1996). As abordagens sociológicas do currículo: orientações teóricas e perspectivas de pesquisa. *Educação & Realidade*. 21(1):187-198.
- GALLÁSTEGUI, J.R.O.; LORENZO, F.M.B. (1993). “El café tiene cafeína y nos despierta, nos da energía”: concepciones sobre la energía química, una buena razón para poner de acuerdo a los profesores de física y química y ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1):20-25.
- GARDNER, H. (1999). O Verdadeiro, o Belo e o Bom: os princípios básicos para uma nova educação. Rio de Janeiro: Objetiva.
- GIROUX, H.A.; PENNA, A.N.; PINAR, W.F. (1981). *Curriculum and Instruction*. Berkeley, McCutchan Publishing Corporation.
- GOODSON, I.F. (1995). *Currículo: teoria e história*. Petrópolis, RJ: Vozes.
- GRECA, I.M. (2002). Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências*, 2(1): 73-82.
- HIERREZUELO, J.M.; MOLINA, E.G. (1990). Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1):23-30.
- HIERREZUELO, J.M.; MONTERO, A.M. (1988). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y Química*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, Ciudad Universitaria, s/n, Madrid y Ed. Laia, Barcelona.
- KOMATSU, R. S. et al. Aprendizagem baseada em problemas. In: MARCONDES, E.; GONÇALVES, E. L. (Org.). *Educação médica*. São Paulo: Sarvier, 1998.
- KRUGER, V. Evolução das concepções de professores de ciências e de matemática sobre metodologia; análise de um caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3., 2001, Atibaia. Atas... Atibaia: [s.n.], 2001.
- KUHN, T. S. (1977). *A tensão essencial*. Lisboa: Edições 70.
- KUHN, T. S. (1978). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.
- LABURU, C.E.; CARVALHO, M. de (2001). Controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico no ensino de ciências naturais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(7): 57-67.
- MATTHEWS, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2):255-277.
- MEDEIROS, A. (2002). Metodologia da pesquisa em educação em ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(1):66-72.
- MENEZES, P. H.; VAZ, D. A. A tradição e inovação no ensino de física e a influência na formação e profissionalização docente. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8. 2002, Águas de Lindóia. Atas... Águas de Lindóia: [s.n.], 2002.
- MICHINEL, J.L.M.; D’ALESSANRO, A.M. (1994). El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*. 12(3):369-380.

- MOREIRA, A.F.B. (1998). Didática e Currículo: questionando fronteiras. 23(2):11-26.
- MOREIRA, M. A. (2000) Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1.
- MOREIRA, M.A.; OSTERMANN, F. (1993). Sobre o ensino do método científico. Cad. Cat. De Ens. De Física, v.10, n. 2, p.108-117.
- MOREIRA, M.A. (1983). Uma abordagem cognitivista ao ensino de física; a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre, Ed. Universidade, UFRGS.
- MOREIRA, M.A. (1988). Alguns aspectos das perspectivas quantitativa e qualitativa à pesquisa educacional e suas implicações para a pesquisa em ensino de ciências. Trabalho apresentado no 2º Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, São Paulo.
- MOREIRA, M.A. (1999). Energia, entropia e irreversibilidade. Textos de apoio ao professor de física, nº9. Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS.
- MOREIRA, M.A. (1994). Cambio conceptual: critica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. Trabalho apresentado no II Simpósio sobre Investigação em Educação em Física, Buenos Aires.
- MOREIRA, M.A.; AXT. R. (1986). O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de Física. Revista de Ensino de Física, v..8, nº1.
- MORTIMER (2001). Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. Revista Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências, ??(??):25-35.
- PAZZINATO, A.L.; SENISE, M.H.V. (1995). História Moderna e Contemporânea. São Paulo: Ática.
- PARAÍSO, M.A. (1994). Estudos sobre currículo no Brasil: tendências das publicações na última década. Educação & Realidade, 19(2):95-114.
- PEDRA, J.A. (1997). Currículo, conhecimento e suas representações. Campinas, São Paulo: Papirus (Coleção Práxis).
- PÉREZ-LANDAZÁBAL, M.C.; FAVIERES, A.; MARNRIQUE, M.J.; VARELA, P. (1995). La energía como núcleo en el diseño curricular de la física. Enseñanza de las Ciencias, 13(1):55-65.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A. El conocimiento de los profesores: una propuesta formativa en el área de ciencias. Sevilla: Díada , 1998.
- QUIVY, R. (1992). Manual de investigação em ciências sociais, Gradiva, Lisboa.
- REZENDE, F. As novas tecnologias na prática pedagógica sob a perspectiva construtivista. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 75-98, 2000.
- REZENDE, F. et al. (2004) Identificação de problemas no currículo, do ensino e da aprendizagem de física e de matemática a partir do discurso de professores. Ciência & Educação, v. 10, n. 2, p. 185-196.
- SANTOS, B. de S. (1989). Introdução a Uma Ciência Pós-Moderna, Afrontamento.
- SANTOS, L. L.de C.P. (1995). História das disciplinas escolares: outras perspectivas de análise. Educação & Realidade, 20(2):60-68.
- SAVIANI, 1986
- SCHNETZLER, R. P. O professor de ciências: problemas e tendências de sua formação. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. (Org.). Ensino de ciências: fundamentos e abordagens. Campinas: UNIMEP, 2000.
- SCHÖN, D. Educando o profissional reflexivo. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

- SEVILLA, C.S. (1986). Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3):247-252.
- SILVEIRA, F.L. da; OSTERMANN, F. (2002) A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Cad.Cat. de Ens. De Física*, v.19, nºespecial, p.7-27.
- SNEDEN, R. (1996). *Energia. Coleção Polêmica, Série Horizonte da Ciência*. São Paulo, Moderna.
- SOLBES, J.; TARÍN, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3):387-397.
- SOLBES, J.; TARÍN, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(20):185-194.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4):377-386.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. (2000). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las ciencias*, 22(3):337-348.
- SOLOMON, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, v.20, p.165-170.
- STRUCHINER, M. et al. Elementos fundamentais para o desenvolvimento de ambientes construtivistas de aprendizagem a distância. *Tecnologia Educacional*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 142, p. 3-11, 1998.
- TERIGI, F. (1996). Notas para uma genealogia do curriculum escolar. *Educação & Realidade*, 21(1):159-186.
- TIBERGUIEN (1998). Integrating experiments into the teaching of energy. *INT.J.SCI.EDUC.*, v.20, n. 1, p. 99-114.
- VIANNA, D. M.; ARAÚJO, R. S. UniEscola: dando apoio aos professores de física. *ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 8., 2002. Atas... Águas de Lindóia: [s. n.], 2002. Artigo recebido em dezembro de 2003 e selecionado para publicação em julho de 2004.
- WATTS, M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, v.18, p. 213-217.
- WILSON, M. (1968). *A energia*. Biblioteca científica Life, Livraria José Olympio Editora, RJ.
- WOODS, P. (1986). *La escuela por dentro: la etnografía en la investigación educativa*. Ediciones Paidós e MEC, Barcelona.

UMA PROPOSTA PARA A INCLUSÃO DA FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Carlos Schroeder [quicsch@hotmail.com]
Escola Panamericana, Porto Alegre,RS.

Resumo

O propósito deste trabalho é apresentar uma sugestão de currículo de Física para as quatro primeiras séries do Ensino Fundamental baseado num enfoque construtivista. Para justificar a importância da inclusão da Física nessas séries, é apresentada uma descrição de alguns aspectos relevantes a respeito do ensino e da aprendizagem e que norteiam esse currículo, cujo objetivo maior é promover o desenvolvimento das habilidades cognitivas e afetivas dos estudantes. A título de ilustração, são descritas algumas das atividades que são propostas para crianças nesse currículo.

Introdução

Já se sabe o suficiente a respeito de como as crianças aprendem para que o currículo das séries iniciais do Ensino Fundamental inclua a Física. O Construtivismo implica na necessidade de atividades nas quais os estudantes manipulem, explorem, interajam com materiais concretos, ao invés de somente se dedicar a aulas expositivas e leituras de textos. Além disso, o aprendizado depende, acima de tudo, de uma motivação saudável dos estudantes, sem a qual o esforço pode ficar condicionado a estímulos externos, tais como notas, que precisam ser constantemente reforçados. A Física, por tratar de fenômenos básicos da natureza, permite a manipulação independente e a descoberta de soluções próprias aos problemas propostos, e é, então, um ótimo meio de se desenvolver a curiosidade, o espírito crítico e a auto-estima.

No entanto, a Física ainda está longe das salas de aula dessas quatro primeiras séries. Um dos motivos mais facilmente identificáveis dessa ausência é a pouca intimidade dos professores com a Física, muitas vezes resultado de um contato desagradável durante o Ensino Médio. Este trabalho propõe um currículo que visa não preparar os estudantes desde cedo para as aulas de Física do Ensino Médio, mas usar a Física como instrumento para desenvolver as habilidades necessárias para torná-los capazes de aprender a aprender. Por esse motivo, não se espera que os professores tenham conhecimento da Física do Ensino Médio, mas sim que adotem práticas de sala de aula mais condizentes com as necessidades de seus alunos.

O que é aprender?

A natureza do aprendizado ainda é um tema sobre o qual ainda há muitos pontos a serem explorados e discutidos. Porém, há alguns aspectos sobre os quais já se pode afirmar existir um relativo consenso (Bransford et al., 1999). Dentre estes, os mais relevantes para o presente trabalho são:

- O aprendizado é resultado de uma construção individual que se dá a partir da interação de um indivíduo com outros e com o meio;
- A presença de uma pessoa mais experiente é fundamental para garantir que o estudante persevere, além de ter sua atenção focada para aspectos mais relevantes de uma determinada atividade e, com esse tipo de orientação, possa explorar conteúdos e procedimentos aos quais não teria como dar conta;
- Estabelecer conexões e reconhecer relações são dois componentes centrais do aprendizado e essas relações dependem do conhecimento prévio do estudante;
- Inteligência, ou facilidade em aprender, é algo que se aprende e não a consequência de características inatas;

- As situações vividas pelos estudantes durante o seu aprendizado são tão fortemente ligadas àquilo que eles efetivamente aprendem que essas situações e os conceitos construídos a partir delas se tornam inseparáveis.

A inseparabilidade entre aquilo que se aprende e as situações de aprendizado foi destacada por Vergnaud (Moreira, 2002). Na sua visão, os conceitos construídos ao longo do aprendizado são estruturados em três instâncias: as suas representações, os invariantes (as suas regras e propriedades) e as situações, ou a classe de situações, às quais os conceitos se relacionam. Essas três instâncias são inseparáveis: dominar um conceito significa não somente conhecer suas regras de aplicação e propriedades pertinentes, mas também as suas diferentes formas de representação e quais tipos de situações às quais esse conceito pode ser aplicado.

Pode-se resumir os itens acima descrevendo que o aprendizado é um processo dirigido no qual um indivíduo constrói relações a partir de situações que vivencia, interagindo com o meio e com outros indivíduos. A interação com o meio se dá a partir do momento que um indivíduo possa manipular, agir sobre os materiais que dispõe para observar e refletir sobre as respostas que obtém a partir dessas ações. Informações meramente passadas, ou pelo professor ou escritas em livros, são de eficácia limitada, pois não permitem manipulações. Smith (1989) aponta que, mais importante do que o conteúdo explícito de um texto, a maior parte daquilo que um leitor apreende do ato de ler depende da "informação não-visual", de seu conhecimento prévio do assunto tratado. A eficiência da leitura, portanto, é bastante limitada para a construção de conhecimento: concentrar as aulas de Ciências no uso de livros-texto é uma prática que tem poucas chances de levar os estudantes a aprender. Assim como a prática propriamente orientada leva ao desenvolvimento da fluência da leitura, os estudantes podem desenvolver, na escola, a fluência em aprender.

Stiegler e Hiebert (www.kiva.net/~pdkintl/kappan/kstg9709.htm), ao compararem as práticas de sala de aula de professores de oitava série no Japão e nos EUA, apontaram uma diferença cultural fundamental para explicar os resultados dos dois países em testes comparativos de Matemática (notadamente o TIMSS - *Third International Math and Science Survey*, de 1995, no qual os estudantes japoneses obtiveram o melhor resultado e os norte-americanos se revelaram entre os de pior desempenho): as aulas no Japão costumam se centrar ao redor de poucos problemas para os quais os estudantes devem criar soluções, ao passo que, nos EUA, a quase totalidade do tempo é gasta na reprodução mecânica de algoritmos previamente dados pelo professor. Os estudantes japoneses têm, portanto, mais facilidade em se tornar fluentes em Matemática do que os norte-americanos uma vez que são colocados frente a situações não-familiares (problemas ao invés de exercícios) nas quais constroem soluções ao invés de acumular informações.

O desenvolvimento da fluência em aprender depende do desenvolvimento de dois tipos de habilidades básicas: as *cognitivas* e as *afetivas* (Hautmäki et al., 2002). As habilidades cognitivas remetem ao processo piagetiano de assimilação e acomodação (Piaget, 1976): uma dada situação pode levar um indivíduo a reestruturar seu conhecimento prévio (aquilo que aprendeu) e sua forma de interpretar a realidade (como aprendeu) para, assim, ser capaz de resolver satisfatoriamente um eventual conflito entre a situação vivida e a expectativa inicial que essa situação havia gerado nesse indivíduo. Essas habilidades cognitivas, então, são basicamente divididas em o *quê* se aprende – os conteúdos – e *como* se aprende – a forma pela qual se aprende (ver figura 1). Por sua vez, as habilidades afetivas têm a ver com o *por quê* se aprende. O processo de aprendizado requer que os estudantes permaneçam concentrados em tarefas, nem sempre prazerosas em si, por períodos de tempo progressivamente mais longos, tarefas essas que podem não ser bem sucedidas em várias ocasiões. O ensino, portanto, necessita não somente desenvolver as habilidades cognitivas dos estudantes, mas também seus valores pessoais, a capacidades de perseverar, de lidar com frustrações (auto-controle) e refletir sobre suas ações e expectativas, ou seja, desenvolver suas habilidades afetivas, especialmente porque o desenvolvimento cognitivo necessita de um motivador.

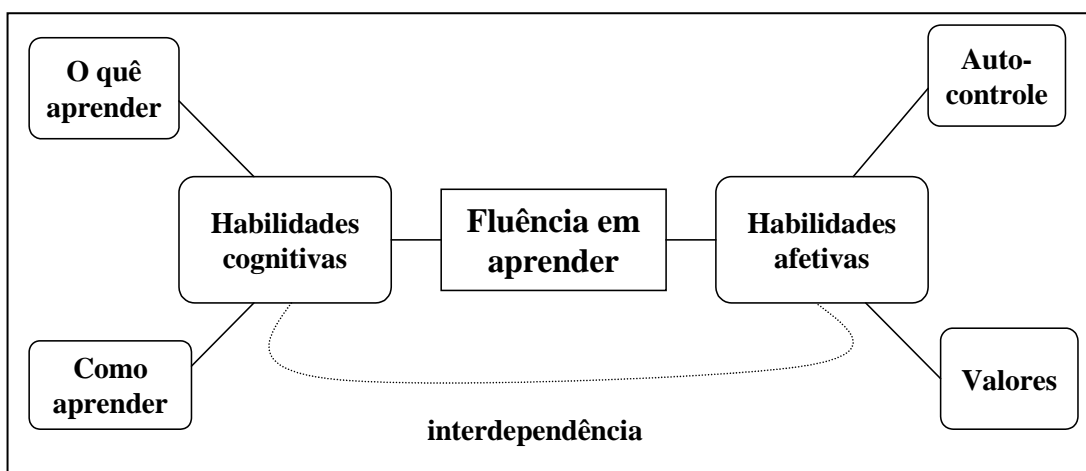


Fig. 1 – Componentes da fluência em aprender.

Aulas de Física para crianças

Por mais que haja controvérsia a respeito de uma série de eventos e fatos relacionados a sua vida e obra, Galileu Galilei (1564-1642) é geralmente considerado como quem verdadeiramente iniciou a atividade conhecida como Ciência. Isto se deve, entre outros fatores, ao fato de Galileu não ter se contentado com uma descrição qualitativa dos fenômenos naturais, mas ter procurado quantificar com a maior exatidão todos os resultados que obtinha. Além disso, em suas obras, Galileu procurava descrever com a maior riqueza de detalhes possível os aparatos que usava, além dos métodos e procedimentos que seguia, para que outros pudessem repetir seus experimentos e concordar ou refutar seus resultados. Acima de tudo, Galileu escrevia em italiano e não somente em latim, como era costume entre os filósofos de sua época (Geymonat, 1997). Essas características de seu trabalho são parte essencial da atividade científica até os dias de hoje: precisão, ausência de dubiedade, divulgação para o maior número de pessoas possível e constante revisão crítica. O ponto central da atividade científica é, portanto, a comunicação, a expressão e a troca de idéias mantendo um espírito crítico. Ioannidis (2005) mostra que, na Medicina, aproximadamente metade dos trabalhos publicados em revistas especializadas é rapidamente refutado, ou seja, provado falso, em publicações posteriores. Prancotal (2004) indica que as chamadas pseudociências exploram justamente a dubiedade e a falta de clareza. A força da Ciência está, então, muito mais na comunicação e na expressão do que em algum método específico de trabalho.

As aulas de Ciências são, então, a melhor oportunidade para desenvolver estudantes com espírito crítico e capacidade de se expressar claramente. Mais do que aprender conteúdos, as aulas de Ciências podem servir para maturar os valores afetivos necessários para o aprendizado em geral. Isso pode acontecer desde que as aulas de Ciências reproduzam as características essenciais da atividade científica: observação e coleta organizada de dados, expressão clara de procedimentos, resultados e conclusões, e discussão crítica de todo o processo. É necessário, portanto, que o ensino de Ciências não se centre nos livros-texto e que as atividades experimentais propostas não sejam meras ilustrações nem “provas experimentais” desses conteúdos mas sim pontos de partida da exploração de temas.

Por ser o mais básico dos ramos da Ciência, a Física apresenta um aspecto extremamente produtivo: pode-se propor atividades experimentais que permitam crianças menores de dez anos manipular diretamente os materiais usados e não se limitar a contemplar fenômenos. Atividades de Física permitem que as crianças ajam sobre os materiais utilizados, observem o resultado de suas ações e reflitam sobre suas expectativas iniciais, reforçando ou revendo suas opiniões e conclusões.

Para melhor cumprir seu papel no desenvolvimento de estudantes com valores apropriados ao aprendizado, as aulas de Física para crianças menores de dez anos podem ser propostas como

desafios, dispensando maiores instruções por parte dos professores. Os resultados obtidos durante as atividades são analisados pelas próprias crianças, que tiram suas conclusões e propõem suas explicações para o que for observado. Dessa forma, não é essencial que o professor ou professora envolvido (a) tenha domínio da Física, mas que seja capaz de propor os desafios e garantir que todas as crianças participem das atividades, discussões e proponham suas próprias conclusões baseadas em argumentos lógicos e nas evidências disponíveis (os resultados das atividades). O fato de essas conclusões não concordarem necessariamente com teorias cientificamente aceitas é secundário. O aprendizado de tais teorias é mais oportuno e frutífero para estudantes mais velhos.

As aulas de Física para crianças menores de dez anos podem seguir a seguinte estrutura básica:

- Introdução oral: o professor apresenta os materiais a serem usados e propõe o desafio para as crianças;
- Organização dos grupos: as crianças se dividem em pares, ou grupos de três ou quatro, e coletam os materiais a serem utilizados, que não ficam já separados, mas dispostos em uma mesa central;
- Realização da tarefa: os grupos tentam resolver o desafio proposto, discutem as propostas de cada uma, experimentam, refletem, pedem auxílio do professor (que só auxilia e facilita, mas não dá respostas prontas), concluem – a atividade em si não pode durar mais do que 5 ou 10 min, uma vez que as crianças podem se sentir entediadas após esse tempo;
- Elaboração de relatórios: após conseguirem resolver o desafio proposto, as crianças elaboram relatórios individuais, nos quais listam os materiais usados, o procedimento adotado, os resultados obtidos e as suas conclusões.

É essencial que as crianças proponham explicações próprias para o que aconteceu durante a realização da atividade e que essa explicação seja efetivamente baseada nos resultados observados e não aleatória. Dessa forma, garante-se que as crianças tenham a oportunidade de desenvolver seu raciocínio lógico e sua capacidade de expressão.

Exemplos de atividades-desafios

O equilíbrio:

Nesta atividade, que pode ser proposta para crianças de sete anos, o professor propõe que os grupos consigam descobrir como equilibrar um retângulo de papelão sobre o dedão (fig. 2). A seguir, os grupos devem equilibrar o retângulo com o dedão colocado no ponto indicado (fig. 3), usando, sucessivamente, um, dois e três grampos de roupas (fig. 4). O desafio é estendido e outras figuras de papelão são propostas (meia-lua, triângulo). Ao final, os grupos constroem uma figura de papelão e escolhem um ponto para servir de apoio com o dedão e passam essa figura como desafio para outros grupos.



Fig. 2 – Tentando equilibrar um retângulo com o dedão.



Fig. 3 – Materiais utilizados e retângulos com o ponto indicado para equilibrá-los.



Fig. 4 – Equilibrando o retângulo com grampos.

Velocidade:

Esta atividade pode ser proposta a crianças de nove anos de idade. Os materiais usados são fita métrica, cronômetro, bolinha de gude e fita crepe. As crianças devem remover as mesas e limpar um corredor na sala de aula. A seguir, medem uma distância a partir da parede (2 m, por exemplo) e traçam uma linha no chão com a fita crepe. Por fim, traçam uma nova linha no dobro da distância medida inicialmente (no caso, 4 m da parede). Essas serão as linhas de largada. A criança responsável pelo cronômetro (pode haver rodízio) permanece em pé ao lado da linha de largada. Cada criança rola a bolinha uma vez em direção à parede. O cronômetro é disparado quando a bolinha passa pela linha e parado quando se ouve ela bater na parede. Cada criança faz uma medida a partir de cada linha de largada e é responsável por anotar seus próprios resultados. Ao final, analisando os tempos, as crianças devem dizer em qual das duas tentativas a bolinha estava mais rápida e explicar sua conclusão. A figura 5 mostra o procedimento.

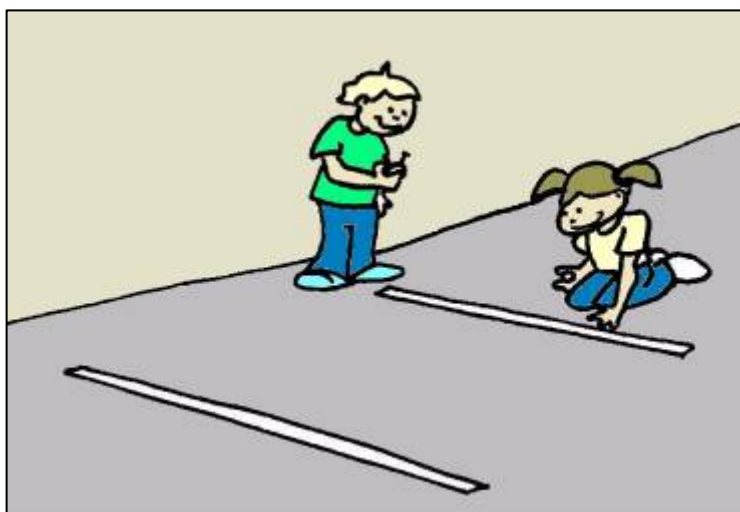


Fig. 5 – Medidas de velocidade.

Lançador de bolinhas:

Esta atividade pode ser proposta para crianças de dez anos. Cada grupo recebe uma boa quantidade de jornais velhos e fita crepe, além de uma bolinha de gude. As folhas dos jornais devem ser enroladas em tubos (fig. 6) e fechadas com fita crepe. Um tubo mais grosso deve ser feito para servir de rampa para a bolinha. O objetivo é construir uma estrutura que sirva para lançar a bolinha usando os tubos de papel (fig. 7). Os grupos podem comparar qual rampa faz o melhor lançamento e alterar suas rampas para conseguir melhorar seus resultados.



Fig. 6 – Tubos de papel.



Fig. 7 – Exemplo de lançadora de bolinhas.

Circuitos elétricos:

Esta atividade é proposta para crianças de dez anos. Cada grupo usa um pedaço de papel alumínio e fita crepe para construir um fio elétrico. Este fio é usado com uma pilha para acender uma lâmpada de lanterna, na forma de desafio (o professor só explica como montar o fio de alumínio e passa o desafio, sem explicar mais nada). A figura 8 mostra um grupo de crianças acendendo a lâmpada. O desafio a seguir é usar duas pilhas e duas lâmpadas e inventar o maior número possível de circuitos que funcionem.



Fig. 8 – Acendendo uma lâmpada.

Qual o ímã mais potente?

Esta atividade pode ser proposta para crianças de sete anos. Cada grupo recebe um conjunto de diferentes ímãs e materiais feitos de metal (clipes, pregos, etc). O professor propõe uma primeira atividade para testar qual ímã é mais potente: ver quantos pregos cada ímã é capaz de suspender (figura 9). Após realizar este primeiro teste, discutir os resultados e elaborar os relatórios (que podem ser desenhos), os grupos devem inventar pelo menos dois outros testes.

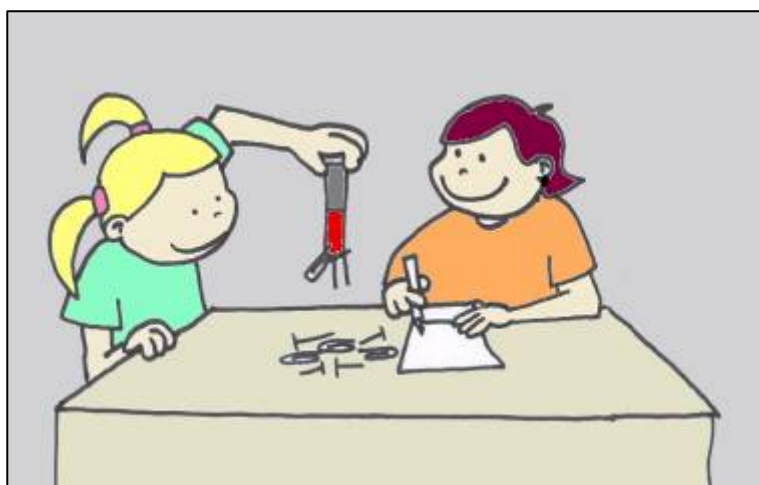


Fig. 9 – Teste dos ímãs.

Conclusões

A inclusão do ensino de Física desde a primeira série do Ensino Fundamental vai além de qualquer aspecto utilitário. Obviamente, é importante que as crianças comecem a construir conceitos físicos desde cedo e consigam, quando já no Ensino Médio, explorar aspectos mais formais desses conceitos para também aplicá-los à Química e à Biologia. Também é importante que os cidadãos sejam minimamente alfabetizados em Física para poderem compreender e formar sua própria opinião a respeito de temas controversos e relevantes, como o uso de energia nuclear ou o efeito estufa. Porém, o ponto central que norteia a inclusão do ensino da Física é a oportunidade de aprender a aprender que ela oferece às crianças.

O ensino de Ciências é oportuno não só porque a Ciência é um componente importantíssimo da nossa cultura; acima de tudo, a natureza da atividade científica a torna uma ferramenta com características únicas para o desenvolvimento de habilidades essenciais a qualquer cidadão: as habilidades cognitivas e afetivas necessárias para aprender. A Física, nesse contexto, é o mais produtivo dos ramos da Ciência por possibilitar, mais que os demais, a exploração e manipulação direta dos materiais por parte das crianças.

O tipo de ensino proposto neste trabalho não requer que os professores tenham domínio da Física do Ensino Médio, mas sim do tipo de atividades e práticas propostas. É necessário, então, que esses professores possam ser expostos a essas práticas de ensino de maneira consistente. Este currículo está, atualmente, sendo adaptado para um minicurso à distância dirigido a professores em conjunto com a UFRJ. Porém, é importante ressaltar que, em casos nos quais a adoção desse tipo de prática de sala de aula foi bem sucedida, o processo de treinamento dos professores durou pelo menos um ano letivo (Hammeyer et al., 1995, e Yager, 2005). Apesar de ser trabalhoso e de demandar tempo, o processo para tornar esse tipo de prática de ensino a regra e não a exceção nas escolas pode resultar numa melhora significativa dos estudantes em todos os conteúdos.

Referências

BRANSFORD, J. D., et al., eds. *How people learn: brain, mind, experience, and school*. Washington: National Academy Press, 1999.

GEYMONAT, L. *Galileu Galilei*. São Paulo: Nova Fronteira, 1997.

HAMEYER, U., et al. *Portraits of productive schools*. Albany: State University of New York Press, 1995.

HAUTAMÄKI, J., et al. *Assessing learning-to-learn: a framework*. Helsinki: National Board of Education, 2002.

IANNONIDIS, J. P. A. Why most published research findings are false. *PLoS Medicine*, v. 2, n. 8, Aug. 2005. Disponível em <http://medicine.plosjournals.org>. Acesso em: 05/09/2005.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1, mar. 2002.

PRANCOTAL, M. *A impostura científica em dez lições*. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

SMITH, F. *Compreendendo a leitura*. Porto Alegre: Artmed, 1988.

STIEGLER, J. W., HILBERT, J. *Understanding and improving classroom Mathematics instruction*. Disponível em: <www.kiva.net/~pdkintl/kappan/kstg9709.htm>. Acesso em 09/08/2003.

YAGER, R. F., ed. *Exemplary science: best practices in professional development*. Arlington: NSTA Press, 2005.

O ENSINO DE FÍSICA NA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO: UMA INVESTIGAÇÃO NOS OBJETIVOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Cleci Werner da Rosa [cwerner@upf.br]
Álvaro Becker da Rosa [alvaro@upf.br]
*Física – ICEG – UPF – Caixa Postal, 611.
Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil.*

Resumo

O presente trabalho busca elucidar os objetivos didáticos dos professores que utilizam o laboratório didático em suas ações pedagógicas nos cursos de engenharia da Universidade de Passo Fundo. Assim, constatou-se que as atividades experimentais estão centradas em atividades que valorizam a participação do aluno, tendo como objetivo a ilustração de conteúdos abordados teoricamente nas aulas expositivas e o desenvolvimento de habilidades como a observação, a análise e a interpretação. Ao mesmo tempo a pesquisa aponta questões para reflexões por parte do grupo de professores do Laboratório de Física.

Palavras-chave: ensino experimental; objetivos didático; ensino de Física.

Introdução

A falta de atividades práticas/experimentais no ensino de física tem sido apontada na literatura nacional como a grande vilã da falta de eficácia no ensino dessa disciplina, nos diversos graus de ensino. Essa conclusão não é recente, emana das décadas de 1950 e 1960 e persiste até nossos dias, tendo sido inserido em vasta bibliografia. Porém, nesses últimos anos, o assunto tem tomado uma maior conotação no cenário educacional, principalmente no ensino superior, fazendo parte de praticamente todos os eventos relacionados ao ensino de física no Brasil.

O resultado desse processo de identificar no laboratório um elemento essencial no processo de ensino-aprendizagem da física, mostra o potencial oferecido por essas atividades aos processos de aprendizagem dos conteúdos. Porém, as discussões não estão centradas na validade ou não de uma atividade experimental para o processo de apropriação dos conceitos, pois isso parece ser inegável. A discussão tem sido direcionada para a amplitude de objetivos a que se destinam essas atividades no âmbito do processo ensino/aprendizagem. Os trabalhos relacionados às atividades experimentais apresentados nos principais eventos nacionais relacionados ao ensino de física, têm apontado para a preocupação com a realização de atividades que conduzam os alunos à aprendizagem dos conceitos físicos, mas que ao mesmo tempo favoreçam o desenvolvimento das capacidades científicas necessárias a atuação crítica e eficaz desses estudantes na sociedade, independentemente de sua opção profissional. Como destaca Pinho Alves (2000), “...um laboratório com a função de oferecer atividades interativas portadoras de um diálogo didático, promovendo a mediação entre o conhecimento vulgar e o conhecimento científico. Um laboratório que auxilie as rupturas, no sentido bachelardiano, e facilite ao estudante conceber a Física/Ciências como uma forma de ver o mundo” (p.293).

O presente texto refere-se a um estudo desenvolvido junto aos docentes da Área de Física da Universidade de Passo Fundo – RS, cujo propósito foi identificar quais os objetivos elencados pelos docentes no desenvolvimento das aulas experimentais de física nos cursos de graduação em engenharia dessa instituição. O foco principal da pesquisa centra-se na reflexão sobre as atividades experimentais de física que atualmente são desenvolvidas na instituição.

O início de um curso superior de engenharia envolve estudos de Física Geral, que em princípio, referem-se a um resgate dos conceitos abordados no ensino médio acrescidos do uso de ferramenta matemática avançada, o cálculo diferencial e integral. Mesmo que não seja o objetivo

deste trabalho, não poderíamos deixar de destacar que essa abordagem denominada *spiral approach*, na qual se aprofunda um determinado conceito em cada nível posterior de ensino, tem seu sucesso dependente de etapas anteriores. Desta forma, se torna imprescindível que o aluno tenha obtido sucesso na etapa anterior, no caso, tenha se apropriado de forma satisfatória dos conceitos básicos relacionados a física no ensino médio. Porém, é sabido que isso dificilmente ocorre, iniciando assim o processo de fracasso apresentado pelos estudantes na compreensão dos conteúdos abordados nas disciplinas de Física Geral nos cursos de engenharia.

As atividades experimentais estão entre as atividades metodológicas como elemento indispensável no ensino superior. Desta forma, a sua efetivação no ensino de física junto aos cursos de graduação é uma realidade, porém a sua abordagem é que sofre algumas variações dependendo de fatores vinculados a instituição, bem como a concepções teórica-metodológica do professor. Foi a partir desta diferenciação nas atividades desenvolvidas nos cursos superiores que emana nosso objeto de estudo nesta pesquisa: *quais os objetivos propostos para as atividades experimentais*. Assim, a investigação busca proporcionar uma análise frente aos objetivos propostos pelos professores na realização de suas atividades experimentais em laboratórios didáticos nas disciplinas de Física Geral nos cursos de engenharia da UPF. Para tanto, buscou-se analisar o fazer pedagógico desses professores e a importância dada por eles a essas atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem dos conteúdos de física nas disciplinas de Física Geral I e II.

A proposta de pesquisar de forma distinta cursos de engenharia e cursos de licenciatura decorre de pesquisas anteriores feitas junto ao mesmo grupo de professores que apresentaram uma concepção de ensino experimental diferenciado entre essas duas modalidades de formação superior. O ensino experimental nos cursos de formação de professores deve, no entender do grupo, envolver a questão da construção de equipamentos didáticos, principalmente no que se refere ao detalhamento de suas construções a partir de materiais alternativos, com vistas a reprodução destes no ambiente escolar, Rosa (2001).

O contexto da pesquisa

O universo da pesquisa envolveu seis professores da área de Física da Universidade de Passo Fundo, representando 75% do total dos docentes deste departamento¹. Tais professores são titulares nas disciplinas de Física Geral I e Física Geral II nos diferentes cursos de engenharia da instituição. Esses professores, além de ministrarem as disciplinas, são responsáveis pela elaboração e organização do material didático experimental utilizado no desenvolvimento de suas aulas práticas. No entanto, para os cursos da área tecnológica, como os de engenharia, os professores mostraram a tendência à utilização de equipamentos de empresas especializadas, não necessitando enfocar a construção dos equipamentos utilizados.

Os cursos de engenharia existentes na Universidade de Passo Fundo destinam-se a formar estudantes nas áreas de Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica-eletrônica e Engenharia de Alimentos². As disciplinas de Física Geral I e II estão presentes nos dois primeiros níveis destes cursos e fazem parte do chamado ciclo básico do currículo. Nestas disciplinas destinam-se 25% da carga horária total para a realização de aulas práticas em laboratório didático de física, ou seja, dos quatro créditos de cada uma das duas disciplinas de física, um período é prático/experimental.

As atividades são desenvolvidas em espaço próprio denominado laboratório e são realizadas com número limitado de alunos, vinte no máximo. Estes, por sua vez, são novamente divididos em grupos de quatro a seis estudantes por bancada de trabalho prático. A metodologia utilizada pelo

¹ O percentual indicado representa seis dos oito professores que integram este departamento, porém os dois professores não envolvidos na pesquisa são os autores desta pesquisa.

² Os cursos mencionados referem-se ao ano da realização da pesquisa, ou seja a 2003.

professor no desenvolvimento das atividades, baseia-se na utilização de roteiros-guia que orientam os alunos e os conduzem a resultados previamente determinados. Ao final da atividade os alunos entregam um relatório contendo a descrição da atividade desenvolvida e realizam uma discussão entre eles, orientados pelo professor, sobre os resultados obtidos no experimento.

Segundo o estudo realizado por Rosa (2001), a abordagem utilizada pelos professores estaria associada ao *laboratório tradicional*, na perspectiva dos trabalhos de Pinho Alves (2000) sobre tipos de laboratório, no qual o aluno desenvolve sua atividade baseada na utilização de roteiro-guia, atingindo resultados previamente esperado pelo professor. Ou, a abordagem poderia ser classificada na perspectiva de Moreira e Levandowsky (1983), sobre possíveis abordagens para o ensino em laboratório didático. Neste caso, as atividades práticas/experimentais de física, nos cursos de engenharia, estariam próximas ao denominado *laboratório programado*, cujo enfoque é dado no roteiro-guia fornecido pelo professor.

Na realização da pesquisa a metodologia utilizada na investigação baseou-se na aplicação e posterior análise de um formulário contendo 12 questões que procuraram abranger diferentes aspectos relacionados aos objetivos propostos pelos professores ao desenvolverem com seus alunos as atividades práticas/experimentais. O formulário solicitou uma classificação na escala de 1 a 5 referente a importância dada pelo professor a diferentes objetivos propostos no desenvolvimento de atividades práticas/experimentais em laboratório didático nos cursos de graduação. As questões propostas no formulário resultaram de análises preliminares realizadas em outros estudos, identificando possíveis objetivos a serem alcançados no desenvolvimento de atividades experimentais em laboratório didático de física, Rosa (2001). Estas questões foram complementadas após a análise feita pelos professores pesquisadores nas publicações dos últimos cinco anos nos principais periódicos relacionados ao ensino de Física no Brasil (Caderno Brasileiro de Ensino de Física editado pela Universidade Federal de Santa Catarina e a Revista Brasileira de Ensino de Física publicado pela Sociedade Brasileira de Física).

Para a análise e interpretação dos dados coletados adotou-se como referencial a teoria histórico-cultural, baseando-se nos trabalhos de Vygotsky e seus colaboradores sobre aprendizagem e desenvolvimento. A opção pela teoria citada baseia-se na importância destacada nela do processo histórico e social na aprendizagem e no desenvolvimento dos indivíduos, o que de certa forma, pode ser identificado com as atividades desenvolvidas no laboratório de física. Desta forma, a análise dos conteúdos emergidos dos dados coletados permitiu a elaboração de uma proposta de reflexão relativa ao papel do trabalho experimental no processo ensino-aprendizagem de física nos cursos de engenharia, da UPF.

A análise dos dados coletados

Os objetivos estabelecidos para as atividades experimentais nos cursos de graduação, têm migrado de três vertentes filosóficas, pelo menos no entender dos autores desta pesquisa. Uma centrada na ilustração da teoria, na comprovação de uma lei ou fenômeno estudado. Na outra, a consagração de atividades experimentais voltadas para a experimentação propriamente dita, ou seja, atividades que primam pelo método experimental, utilizando a teoria estatística na análise dos dados. E ainda, uma terceira corrente, na qual o laboratório é visto em termos de desenvolvimento de capacidades pessoais relacionadas as habilidades cognitivas do sujeito, ou seja, o objetivo das atividades estariam centradas no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, na perspectiva de Vygotsky (1999), como a atenção voluntária, memória lógica, abstração, entre outras.

O quadro abaixo representa a média dos valores atribuídos aos diferentes objetivos, na escala de 1 a 5, relativa a importância dada pelos professores no desenvolvimento das suas atividades práticas/experimentais. A escala de importância inicia pela atribuição do valor 1 destinado a não associação de grau de importância para as atividades práticas/experimentais

desenvolvidas. Na seqüência, atribui-se 2 a associação em parte da importância, 3 para a não associação e nem desprezo de importância, 4 para a associação de boa importância e finalmente, 5 ao objetivo de fundamental importância nas atividades experimentais em laboratório didático nos cursos de engenharia da UPF.

Tabela 1 – Objetivos das atividades práticas/experimentais x Média das importâncias dadas pelos professores

Objetivos	Média
1. Desenvolver habilidades de manuseio de equipamentos e instrumentos de medida	4.33
2. Discutir princípios no desenvolvimento do trabalho científico	3.67
3. Interpretar os dados matemáticos utilizando a teoria estatística	3.17
4. Aprimorar a produção de relatórios escritos	3.67
5. Treinar os estudantes no manuseio de instrumental de referência padrão	3.67
6. Desenvolver o espírito de investigação científica	3.17
7. Estimular estudantes a observar e interpretar fenômenos	4.50
8. Desenvolver projetos experimentais	3.67
9. Motivar os alunos para o estudo da física	4.50
10. Ilustrar aulas teóricas	4.33
11. Aproximar a teoria e a prática	4.66
12. Proporcionar maior contato entre o professor e o aluno	4.33

Os objetivos descritos acima para as atividades de física experimental desenvolvidas nos cursos de engenharia da UPF, podem ser divididos em três grandes grupos, cada qual relacionado a uma corrente filosófica, conforme descrito nos parágrafos anteriores. Se tomarmos por referência tais vertentes, relacionaríamos os objetivos de número 9, 10, 11 e 12 a questão de testabilidade de uma teoria previamente discutida em aula, estímulo à aprendizagem dos conceitos e fenômenos físicos. Os objetivos 2, 3, 5, 6 e 8 estariam associadas a questão da ênfase dada a experimentação, com seu método e seus instrumentos de análise, como objeto de estudo propriamente dito, ensino centrado no método experimental. A importância dada ao desenvolvimento das habilidades cognitivas estaria presente nos objetivos 1, 4 e 7.

Os dados quantitativos resultantes da pesquisa mostram que há uma tendência por parte do grupo estudado, em desenvolver suas atividades apoiadas em objetivos de aprendizagem das teorias físicas. Esse direcionamento dado ao trabalho desenvolvido no laboratório didático tem vindo ao encontro da utilização de aulas experimentais no processo ensino/aprendizagem como reforço de conteúdo, como possibilidade de rever os conceitos abordados nas aulas teóricas. As atividades práticas/experimentais são estruturadas a partir da caracterização de recurso didático, no qual as atividades são desenvolvidas objetivando o processo de internalização dos conceitos e fenômenos da física, vindo ao encontro da consolidação dos conteúdos abordados nas aulas teóricas.

O laboratório, passa a ser entendido como um espaço no qual o estudante deverá conseguir transpor o conhecimento teórico apresentado nos livros-texto para as situações práticas. Esse processo de transposição do conhecimento é mediado pelo professor e implica uma reconstrução do saber, em um processo dinâmico, construído em etapas e de estreita interação entre professor e aluno. As atividades práticas/experimentais desenvolvidas com o propósito de reforçar abordagens teóricas de determinados conceitos podem ser entendidas como uma oportunidade de questionamentos e correções por parte de quem ensina, com o objetivo de provocar desequilíbrio na estrutura cognitiva do aluno, permitindo que novos conceitos mais elaborados sejam reestruturados. Tomando por base a teoria histórico-cultural, Vygotsky (1999) atribui enorme importância na aprendizagem escolar a possibilidade do aluno, após ouvir as explicações, os questionamentos, as informações do professor, poder explicar com suas palavras o assunto tratado, mostrando que é esse momento que o professor detecta se está havendo no plano intrapsicológico, uma reestruturação das relações que ocorrem no âmbito interpsicológico.

No entanto, não menos destacado aparece na pesquisa os objetivos referentes ao desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, de modo a favorecer a abstração, o pensamento lógico, a capacidade de interpretação e análise dos fatos observados. Essa questão encontra forte apoio na teoria interacionista de Vygotsky que nos remete a combinação entre o instrumento e o signo, como elemento básico na relação do sujeito com o mundo. Para Vygotsky (1999) é através da internalização (reconstrução interna) de instrumentos e signos que se dá o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos.

No âmbito do ensino escolarizado, as disciplinas são capazes de orientar e estimular esse desenvolvimento cognitivo, elemento de regulação do avanço na estrutura das funções psíquicas superiores. A tarefa principal do professor, portanto, é mediar as relações entre o aluno e o mundo, e não simplesmente conectar o aluno aos conceitos específicos de cada disciplina escolar. Na perspectiva de Japiassu (1983), “O educador que se limita a transmitir um programa de ensino ou que procura adaptar a inteligência do educando aos códigos ou modelos pré-estabelecidos do saber e não faz de seu ensino um meio de favorecer e desenvolver a reflexão do educando, só é educador por eufemismo” (p.45).

Retomando a questão central da investigação relacionada a práxis do professor da disciplina de Física no laboratório didático nos cursos de engenharia da UPF, e considerando o formulário respondido por eles, somado as observações realizadas pelos pesquisadores na elaboração e no desenvolvimento das aulas práticas/experimentais, obteve-se uma evidência na utilização da experimentação como possibilidade de rever e reorganizar conceitos científicos, sem que haja desvalorização ou que sejam desprezados conceitos prévios trazidos pelos estudantes. Esta característica apontada na pesquisa demonstra a importância de que se crie ambientes facilitadores da aprendizagem ou da reformulação do conhecimento, permitindo que os estudantes dialoguem e interajam no processo de aprendizagem. Desenvolver atividades em laboratório didático visando o estímulo a aprendizagem, a aproximação da teoria dos livros didáticos com as situações práticas vivencias, a ilustração de conceitos científicos ou a apropriação desses conceitos, é fundamental para que os estudantes de engenharia construam uma base sólida de conhecimentos, sobre os quais serão emergidas as potencialidades específicas de cada formação acadêmica desejada por eles.

Além dos objetivos já mencionados, alguns autores destacam a utilização das atividades experimentais como fator instigador da curiosidade e do desejo de conhecer. Estudos recentes apontam a importância de se proporcionar um ambiente escolar facilitador da aprendizagem e, ao mesmo tempo, estimulador do prazer intelectual. O professor deve saber orientar os alunos sobre como obter as informações, como tratar essas informações e como utilizar tais informações. A universidade passa a ter a função de preparar seus estudantes a buscar o conhecimento, a aprender a aprender. Nesse sentido, o laboratório é um espaço privilegiado pois as atividades experimentais, quando bem orientadas, proporcionam um ambiente no qual os alunos se sentem estimulados a pesquisar, a buscar mais informações.

Considerações finais

O papel do professor, num contexto de ensino, em particular no ensino superior, é de proporcionar condições para que se concretize o processo ensino-aprendizagem e de despertar no aluno a necessidade de crescimento pessoal e profissional. A aprendizagem deve estar voltada para o aluno, cabendo ao docente utilizar métodos e estratégias de ensino que facilitem a aquisição dos conceitos por parte dos educandos. Porém, é consenso entre os educadores que o processo ensino-aprendizagem é interativo, dinâmico e favorecido pela inclusão do estudante na atividade desenvolvida. Nessa perspectiva, a criação de ambientes geradores de conflitos cognitivos tomam a dimensão de expoente no processo didático. Situações conflitantes nas quais professor e aluno debatem favorecem o desenvolvimento da capacidade de elaborar novos conhecimentos, conceitos e significados permitindo uma reestruturação dos conceitos anteriormente estabelecidos.

As relações entre os conhecimentos científicos e os adquiridos no cotidiano são particularmente de grande importância para o processo ensino-aprendizagem em física. Em se tratando de ensino experimental, essa relação entre o conceito que o aluno adquire fora do ambiente escolar e aquele adquirido de forma sistematizada na escola torna-se mais evidente e importante no processo ensino-aprendizagem, pois é através das práticas desenvolvidas nas aulas de laboratório que o aluno testa e confronta os conhecimentos trazidos do seu cotidiano. A possibilidade da observação e da experimentação permite-lhe crescer na busca da apropriação dos conceitos científicos.

Considera-se que a aquisição de conceitos se faz à medida que há interação com os conceitos anteriores (cotidianos), mais simples e incompletos. Para Moysés, “esse processo é dinâmico, construído passo a passo pelos alunos em estreita relação com o professor” (1997, p.37). O autor continua mostrando que o professor conhecendo o nível de desenvolvimento potencial³ do seu aluno, poderá provocar um desequilíbrio na sua estrutura cognitiva de modo a proporcionar um avanço na busca por uma reestruturação desse conceito. Sendo assim, o professor poderá pesquisar junto a seus alunos os conhecimentos por eles trazidos, de modo a apoiar o seu ensino nesses conhecimentos.

É preciso, contudo, considerar que o aprendizado escolar é de fundamental importância para o processo de desenvolvimento mental, principalmente na perspectiva vygotskyana, a qual prima pelas relações entre os indivíduos e as formas culturais de comportamento. Vygotsky e seus colaboradores basearam-se nos princípios do materialismo dialético e buscaram a interação do homem enquanto corpo e mente, enquanto ser biológico e social, enquanto membro da espécie humana e participante de um processo histórico (Oliveira, 1992). Afirma Rego (1996) que, para Vygotsky, o homem modifica o ambiente através de seu próprio comportamento, modificação que vai influenciar no seu comportamento futuro.

O laboratório didático, em particular, a realização de uma atividade experimental, independentemente do objetivo a que se propõe, é por si só, um ambiente conflitivo, no qual professor e aluno debatem e se chocam frentes a idéias e concepções. Se a essa estratégia didática de ensino se agregar uma atividade apoiada em objetivos claros e pertinentes, os professores lograrão sucesso em suas práticas pedagógicas. E, os estudantes entenderam que o estudo da física é parte fundamental e indispensável no seu processo de formação profissional, não apenas disciplina integrante de uma grade curricular.

Por fim, salienta-se que os estudos desenvolvidos nesta pesquisa permitiram uma reflexão por parte dos docentes nas atividades que estavam sendo desenvolvidas nas disciplinas de Física nos cursos de engenharia da UPF. Mesmo que os apontamentos decorrentes deste estudo não diagnosticassem necessidade de rever tais práticas, o grupo de professores entendeu que a cada investigação algo novo poderá e deverá ser agregado ao trabalho já desenvolvido, de forma que a construção da práxis pedagógica é contínua e ilimitada.

Referências

- ASTOLFI, J.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. Campinas: Papirus, 1990.
- BACHELARD, G. **Epistemologia**: trechos escolhidos. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1988.
- JAPIASSU, Hilton. **Questões epistemológicas**. Rio de Janeiro: Imago, 1981.
- _____. **A pedagogia da incerteza**. Rio de Janeiro: Imago, 1983.

³ Vygotsky identifica dois níveis de desenvolvimento: um relativo as conquistas já realizadas (nível de desenvolvimento real), e outro, associado as capacidades em vias de serem atingidas (nível de desenvolvimento potencial).

- MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da física**; a teoria de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.
- MOYSÉS, Lucia. **Aplicações de Vigotsky à educação matemática**. Campinas: Papyrus, 1997.
- OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vigotsky**: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1993.
- PALANGANA, I. C. **Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vigotsky**. 2. ed. São Paulo: Plexus, 1998.
- PINHO ALVES, J. F^o. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, ag. 2000.
- _____. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- REGO, T. C. **Vygotsky**: Uma perspectiva histórico-cultural da educação. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.
- TAILLE, Ives de La; OLIVEIRA, Marta Kohl de; DANTAS, Heloysa. **Piaget, Vygotsky e Wallon**: teorias psicogenéticas em discussão. São Paulo: Summus, 1992.
- TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.
- VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores; organizadores Michael Cole... [et al]; tradução José Cipolla Netto...[et al]. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- _____. **Pensamento e linguagem**. Tradução Jefferson Luiz Camargo. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- _____. LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1988.

A EVOLUÇÃO DA INTERFACE DO EQUIL, E RESULTADOS ASSOCIADOS

Gabriela Trindade Perry [gabrielperry@hotmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP).

UFRGS – Caixa Postal 21.409.

Praça Argentina – 90.040-020 – Porto Alegre – RS – Brasil.

Agostinho Serrano de Andrade Neto [asandrade@brturbo.com]

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – ULBRA.

Rua Farroupilha 8001, Prédio 14, sala 218 – 94.420-218 – Canoas – RS – Brasil.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o *software* Equil, cujo tema é ensino de Equilíbrio Químico, bem um breve histórico de sua construção e os resultados obtidos em sua última avaliação em sala de aula (a terceira). A interface do Equil apresenta durante toda a evolução da reação em estudo ($H_2 + I_2 \leftrightarrow 2HI$) a articulação de três níveis de representação de um fenômeno químico: macroscópico, microscópico e simbólico. Acredita-se que este *design* da interface tenha sido um dos fatores determinantes para o sucesso verificado junto aos estudantes ($n=76$) do 3º ano do ensino médio. No referido experimento foram comparados os desempenhos de três grupos, um utilizando o Equil, outro o conhecido *software* Le Chat e um grupo controle.

Palavras-chave: Design de *software* educacional; ensino de Química; níveis de representação de um fenômeno químico.

Introdução

O objetivo deste artigo é apresentar para a comunidade interessada em ensino de Química o *software* Equil¹ – uma simulação para ensino de Equilíbrio Químico, resultado de um trabalho de pesquisa realizado no âmbito de duas universidades – ULBRA (Universidade Luterana do Brasil) e UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) – durante dois anos e meio. Duas dissertações foram os frutos dessa pesquisa, uma focando a comparação do Equil com o Le Chat (PAIVA, 2004), defendida na ULBRA (ORLANDI, 2004), e outra sobre uma metodologia participativa de desenvolvimento de *software* educacional. A questão que guiou as investigações pode ser colocada como: “que características deve ter um *software* para ensino de Equilíbrio Químico?”. Para responder a este questionamento utilizou-se um referencial de concepções alternativas (por exemplo: Niaz (1995); Hackling e Garnett (1985) e Bergquist e Heikkinen (1990)) e as hipóteses de Gabel (1993) e Kozma e Russel (1997).

Resumidamente, Gabel afirma que a Química pode ser ensinada utilizando-se três níveis de representação: microscópico (com átomos e moléculas); macroscópico e simbólico. Sua hipótese é que, quando a natureza particulada é enfatizada, ela não pode prescindir de um ou mais tipos de representação para gerar significados. Kozma e Russel, por sua vez afirmam que o projeto de ambientes multimídia para ensino de Química deve promover a articulação de múltiplas formas de representação, pois isto auxiliaria os novatos adquirirem a habilidade de traduzir entre diferentes formas de representação (animações, modelos, fórmulas, gráficos, etc). Esta é uma habilidade apresentada por especialistas.

O projeto do *software*, por sua vez, foi feito de forma iterativa e participativa, ou seja, foram criados diversos protótipos, cada um deles implementando melhorias. Além dos pesquisadores diretamente envolvidos com a produção, colaboraram, de forma eventual, diversos estudantes e professores de Química. As atividades realizadas durante esse processo envolveram: programação; design da interface; entrevistas com professores de Química para avaliação da interface e realização

¹ O Equil está disponível para *download* em <http://www.gabriela.trindade.nom.br>.

de avaliações experimentais em sala de aula. Estes aspectos serão abordados na seção seguinte deste artigo.

Resultados e discussão

A primeira versão do *software* Equil foi construída abordando quase que exclusivamente o nível microscópico de representação. Acreditava-se, à época, que ele seria suficiente para auxiliar o estudante a compreender certos aspectos do Equilíbrio Químico. Por este motivo, na referida versão, o nível macroscópico estava pouco saliente, e o nível simbólico praticamente inexistia. A figura 1 mostra a interface do Equil v.1 (à época chamava-se “Colisões”). É importante salientar que o programa estava em fase de construção, de modo que um protótipo foi submetido ao teste experimental.

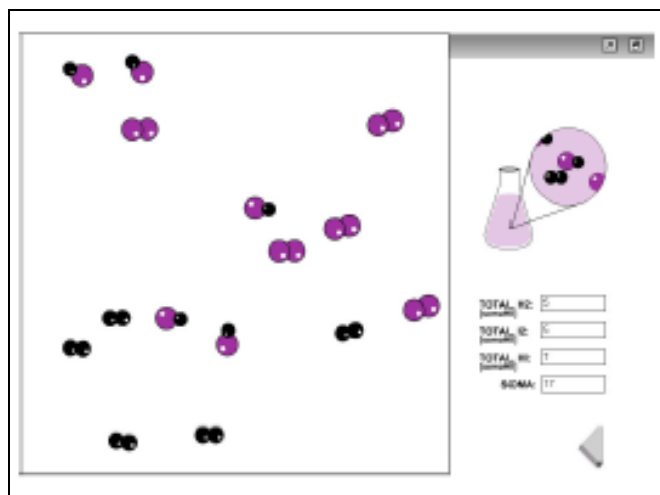


Figura 1 – Interface da simulação da versão 1 do Equil.

Antes de conduzir o experimento final, Orlandi (2004) conduziu dois testes-piloto, a fim de validar a metodologia e os materiais de coleta de dados. O experimento em si, produto da dissertação de Orlandi pelo programa de ensino de ciências da ULBRA, buscou comparar o Equil com o Le Chat, avaliando uma turma de 104 estudantes dividida em dois grupos: Le Chat, com 46 e Equil, com 58. Foram definidas oito variáveis, avaliadas em uma escala com cinco posições, iniciando em 0 e terminando em 4, conforme segue, por se acreditar que elas descrevem com grande amplitude representações adequadas de conceitos relativos a Equilíbrio Químico: (1) RepMac: qualidade da representação macroscópica (mais especificamente a cor da reação) de um sistema em equilíbrio desde o instante inicial da reação, concebida pelo estudante; (2) ReAtom: nível representacional microscópico para reações químicas em fase gasosa; (3) AproEq: explora as concepções do estudante sobre a aproximação do equilíbrio no nível representacional microscópico através de ilustrações; (4) RepEqMi: representação microscópica para o Equilíbrio Químico, complementar ao item anterior; (5) AproEqCo: aproximação do equilíbrio para as concentrações de reagentes e produtos no nível de representação simbólico, tanto a partir de respostas referentes ao estado atual e a tendência de uma reação nos instantes iniciais, quanto na representação gráfica das concentrações; (6) ConEq: concentração dos reagentes e dos produtos no Equilíbrio Químico, complementar ao item anterior; (7) AproEqVel: aproximação do equilíbrio para as velocidades da reação, através da exploração das idéias dos estudantes sobre o que acontece com as velocidades direta e inversa de uma reação nos instantes iniciais, baseado em respostas sobre o estado atual e a tendência de uma reação, bem como nos gráficos de velocidades; (8) VelEq: velocidade da reação no Equilíbrio Químico, complementar ao item anterior. O arranjo utilizado é mostrado na figura 2.

PRÉ-TESTE		PÓS-TESTE
Grupo Le Chat →	Atividade com guia de simulação →	Grupo Le Chat
Grupo Equil →	Atividade com guia de simulação →	Grupo Equil

Figura 2 – Arranjo experimental utilizado por Orlandi (2004).

Os resultados do grupo utilizando o Equil foram bastante modestos, em relação aos do grupo que usou o Le Chat. Estes mostraram melhores evoluções do que os do Equil para as variáveis em estudo (exceto para RepMac), ao passo que os estudantes que utilizaram o Equil apresentaram bom desempenho apenas para as variáveis que lidavam com representações do nível microscópico.

Esses resultados motivaram o início de um segundo ciclo de construção do Equil, do qual participaram apenas os autores do presente artigo, desta vez com a intenção de articular todos os três níveis de representação de um fenômeno químico. Além disso, essa nova proposta da interface foi submetida à avaliação, através de entrevistas abertas, de professores com larga experiência no ensino de Química, durante o mês de agosto de 2005. Após responder, os professores conheciam o *software* e eram convidados a fazer sugestões. Estas entrevistas não foram gravadas. Os professores tinham 5, 7, 13, 30 e 44 anos de experiência com ensino de química. Apenas o menos experiente leciona para o nível médio. Os demais atuam pelo menos em cursos de graduação em química, e os dois mais antigos dão aula para pós-graduação (em educação). Na entrevista, uma pergunta foi feita: que ferramentas o senhor (a) consideraria úteis em um *software* para ensino de Equilíbrio Químico? A contribuição mais significativa destas entrevistas foi a inserção de uma simulação da evolução a velocidade da reação através do comprimento das setas. A figura 3 indica um exemplo.

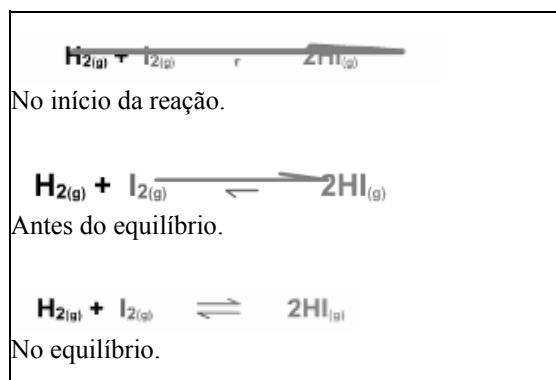


Figura 3 – Indicação da velocidade relativa das reações direta e inversa, através do comprimento das setas.

Depois de encerrada a construção do Equil, foi conduzido um experimento em sala de aula, realizado no dia 22 de Maio de 2005, no Colégio Marista Rosário, na cidade de Porto Alegre. Participaram duas turmas de 3º ano do ensino médio, que haviam tido aula sobre Equilíbrio Químico há duas semanas. No total, participaram 76 estudantes, com média de idade de 16 anos e seis meses ($s = 0,53$), sendo 31 homens e 45 mulheres. Estes estudantes foram divididos em três turmas, E (Equil), L (Le Chat) e C (controle), de forma aleatória, através de sorteio. Os materiais de coleta de dados, a escala utilizada e a forma de avaliação foram inspirados naquelas de Orlandi (2004). As variáveis em estudo eram as mesmas. O arranjo utilizado é chamado de “arranjo verdadeiramente experimental” (figura 4), por controlar de forma efetiva fatores que poderiam invalidar sua validade interna e externa (Campbell e Stanley 1963).

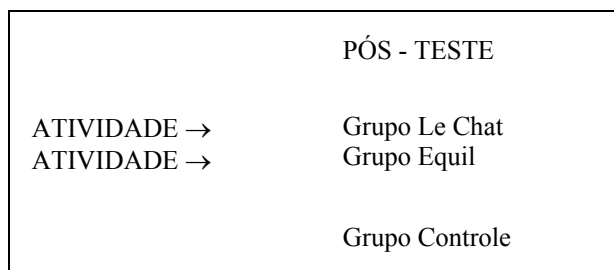


Figura 4 – Configuração dois grupos aleatoriamente definidos, uma observação.

Nesse experimento, o desempenho da turma E (Equil) foi melhor do que o das turmas L (Le Chat) e C (controle). A figura 6 mostra o ranqueamento dos três grupos em relação às oito variáveis em estudo.

1. RepMac	E > L > C
2. ReAtom	E > L > C
3. AproEq	E > L > C
4. RepEqMi	E > L > C
5. AproEqCo	E = L = C
6. ConEq	E > L > C
7. AproEqVel	E = L = C
8. VelEq	E > L > C

Figura 5 – Ranqueamento dos três grupos em relação às oito variáveis analisadas.

Este resultado foi obtido através do teste do qui-quadrado, feito sobre o resultado de cada estudante em determinadas perguntas. Além disso, compunham o pós-teste duas questões dissertativas sobre a natureza do Equilíbrio Químico, e 17 questões do tipo “verdadeiro ou falso” sobre concepções alternativas. A análise dessas questões não apontou qualquer diferença de desempenho entre os três grupos, o que colabora para a hipótese que a atividade com os *softwares* não foi suficiente para alavancar a compreensão dos estudantes para níveis mais amplos e detalhados. Esse resultado já era esperado.

Conclusões

Há duas linhas principais para as conclusões tiradas deste grande esforço de pesquisa, uma em relação aos resultados obtidos com o último experimento envolvendo o Equil e o Le Chat, outro em relação à forma como o Equil foi criado. Em relação à primeira linha, pode-se afirmar que há diferença estatisticamente significativa, entre os grupos E, L e C, com franco favorecimento do primeiro grupo, principalmente no que diz respeito à variáveis do nível micro e macroscópico (1 até 4, na figura 5). Desta forma, a hipótese da importância da articulação entre os três níveis de representação fica reforçada, principalmente pelo contraste obtido com os resultados modestos

obtidos pelo grupo E (diferentes sujeitos) no experimento de Orlandi (2004). No entanto, análises complementares deste último experimento mostram que a melhora da compreensão dos estudantes não foi suficiente para que eles superassem suas concepções alternativas, extremamente tenazes. Resumindo, os aspectos conceituais cuja compreensão pode ser impulsionada por esta classe de ferramentas são, sem dúvida, importantes para o ensino deste tema complexo. No entanto, não restam dúvidas de que cabe ao professor a tarefa de introduzir estes *softwares* de forma criativa em sua prática discente.

A outra classe de conclusões refere-se, conforme dito anteriormente, à forma de produção desta ferramenta, e interessa particularmente aquelas equipes envolvidas com a construção de *softwares* educacionais. Assim, afirma-se que as escolhas de design, que determinam a aparência de uma interface, têm impacto significativos na qualidade do *software*. Para tais decisões surtirem efeito, devem estar apoiadas em um projeto educacional eficiente em sua tarefa de apontar o conjunto de requisitos principais. O fato de esse conjunto de resultados serem fruto de um projeto de pesquisa que vem sendo executado e refinado há bastante tempo também contribui ativamente para a qualidade do *software* construído e para a solidez dos dados expostos, o que justifica o investimento nessa área.

Referências

PAIVA, J. C. Ensino do Equilíbrio Químico: Subtilezas e Simulações Computacionais. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2000. Tese (Doutorado) – Departamento de Química da Universidade de Aveiro. Portugal. Disponível em <www.fis.uc.pt/~jcpaiva/td>. Acesso em 25 ago 2004.

ORLANDI, C. C. (2004) Um Estudo Sobre a Utilização de Simulações Computacionais no Ensino de Equilíbrio Químico. Canoas: Universidade Luterana do Brasil, Dissertação.

NIAZ, M. Relationship Between Student Performance on Conceptual and Computational Problem of Chemical Equilibrium. International Journal of Science Education, v. 17 n. 3, p. 343-355, 1995.

HACKLING, M. W.; GARNETT, P. J. Misconceptions of Chemical Equilibrium. European Journal of Science Education, v. 7 n. 2, p. 205-214, 1985.

BERGQUIST, W.; HEIKKINEN, H. Student Ideas Regarding Chemical Equilibrium. Journal of Chemical Education, v. 67, p. 1000-1003, 1990.

GABEL, D. Use of the Particulate Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. Journal of Chemical Education, v. 70 n. 3, p. 193-194, 1993.

KOZMA, R. B.; RUSSEL, J. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. Journal of Research in Science Teaching, v. 34 n. 9, p. 949-968, 1997.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J.C, Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research on Teaching. In N. L. Gage (ed.), Handbook of Research on Teaching. Chicago: Rand McNally, 1963.

RELATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA COM MOTIVAÇÃO NA HISTÓRIA

Jeferson Fernando de Souza Wolff [jefersonwolff@terra.com.br]

Escola Técnica Municipal Farroupilha – 95840-000, Triunfo, RS – Brasil.

Colégio Cenecista Carlos Maximiliano – 96700-000, São Jerônimo, RS – Brasil.

Mestrado Profissional em Ensino de Física – Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Paulo Machado Mors [mors@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Resumo

Relatamos a experiência da aplicação de um material didático com uma abordagem histórica e conceitual para o ensino da Teoria da Relatividade Especial (TRE) a alunos do ensino médio, dentro das atividades curriculares. O material foi aplicado a três turmas de terceiro ano do ensino médio, sendo duas turmas da Escola Técnica Municipal Farroupilha, localizada no município de Triunfo-RS e uma turma do Colégio Cenecista Carlos Maximiliano, localizado no município de São Jerônimo-RS.

O texto dos alunos possui uma abordagem histórica e conceitual sobre a evolução do pensamento da humanidade até a construção da TRE, contemplando os principais fatos históricos, desde Aristóteles até as conclusões de Albert Einstein. Dentro da parte conceitual enfocamos os seguintes conteúdos: simultaneidade, dilatação temporal, contração do espaço, adição de velocidades, energia relativística e paradoxo dos gêmeos.

A proposta foi avaliada por um questionário aplicado antes e após o material ter sido trabalhado, além de entrevistas com alunos terem sido realizadas no final.

Como referenciais teóricos, utilizamos a teoria sócio-interacionista de Vigotsky, e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak.

Além disso, realizamos uma análise de alguns livros didáticos que são utilizados pelo ensino médio nacional, no que diz respeito à TRE.

Acreditamos termos mostrado que é possível, e necessária, a implementação da TRE como atividade curricular do ensino médio.

Palavras chave: Relatividade Especial; Ensino Médio; História da Física; Aprendizagem Significativa.

Introdução

Além dos conteúdos da Física Clássica que tradicionalmente são ensinados, é fundamental, hoje, que também sejam trabalhados, na escola, os conhecimentos gerados pelos físicos a partir do início do século vinte, denominados geralmente de Física Moderna e Contemporânea. O cotidiano gera novos desafios que, cada vez mais, requerem uma boa preparação do cidadão, incluindo-se aí uma noção das áreas científicas. Citando Pietrocola [5], *Hoje, ser Alfabetizado Científica e Tecnologicamente (ACT) é uma necessidade do cidadão moderno.*

Consideramos que os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea devem ser introduzidos já no ensino médio e, como ponto de partida, a Teoria da Relatividade Especial (Restrita) parece-nos uma boa opção, já que, historicamente, esta foi a precursora do que hoje

chamamos de Física Moderna, mesmo já sendo, por alguns, considerada como parte da Física Clássica.

A teoria da Relatividade Especial sempre teve um grande apelo para o público em geral. É freqüente observarmos a utilização da relação $E = m.c^2$, sem maiores esclarecimentos sobre seu real significado. Neste ano (2005), esta teoria completa seu centenário e esta é uma ótima oportunidade para começarmos a tratá-la sistematicamente em sala de aula, no ensino médio. Esse esforço fará também com que o tema seja mais divulgado fora da sala de aula e, inclusive, alguns mitos poderão ser derrubados.

Conforme Rodrigues [7], *A inserção da TRR¹ se funda basicamente em três aspectos: a mudança de padrão de raciocínio e interpretação da realidade aliada à abstração e sofisticação do pensamento, graças à concepção de tempo como uma quarta dimensão; a possibilidade dessa teoria servir de porta de entrada para outros tópicos da FMC e, finalmente, pela necessidade de abordagem de um tema tão presente na sociedade através da divulgação científica.*

Os Parâmetros Curriculares Nacionais [3] (PCNs) nos alertam: *Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais.*

Logo, tratar a Relatividade Especial no ensino médio é uma necessidade óbvia quando lembramos que, para a maioria dos alunos, essa será a única oportunidade de estudar aspectos básicos dessa teoria. No entanto, a precariedade dos livros-texto disponíveis, no que diz respeito ao assunto, não incentiva os professores a planejarem seu ensino.

A mídia, em geral, tem divulgado os conceitos da teoria da Relatividade Especial com bastante freqüência, principalmente este ano em que essa teoria completa o seu centenário. Como exemplo, podemos citar canais televisivos, como *Discovery Channel*, revistas como a *SuperInteressante*, *Galileu Galilei*, *Ciência Hoje* e a *internet*, que são de acesso fácil aos alunos e que apresentam as mais diversas curiosidades da Ciência, difundindo o que ocorre na comunidade científica.

Porém, perguntamos: será que os nossos alunos possuem a capacidade de compreender de forma correta essas diversas formas de divulgação científica? Sabe-se que a *internet*, principalmente, e até mesmo algumas revistas, mesmo quando provêm de uma proposta editorial séria e confiável, por vezes transmitem conceitos muito superficiais ou errôneos. Podemos citar Rodrigues [7]: *O estudo da física deve contribuir na formação de um cidadão para que este possua formas de atuar com discernimento frente a esse mundo modificado! A sociedade deve ser capaz de absorver as novas produções científicas, entendendo minimamente as informações que lhe chegam através dos meios de comunicação!* Então, estes meios não podem prescindir da escola, que tem a obrigação de orientar o estudo do aluno, desempenhando o seu papel de facilitadora na aquisição do conhecimento e na formação de um cidadão consciente e crítico frente ao grande número de informações que recebe todos os dias.

No entanto, muitas escolas do ensino médio ainda não estão preparadas para a inserção de conteúdos, como o da teoria da Relatividade Especial. E, mesmo que a escola esteja consciente da validade de se tratar a Teoria da Relatividade ainda no ensino médio, esbarra na dificuldade em encontrar material didático conveniente para esse mister. Um texto que trate o assunto no nível adequado, com uma contextualização histórica apropriada, é de muita valia para o professor.

¹ TRR – Teoria da Relatividade Restrita (ou Especial).

Foi visando a este objetivo que nos propusemos a elaborar um texto que contemple os aspectos acima enunciados. Junto a isso, organizamos um material de apoio ao professor. A proposta foi aplicada em três turmas de terceira série do ensino médio, de duas escolas diferentes: duas turmas da Escola Técnica Municipal Farroupilha, localizada no município de Triunfo-RS e a outra turma do Colégio Cenecista Carlos Maximiliano, localizado no município de São Jerônimo-RS, sendo a primeira, escola pública e a segunda, particular.

Utilizamos como apoio pedagógico a teoria sócio-interacionista de Vygotsky [10] e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak [2,4].

Descrição do material

Consideramos válida a idéia de produção de um material visando à inserção da teoria da Relatividade Especial no ensino médio, principalmente devido a precariedade com que os livros didáticos abordam esse assunto.

Então, elaboramos um material que possui um texto para os alunos e um texto para o professor. No texto dos alunos demos dois enfoques: um histórico e outro conceitual. No texto de apoio ao professor, procuramos dar subsídio para o ensino dos conceitos básicos da teoria da Relatividade Especial.

Na abordagem que contempla os aspectos históricos, do texto dos alunos, nos propusemos a apresentar a evolução dos principais aspectos do conhecimento científico, que acabou por culminar na teoria da Relatividade Especial.

Dentro deste contexto, destacamos o pensamento de Aristóteles, que prevaleceu até o século XVI, onde predominava a visão empirista/indutivista. A seguir, destacamos a importância dos trabalhos de Galileu, em especial o que Einstein chamou de Relatividade galileana. Um dos pontos de grande relevância da obra de Galileu foi a mudança de paradigma do pensamento filosófico (aristotélico) para um pensamento mais matemático e experimental. Claro que não foi Galileu quem mudou este paradigma sozinho. Podemos lembrar, como trabalhos fundamentais para tal mudança, os de Tycho Brahe, Descartes e Johannes Kepler.

O texto dos alunos também contempla alguns fatos da obra de Isaac Newton, destacando as suas três leis do movimento, a transformação de velocidade e aceleração de um referencial inercial para outro e o importante fato da equivalência desses referencias para as leis da Mecânica.

E, finalmente, descrevemos os principais fatos da evolução do conhecimento do Eletromagnetismo, desde as primeiras observações na Grécia até a unificação da Eletricidade com o Magnetismo por Maxwell. Com esta unificação, passou-se a ter alguns paradoxos, dentre os quais um resultou na teoria da Relatividade Especial em 1905.

Pareceu-nos muito oportuno esse momento, para dar ao aluno a idéia do que é o fazer Ciência, procurando corrigir erros de concepção que os alunos tenham a esse respeito, como por exemplo, a idéia de que o cientista é um gênio que elabora todos os seus trabalhos de maneira individual.

Na parte conceitual, foram abordados os principais conceitos da teoria da Relatividade Especial como a relatividade da simultaneidade, dilatação temporal, contração do comprimento e energia relativística, como conseqüências dos dois postulados.

Os postulados foram apresentados como uma conseqüência do desenvolvimento científico da época. Achamos essencial que se fizesse algum comentário sobre as conseqüências dos dois postulados.

Como consequência direta dos postulados, em especial o segundo, a noção de simultaneidade foi modificada, deixando de ser absoluta. Para uma melhor compreensão deste conceito usamos uma figura, para ilustrar a simultaneidade de dois eventos. Consideramos este conceito fundamental para o desenvolvimento da Relatividade Especial por ser o único perceptível pelos nossos alunos. Como exemplo, podemos citar a diferença entre intervalos de tempo de uma programação enviada via satélite.

A dilatação temporal foi apresentada como uma consequência do segundo postulado. Para a compreensão deste conceito, achamos conveniente realizar a dedução da equação da dilatação temporal do texto dos alunos, através de uma experiência de pensamento.

A contração do espaço foi apresentada também como uma consequência dos postulados. Assim como na dilatação temporal, realizamos a dedução da equação da contração do espaço. Buscamos enfatizar que a contração ocorre na mesma direção do deslocamento, tratando-se de uma contração real, mas não material. Ela ocorre no espaço (medido) e não no objeto em movimento, diferentemente da interpretação dada por Lorentz e FitzGerald. Achamos conveniente apresentar um tópico descrevendo a diferença entre a interpretação dada por estes autores e aquela dada por Einstein.

Consideramos fundamental no ensino da Relatividade Especial o tópico de adição de velocidades, pois temos que abandonar a relatividade galileana para que os postulados de Einstein sejam atendidos. Iniciamos este tópico lembrando a Relatividade galileana, utilizando um exemplo onde a velocidade relativa entre dois corpos é maior que a velocidade da luz, estando desta forma em desacordo com o segundo postulado.

Com a Relatividade Especial, o conceito de energia passou a ser mais abrangente, pois massa e energia passam a ser equivalentes. Não nos detivemos em demonstrar a dedução da equação da energia relativística, pois estávamos mais preocupados com a interpretação da equivalência massa-energia. Cuidado especial foi tomado no tratamento sobre a impossibilidade de uma partícula massiva ser acelerada até a velocidade da luz.

Tivemos o cuidado de enfatizar a visão de que tal impossibilidade é devida à necessidade de se ter uma quantidade infinita de energia, diferente da visão de muitos autores, que consideram o conceito de massa relativística. Podemos citar Serway e Jewett [9]: *Alguns tratamentos mais antigos da relatividade apresentavam o princípio de conservação do momento a altas velocidades utilizando um modelo no qual a massa de uma partícula aumenta com a velocidade. Você pode ainda encontrar essa noção de “massa relativística” em suas leituras extras, especialmente em livros mais antigos. Esteja ciente de que essa noção não é mais aceita amplamente, e que a massa é considerada como invariante, independentemente da velocidade. A massa de um corpo em todos os referenciais é considerada como aquela medida por um observador em repouso em relação ao corpo.*

Dentre tantos paradoxos que surgiram com a Relatividade Especial, o paradoxo dos gêmeos talvez seja o mais conhecido. Assim, achamos apropriado dedicarmos um capítulo para o desenvolvimento deste tópico. Buscamos enfatizar que a solução do paradoxo não pode ser dada por conceitos da Relatividade Especial.

Na elaboração do texto dos professores levamos em consideração que muitos têm uma sobrecarga de trabalho, não sobrando tempo para a elaboração e produção de materiais para o ensino de um novo conteúdo. Sendo assim, no texto de apoio aos professores buscamos contemplar a aplicabilidade da proposta pelos docentes, com subsídios para a utilização do material elaborado, bem como com exemplificações e indicação de bibliografias auxiliares.

O material dos professores foi elaborado somente após a aplicação do texto dos alunos, isto para que se pudesse verificar quais deveriam ser as ênfases a serem dadas.

Tivemos o cuidado de optar por uma abordagem que busque a interação entre professor e aluno, estimulando os professores para que identifiquem os conhecimentos que seus alunos possuem (subsunçores) e verificando se estes são suficientes para que se tenha uma aprendizagem significativa, contemplando, dessa forma, as teorias de aprendizagem de Vygostky, Ausubel e Novak.

De acordo com a nossa experiência na aplicação do material com os alunos, dividimos o material dos professores em tópicos e sugerimos o número de aulas que consideramos suficiente para o desenvolvimento de cada um deles. Então, para cada um dos tópicos iniciamos apresentando quais são os objetivos a serem alcançados, além de comentários pertinentes. Também, sugerimos os exercícios a serem resolvidos em cada aula. Como cada tópico do texto dos alunos possui alguns exercícios, colocamos no material dos professores as respostas a estas questões.

Para os tópicos históricos, buscamos apresentar ao professor uma maneira de trabalho que o faça levar seus alunos a perceberem que a ciência evolui de maneira contínua e que é necessário possuir o conhecimento anterior para que se possa desenvolver o novo conhecimento. Além disso, buscamos apresentar o fato de que a teoria da Relatividade Especial foi elaborada a partir de problemas surgidos com a teoria Eletromagnética.

Os tópicos referentes à abordagem conceitual, presentes no material dos professores, sugerem que seja necessária uma abordagem para que ocorra uma mudança conceitual junto aos alunos, principalmente nas idéias de espaço e tempo. Dentre os principais enfoques que abordamos no texto dos professores, consta o de que estes desenvolvam, com os alunos, além das mudanças ocorridas com os conceitos de espaço e tempo, também a interpretação dada por Einstein para a contração do comprimento, comparando-a com a interpretação dada por FitzGerald.

Aqui, como no texto dos alunos, preocupamo-nos em tratar com cuidado a questão da impossibilidade de se acelerar uma partícula massiva até a velocidade da luz.

Ainda neste texto, sugerimos algumas referências bibliográficas para aprofundamento no conhecimento da teoria da Relatividade Especial, como por exemplo, a indicação da obra de Ricci [6] e o *site* do Professor Carlos Alberto dos Santos [8].

Aplicação da proposta

O texto dos alunos foi aplicado em três turmas diferentes, sendo duas de escola pública, Escola Técnica Municipal Farroupilha, e uma turma de escola particular, Colégio Cenecista Carlos Maximiliano, totalizando 87 alunos concluintes do ensino médio.

Deu-se muita importância ao debate em aula, partindo do texto dos alunos, pois estas foram as principais formas de aquisição dos conceitos da Relatividade Especial. Desta maneira, pudemos observar a relevância que a teoria sócio-interacionista de Vygotsky possui para o aprendizado. Para o conteúdo, como é o caso da Relatividade Especial, que se encontrava na zona de desenvolvimento proximal, a possibilidade da troca de informações com o professor foi extremamente importante para esses alunos.

O desenvolvimento do projeto teve início no dia 15 de outubro de 2004 com a turma do Colégio Maximiliano, seguida pelas duas turmas da Escola Farroupilha, iniciando em 20 de outubro. As aulas estenderam-se por praticamente um mês e meio, totalizando 20 horas-aula em cada turma. A aplicação do projeto deu-se até 23 de novembro na Escola Farroupilha e até 02 de dezembro no Colégio Carlos Maximiliano. É importante ressaltar que a carga horária da disciplina de Física na Escola Farroupilha corresponde a três aulas semanais e, no Colégio Maximiliano, apenas duas na semana. Por este motivo, o início do trabalho ocorreu na segunda escola, sendo esta também a última a terminar a aplicação do material.

Principais resultados

Percebemos, ao final da aplicação da proposta, uma mudança significativa nos subsunçores dos alunos, tanto no que diz respeito a questões de conhecimento geral da Física como, por exemplo, a mudança do paradigma da existência do método científico, como nos conceitos da Relatividade Especial. Apesar da dificuldade em mudar o conhecimento que os alunos já possuíam, como o de tempo, após a aplicação do material conseguimos perceber que para a grande maioria dos alunos ocorreu uma mudança nos seus subsunçores, tornando-se estes mais abrangentes.

Conseguimos perceber a mudança conceitual nos alunos através do questionário aplicado antes e após o projeto, após a avaliação por prova e, principalmente, por meio das discussões ocorridas em sala de aula.

Ao analisarmos algumas obras didáticas nacionais, verificamos que há uma superficialidade nelas no que se refere à abordagem da teoria da Relatividade Especial. Esses textos não promovem a necessária ruptura com o senso comum, que a Relatividade Especial exige, como por exemplo, a mudança das concepções galileanas que possuímos sobre tempo e espaço. Em muitas obras a maneira como os conceitos são apresentados acabam por comprometer o real significado da teoria da Relatividade Especial.

Um outro ponto a ser levado em consideração que dificulta a implementação da teoria da Relatividade Especial no ensino médio é o despreparo e a resistência ao novo que muitos professores possuem. Arruda [1], em sua tese de doutorado, ao trabalhar com um grupo de professores, que chamou de Grupo de Física Moderna (GFM), ressalta, a respeito da dificuldade e da insegurança apresentada pelos professores para a inserção dos conteúdos de Física Moderna: *em diversas ocasiões os professores manifestaram insegurança quanto à sua formação e, especificamente, dúvidas quanto à sua capacidade de tratar tais assuntos. Apesar de várias horas-aula sobre diversos temas de FMC abordados durante os encontros, muitos ainda não se sentiam capazes de desenvolver uma proposta em sala de aula.* Podemos verificar que mesmo quando possuem um acompanhamento, como foi o caso do GFM, os professores ainda não se sentem preparados, ou ainda são resistentes ao novo.

O pleno conhecimento do professor sobre a teoria da Relatividade Especial, ou qualquer outra área da Ciência, não é mais condição suficiente para a atuação no ensino. É necessário, também, ter uma formação em disciplinas como a epistemologia e outras afins. Podemos citar Arruda [1]: *Essa temática não deve ser encarada como uma “perda de tempo” pelo professor preocupado com a efetiva aprendizagem do estudante...* Em muitos casos, os professores estão mais preocupados com o conteúdo do que com a forma com que estes devem chegar até os alunos. Não que isso seja mais importante que o conteúdo, mas se não houver uma comunicação adequada, no nível de conhecimento do aluno, será em vão o trabalho do professor e, dificilmente, o aluno terá uma aprendizagem significativa. Ser professor não é ter apenas conhecimento do conteúdo, é necessário ter ciência das teorias de aprendizagem e fazer uso delas em sua atuação enquanto docente.

Além dos professores se preocuparem em como devem ensinar, é fundamental que saibam o que ensinar, privilegiando os conceitos que estiverem mais relacionados com o cotidiano dos alunos. Conforme Arruda: *Os conteúdos devem ser reduzidos à sua essência. Ou seja, é preferível tratar dos conceitos fundamentais, do que adicionar informações que estão destinadas a serem esquecidas rapidamente. É mais importante também privilegiar os conceitos e não a parte formal (matemática) das teorias.*

A abordagem histórica no texto dos alunos propiciou-lhes a construção de um conhecimento mais crítico e abrangente da evolução científica. Contribuiu para desmistificar a figura do cientista

como um gênio, que de forma individual descobre toda a sua teoria, omitindo o papel da comunidade científica na construção das teorias.

Durante as aulas e através dos depoimentos dos alunos, pôde-se verificar a importância que a abordagem histórica teve neste projeto. Acreditamos ter aproximado o aluno da realidade e dos conflitos na transição de uma teoria para outra, e que eles puderam verificar que a Ciência não é algo definitivo e estático, mas sim que evolui. Pudemos verificar a importância dada pelos alunos à abordagem histórica em seus depoimentos como, por exemplo, nestes três trechos que seguem; Guilherme: *Foi muito legal a parte histórica*; Natália: *No início nem parecia ser Física, era história, mas depois consegui entender o porquê dessa parte histórica, é que a Física sempre evolui e não é desenvolvida de forma independente*; Cristiane: *Gostei da parte histórica, pois consegui entender como foi o crescimento da Física*.

A abordagem histórica gerou nos alunos uma certa ansiedade pelo conteúdo que viria, e também uma melhor aceitação e compreensão da teoria. Muitos acharam estranha esta forma de abordar um conteúdo de Física, pois estavam mais acostumados a uma abordagem formal (matemática) ao invés da abordagem histórico-conceitual.

Os alunos conseguiram diferenciar a Relatividade de Galileu da Relatividade Especial, mesmo tendo uma certa resistência em aceitar os conceitos da Relatividade Especial devido à dificuldade de observar esta teoria em nosso cotidiano, sendo necessária, dessa forma, uma aprendizagem bastante abstrata. Mas, após a aplicação do material, a mudança conceitual ocorrida com os alunos foi bastante expressiva.

Outra questão que foi absorvida de forma bastante significativa é a necessidade de uma quantidade infinita de energia para que um corpo possa atingir a velocidade da luz. Alguns alunos já haviam lido ou ouvido reportagens a respeito do assunto, que abordavam a impossibilidade de um corpo atingir a velocidade da luz devido ao aumento de massa. Sendo assim, para esses alunos foi necessária uma atenção especial para que ocorresse, de fato, uma mudança em seus subsunçores.

É importante salientar que alguns alunos demonstraram em suas falas, durante as aulas, que acharam um tanto estranho o conteúdo ter sido apresentado de forma qualitativa, sem muitas fórmulas. Em função destes comentários, podemos dizer que nossos alunos têm uma visão de uma Física que, obrigatoriamente, deve ser apresentada mais como um formulário, do que de forma integrada, com seus conceitos e teorias apresentados como parte da história da civilização.

Durante a aplicação do material foi possível constatar que o novo conceito ancorou-se nos conhecimentos já existente nos alunos, modificando, desta forma, os seus subsunçores. Isto, logicamente, deu-se com os alunos que apresentavam uma predisposição em aprender. Podemos exemplificar destacando conceitos de espaço e tempo. A grande maioria dos alunos possuía, neste aspecto, um conhecimento com enfoque newtoniano, onde espaço e tempo são considerados absolutos, invariantes. Mas, após o trabalho em aula, estes conceitos passaram a ser relativos. Os subsunçores de espaço e tempo não deixaram de existir, mas o que ocorreu foi uma modificação dos subsunçores existentes, pois houve interação com o novo conceito, dando uma nova dimensão para o subsunçor existente.

Enfim, podemos considerar que, apesar da dificuldade de se aceitar muitos dos conceitos apresentados, pouco convencionais, a participação dos alunos foi bastante satisfatória. Por meio de inúmeras perguntas, os alunos evidenciaram a sua dificuldade em aceitar os novos conceitos, tais como dilatação do tempo e contração do espaço. Demonstraram que, de forma geral, interessaram-se pelo assunto, até mesmo mais do que em conteúdos comumente tratados em aula, conforme podemos verificar no comentário do aluno Diego: *Não achei esse conteúdo chato, bem pelo contrário, é interessante*; ou, no comentário do aluno João Paulo: *Esse conteúdo foi um dos que eu mais gostei, porque é muito diferente de como estamos acostumados em nosso dia-a-dia*. Neste

ponto, podemos evidenciar o valor da teoria de Vygotsky, que dá importância ao diálogo entre alunos e professores. Com certeza, este diálogo foi fundamental para que o aluno absorvesse o conteúdo que estava em sua zona de desenvolvimento proximal.

Conclusão

O principal resultado deste projeto foi a verificação da possibilidade de se trabalhar no ensino médio a teoria da Relatividade Especial. O texto dos alunos, por nós desenvolvido, atendeu às necessidades dos estudantes. Claro que para a aplicação deste material é necessário que o professor conheça os subsunçores dos alunos e é imprescindível que o professor interaja com eles de uma forma não-unilateral.

Aos interessados, enviaremos o arquivo com o material produzido, o texto dos alunos e o texto de apoio ao professor. Contactos devem ser feitos através do endereço jefersonwolff@terra.com.br.

Este trabalho resultou na Dissertação de Mestrado de um dos autores (JFSW), apresentada ao Programa Mestrado Profissional em Ensino de Física, da UFRGS, em 12 de agosto de 2005. Os autores agradecem o apoio recebido da CAPES.

Referências

- [1] ARRUDA, S. M. *Entre a inércia e a busca: reflexões sobre a formação em serviço de professores de física do ensino médio*. 2001. 230 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- [2] AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625 p.
- [3] BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília, MEC/SEMT, 1999.
- [4] NOVAK, J. D. *Uma teoria da educação*. São Paulo: Pioneira 1981. 225 p.
- [5] PIETROCOLA, M. *Ensino de física – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. 236 p.
- [6] RICCI, T. F. *Teoria da relatividade especial: física para secundaristas*. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 2000. 36 p.
- [7] RODRIGUES, C. D. O. *Inserção da teoria da relatividade no ensino médio: uma nova proposta*. 2001. 163 f. Dissertação (Mestrado em Educação) Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- [8] SANTOS, C. A. dos. *Teoria da relatividade*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/einstein>>. Acesso em: 23 maio 2005.
- [9] SERWAY, R. A; JEWETT JR., J. W. *Princípios de física*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. v. 1.
- [10] VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 5.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.191 p.

UMA INVESTIGAÇÃO A RESPEITO DA UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA

Josiane Maria Weiss [josiweiss@terra.com.br]

Agostinho Serrano de Andrade Neto [asandraden@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – ULBRA.

Rua Miguel Tostes, 101, prédio 14, sala 218, 92450-900, Canoas, RS – Brasil.

Resumo

Este trabalho apresenta uma investigação a respeito da utilização de simulações computacionais no ensino de Física, mais especificamente em eletrostática. Existem muitas dificuldades na aprendizagem dos conceitos que envolvem a eletrostática e a utilização de computadores no ensino já vem sendo pesquisada por muitos autores. Acreditando na possibilidade das simulações serem auxiliares na aprendizagem de conceitos de eletrostática, uma investigação a respeito de suas limitações e possibilidades na tarefa de auxiliar uma evolução conceitual foi realizada. Os estudantes utilizaram simulações computacionais em conjunto com um guia de utilização. A investigação da ocorrência de evolução conceitual foi feita mediante uma análise das respostas dos estudantes nos pré e pós-testes, juntamente com as respostas do guia de simulação e entrevistas.

Palavras-chave: simulações computacionais; eletrostática; concepções alternativas; evolução conceitual.

Introdução

A possibilidade de acesso a computadores e o crescente interesse dos alunos na apropriação de recursos computacionais, leva à questão da utilização de computadores na educação em geral e, em particular, no ensino da Física, fato evidenciado pela quantidade de trabalhos propondo o uso do computador como estratégia de ensino.

Numa tentativa de dar conta da situação problemática que é o ensino de Física, os professores têm frequentemente utilizado recursos de ilustrações e imagens como complemento ao uso das linguagens verbal, escrita e da matemática. Ao tentarem representar fenômenos dinâmicos através de representações estáticas, vários estudos, inclusive o realizado por Alexandre Medeiros e Cleide Farias de Medeiros (2002) afirmam que em muitos casos essas ilustrações não tem sido de grande ajuda.

Ora, decerto que a utilização de representações como complemento à linguagem verbal é de interesse ao ensino, porém, como lembra Esquembre apud Reis (2003):

Nos anos oitenta comentava-se que antes do ano 2000 o trabalho intensivo com computadores seria o principal modo através do qual o estudante de todos os níveis iria aprender, em todas as áreas do conhecimento. Frente ao entusiasmo da revolução que causaria esta tecnologia na educação, criou-se por parte de muitos educadores, a visão romantizada de que a mera presença do computador aumentaria a aprendizagem dos estudantes. Esta visão era contraposta com a de outros educadores, que consideravam um desperdício de tempo e dinheiro. É importante destacar que os estudantes têm que se ocupar da construção ativa de sua própria representação do conhecimento científico, sendo que os computadores mostram um grande potencial para ajudar nesta construção, se forem adequadamente usados.

Com este foco, nos últimos anos, surgiu um grande número de softwares educacionais para a Física. Dependendo dos princípios de uso, Esquembre (2002) apud Reis (2003) os categoriza em:

- Ferramentas para aquisição de dados.
- Softwares de multimídia e hipermídia.
- Micromundos e simulações.

- Ferramentas de modelagem.
- Telemática e ferramentas da Internet.

Todas as ferramentas supracitadas podem trazer excelentes contribuições para a aprendizagem de teorias e conceitos científicos. Porém a utilização das simulações computacionais tem particular importância por permitir a interação dos estudantes com o software, fazendo “perguntas” ao modelo científico contido na simulação e observando a sua resposta, assim como alterar variáveis e parâmetros destes modelos, e observar o comportamento resultante. Esta possibilidade pode levar à uma situação de aprendizagem onde o aluno efetivamente construa sua própria representação do conhecimento científico.

A tarefa do ensino do conceito de campo, em especial campo elétrico, tem sido sobremaneira difícil. Aparecem complicações que se devem às várias razões, explanadas em várias publicações na literatura de ensino de ciências. Algumas delas são destacadas por Martin e Solbes (2001):

- A dificuldade que encontramos para realizar uma introdução qualitativa do campo, dado o nível de abstração dos conceitos implicados.
- Não podemos relacionar facilmente com a experiência cotidiana dos alunos, como pode ocorrer com os conceitos de mecânica.
- Durante o processo de ensino ocorre freqüentemente que as interações entre partículas podem ser descritas de diversas formas (forças, campos, energias, etc.) e podemos desorientar os alunos se não ficar suficientemente claros os conceitos, estabelecendo suas relações, suas diferenças e âmbitos de aplicação.

A maior parte das situações estudadas corresponde a casos estáticos, onde se mesclam a teoria newtoniana (que interpreta as interações entre cargas ou massas mediante forças a distância e instantâneas) e a teoria de campo (que as interpreta como interações locais com o campo existente previamente em um ponto onde se deslocará a carga ou massa). Tudo isso se faz sem mostrar as limitações da primeira, especialmente naqueles casos em que os campos dependem do tempo, e sem as vantagens da segunda, ao permitir compreender estas situações, integrar domínios da física que inicialmente estavam desconectados como a óptica e o eletromagnetismo, etc.

Segundo suas investigações a respeito das concepções dos estudantes, Martin e Solbes (2001) afirmam o seguinte:

- 1) A imagem que o aluno adquire de campo está longe da concepção científica. O considera como uma região do espaço ou tamanho que delimita a influência de uma massa, carga ou ímã. Para ele, o campo está vazio de significado, ao contrário dos conceitos de massa, carga, força... e, portanto é desnecessário, redundante e complicado. O aluno segue pensando em termos de força e não modifica suas idéias prévias sobre a interação entre partículas, o que faz com que mantenha os erros que pode ter inicialmente.
- 2) O aluno não chega a conhecer as diferenças sobre interação entre partículas, o que introduz a teoria de campo mediante ações contínuas frente à interpretação newtoniana através de ações à distância. Tampouco conhece as vantagens que a teoria de campo introduz: explicação de novos fenômenos como a indução ou as ondas eletromagnéticas, integração de domínios separados como a óptica e o eletromagnetismo, abertura de novas linhas de investigação, influência no avanço posterior da física e por outro lado, não chega a relacionar a teoria com suas aplicações tecnológicas, nem as repercussões que tem para a ciência e a sociedade.
- 3) O aluno não conhece a interpretação dos aspectos energéticos associados à interação.

Ainda segundo Martin e Solbes (2001):

A importância do conceito de campo (em particular campo de forças) tanto desde um ponto de vista científico como técnico é indiscutível. Para a física, sua introdução supõe pôr em dúvida e superar o marco teórico mecanicista, como disse Garcia (1994), “sem esta idéia básica de campo, a evolução posterior da física relativista e quântica fica inconcebível. O impacto que o descobrimento das ondas eletromagnéticas tem tido sobre a física é muito profundo. Elas tem imposto uma segunda revolução conceitual”, visto que, desde um ponto de vista técnico, o nascimento da eletrotécnica, a transmissão de sinais e a revolução nas comunicações nos levam a nova era da informação.

Estudos a respeito do ensino de Física revelam ainda dificuldades na aprendizagem de força elétrica, conceito dentro do paradigma newtoniano que podia ser tomado como de fácil aprendizagem. Os autores Furió e Guisasola (1999) destacam que os estudantes consideram de forma errônea a questão de que “a maior carga, maior força” e isto faz com que se viole o princípio de ação e reação (a simetria da força de interação) que já havia sido visto ao estudar as Leis de Newton. Isto sugere que os estudantes não utilizam o que aprenderam na mecânica para analisar questões de eletricidade, vendo como separados em domínios diferentes estes corpos teóricos. Por outro lado, certas dificuldades detectadas na mecânica se estendem a outras áreas da física como o eletromagnetismo, onde se aplicam conceitos anteriores como força e interações.

Ainda segundo Furió e Guisasola (1999) as idéias dos estudantes no que diz respeito a potencial revelam que os mesmos pensam na diferença de potencial como uma consequência do fluxo de cargas, ao invés de pensar que é a sua causa. Os autores atribuem as dificuldades na aprendizagem de potencial a uma introdução do conceito puramente operativa e pouco significativa para os estudantes porque somente definem o aspecto quantitativo do potencial. No mesmo trabalho, os autores atentam para a dificuldade dos estudantes em pensar sobre a causalidade do movimento de cargas, e concluem que a não relação entre o conceito energético de potencial e o movimento das cargas é uma consequência da carência de significado deste conceito.

Segundo Viennot (1979) apud Mortimer (1996) “as idéias alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante estáveis e resistentes a mudanças, de modo que é possível encontrá-las mesmo entre os estudantes universitários”.

Nos estudos sobre as concepções alternativas dos estudantes aparecem duas características principais: a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento, e as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem.

Frente a esta visão de aprendizagem surgiu um modelo de ensino para lidar com as concepções dos estudantes e transformá-las em conceitos científicos: o modelo de mudança conceitual, que segundo Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982, p. 211) apud Mortimer (1996) foi proposto para descrever ou explicar “as dimensões substantivas do processo pelo qual os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos a outro, incompatível com o primeiro”. Após várias críticas, alternativas a este modelo foram sugeridas.

Neste trabalho nos baseamos na visão de Greca e Moreira (2003) que sugere a mudança conceitual como “desenvolvimento, enriquecimento, evolução conceitual”:

Uma concepção pode ser imaginada como uma “nuvem” de significados adquiridos principalmente por assimilação, em desenvolvimento de tal modo que nenhum é eliminado, abandonado; estão todos sempre presentes, pelo menos de maneira residual. Significados aceitos e não aceitos são conscientemente discriminados segundo o nível de conhecimento que tem no contexto da matéria de ensino. Tanto os significados aceitos como os não aceitos estão presentes na concepção que está sendo usada, porém os usuários são capazes de discernir entre eles contextualmente.

O modelo de mudança conceitual proposto por Greca e Moreira (2003) é baseado na aprendizagem significativa no sentido utilizado por Ausubel e Novak (1983) apud Greca e Moreira (2003): “as concepções alternativas resultam de aprendizagem significativa, a evolução destas concepções só pode resultar de estratégias de aprendizagem significativa”.

Segundo Moreira (1999): “A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.”

A medida que ocorre a aprendizagem significativa, a concepção se desenvolve (progride) e aumenta o discernimento; significados já estabelecidos não são substituídos ou excluídos, eles podem ser menos utilizados, ou não utilizados, porém seguem presentes na concepção que progride (e fica mais rica), talvez escondidos em alguns significados residuais. (Greca e Moreira, 2003).

Neste artigo, apresentamos uma análise de um estudo piloto envolvendo o uso de simulações computacionais no ensino de conceitos de eletrostática, em especial, de força, campo e potencial elétricos.

Procedimentos metodológicos

Neste trabalho, buscamos, prioritariamente, verificar se ocorre ou não evolução conceitual com o uso da metodologia integrada de combinar: simulações computacionais, atividades em dupla, complementar à sala de aula, e à utilização da técnica POE. Sendo assim, o trabalho assume uma postura quantitativa, pois o teste utilizado é de questões objetivas. Contudo, com o objetivo de enriquecer nosso estudo, realizamos também uma análise interpretativa das respostas dos estudantes durante: a) a resolução do guia de simulação e b) em entrevistas.

Durante nossa análise, exploramos alguns conceitos e aplicações para o estudo de eletrostática, considerados por nós como principais:

- i. Força eletrostática.
- ii. Princípio da atração e repulsão em situações de eletrostática.
- iii. Campo elétrico.
- iv. Potencial eletrostático.

O estudo piloto foi realizado em uma turma de 12 alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Gastão Bragatti Lepage, na cidade de Candelária (RS).

A coleta de dados foi realizada através de questionários escritos e entrevistas, que foram aplicados na seguinte ordem: pré-teste, guia de simulação, pós-teste e finalmente uma entrevista semi-estruturada.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados na pesquisa consistem em: a) questões objetivas – para nossa análise quantitativa; e b) questões abertas (do próprio guia) e entrevistas semi-estruturadas. Na escolha do pré e do pós-teste, houve preocupação para que estes fossem concisos, a fim de não desmotivar os estudantes durante a execução das tarefas, ao mesmo tempo em que não deixasse de aferir o que nos propomos.

Para a escolha desses instrumentos de pesquisa, foram levadas em conta as concepções alternativas dos estudantes, de acordo com a literatura sobre dificuldades no ensino e aprendizagem de Eletrostática.

O pré e o pós-teste são quantitativos e consistem de questões de múltipla escolha que foram escolhidas para a verificação dos conhecimentos iniciais e finais durante o período de intervenção, que ocorre por meio da simulação. As questões escolhidas para estes testes foram selecionadas do

trabalho “Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism” (MALONEY, D.P.; O’KUMA, T.L.; HIEGGELKE, C.J.; HEUVELEN, A.V.; 2000), no qual, os autores utilizam um teste composto de 32 questões, das quais 14 foram selecionadas e complementadas para utilização neste trabalho. As questões foram traduzidas e enviadas para dois professores-avaliadores, que atestaram a sua validade para aferir conhecimento em eletrostática.

Inicialmente os estudantes tiveram aulas tradicionais sobre o conteúdo a ser discutido nas simulações. Em seguida foi aplicado o pré-teste. Após o pré-teste, houve o período de intervenção, utilizando simulações computacionais, em dupla, e com o auxílio de um guia de utilização.

O pós-teste, de igual conteúdo do pré-teste, foi aplicado após o período de intervenção, a fim de verificar, então, se houve uma evolução das idéias iniciais, tanto no que diz respeito aos conceitos principais, como nos conceitos envolvidos.

Desenvolvemos os instrumentos procurando focalizar situações de conflito cognitivo, as quais para serem resolvidas torna-se necessário o desenvolvimento dos conceitos envolvidos, atividades que permitem ao estudante perceber que podem utilizar pré-concepções para sua resolução, porém com certo grau de discriminação.

O pré e o pós-teste não tiveram duração estipulada para sua resolução. O teste foi realizado individualmente, a fim de obtermos uma análise mais concisa sobre as concepções de cada estudante. O intervalo de aplicação desses instrumentos foi de 5 dias. Durante esse intervalo de tempo, foi realizada a atividade de simulação computacional.

O guia de simulação é um roteiro composto por questões e procedimentos para que o estudante realize a simulação e responda às questões propostas. O guia desenvolvido é baseado na metodologia P.O.E. – Previsão, Observar e Explicar (WHITE & GUNSTONE, 1992 apud TAO & GUNSTONE, 1999).

Na etapa de previsão, os estudantes devem prever e justificar o resultado de um evento específico. A observação é o passo seguinte da previsão. O estudante, seguindo o seu guia, simula no computador o evento correspondente à previsão. Nessa fase, pode ocorrer um conflito cognitivo entre a previsão e a resposta observada. Finalmente, na etapa de explicação, o estudante deve explicar discrepâncias entre sua previsão e a observação. Deste modo, a anuência dos estudantes em seguir a seqüência dos três itens (Previsão, Observação e explicação), é de fundamental importância para o bom desenvolvimento da atividade. A aplicação do guia de simulação ocorreu no Laboratório de Informática da Escola. Para essa atividade, foi solicitado aos estudantes que formassem duplas, embora tenha ocorrido a formação de trios, devido ao número limitado de computadores disponíveis.

No guia de simulação, informamos aos estudantes que são utilizadas simulações computacionais e que a metodologia para a resolução das questões propostas, consiste em prever, observar e explicar, explicitando cada uma dessas etapas. Essa metodologia tem se revelado eficaz na utilização de simulações computacionais. A técnica POE é bastante eficaz, mas se o estudante não segue as etapas seqüencialmente, a atividade perde a sua essência e conseqüentemente, os estudantes também não atingem o resultado esperado em aprendizado. O maior problema que ocorre no trabalho é a curiosidade de observar a simulação antes da etapa de previsão e assim o estudante torna-se incapaz de fazer uma previsão, pois já sabe qual é a resposta correta. Então, optamos por solicitar aos estudantes que sigam as etapas para que a atividade ocorra de forma frutífera. Em contrapartida, temos o cuidado de auxiliar os estudantes na execução da primeira seqüência do POE, para que os mesmos não se desmotivem por alguma insegurança em relação às atividades, aumentando sua ansiedade em responder “corretamente” à etapa de previsão, o que pode, naturalmente, fazer com que o estudante siga para a etapa de observação. Após a leitura introdutória, os estudantes partem para a resolução da etapa de previsão.

Após a aplicação do pós-teste, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas, onde o estudante pôde explicar suas respostas, e como chegou a determinadas conclusões, a fim de verificarmos os conceitos utilizados e suas idéias. A fim de que esta entrevista fosse válida, foram observados alguns cuidados, como não interferir na resposta do estudante.

A entrevista é uma maneira eficaz de auxiliar o entrevistador em descobrir as idéias prévias dos estudantes, pois como lembra Maria Eugênia D. Dominguez: “somente perseguindo as respostas de um aluno, que se iniciam com a formulação de uma pergunta sobre certa situação, é que se pode chegar a reunir informação suficiente que permita aproximar-se o máximo possível do que o estudante pensa dessa situação” (DOMINGUEZ, 1985).

As entrevistas não tiveram duração pré-determinada e foram transcritas. Assim, partimos de cada questão, que tem vários outros conceitos envolvidos, além do principal, para determinar a evolução conceitual do conceito principal que é a resultante de todos os conceitos envolvidos. Ainda, sobre uma visão geral, a análise das evoluções de cada conceito principal, juntamente com os conceitos envolvidos, permite estabelecermos o(s) conceito(s) de maior dificuldade de compreensão e o(s) de maior facilidade de entendimento para os estudantes que realizaram a atividade computacional.

Podemos portanto, sumarizar a nossa estratégia de análise em uma análise comparativa e interpretativa das respostas dos estudantes no pré e no pós-teste, de acordo com os conceitos principais previamente estabelecidos. Assim sendo, quando analisamos as respostas do pré, adicionalmente utilizamos a etapa de previsão do guia de simulação. Ao analisarmos as respostas do pós-teste, observamos as respostas da etapa de explicação do guia de simulação. Assim, podemos, mais claramente, evidenciar se a atividade em grupo e a simulação influenciam no conceito final do estudante. É importante salientarmos que a análise dos pré e pós-testes elucida com bastante clareza a produção do estudante. A análise dos guias é apenas complementar, dado o tamanho reduzido de nossa amostra neste teste-piloto.

A simulação

O programa utilizado para as simulações foi o software Modellus25BR. Este programa permite construir e explorar modelos matemáticos para o estudo de sistemas de vários gêneros. Os estudantes podem trabalhar com modelos previamente construídos, modificar os valores de parâmetros, os dados iniciais ou construir os modelos resultantes do aperfeiçoamento de esboços iniciais, além de permitir de forma rápida e fácil, construir gráficos e tabelas que descrevem o comportamento do modelo. Segundo Veit e Teodoro (2002):

Modellus, como outras ferramentas computacionais, permite ao usuário fazer e refazer representações, explorando-as sobre as mais diversas perspectivas. Deste modo, facilita a familiarização com essas representações, criando de certo modo uma intimidade entre aprendiz e representação, intimidade essa que muito dificilmente resulta da simples observação ocasional de equações e representações feitas pelo professor ou apresentadas nos livros.

No experimento 1 (figura 1a), o estudante visualizava duas cargas elétricas em um plano bidimensional, onde é possível alterar a distância e o valor das cargas, movimentá-las e verificar como se apresentava o vetor força elétrica.

No experimento 2 (figura 1b), o estudante visualizava um plano bidimensional onde se encontrava uma carga positiva geradora de um campo elétrico, ao movimentar uma outra carga, positiva ou negativa neste campo elétrico o estudante podia verificar o comportamento dos vetores força elétrica entre as duas cargas.

No experimento 3 (figura 1c), o estudante observava a aceleração constante de uma carga positiva ou negativa sujeita a um campo elétrico criado por outra carga positiva ou negativa, podendo ainda, movimentá-las.



Figura 1a.

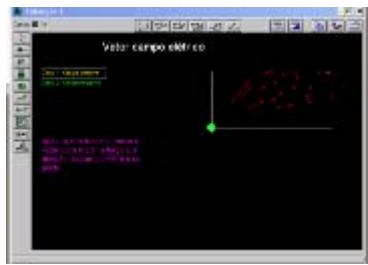


Figura 1b.

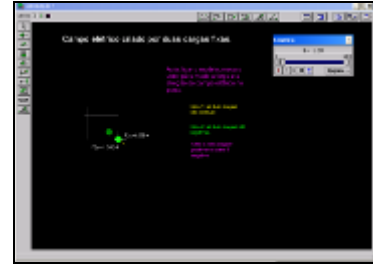


Figura 1c.

Figura 1 – Ilustração das simulações utilizadas. A primeira lida com o conceito de força elétrica, a segunda e a terceira com o conceito de campo elétrico.

Resultados

A nossa estratégia de análise é composta de uma parte quantitativa, onde são verificados o número de acertos de cada questão tanto no pré-teste como no pós-teste, a fim de fazermos uma comparação. E uma parte interpretativa, onde são analisados alguns casos particulares, tendo como auxiliares nesta análise, o guia de simulação e as entrevistas. Naturalmente, é impossível se realizar uma análise estatística adequada dada o tamanho limitado da amostra neste estudo-piloto inicial. Contudo, é pertinente fazermos observações a respeito de algumas questões

Abaixo mostramos na tabela 1, o número de estudantes que obteve acerto em cada uma das questões do pré-teste e do pós-teste.

Tabela 1: Número de estudantes que obteve resposta correta em cada questão do pré-teste e do pós-teste. As questões marcadas com um asterisco (*) foram consideradas como possíveis evidências de evolução conceitual, a ser aferida na etapa de entrevista.

Questão	Pré -Teste	Pós -Teste
1	7	7
2	4	7 *
3	2	0
4	3	4
5	0	3 *
6	2	3
7	4	6
8	0	6 *
9	4	3
10	1	4 *
11	1	1
12	1	1
13	0	0
14	0	0

As questões 2, 5, 8 e 10 foram as questões que tiveram um resultado mais significativo na comparação pré teste e pós teste. A questão 2 tratava da força elétrica em uma carga $4Q$ exercida por uma carga Q , após a realização do experimento 1, os estudantes puderam observar o comportamento dos vetores força elétrica, constatando serem de mesmo tamanho e evidenciando a aplicação da Terceira Lei de Newton. A questão 5 solicitava ao estudante representar vetorialmente a força elétrica entre uma carga de -2 unidades e uma carga de $+1$ unidade, do mesmo modo que na

questão 2, realizando o experimento 1, os estudantes observaram a aplicação da Terceira Lei de Newton, o que resultou num melhor desempenho no pós-teste. A questão 8 perguntava como seria o movimento de uma carga positiva quando colocada numa região de um campo elétrico, após a realização do experimento 3, onde o estudante pôde observar a aceleração constante desta carga, o desempenho no pós-teste teve uma melhora significativa. A questão 10 utilizava um diagrama de um campo elétrico, onde os estudantes deveriam representar a força elétrica em uma carga negativa colocada num ponto P deste campo elétrico, com a realização do experimento 2 onde os estudantes podiam movimentar cargas num campo elétrico a observação do comportamento dos vetores proporcionou uma evolução na idéia de direção e sentido da força elétrica entre cargas.

As questões 11, 12, 13 e 14 tiveram particular importância neste trabalho, por tratarem de situações onde envolvia potencial elétrico não obtiveram resultados significativos na comparação pré-teste e pós-teste, visto que não foram realizados experimentos que tratassem diretamente de potencial elétrico, mesmo tendo sido trabalhada em sala de aula, ao não serem representadas na simulação, não foram apresentadas ao estudante da mesma forma. Assim, deve-se trabalhar efetivamente com todas as formas possíveis de se representar a eletrostática. Esta instância negativa do método serve, contudo, para corroborar nossos instrumentos de análise.

A questão 3 não apresentou evolução na comparação pré-teste e pós-teste, por tratar da relação quantitativa entre força e distância; relação esta quantitativa não foi explorada nas atividades de simulação, percebeu-se uma necessidade de realizar um experimento onde os estudantes pudessem “medir” a força elétrica.

A análise interpretativa foi feita para alguns casos que foram classificados em: boa evolução, fraca evolução e casos particulares.

Boa evolução

Estudante J1: 2 respostas corretas no pré-teste e 6 respostas corretas no pós-teste.

Na questão 8 dos testes, perguntava-se qual seria o movimento de uma carga positiva quando solta num campo elétrico uniforme. A resposta do pré-teste foi que ela permaneceria em repouso em sua posição inicial e a resposta do pós-teste foi que se moveria com aceleração constante. Percebe-se que este estudante não concebia campo elétrico como algo responsável pelo movimento de cargas elétricas, antes da realização do experimento 3 da atividade de simulação. No entanto, após a atividade, o estudante já evoluiu a idéia de campo elétrico como responsável pelo movimento de cargas.

Na questão 10 havia um diagrama representando um campo elétrico, como mostrado a seguir, a pergunta era: Qual a direção da força elétrica em uma carga negativa no ponto P?

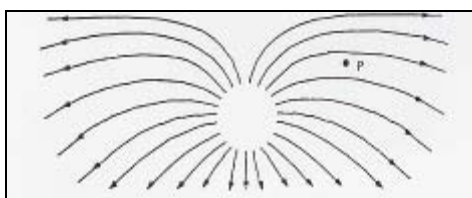


Figura 2 – Figura utilizada na questão 10 para se aferir a idéia de força elétrica do estudante em uma carga negativa situada em um ponto (P), segundo originada por um campo elétrico ilustrado.

No pós-teste, após a realização do experimento 2, verificou-se que o estudante não apenas descreveu corretamente o sinal da carga que originava o campo, mas também o sentido das linhas de força de um campo elétrico gerado por cargas positivas ou negativas.

Podemos considerar que o estudante evoluiu a idéia de campo elétrico podendo identificar direção, sentido e sinal da carga que origina o campo, como demonstram as respostas do pós-teste relativas as questões 6 e 7 onde estavam representados campos elétricos e o estudante deveria identificar o que aconteceria à força elétrica. Após a atividade de simulação o estudante identificou corretamente a direção, o sentido e o sinal da carga que originava o campo. No entanto quanto à representação vetorial, o estudante declara: “Quando a carga é maior, a flecha é maior, quando se afastam aumenta o tamanho”. Dessa forma, estabelece uma relação correta entre módulo da carga que gera um campo e a representação vetorial do mesmo campo; contudo, tece uma relação errônea entre a distancia entre a carga e o módulo do vetor campo elétrico em um ponto. Quando perguntado sobre a força elétrica entre cargas de mesmo sinal, respondeu: “É como um ímã, pólos positivos se afastam”.

Fraca evolução

Estudante E1: 1 resposta correta no pré-teste e 3 respostas corretas no pós-teste.

O estudante E1 durante toda a experiência não conseguiu evoluir a idéia de que duas cargas diferentes ao interagirem entre si estão sujeitas a diferentes intensidades de força elétrica. No entanto, o estudante conseguiu uma parcial evolução no que diz respeito ao movimento de cargas.

Na questão 5 dos testes, havia duas cargas de valores e sinais diferentes (A e B) e pedia para representar a força elétrica em A e em B, através de vetores. O estudante representou as forças com vetores de tamanhos diferentes tanto no pré, como no pós-teste. Este estudante não evoluiu a idéia de que se tratando de forças, podemos aplicar o princípio da ação e reação.

Quando perguntado no guia de simulação sobre o comportamento de duas cargas positivas colocadas a uma distância qualquer, respondeu: “Que elas iriam se atrair.”

Na questão 8 onde o estudante deveria dizer como seria o movimento de uma carga positiva num campo elétrico uniforme, este estudante pensava que esta carga não se moveria (pré), no entanto no pós-teste, o estudante já concebe o campo elétrico como responsável por um movimento desta carga com aceleração constante. Explicou: “Quanto mais longe aumentará a velocidade”. Denotando o fato da carga estar acelerando.

Estudante P1: 1 resposta correta no pré-teste e 3 respostas corretas no pós-teste.

O estudante P1 apresentou evolução na idéia de campo elétrico, pois na questão 7, onde estava representado um campo elétrico num plano bidimensional, o estudante soube descrever o que aconteceria à força elétrica num determinado ponto quando se acrescentasse uma carga a mais neste plano, o que não conseguia fazer antes do experimento 1. O mesmo tipo de evolução foi demonstrado na questão 10, já descrita anteriormente.

O estudante não apresentou evolução na idéia de potencial elétrico, logo, na questão 11, onde deveria descrever o movimento de um elétron que estava inicialmente numa posição onde o potencial era de +10V, este estudante não obteve êxito. De forma similar esta evolução não ocorreu na questão 14 onde o estudante deveria representar com vetores a força elétrica exercida num próton quando colocado num campo elétrico, em duas posições de diferentes potenciais.

No entanto quando perguntado sobre a força de interação entre duas cargas de mesmo sinal, respondeu: “Não sabia que se repeliam, vi isto na simulação. Mas não sabia que o tamanho da flecha influenciava alguma coisa”. Quando perguntado sobre o movimento de uma carga sujeita a um campo elétrico, respondeu: “A carga do campo não se mexe, só a outra se move”. Ao descrever um campo elétrico disse ser “uma região onde tem uma carga, e quanto maior é a carga, maior é o campo elétrico”. Percebe-se que o estudante não apresenta uma evolução satisfatória para a idéia de campo elétrico, porém aquém do desejado. Quando se fala de movimento de cargas num campo

elétrico diz: “Quanto mais longe do campo, mais devagar, quanto mais perto, mais velocidade”, o que evidencia assumir uma aceleração desta carga.

Estudante G1: 4 respostas corretas no pré-teste e 6 respostas corretas no pós-teste.

O estudante G1 apresentou evolução parcial na idéia de movimento de cargas num campo elétrico, como demonstrado nas questões 7, 8 e 10 já descritas anteriormente. Perguntado sobre o movimento de uma carga num campo elétrico, explicou: “Vi na simulação que quando a gente coloca uma carga num campo, ela se move, e vi que a distância influencia na velocidade, mas não sei se é para mais ou para menos”.

Percebe-se que o estudante não concebe a idéia de vetor como representação da força elétrica, pois na questão 5, onde deveria representar com um par de vetores a força de interação entre uma carga de -2 unidades e uma carga de $+1$ unidade, representou-as com um par de vetores de tamanho diferente tanto no pré como no pós-teste, no entanto no pós-teste já apresentou alguma evolução, pois representou o par de vetores de forma a simbolizar uma atração das cargas, o que não ocorreu no pré-teste.

Caso particular

Estudante D1: 4 respostas corretas no pré-teste e 4 respostas corretas no pós-teste.

Quando perguntado sobre como ficará o vetor campo elétrico quando movemos uma carga de prova positiva numa região onde existe um campo elétrico gerado por outra carga positiva, o estudante respondeu: “As cargas vão se repelir, o campo elétrico da carga maior exercerá uma força sobre o outro”.

De forma semelhante, em questões que pediam para representar a força elétrica com vetores, este estudante desenhava vetores de tamanhos diferentes para cargas de valores diferentes.

Em questões onde uma carga era atraída na direção de um campo elétrico, este estudante descrevia este movimento como: “O campo elétrico vai atrair a carga em sua direção e a aceleração será constante até o ponto do campo elétrico. Achei que quando a carga chegasse no campo ela entraria em repouso, mas ela passou pelo campo elétrico.”

Vemos aí uma idéia de campo elétrico como uma região limitada, enquanto se tratando de força elétrica, o estudante não vê força como interação, mas algo próprio de cada carga, independente de outra carga. Esta concepção aparece também em outros trabalhos, como supracitado.

Quando perguntado sobre como seria o movimento de uma carga que está se afastando de outra, o estudante respondeu: “Quando a distância é muito grande, e a força é muito pequena, a velocidade vai diminuindo e a carga pára por causa do seu peso.”

Nesta declaração também temos indícios da visão de campo elétrico limitado, porém também temos indícios de uma visão de campo elétrico como origem da força elétrica.

Considerações finais

Nossa atividade, mesmo se tratando de uma atividade-piloto e de curto espaço de tempo, proporcionou para a maioria dos estudantes a capacidade de reconhecer que o tamanho da “flecha” indicava força maior ou menor. Dessa forma, a representação vetorial passa a ser considerada como parte do seu discurso durante a explanação de fenômenos elétricos. Este é um ganho interessante que o uso de simulações pode proporcionar.

Uma vez observado o comportamento de duas cargas, os estudantes relacionam a terceira lei de Newton com fenômenos eletrostáticos, e alguns até mesmo conseguem a aplicar o princípio da ação e reação também para a força entre cargas. Nas questões que envolviam alguma operação vetorial verificou-se que poucos alunos tiveram alguma evolução, visto que por vezes tomavam o vetor força elétrica pelo vetor velocidade. E, finalmente, nas questões que possuíam potencial elétrico como um elemento suplementar, verificamos que nenhum estudante obteve êxito no pós teste, o que muito provavelmente deva-se ao fato de não realizarem um experimento específico para potencial. Como toda concepção alternativa, existe uma grande resistência à evolução da idéia de campo elétrico limitado. É pertinente repensar uma forma de provocar esta evolução, e a reformulação dos experimentos de simulação torna-se necessária. Outra falha constatada nos experimentos de simulação foi o fato de representarmos um campo elétrico originado por uma carga fixa, pois o estudante verificou que ao colocarmos outra carga próxima, só uma delas se movia. A falha mais comprometedora de todos os experimentos realizados foi o fato da simulação já estar rodando quando os estudantes iniciavam a tarefa.

No entanto, de uma forma geral, podemos concluir que a utilização da simulação computacional obteve resultados positivos, dado os resultados – quiçá não passíveis de um tratamento estatístico – dos pré e pós-testes, que não obstante sofreram uma instância confirmadora durante a análise interpretativa dos guias e das entrevistas. Sendo assim, o potencial de uso de simulações para ensino de conceitos de campo e força em eletrostática aparenta ser bom para a área de ensino de física.

Referências

- DOMINGUEZ, Maria Eugênia D. *Deteção de alguns conceitos intuitivos em eletricidade através de entrevistas clínicas*. Porto Alegre: UFRGS, 1985. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.
- ESQUEMBRE, F. Computers in physics education. *Computer Physics Communications*, v.147, p. 13-18, ago. 2002.
- FURIÓ, Carles; GUIASOLA, Jenaro. Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las ciencias*, v. 17, n. 3, p. 441-452, 1999.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría Del aprendizaje significativo. *Revista Ciência e Educação*, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.
- MALONEY, David P.; O’KUMA, Thomas L.; HIEGGELKE, Curtis J.; HEUVELEN, Alan Van. Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.*, v. 69, n. 7, jul. 2001.
- MARTIN, José; SOLBES, Jordi. Diseño y evolución de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en Física. *Enseñanza de las ciencias*, v. 19, n. 3, p. 393-403, 2001.
- MEDEIROS, A. & MEDEIROS, C. F. Possibilidade e limitações das simulações computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 77-86, jul. 2002.
- MOREIRA, Marco Antonio. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: MOREIRA, Marco Antonio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999. p. 151-165.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigação em ensino de ciências*, v. 1, n. 1, 1996.
- POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P. & GERTZOG, W. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, p. 211-227, 1982.

REIS, M. A. F. *Uso de simulações computacionais no ensino de colisões mecânicas*. Canoas: ULBRA, 2003. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Luterana do Brasil, 2003.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n. 2, jun. 2002.

WHITE, R. T.; GUNSTONE, R. F. *Probing undersyanding*, London: Falmer, 1992. Citado em: TAO, P. K.; GUNSTONE, R. F. A process of conceptual change in force and motion during computer-supported Physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, p.859-882, 1999.

RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA: ENSINAR FÍSICA COM OS PROJETOS DIDÁTICOS NA EJA, ESTUDO DE UM CASO

Karen Espíndola [renaka@pop.com.br]

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.
Mestrado Profissional em Ensino de Física.
Instituto de Física – UFRGS.*

Resumo

Este trabalho relata uma experiência didática em Física, realizada em uma escola de EJA, Núcleo Estadual de Educação de Jovens Adultos e Cultura Popular Paulo Freire, em Porto Alegre. A estratégia utilizada para este trabalho foi a dos projetos didáticos como alternativa no desenvolvimento de conceitos da disciplina de Física, com alunos da etapa 8 de um curso noturno de Educação de Jovens e Adultos. Os conceitos foram abordados conforme o desejo, curiosidade e anseios dos alunos da respectiva etapa de ensino, ou seja, os temas geradores foram sugeridos por eles, baseados em suas experiências de vida. Foi realizada uma pesquisa e posterior discussão dos conceitos envolvidos em cada projeto. Foi aplicado um teste intermediário sobre os conceitos abordados em cada projeto e ao final eles chegaram a um resultado final, uma apresentação para os colegas. Este relato apresenta um tema gerador escolhido por dois grupos desta turma. Responderam, ainda, a uma entrevista para verificar a importância da estratégia utilizada na aprendizagem. Os resultados, apesar de o grupo ser pequeno, são positivos, pois com esta metodologia a aprendizagem pode se tornar significativa, quando os conhecimentos dos alunos são aproveitados e reformulados cientificamente. Os pressupostos teóricos do presente trabalho são: a pedagogia dialógica de Paulo Freire, a proposta de Frota-Pessoa sobre projetos didáticos, as teorias de aprendizagem de Lev Vygostky e de David Ausubel.

Palavras-chave: projetos didáticos; aprendizagem significativa; educação de jovens e adultos.

Introdução

A prática pedagógica envolvendo a utilização dos projetos didáticos é uma alternativa que favorece a criação de estratégias de integração dos conhecimentos de vida e da escola em alunos jovens e adultos.

Dentre vários fatores que entravam a prática docente desenvolvida com alunos adultos, podemos citar alguns: turmas heterogêneas; tempo limitado para o desenvolvimento das aulas; grande dificuldade dos alunos em entender os conceitos sem uma relação com situações do cotidiano. Encontramos, então na prática didática dos projetos uma alternativa para amenizar estes fatores que tanto dificultam a aprendizagem de alunos jovens e adultos.

Com essa prática, os alunos jovens e adultos podem melhorar seus conhecimentos científicos, pois, partindo de seus interesses e conhecimentos construídos na vida e no trabalho, é possível que consigam relacionar seus conhecimentos prévios com conhecimentos científicos abordados na disciplina de Física, aumentando a possibilidade de aprendizagem significativa.

Os alunos jovens e adultos dos NEEJAs possuem duas opções de ensino: presencial e não-presencial, no entanto, na escola onde desenvolvemos a presente prática, a disciplina de Física não é oferecida no ensino não-presencial; portanto, os alunos devem freqüentar as aulas com dois períodos de uma hora por semana durante um semestre, a isto chamamos de etapa. O ensino médio na EJA é formado por três etapas: 7, 8 e 9, que são equivalentes aos três anos regulares do ensino médio.

Precisamente aí, inicia-se a grande dificuldade do educador, pois deve trabalhar os conteúdos que normalmente são vistos em um ano, em apenas meio ano.

O presente relato refere-se a uma turma da etapa 8, onde mostraremos dois projetos desenvolvidos por dois grupos de alunos.

O tema gerador escolhido por ambos os grupos foi: “As cores no mundo em que vivemos”; a partir do tema proposto um grupo escolheu falar das cores como prevenção de doenças e o outro falar de como enxergamos os objetos coloridos.

A pedagogia dos projetos

A atividade desenvolvida com projetos didáticos propicia a articulação das atividades educativas de modo potencialmente significativo, favorecendo assim uma aprendizagem onde o aluno consegue relacionar os conceitos científicos com aplicações no mundo em que vive, evitando que a prática de sala de aula se reduza a um somatório de exercícios isolados e repetitivos.

Os alunos juntamente com o professor escolhem o eixo temático e o problema a ser estudado; é a partir deles que os conteúdos serão desenvolvidos. Isto sugere que este tipo de organização dos conteúdos escolares é essencial para que o aluno consiga sistematizar e relacionar os conhecimentos partindo de uma situação problema.

A preocupação nesta atividade é tornar o aluno um sujeito atuante no seu processo de aprendizagem e não mais um mero espectador, aquele indivíduo que apenas recebe as informações de alguém ou algo.

A escola de jovens e adultos deve ter características diferenciadas das escolas de ensino regular, para evitar que estes alunos se tornem excluídos novamente do processo educacional.

De acordo com Oliveira (1999, p. 60), o aluno jovem e adulto pode ser identificado em algumas categorias dentro de um contexto social.

“É bem mais ligado ao mundo urbano, envolvido em atividades de trabalho e lazer mais relacionadas com a sociedade letrada, escolarizada e urbana. Refletir sobre como esses jovens e adultos pensam e aprendem envolve, portanto, transitar pelo menos por três campos que contribuem para a definição de seu lugar social: a condição de “não-crianças”, a condição de excluídos da escola e a condição de membros de determinados grupos culturais.” Estes três campos que definem o espaço social ocupado por estes alunos evidenciam a necessidade de uma proposta educacional diferenciada.

A Educação de Jovens e Adultos tem como principal referência a pedagogia dialógica e problematizadora de Paulo Freire (Freire, 1996). Esta pedagogia propõe que haja uma participação ativa e dinâmica do aluno trabalhador na sala de aula, isto evidencia que a experiência de vida é a base para a construção dos novos conhecimentos destes alunos jovens e adultos. O professor inicia suas atividades em aula com uma explanação do tema e abre o debate aos alunos; sua função é a de problematizar as questões propostas para aprendizagem dos alunos, ele deve formar redes de conhecimentos, através da interação do conhecimento científico e popular; a relação do saber do aluno com o saber científico é promovida pelo professor.

Para Frota-Pessoa (1970, p. 39-40), *“devemos dar aos estudantes ocasião de aplicar amplamente suas capacidades. No campo das ciências, isto significa principalmente que os alunos devem pensar por si mesmos, discutir os problemas e tratar de resolvê-los cientificamente, executando, com espírito criador, as inquições e experimentos que planejam. Se contrário, os obrigamos a escutar passivamente nossas dissertações, dificultamos o livre desenvolvimento de suas capacidades”*.

Frota-Pessoa (ibid.) diz, ainda, que se um educador deseja o progresso de seu aluno, deve oportunizar que este desenvolva capacidades e habilidades para resolver problemas cientificamente; ele cita algumas capacidades que devem ser desenvolvidas nos alunos:

- a) extrair de livros, artigos de revistas, monografias, enciclopédias e dicionários os materiais que necessitem para a solução de um determinado problema;
- b) entender e avaliar a importância relativa do que lêem;
- c) criticar informações dos livros e das pessoas e só as aceitar quando estiverem de acordo com a lógica e bom senso.

As atitudes mentais são fundamentais para o desenvolvimento do ser humano seja ele cientista ou não, assim afirma o mesmo autor (1970, p. 46) e então sugere algumas atitudes que devem ser desenvolvidas nos alunos pelo professor:

- a) captar situações analisando os fatores que nelas influem;
- b) entender as relações de causa e efeito quando são genuínas e saber distingui-las da falsidade;
- c) basear as opiniões, sempre que possível, em fatos comprovados;
- d) reconhecer a importância da cooperação no trabalho;
- e) apreciar a importância da ciência e dos seus métodos para o progresso da humanidade;
- f) manter sempre vivos o interesse e a curiosidade.

As atitudes citadas acima são subjacentes aos projetos didáticos; o aluno que as desenvolver provavelmente será um sujeito mais autônomo, crítico e consciente de seu papel na sociedade como um cidadão.

Frota-Pessoa (1970, p. 57) diz também que o ensino renovado se baseia no interesse do aluno. Para ele todos os princípios científicos têm alguma finalidade e possuem algumas funções que podem ser as seguintes:

- a) permitir que um indivíduo atue consciente em uma situação concreta da vida;
- b) dar satisfação intelectual, ajudando- a compreender o universo e formar sua filosofia de vida.

Quando um aluno realiza uma avaliação, uma prova, ele pode responder a todas as questões e acertar tudo, mas a aprendizagem não tem sentido se ele não souber utilizar estes conhecimentos na vida.

O ensino renovado proposto por esse mesmo autor (1970, p. 60) sugere que a aprendizagem pode ser de melhor qualidade quando:

- a) os fatos e princípios se adquirem como parte da tarefa de resolver problemas;
- b) as situações que apresentam para a aprendizagem estão relacionadas estreitamente com vivências da vida comum;
- c) a faceta intelectual da aprendizagem é complementada pela faceta emotiva.

Sugere também que a organização das aulas seja na forma de projetos ou temas. Para ele, os projetos são atividades que resultam numa produção final feita pelos alunos, cuja função é solucionar um problema. Temas são assuntos que centralizam o estudo e a discussão sem a exigência de um produto final.

Pensando nos aspectos citados acima e, principalmente, no desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem do aluno adulto, e na utilização de metodologias alternativas de ensino, a pedagogia de projetos na EJA parece ser uma alternativa interessante para organizar os trabalhos pedagógicos nesta modalidade de ensino.

Fundamentação teórica

Os enfoques teóricos que fundamentam o presente trabalho são as teorias construtivistas de Lev Vygotsky (1998) e de David Ausubel (Moreira, 1999a e b) e a pedagogia dialógica de Paulo Freire (1996).

A teoria de Vygotsky é construtivista, no sentido de que os instrumentos e signos são construções sócio-históricas e culturais e sua internalização é uma reconstrução na mente do indivíduo.

Esta teoria está muito relacionada com a EJA, pois os significados socialmente aceitos devem ser internalizados pelos alunos jovens e adultos quando eles retornam ao espaço escolar, através de suas experiências de vida e trabalho, mas é o professor que tem a função de mediador no processo, que procurando relacionar e modificar os significados já existentes na estrutura cognitiva deste aluno; a significação dos instrumentos e signos ocorre na interação professor-aluno, na interação aluno-aluno e na interação novo conhecimento-conhecimento prévio.

Segundo a teoria de Ausubel, a construção de um novo conhecimento pelo sujeito se dá em relação ao que ele sabia antes, ao que já se encontrava em sua estrutura cognitiva. De acordo com Moreira (1999b, p. 11), para Ausubel, a aprendizagem é significativa quando uma nova informação interage com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento da pessoa. Para que ocorra a interação e aconteça uma aprendizagem significativa, uma nova informação deve relacionar-se, de maneira substantiva e não arbitrária, com conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva dando-lhes novos significados.

Em nossa opinião, a atividade desenvolvida com projetos didáticos propicia a articulação das atividades educativas de modo potencialmente significativo, favorecendo assim uma aprendizagem onde o aluno consegue relacionar os conceitos com sua experiência de vida e com aplicações no mundo em que vive. Ou seja, uma aprendizagem significativa.

Relato da experiência: aspectos gerais

A atividade é desenvolvida partindo dos interesses e conhecimentos dos alunos, eles irão escolher o assunto que desejam entender melhor; chamamos esse assunto de tema gerador. Após a escolha do assunto, dentro da perspectiva dos conteúdos desenvolvidos na etapa, eles, juntamente com o professor, irão construir seu conhecimento. As principais características do trabalho por projetos são a problematização de um tema e a produção de um objeto ou de uma ação por parte dos alunos. O destino final deste produto deve ser a aplicação social dos conteúdos estudados, relacionados com os temas geradores escolhidos.

Partindo sempre do princípio de que os alunos jovens e adultos conhecem muitos assuntos, iniciar a atividade sempre com uma conversa informal é necessário, pois assim o educador começa a conhecer seus interesses e ter uma idéia de seus conhecimentos prévios.

A utilização dos projetos não impede que o educador desenvolva os conteúdos previstos no programa de ensino da etapa, mas no nosso caso, os temas geradores escolhidos pelos alunos estiveram incluídos no respectivo programa.

No primeiro encontro com os alunos das duas turmas que desenvolvemos o presente estudo, conversamos e explicamos a eles a forma do trabalho por projetos, procurando descobrir quais seus interesses em estudar Física e o que esperavam dos encontros que teríamos até o final do semestre. Por exemplo, perguntamos: O que vocês acham que iremos estudar neste semestre e o que acha da disciplina de Física?

As respostas foram as mais variadas; alguns dos alunos já haviam participado de estratégias utilizando os projetos didáticos em outros momentos, mas uma das turmas era nova e não fazia idéia de como iriam aprender os conceitos físicos. A seguir estão algumas respostas dos alunos da turma que era nova.

“É uma disciplina difícil e com muito cálculos para fazer.”

“Acho que iremos estudar e resolver muitos problemas de matemática.”

“No semestre passado achei tudo muito difícil e acredito que não aprendi muita coisa.”

“O professor do semestre passado só deu lista de exercícios, quase não tinha matéria escrita no caderno.”

“Como eu não gosto de matemática, também não gosto de Física. No semestre passado quase não tive aula desta matéria.”

Como já foi dito, as conversas sobre os seus interesses são necessárias para desenvolver trabalhos por projetos didáticos. É o ponto de partida do educador para construir seu ensino.

Nas próximas atividades desenvolvidas com os alunos está a parte de “pesquisa”, onde eles buscaram informações, reportagens e artigos que falassem dos conceitos de Física referentes ao programa da etapa. A pesquisa aconteceu em diferentes meios de comunicação; a idéia era que eles procurassem em jornais, revistas e Internet.

Os alunos foram orientados de que deveriam realizar uma busca e trazer o material que encontrassem sobre assuntos relacionados com a Física da etapa. Eles trouxeram alguns materiais; tiveram alguma dificuldade em encontrá-los, pois não estão acostumados a realizar buscas nestes meios de informação.

Após esta etapa inicial, eles foram convidados a selecionar, juntamente com a professora, o material trazido por eles de acordo com os diferentes assuntos, por exemplo: temperatura e calor; máquinas que poluem; o homem atuando no meio ambiente, luz e som.

Depois de separados os artigos trazidos pelos alunos, conforme os assuntos sugeridos acima, foi realizada uma nova organização do material e a montagem de pastas com assuntos gerais. Os temas geradores foram:

- máquinas térmicas;
- problemas ambientais causados pelo homem;
- dispositivos ópticos;
- as cores no mundo em que vivemos;
- uso de lentes para correção dos defeitos da visão;
- fibra óptica e suas aplicações;
- a matéria e suas interações com o meio material;
- a física envolvida nos sons;
- as diferentes transformações de energias para geração de energia elétrica.

Em cada pasta montada havia uma coletânea de artigos, bem como cópias de partes de alguns livros sobre os temas geradores propostos. Os artigos eram bem diversificados e não falavam de um único tópico referente ao tema gerador especificado.

Após esta atividade de organização do material encontrado pelos alunos, a próxima etapa do processo foi a de organizar grupos de trabalho e escolher um dos temas geradores propostos nos materiais selecionado por eles. Os grupos foram montados por afinidade de trabalho e a escolha foi feita por eles.

Depois de os grupos estarem organizados e os alunos terem feito a escolha dos temas geradores era o momento de iniciar a construção dos projetos didáticos da turma. Deveriam

escolher um texto contido na pasta para ler, interpretar, analisar e expor aos outros colegas da turma. Para o caso que pretendemos relatar neste trabalho, os grupos escolheram:

- **as cores no mundo em que vivemos – como enxergamos os objetos coloridos.**
- **as cores no mundo em que vivemos – a cura através das cores.**

Este foi o primeiro momento de socialização da leitura e interpretação feita por eles dos assuntos escolhidos de cada tema gerador. Os alunos escolheram o assunto, realizaram uma leitura, discutiram em grupo os aspectos mais relevantes para explicar aos colegas de outros grupos da turma. Ao final da explanação oral feita por cada grupo, eles entregaram um resumo feito para a apresentação.

Após esta explanação oral dos alunos, fizemos uma análise dos conceitos físicos envolvidos em cada um dos temas. Sugerimos a eles uma lista de palavras que foram expressas em suas apresentações e as relações destas com os conceitos de Física que iríamos estudar no decorrer do semestre.

Após este primeiro contato com a pesquisa e a socialização do material pesquisado com os colegas, a professora começou a explicar alguns conceitos envolvidos nos assuntos escolhidos por eles. As explicações foram dadas de acordo com as relações entre conceitos e aplicações dos assuntos propostos pelos alunos.

As aulas eram sempre intercaladas com explicações e apresentações dos grupos sobre os assuntos escolhido por eles.

A forma como os alunos apresentaram os projetos foi bem conceitual, a proposta de trabalhar com projetos didáticos era fazer com que o aluno adulto estabelecesse relações entre conceitos e aplicações úteis em seu modo de vida.

No decorrer do semestre os alunos receberam um material com orientações de como os projetos deveriam ser desenvolvidos. Neste material constava: o título do tema gerador do projeto; os conteúdos que podiam ser abordados no respectivo projeto; as competências e habilidades que deveriam desenvolver durante o estudo destes conteúdos e na realização do projeto de trabalho; questões que deveriam ser respondidas até o final do semestre, o final do projeto, e uma proposta de como o produto final do projeto poderia ser apresentado ao final do semestre. Cada tema gerador deve ter uma orientação de como o projeto deve ser desenvolvido.

Para cada projeto de trabalho, os alunos realizaram três apresentações.

- Primeira apresentação – o grupo escolheu um artigo para falar ao grande grupo sobre o seu trabalho.
- Segunda apresentação – eles apresentaram parte do projeto, nesta etapa propusemos que eles respondessem a algumas questões mais gerais do material de orientação; foram apenas três questões básicas que cada grupo deveria pesquisar, até a data de apresentação aos colegas de outros grupos.
- Terceira apresentação – foi a finalização dos projetos, na qual eles deveriam referir-se a todos os conteúdos referentes ao assunto do tema gerador e explicar ao grande grupo, além de demonstrar um experimento simples e de baixo custo, que comprovasse os conceitos ou tornasse a explicação mais simples.

Relato da experiência: aspectos específicos

Como já foi mencionado, este relato envolve dois grupos que optaram pelo mesmo tema gerador, mas que abordaram assuntos diferentes. Após as orientações recebidas, eles partiram para a

construção dos projetos. A partir de agora apresentaremos as formas que as atividades foram desenvolvidas por cada grupo. Seguem, então, os projetos desenvolvidos pelos alunos.

A cura através das cores

O grupo escolheu falar na utilização das cores para a prevenir doenças, e a importância que as cores têm na publicidade. A escolha do assunto aconteceu por que um dos integrantes do grupo conhecia um cromoterapeuta, e eles conversavam muito sobre o assunto, mas ele não entendia a relação da Física com as cores.

Na primeira apresentação do projeto eles falaram da utilização das cores como prevenção de doenças, comentaram qual a função de cada cor na terapia.

A grande discussão após a apresentação foi a respeito das informações trazidas pelo grupo, pois dizer que uma terapia é comprovada cientificamente é uma forma de convencer as pessoas de que realmente funciona, mas qual a comprovação existente? O debate em torno de comprovação científica foi bem entusiasmado.

Após, os alunos propuseram trazer o cromoterapeuta para uma palestra na escola; marcamos uma data e ele veio conversar com os alunos da turma sobre Cores e suas Aplicações como Terapia.

Na segunda fase do projeto, eles deveriam responder às questões básicas; as respostas foram as seguintes.

Para a questão 1: Como a luz se propaga quando incide num prisma?

Eles explicaram que a luz sofre uma decomposição quando incide em um prisma de vidro e o conjunto de cores obtidas é chamado espectro de cores ou espectro luminoso. A função do prisma é separar as cores, e isto ocorre devido ao fenômeno da refração. Cada cor sofre um desvio diferente, por isso ocorre a separação.

Para a questão 2: Quais as cores do arco-íris, e por que sempre estão na mesma ordem?

A formação do arco-íris tem o mesmo princípio do prisma explicado na questão anterior. Há uma decomposição da luz solar resultando nas cores do espectro. A ordem das cores é: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

Para a questão 3: Qual a influência da luz na cor dos objetos?

A luz é quem dá a cor ao objeto.

Após a segunda apresentação, eles receberam as orientações para finalizar o projeto.

Esta fase envolveu a apresentação final, juntamente com um experimento que possibilitasse entender um pouco mais sobre as cores.

Relato: *Bom, a formação das cores a gente encontra na luz, a gente enxerga colorido por causa da luz, por exemplo nas bolhas de sabão e nas superfícies com óleo. Cada cor tem a sua frequência por isso elas formam as cores do arco-íris. O vermelho tem uma frequência maior e a menor é do violeta. Como a gente tinha visto na outra vez, o comprimento de onda é dado em nanômetros. O resto a gente já falou da outra vez.*

Como os nossos olhos percebem as cores: são os cones e os bastonetes. Os cones são receptores com sensibilidade variável que têm seu pico em um das cores, eles fixam as diversas cores e os bastonetes são outros receptores que fornecem informações em preto e branco para o cérebro, além disso encontra-se em quantidade muito maior do que os cones. Algo em torno de 120 milhões de receptores na retina.

Experimento: Os alunos construíram um Disco de Newton. Utilizaram um LP pintado com as cores do espectro, com um motor fixo em um suporte de madeira. O experimento foi mostrado e quando o motor era ligado o disco girava rapidamente e os alunos observaram que o disco ficava branco. Eles explicaram que se a luz branca pode ser decomposta nas cores do espectro, as cores do espectro devem formar a luz branca, e isto foi demonstrado pelos alunos.

Como enxergamos os objetos coloridos

O tema escolhido pelos alunos foi a diferença entre as cores na pigmentação e na iluminação.

Na primeira apresentação, procuraram abordar como as cores são formadas na natureza.

Após a apresentação, os alunos receberam as três questões, citadas no início deste projeto, para pesquisarem e apresentarem na segunda etapa do projeto.

Para a questão 1: Como a luz se propaga quando incide num prisma?

“a luz se propaga num prisma por sua seção transversal. A luz sofre um desvio quando o atravessa, isto ocorre devido aos meios diferentes por onde a luz passa, ar acrílico e ar novamente. Em cada meio a luz sofrerá um desvio diferenciado.”

Para a questão 2: Quais as cores do arco-íris, e porque sempre estão na mesma ordem?

“As cores do arco-íris são: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta, e estão na mesma ordem porque a luz branca é composta de sete componentes coloridas, isto é, ela é policromática, e quando incide num prisma ocorre um fenômeno chamado DISPERSÃO LUMINOSA, que se dá sempre do mesmo jeito.”

Para a questão 3: Qual a influência da luz na cor dos objetos?

“A luz branca emitida pelo Sol, pode ser decomposta em diversas cores, assim, dando cor aos objetos. As cores podem assim serem somadas, isto é, as luzes vermelha, verde e azul podem ser denominadas cores primárias ADITIVAS, porque uma vez combinadas em diferentes integridades podem originar qualquer outra cor.”

Após a segunda apresentação, eles receberam as orientações para finalizar o projeto.

A apresentação final deste grupo não foi gravada, o relato apresentado a seguir foi retirado das anotações feitas pela professora.

Eles explicaram a importância das cores no mundo de hoje, pois tudo o que enxergamos tem a influência das cores. Falaram das cores formadas pelo televisor, das cores das obras de arte com pigmentos, do arco-íris, da cor alaranjada no final da tarde, da cor das flores. Eles disseram que tudo isto envolve as cores que estudamos na Física e que cada cor tem um comprimento de onda e uma frequência determinada. A cor vermelha tem a menor frequência, enquanto o comprimento de onda é maior, já a cor violeta tem a maior frequência e o menor comprimento de onda.

Explicaram como as cores do arco-íris são formadas e porque estão sempre na mesma seqüência. O Sol está sempre em oposição ao arco-íris, para que a reflexão seja conseguida. Cada cor tem um ângulo de incidência, que está entre 41° e 43°. Eles explicaram que é possível criar um arco-íris com uma mangueira, basta apertar a saída de água da mangueira quando você estiver com o Sol nas costas, isto formará um arco-íris a sua frente.

Explicaram como se dá a formação das cores com a luz, primeiro é possível perceber a soma de duas cores primárias que resulta nas cores secundárias: amarelo, ciano e magenta, e quando todas as cores primárias incidem juntas em um objeto, é possível observar uma iluminação branca. Após, eles explicaram que a combinação das cores secundárias mostradas anteriormente resultam na cor branca.

Demonstraram através de uma figura como um objeto colorido é visto, pois sob a iluminação de luz branca o objeto reflete a cor que enxergamos; por exemplo: a luz branca sob um objeto azul, reflete a cor azul, por isso a cor azul é observada no objeto. Quando a cor branca é enxergada, é porque todas as cores foram refletidas, e quando um objeto de cor preta é observado, é porque a luz branca que incidiu sobre ele não refletiu nenhuma das outras cores, todas foram absorvidas.

Experimento: Os alunos demonstraram como os objetos ficam coloridos e mudam de cor. Utilizaram para isto, papéis de diferentes cores, papel celofane nas cores azul, laranja, amarelo, verde e vermelho, uma lâmpada incandescente. Eles pegaram cada uma das folhas dos papéis celofane e envolveram a lâmpada, para cada cor fizeram uma observação e iluminaram os diferentes papéis coloridos que trouxeram. Os questionamentos feitos foram no sentido de como os objetos coloridos são percebidos, quando enxergamos um objeto verde, é porque somente a cor verde foi refletida por este objeto. Com esta atividade os alunos concluíram que a cor de um corpo é definida pela cor da luz que ilumina este corpo.

Avaliação qualitativa

É possível perceber que a utilização desta alternativa didática possibilita ao aluno adulto uma percepção mais ampla do universo em estudo, pois além dos conteúdos da disciplina serem discutidos nas aulas, eles conseguem relacionar situações reais e concretas com situações abstratas de aprendizagem.

O presente relato evidencia que um mesmo tema gerador proporciona a discussão de diferentes assuntos que envolvam os mesmos conteúdos.

Em ambos os grupos foi possível perceber o bom grau de interesse e envolvimento na realização das atividades. Esta prática permite aos educadores uma maior motivação para que as aulas de Física sejam mais interessantes e, possibilitam uma aprendizagem mais significativa.

Comentários: a cura pelas cores

- A idéia inicial dos alunos em trazer um palestrante que falasse das cores como prevenção de doenças foi interessante, pois a curiosidade deles em saber a função das cores em tratamentos tornou o projeto instigante.
- A parte conceitual dos alunos foi bem apresentada, souberam explicar os conteúdos em uma forma simplificada; os comprimentos de onda e as frequências das cores foram bem abordados neste projeto.
- Explicaram bem sobre os receptores existentes na retina, os cones e bastonetes.
- A atividade experimental foi bem montada, o disco de Newton, montado pelo grupo demonstrava bem a cor branca produzida pelo movimento do disco colorido; nesta parte o grupo foi bem organizado, e mostraram claramente que compreenderam os conceitos abordados no respectivo projeto.
- Na apresentação final não se referiram muito à idéia inicial do projeto, as cores como prevenção de doenças, mas o fato de terem trazido um palestrante deixou os outros alunos curiosos em prestar mais atenção e entender melhor a função das cores como terapia.

Comentários: os objetos coloridos e a luz

- Esse grupo soube explicar bem a formação das cores nos objetos através da iluminação, mas não soube organizar o projeto para que as apresentações fossem claras e que os outros colegas entendessem os conceitos relacionados com as cores.
- O experimento não foi bem explicado, eles não estudaram e não souberam relacionar os conceitos que haviam explicado com a atividade experimental, apesar de saberem explicar bem os conceitos do respectivo projeto.

- A parte teórica apresentada pelos alunos foi bem clara, mas o grupo estava muito inseguro durante as apresentações.
- Os conceitos foram abordados em uma forma correta pelos integrantes deste projeto, mas a relação dos conteúdos com as aplicações foi muito fraca.
- A parte visual dos cartazes montada pelos alunos foi bem explicativa.

Considerações finais

Esta experiência mostra que esta prática é adequada para que os alunos da EJA consigam melhorar seus conhecimentos científicos.

O presente relato sugere que a utilização desta metodologia de ensino proporciona uma aprendizagem mais significativa com este público de alunos, visto que todos os conceitos são discutidos tendo como base os interesses e desejos dos alunos.

Ao final de cada etapa, o aluno percebe que ele não perdeu tempo em frequentar as aulas e que há um grande propósito no desenvolvimento das atividades: compreender o mundo que o cerca.

As respostas dos alunos na entrevista feita no fim do semestre confirmam que a prática é uma boa alternativa para desenvolver os conteúdos da disciplina de Física.

A pergunta foi: **O que você achou da forma de trabalho com projetos desenvolvida durante o semestre? Interessante ou desinteressante?**

As respostas foram as seguintes:

Aluno 1 – *Muito interessante, pois aprendi que os objetos coloridos sofrem grande influência da iluminação. Não sabia que isto era Física.*

Aluno 2 – *Interessante, sempre tive muita curiosidade em saber como o arco-íris é formado; neste trabalho aprendi que a reflexão e refração da luz é que fazem aparecer as cores dele.*

Aluno 3 – *Interessante. A palestra do cromoterapeuta explicou como as pessoas enxergam poucas cores, como enxergam os daltônicos. Foi bem legal.*

Aluno 4 – *Excelente, nunca pensei que as cores influenciavam na prevenção de doenças, parece que é por causa do comprimento de onda.*

Aluno 5 – *Interessante. Eu já tinha tido aulas de Física, mas confesso que nunca tinha aprendido nada, eram muitas fórmulas e muita matemática sem utilidade.*

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: PCNs*. Brasília: MEC, 2002.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.

FROTA-PESSOA, O.; GEVERTZ, R.; SILVA, A. G. da. *Como ensinar ciências*. São Paulo: Nacional, 1970.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora UNB, 1999a.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999b.

OLIVEIRA, M. K. *Jovens e adultos como sujeitos de conhecimento e aprendizagem*. Revista Brasileira de Educação, Belo Horizonte, n.12, p. 59-73, set./dez. 1999.

VYGOSTSKY, L. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes. 1998.

UM RECURSO DIDÁTICO PARA ENSINO DE FÍSICA, BIOLOGIA E MÚSICA

Laura Rita Rui^a [laurarui@cpovo.net]

Maria Helena Steffani^b [steffani@if.ufrgs.br]

^{a,b}*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal 15051.*

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

^b*Planetário José Baptista Pereira – UFRGS*

Avenida Ipiranga 2000, CEP 90160-091 – Porto Alegre, RS – Brasil.

Resumo

O SOM é talvez um dos temas mais fascinantes tanto por sua diversidade quanto por sua complexidade. A produção, a propagação e a percepção do som envolvem conceitos físicos, biológicos, artísticos e psíquicos que perpassam todas as áreas do conhecimento humano. Com a perspectiva de contribuir para o ensino de Física, tanto em nível fundamental quanto médio, e pensando na cooperação profissional entre professores de diferentes áreas e séries de ensino, apresentamos um recurso didático que pode ser explorado em Ciências, Física, Biologia e Música. Trata-se de um painel sobre audição humana, focalizando os fenômenos físicos que ocorrem ao longo do ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno no processo da audição.

Palavras-chave: som, audição humana, interdisciplinaridade.

Justificativa

Os PCN's – Parâmetros Curriculares Nacionais, que são a base comum para a elaboração e reelaboração dos currículos nas escolas do país, destacam a necessidade de um currículo interdisciplinar, já no ensino fundamental:

Em relação aos conteúdos conceituais, particularmente de quinta a oitava séries, persiste uma tendência que os aborda de modo estanque nas disciplinas científicas, tais como se consagraram há mais de um século, e de forma caricatural. Apresenta-se separadamente Geologia, dentro de água, ar e solo; Zoologia e Botânica, como sendo classificação dos seres vivos; Anatomia e Fisiologia humana, como sendo todo o corpo humano; **Física, como fórmulas**, e Química como o modelo atômico-molecular e a tabela periódica. As interações entre os fenômenos, e destes com diferentes aspectos da cultura, no momento atual ou no passado, estudadas recentemente com maior ênfase nas Ciências Naturais, estão ausentes... (PCN's, v. 4 – Ciências Naturais 5^a a 8^a séries)

Neste trabalho apresentamos um recurso didático que pode ser explorado em Ciências, Física, Biologia e Música com a perspectiva de contribuir para o ensino tanto em nível fundamental quanto médio: um painel sobre audição humana, focalizando os fenômenos físicos que ocorrem ao longo do aparelho auditivo (ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno) no processo da audição.

O estudo da audição humana revelou-se potencialmente adequado para uma proposta interdisciplinar, tendo como tema central o som. No contexto da Física, o estudo da produção, propagação e percepção do som introduz uma gama enorme de conceitos físicos: vibração, frequência, período, velocidade, comprimento de onda, energia, pressão, ressonância, etc. Já no contexto artístico, conceitos como ritmo, harmonia, tom, melodia e outros parecem em nada se relacionarem com os conceitos físicos mencionados. Por sua vez, o estudo do ouvido humano nas aulas de biologia quase sempre tem um caráter mais informativo, restringindo-se, via de regra, à identificação das partes que compõe o ouvido com as descrições de suas funções básicas.

Freqüentemente o professor de Física, quando questionado sobre a utilidade ou aplicação do tema tratado em sala de aula, recorre ao enfoque matemático ou à aplicação tecnológica para o assunto. Mas porque não aplicar as leis da Física para explicar o “funcionamento” do próprio corpo ou dos seres vivos em geral?

Na realidade, a Física explica boa parte do “funcionamento” do nosso corpo através da Biofísica, que *é a ciência que tem por objeto a investigação dos fenômenos fundamentais de todo o organismo vivo e sua explicação por métodos físicos, por exemplo, a atividade das células sensitivas, musculares e nervosas* (Dicionários Técnicos Melhoramentos – Física, 1980).

Com esse trabalho, acreditamos disponibilizar um recurso didático interdisciplinar inédito e importante para professores de Ciências, Física e Biologia, de ensino fundamental e médio, e potencialmente significativo para seus alunos.

Painel sobre audição humana

Apresentamos a seguir um texto de estudo sobre o sistema auditivo, que complementa as informações contidas no painel. Este texto ainda está longe de dar conta de toda a complexidade do assunto, mas certamente contém bem mais informações do que as encontradas nos livros didáticos de Física e Biologia para o ensino básico.

O ouvido humano é dividido em três partes – os ouvidos externo, médio e interno, sendo que ocorrem processos mecânicos no ouvido externo e médio, e processos mecânicos e elétricos no ouvido interno. Isso explica também porque o ouvido interno é o mais complexo de todos, ligado diretamente ao encéfalo pelo nervo auditivo. Não seria incorreto afirmarmos que o encéfalo faz parte do sistema auditivo, já que é ele que decodifica os impulsos elétricos gerados no ouvido interno. Sem o encéfalo os sons não teriam sentido para nós.

Sentido, sensação. O som é muito mais do que sugerem as definições da maioria dos livros didáticos: o som é uma onda mecânica, que se propaga em um meio material (sólido, líquido ou gasoso) cuja frequência audível ao homem está compreendida entre 20 hertz e 20.000 hertz...

Pode ser fácil apresentar este tema aos alunos de forma a levar em conta os seus conhecimentos prévios, tornando-o mais significativo e, até mesmo, valorizando suas vivências musicais. Os conceitos físicos podem ser compartilhados com professores de outras áreas, enriquecendo-os e fugindo dos conceitos já caricaturados e não significativos. Por exemplo, em seu livro *O som e o sentido – uma outra história das músicas*, J. M. Wisnik, pianista clássico e compositor, apresenta sua definição de som:

Sabemos que som é onda, que os corpos vibram, que essa vibração se transmite para a atmosfera sob a forma de uma propagação ondulatória, que o nosso ouvido é capaz de captá-la e que o cérebro a interpreta, dando-lhe configurações e sentidos (WISNIK, 1999, p. 15), introduzindo não somente conceitos físicos como vibração e propagação de ondas, mas também o processo de captação e interpretação dos sons.

Para haver som, é necessário fazer vibrar um meio. Muitas vezes podemos sentir ou até mesmo ver essas vibrações: coloque os dedos sobre a garganta e sinta as suas cordas vocais vibrarem enquanto você fala ou perceba a vibração de um diapásão que, depois de perturbado, é mergulhado em água.

A vibração se propaga pelo ar através das partículas que o formam, gerando zonas de maior e menor pressão, respectivamente zonas de compressão e rarefação, num movimento de vaivém, pois o meio é elástico. Logo, as partículas do meio não se transmitem junto com o som pelo ambiente, o que se propaga é a energia de vibração que deu origem ao som.

Mas atenção: todo som gera uma vibração no meio pelo qual se propaga, mas nem toda vibração produz som audível para nós. Ou seja, existem sons que não podemos ouvir.

Por experiência diária, sabemos que quando a intensidade do som (popularmente conhecida como volume) é baixa, ou seja, o som é fraco, temos dificuldade de ouvir. Essa dificuldade de ouvir sons fracos (ou de volume baixo) depende de pessoa para pessoa, aumentando muito na velhice.

Mas também os nossos ouvidos não têm capacidade de perceber sons com freqüências muito baixas - abaixo de 20 Hz (os infra-sons), ou freqüências muito altas - acima de 20.000 Hz (os ultra-sons). Por isso dizemos que a faixa de freqüência de sons audíveis para o homem está entre 20 e 20.000 Hz. Mas isso também pode variar de pessoa para pessoa, pois o limite superior da audição humana declina com o envelhecimento. Esse processo é chamado presbiacusia (Jourdain, 1997, p. 38).

O ouvido externo é formado pelo pavilhão auditivo – ou orelha, e pelo canal auditivo.

O pavilhão auditivo é constituído de cartilagem revestida de pele. Seu formato – cheio de curvas, sulcos e elevações – age como um funil, ajudando as ondas sonoras a se concentrarem no canal auditivo mediante reflexões.

O canal auditivo – que se estende por aproximadamente 2,5 cm, tem pêlos e cera que agem como filtros, protegendo o ouvido da entrada de sujeira do exterior. É através do canal auditivo que as ondas sonoras são concentradas por reflexões e levadas até o tímpano, já no ouvido médio.

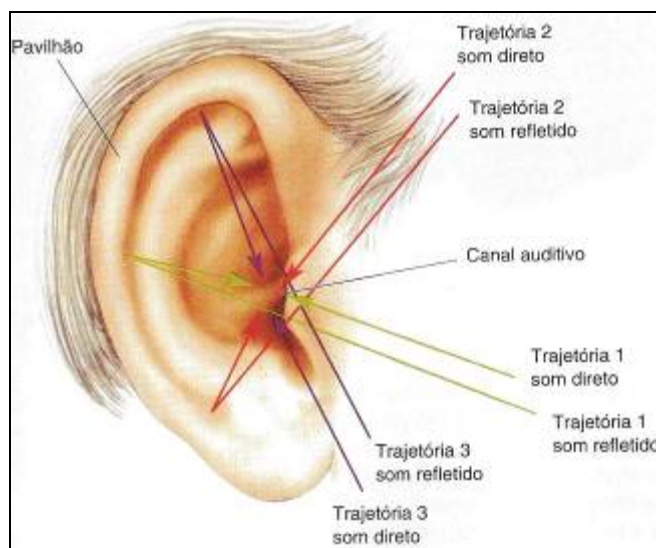


Figura 1 – BEAR et al.

O som pode entrar pelo canal auditivo de maneira direta, ou ser refletido pelo pavilhão auditivo, cujo formato é essencial para que ocorram essas reflexões.

As diferenças entre o tempo do som que chega diretamente e o som refletido pelo pavilhão auditivo é percebido sutilmente e muda conforme a posição ou o movimento da fonte de som. Isso faz com que localizemos as fontes de som.

Para entendermos melhor a importância do pavilhão auditivo na captura dos sons verticais, basta cobri-lo impedindo as reflexões.

O pavilhão auditivo pode variar muito nas diversas classes de animais, dependendo dos hábitos e necessidades de sobrevivência. Na verdade, apenas os mamíferos possuem pavilhão auditivo e, em algumas espécies, ele é realmente fundamental.

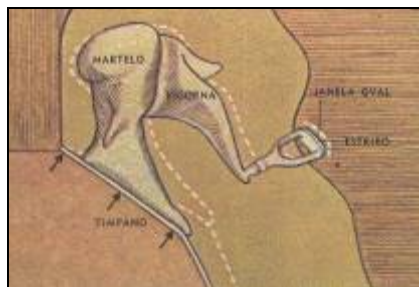


Figura 2 – STEVENS, S. S. & WARSHOFKY, F.

O fêneco, de hábitos noturnos, tem os pavilhões auditivos gigantes devido a duas razões importantíssimas para sua sobrevivência: captar os sons menos intensos de suas presas na escuridão do deserto e ajudar na dissipação do calor corporal – função vital para animais que vivem em climas muito quentes.

Sem dúvida, os morcegos têm o mais eficiente sistema para captar sons de todos os animais. Apesar de existirem muitas famílias de morcegos, todos dependem da localização de sons para a sobrevivência. Os morcegos orientam-se e localizam a caça funcionando como o sonar de um navio: eles emitem ultra-sons que são refletidos pelos objetos, ou seja, eles se localizam por ecos.

Entretanto, as aves não possuem pavilhão auditivo, pois sua sobrevivência depende do vôo: sem ele, as aves tornam-se mais aerodinâmicas. O funcionamento do ouvido médio e interno das aves é igual ao de um mamífero, sendo que a cóclea das aves é apenas encurvada e não enrolada em espiral. Mesmo sem o pavilhão auditivo as aves ouvem muito bem.



A participação do ouvido médio começa quando as ondas sonoras atingem o tímpano fazendo-o vibrar e termina quando o estribo pressiona a janela oval, já no ouvido interno.

Figura 3 – STEVENS, S. S. & WARSHOFSKY.

O tímpano assemelha-se a um tambor: é uma membrana elástica, com cerca de 0,1mm de espessura e entre 9 e 10mm de diâmetro, e fortemente esticada. Quando o som atinge o tímpano, a energia associada à perturbação do ar (meio em que o som se propagava) é transmitida à membrana timpânica, fazendo-a vibrar de acordo com a frequência e amplitude do som que a atingiu. Se o som for agudo, o tímpano vibra mais rapidamente do que se o som fosse grave; se o som for forte (alta amplitude), o tímpano vibra com movimentos maiores do que se o som fosse fraco (baixa amplitude). Na verdade, o som empurra e puxa o tímpano, num movimento contínuo, já que as ondas sonoras são formadas por regiões de compressão e rarefação das partículas do ar. Essas perturbações do tímpano são transmitidas, via ossículos, à janela oval num movimento de pistão.

Mesmo que os sons que pressionam o tímpano sejam fortes, o tímpano sofre apenas movimentos microscópicos. Esses movimentos não são suficientes para estimular os órgãos de Corti – parte mais importante em todo o processo da audição, já no caracol do ouvido interno, que é preenchido completamente por líquidos. Para que as vibrações das ondas sonoras atinjam eficientemente o ouvido interno, estimulando os órgãos de Corti, o som é amplificado ainda no ouvido médio pelos ossículos: martelo, bigorna e estribo.

Mas por que o nosso ouvido não é feito de modo que o som pressione diretamente a janela oval?

O fato é que o ouvido interno está preenchido completamente por líquidos (a perilinfa e a endolinfa) e não por ar. É necessária uma pressão maior para fazer vibrar um líquido do que para fazer vibrar o ar e são os ossículos os responsáveis por tal amplificação.



Figura 4 – STEVENS, S. S. & WARSHOFSKY, F.

A pressão - força dividida pela área - na janela oval pode tornar-se maior do que a pressão no tímpano se:

(1) a força sobre a janela oval for maior do que a força no tímpano, ou

(2) se a área da janela oval for menor que a área do tímpano.

Mas acontecem as duas coisas: os ossículos atuam como alavancas e aumentam a força na janela oval e a área da janela oval é muito menor que a área do tímpano.

(Observe, na figura ao lado, as diferenças entre as áreas demarcadas em vermelho).

Considerando que o estribo tem aproximadamente o diâmetro de um grão de arroz, 2 mm, e lembrando que o tímpano tem cerca de 10mm de diâmetro, podemos estimar suas áreas:

$$\text{Área de um círculo: } 2 \times \pi \times \left(\frac{\text{diâmetro}}{2}\right)^2$$

$$\text{Área do tímpano: } 2 \times 3.14 \times \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 2 \times 3.14 \times 5^2 = 2 \times 3.14 \times 25 = 157 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do estribo: } 2 \times 3.14 \times \left(\frac{2}{2}\right)^2 = 2 \times 3.14 \times 1^2 = 2 \times 3.14 \times 1 = 6.28 \text{ mm}^2$$

Concluímos que a área do estribo é, aproximadamente, 25 vezes menor do que a área do tímpano ($\frac{157}{6.28} = 25$), por isso a pressão que o estribo faz sobre a janela oval é aproximadamente 25 vezes maior que a pressão que o tímpano faz sobre o martelo! É por isso que dizemos que os ossículos amplificam os sons.

Mas o que acontece com os ruídos que já chegam ao tímpano muito intensos e não podem ser ainda mais amplificados, sob pena de danificar o sistema auditivo?

Dois músculos, que estão juntos ao crânio, enrijecem e diminuem o movimento dos ossículos à medida que a intensidade do som aumenta, observe-os na figura 4. Um deles, o músculo tensor do tímpano, liga o osso da cavidade do ouvido médio ao martelo e retém o tímpano, reduzindo sua capacidade de vibração. O outro, o músculo estapédio, afasta o estribo da janela oval, que é o ponto de contato com o ouvido interno. Quando esses músculos se contraem, acionados por um som muito forte como em festas ou shows, ocorre o chamado reflexo de atenuação. Após um tempo de exposição, esse reflexo fica “saturado” e quando saímos para longe do som, ouvimos um zumbido constante (tinido). Mas o reflexo de atenuação ocorre entre 50 e 100 milisegundos após o som ter alcançado o ouvido; esse retardo de tempo possibilita que haja prejuízo ao ouvido interno, principalmente se o som for repentino e muito intenso, como por exemplo, uma explosão. *A atenuação do som é muito maior em baixas do que em altas frequências* (Bear et al, 2002, p. 356).

A intensidade (I) é uma propriedade física do som e está associada à energia de vibração da fonte sonora. A onda sonora transporta essa energia, distribuindo-a em todas as direções do espaço. Quanto maior for a energia por unidade de tempo (potência) que a onda sonora transporta até nosso ouvido, maior será a intensidade do som. Matematicamente $I = P/\Delta S$, tendo como unidade o watt por metro quadrado (W/m^2).

A menor intensidade de som que o ouvido humano pode ouvir é da ordem de 10^{-12} W/m^2 . Já a maior intensidade suportável situa-se em torno 1 W/m^2 .

Usa-se uma unidade especial para expressar essa grande variação de intensidades percebidas pelo ouvido humano: o bel (B). O significado dessa unidade é o seguinte: dois sons

diferem de 1B quando a intensidade de um deles é 10 vezes maior (ou menor) que a do outro, diferem de 2B quando essa intensidade é 100 vezes maior (ou menor) que a do outro, de 3B quando ela é 1 000 vezes maior (ou menor) que a do outro, e assim por diante. Na prática, usa-se o decibel (dB), que corresponde a 1/10 do bel (UFRGS – Concurso Vestibular 2002, questão 23).

No gráfico abaixo são apresentados, para o intervalo de freqüências de 20 a 20 000 hertz, os limites da audição humana: sons com intensidade em torno de 1dB mal podem ser ouvidos, uma conversação normal gira em torno de 60 a 70dB, acima de 100dB causam desconforto, e intensidades em torno de 120dB causam dor.

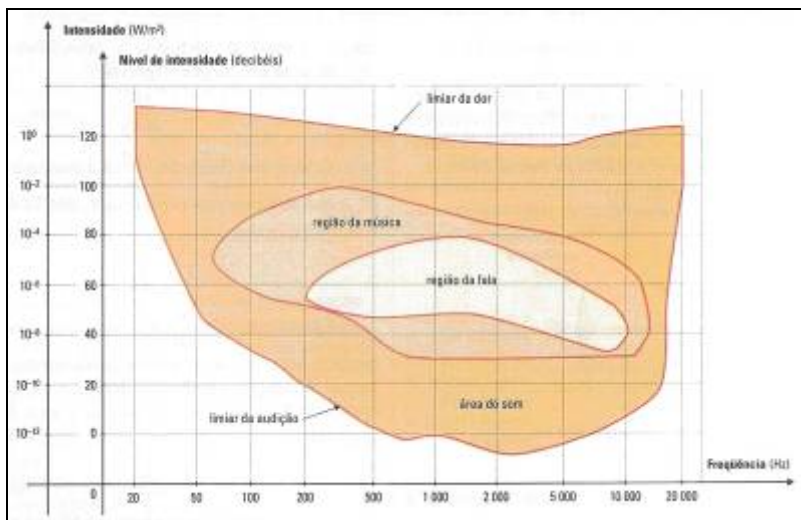


Figura 5 – GASPAR.

O gráfico mostra que a sensibilidade auditiva não é a mesma para todas as freqüências: quanto mais grave for o som, maior a intensidade necessária para percebê-lo. Por outro lado, a sensibilidade aumenta muito para os sons com freqüências em torno de 1 800 hertz. Mesmo sons com nível intensidade cerca de 0dB podem ser percebidos nessa faixa de freqüências.

Devemos levar em conta que o gráfico apresenta os valores relativos e não absolutos da intensidade, nível de intensidade e freqüências de sensibilidade da audição humana. Conforme citado anteriormente, a sensibilidade varia de pessoa para pessoa, e um dos fatores pode ser a idade: quanto maior a idade menor a sensibilidade para ouvir os sons de maior freqüência, e o nível de intensidade sonora deve aumentar para que um som seja percebido pelo ouvido.

Em média, a freqüência máxima que uma pessoa de 45 anos pode ouvir é da ordem de 12 kHz. O nível mínimo de intensidade sonora de uma nota, por exemplo de 4000 Hz, deve ser, em média cerca de 10dB mais intenso para uma pessoa de 45 anos do que para uma de 20 (Okuno, 1982, p. 235).

A contínua exposição a sons muito intensos por um determinado tempo – acima de 80dB, pode causar danos irreversíveis aos sensíveis órgãos de Corti, causando doenças graves tais como neurose, insônia e, conseqüentemente, queda de produtividade física e mental.

A Legislação Brasileira, na Norma Regulamentadora n. 15 do Ministério do Trabalho Portaria 3214/78, estabelece os limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes (com equipamento de proteção): 85dB para uma exposição máxima de 8 horas por dia e 115dB para uma exposição máxima de 7 minutos por dia. A legislação também prevê que uma exposição contínua a ruídos superiores a 85 dB pode causar perdas permanentes de audição e, apenas 5dB acima disso (90dB), exige que o tempo de exposição seja reduzido à metade (4 horas). Esses limites nos fazem perceber que os danos à audição não dependem somente da intensidade do ruído, mas também do tempo de exposição.

Outrossim, quando ocorrem grandes variações na pressão atmosférica, a tuba de Eustáquio (Fig. 6) que liga o ouvido médio à faringe através de uma válvula, que normalmente está fechada, se abre permitindo entrada ou saída de ar.

Durante a descida dos aviões, ou viagens com subida ou descida de serras, muitos passageiros sentem desconforto no ouvido justamente pela mudança na pressão atmosférica: quando nos dirigimos a regiões de maior altitude, a pressão atmosférica diminui. Durante viagens com mudança de altitude, é possível que a pressão atmosférica exterior fique diferente da pressão interna no ouvido médio, causando desconforto. Uma leve tossida pode igualar essa diferença de pressão, fazendo com que uma quantidade de ar entre ou saia do ouvido médio através da tuba de Eustáquio, aumentando ou diminuindo a pressão neste e igualando-a assim à pressão atmosférica.

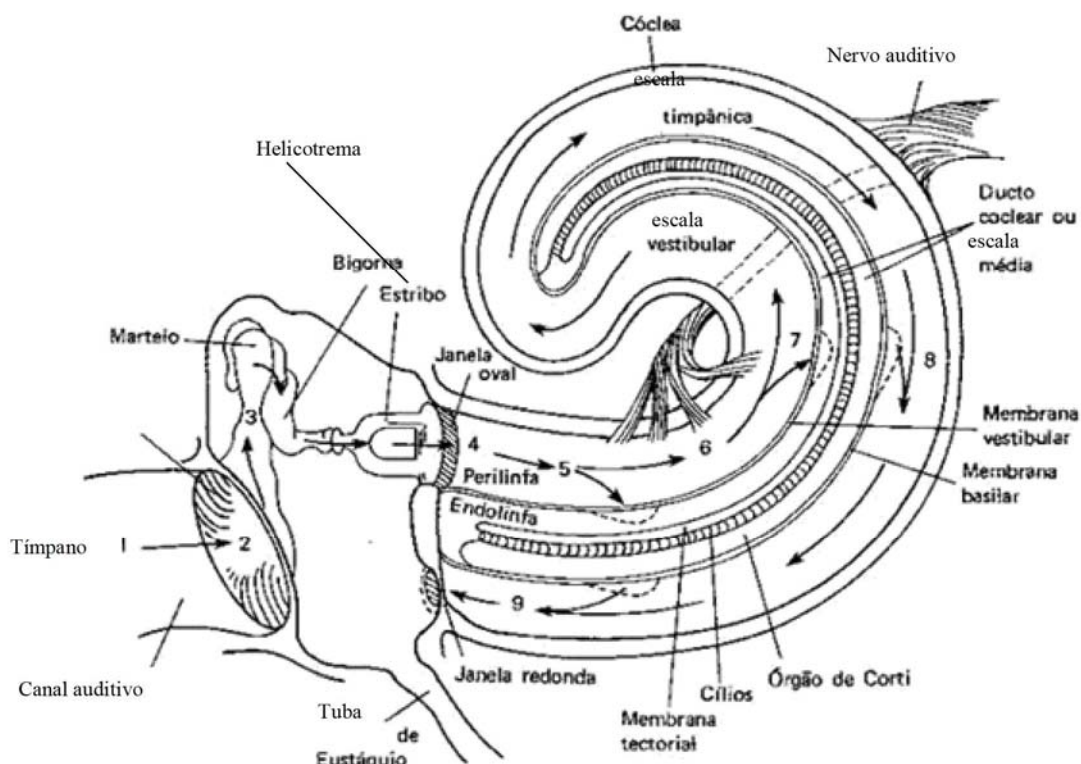


Figura 6 – Adaptada de OKUNO et al.

O ouvido interno é formado pela cóclea – que é parte do sistema auditivo responsável pela transformação do som em sinal neural, e pelo labirinto – que nada tem a ver com a audição, apenas com a manutenção do equilíbrio do corpo.

A cóclea é aproximadamente do tamanho de uma ervilha e consiste de um canal ósseo espiralado, dividido (incompletamente) por finas lâminas ósseas em três canais separados, chamados de escala vestibular, escala média e escala timpânica, totalmente preenchida por líquidos.

As escalas vestibular e timpânica se comportam como um único sistema hidrodinâmico pelo fato de estarem conectadas no ápice da cóclea por um orifício chamado helicotrema (Figuras 6 e 8). A transmissão integral da pressão da perilinfa, que é um líquido incompressível, através dessas escalas é explicada pelo Princípio de Pascal.

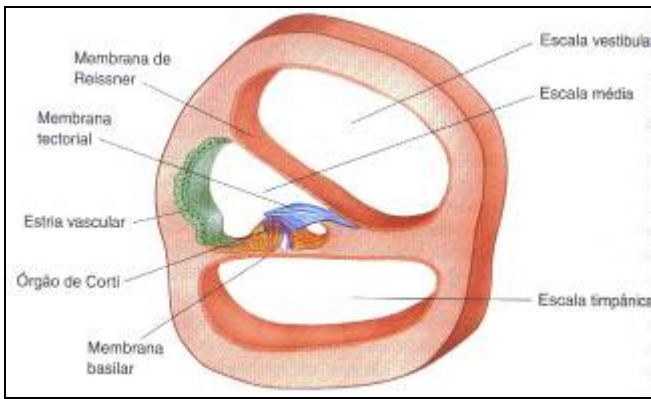


Figura 7 – BEAR et al.

Ao lado, a cóclea em corte transversal mostrando a divisão coclear em escalas vestibular e timpânica, e no centro a escala média.

A perilinfa percorre as escalas vestibular e timpânica, em sentidos contrários, transmitindo os movimentos à membrana de Reissner e à membrana basilar - que são as “paredes” da escala média, e conseqüentemente à endolinfa.

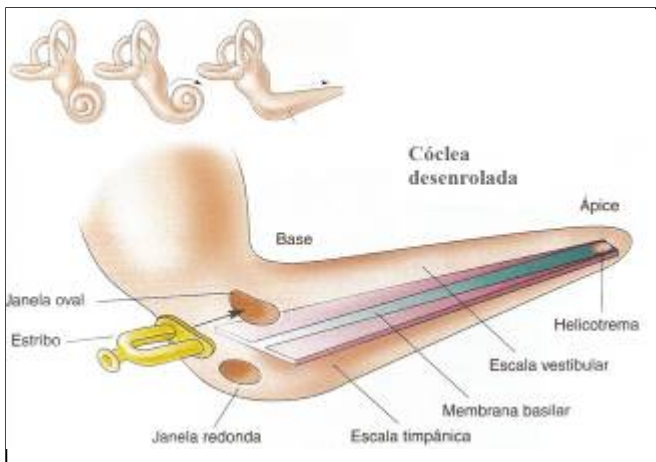


Figura 8 – BEAR et al.

Ao lado, a representação da cóclea desenrolada para visualizarmos a localização e diferença morfológica da membrana basilar dentro da cóclea, ao longo dos seus aproximados 34mm.

A membrana basilar é particularmente importante, por dois motivos: é sobre ela que está o órgão sensorial da audição – o órgão de Corti, e é nessa membrana que os sons agudos e graves são distinguidos.

As diferenças de pressão resultantes, através da divisão coclear, entre as duas escalas flexibilizam (deslocam) a membrana basilar para cima e para baixo, colocando-a em movimento como uma bandeira tremulante (Roederer, 1998, p. 47).

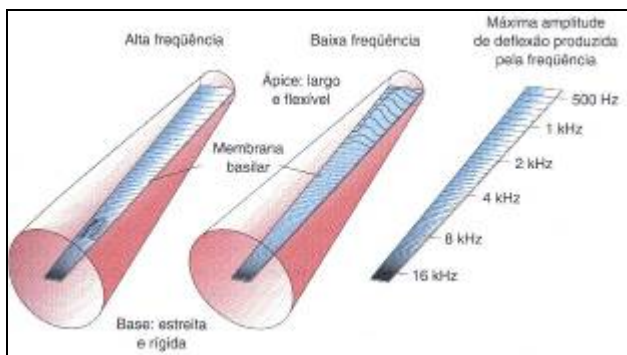


Figura 9 – BEAR et al.

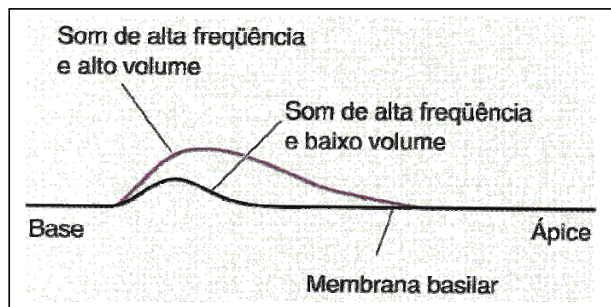


Figura 10 – BEAR et al.

Mas a membrana basilar não se comporta da mesma maneira para sons de frequências diferentes. Isso se deve a duas propriedades estruturais que ela possui: é cerca de cinco vezes mais larga no ápice do que na base e, conseqüentemente, a rigidez do ápice é muito menor do que na base – fator 100 ou 10 000 conforme Bear et al e Roederer respectivamente.

A energia de uma onda sonora está diretamente associada à frequência da onda.

Se a frequência for alta, a base mais rígida da membrana vibrará muito, dissipando a maior parte da energia e a onda não propagará para muito longe. Sons de baixa frequência, contudo, geram ondas que se propagarão até o ápice flexível da membrana antes que a maior parte da

energia tenha se dissipado (Bear et al, 2002, p. 360). Podemos observar esse fenômeno fixando uma das extremidades de uma régua numa mesa e colocando-a vibrar na outra extremidade (como um trampolim). Fixando-a em diferentes pontos de seu comprimento, obteremos diferentes frequências de vibração, gerando sons mais graves ou mais agudos.

Em outras palavras, para cada frequência existe uma região de estimulação máxima, ou “região de ressonância”, na membrana basilar (Roederer, 1998, p. 48).

Os movimentos da membrana basilar estimulam os sensíveis órgãos de Corti, que se estendem sobre a membrana, por todo o seu comprimento. A posição da ondulação de maior amplitude na membrana basilar, determinará qual parte do órgão de Corti será ativada, transformando as informações em impulsos elétricos para serem enviados ao encéfalo o, via nervo auditivo.

A figura 11 mostra uma região da membrana basilar em corte. A membrana propriamente não aparece, pois fica localizada abaixo da estrutura que são os órgãos de Corti. Estes são formados por células ciliadas externas, células ciliadas internas e seus estereocílios.

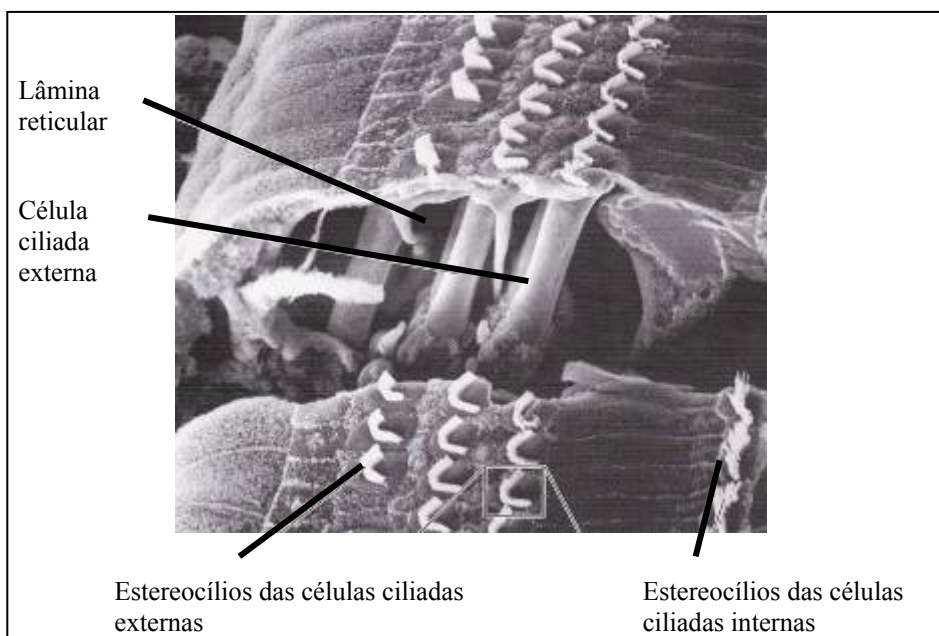


Figura 11 – Adaptada BEAR et al.

As células ciliadas internas estão dispostas em uma única fileira e somam aproximadamente 3.500 células. As células ciliadas externas estão dispostas em três fileiras que, juntas, têm entre 15.000 e 20.000 células.

As células ciliadas são assim chamadas, pois cada uma possui aproximadamente 100 estereocílios (em média com 5µm de comprimento) que se projetam para fora da membrana reticular.

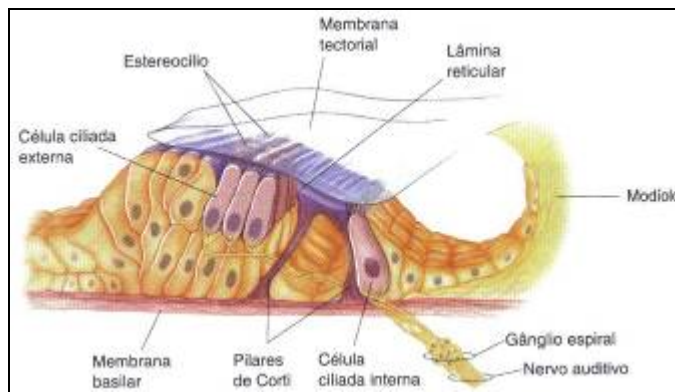


Figura 12 – BEAR et al.

Vamos analisar a estrutura do órgão de Corti, em corte transversal na figura 12:

- 1) os pilares de Corti estendem-se entre a lâmina reticular e as membranas basilares, dando sustentação estrutural ao órgão;
- 2) as células ciliadas externas e internas – que são os receptores auditivos – estão rigidamente conectadas entre a lâmina reticular e a membrana basilar e aos pilares de Corti. Essas estruturas movem-se como uma unidade, devido aos movimentos transmitidos pela membrana basilar;
- 3) os cílios dessas células são os chamados estereocílios;
- 4) a membrana tectorial é um tecido gelatinoso, suspenso na endolinfa que estende-se do modíolo – parte central da cóclea – e fica em contato com as pontas dos estereocílios das células ciliadas externas;
- 5) o gânglio espiral contém os neurônios ou células nervosas - que são as unidades fundamentais de processamento e transmissão dos sinais gerados.

Quando a membrana basilar move-se para cima, a lâmina reticular move-se para cima e em direção ao modíolo. Inversamente, o movimento para baixo da membrana basilar faz com que a lâmina reticular mova-se para baixo, afastando-se do modíolo. Quando a membrana reticular se move, aproximando-se ou se afastando do modíolo, também o faz igualmente com relação à membrana tectorial. Pelo fato de a membrana tectorial firmar as extremidades dos estereocílios das células ciliadas externas, a movimentação lateral da lâmina reticular em relação à membrana tectorial desloca os estereocílios dessas células para um lado ou para o outro (Bear et al, 2002, p. 362). Os estereocílios das células ciliadas internas estão suspensos na endolinfa.

Observe a figura 13.

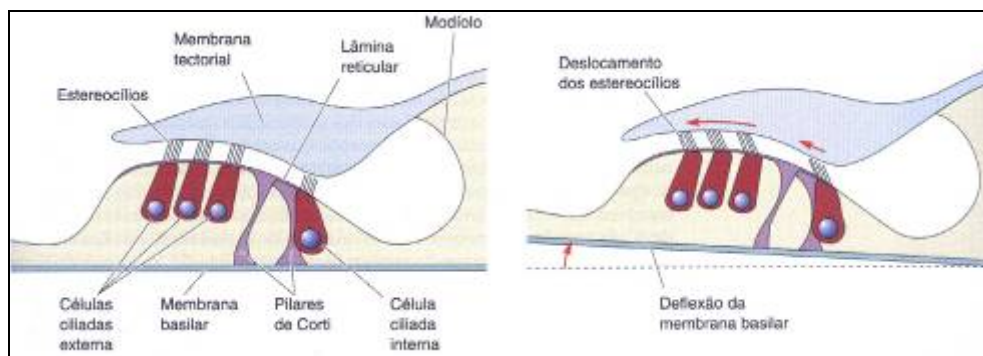
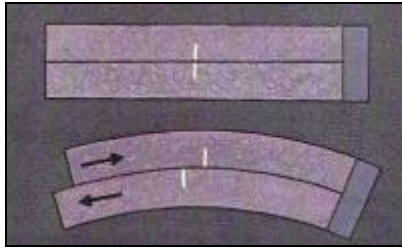


Figura 13 – BEAR et al.

Então, a membrana basilar transmite os movimentos aos estereocílios das células ciliadas internas e externas de maneira diferenciada:

- as extremidades dos estereocílios das células ciliadas externas em contato com a membrana tectorial movem-se de acordo com o deslocamento desta (*as forças mecânicas interativas dependem da distorção momentânea da partição coclear*) e,
- as extremidades livres dos estereocílios das células ciliadas internas movem-se de acordo com a velocidade da endolinfa (*a força sobre um obstáculo imerso num fluido viscoso é proporcional à velocidade do fluxo*).

O movimento, em sentidos contrários, da membrana basilar e da membrana tectorial é chamado ação de corte.



Se duas membranas flexíveis são unidas numa extremidade e então encurvadas, movem-se em sentido contrário uma à outra.

No caso da estrutura em questão, o modíolo é a extremidade que une a membrana basilar e a membrana tectorial.

Figura 14 – STEVENS, S. S. & WARSHOFKY, F.

Como o órgão de Corti gera sinais elétricos e os envia ao cérebro para que, finalmente, este interprete os sons?

O movimento dos estereocílios das células ciliadas dá início a uma série de processos eletroquímicos nessas células. Para entender como esses processos eletroquímicos ocorrem, vamos discutir a composição química da perilinfa e da endolinfa, líquidos que preenchem a cóclea.

A perilinfa, líquido na escala vestibular e timpânica, tem baixas concentrações de K^+ (0,007 mol) e altas concentrações de Na^+ (0,14 mol). A endolinfa, líquido na escala média – diferente da maioria dos líquidos dos espaços extracelulares e cavidades no corpo, tem altas concentrações de K^+ (0,15 mol) e baixas concentrações de Na^+ (0,001 mol). A membrana de Reissner separa os dois líquidos. Mas por ser muito delgada – tem a espessura de duas células – permite que Na^+ da perilinfa seja absorvido pela estria vascular (veja Fig. 6) que secreta K^+ na endolinfa. Esse processo deixa a endolinfa com um potencial elétrico cerca de 0,08 volts (80mV) mais positivo que a perilinfa.

O processo de geração do sinal elétrico, que será enviado ao encéfalo através dos neurônios auditivos, inicia quando os estereocílios se curvam devido ao movimento da membrana basilar e da endolinfa, abrindo e fechando o escoamento de K^+ – altamente concentrado na endolinfa – para dentro da célula ciliada.

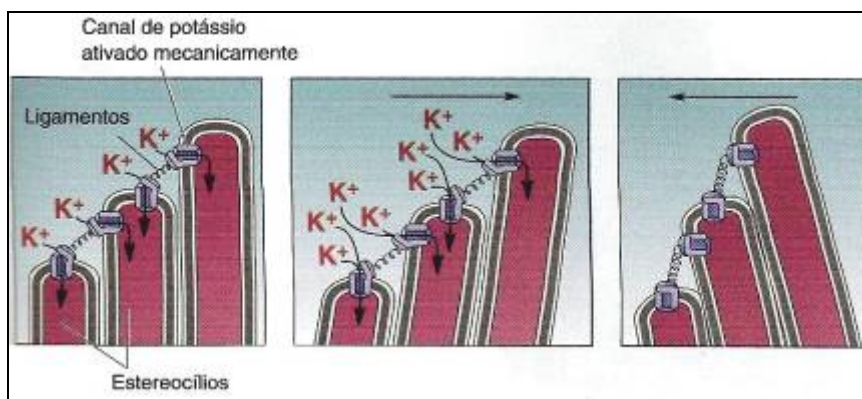
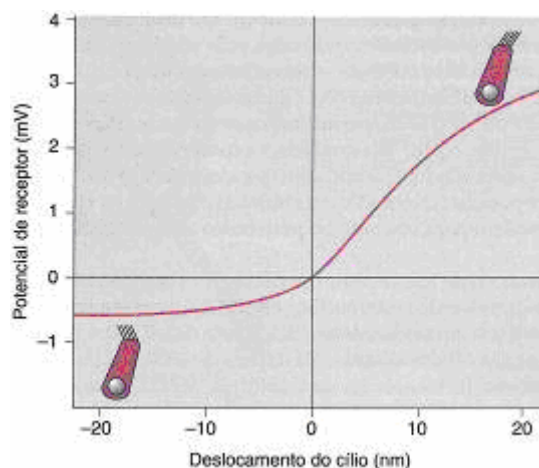


Figura 15 – BEAR et al.

Cada estereocílio está ligado por um filamento elástico, à parede do cílio adjacente. Quando os cílios estão apurados, a tensão sobre esse filamento mantém o canal em um estado parcialmente aberto, permitindo um pequeno escoamento de K^+ da endolinfa para dentro da célula ciliada. O deslocamento dos cílios em uma direção aumenta a tensão sobre o filamento de ligação, aumentando a corrente de entrada de K^+ . O deslocamento dos cílios na direção oposta libera a tensão sobre o filamento de ligação, permitindo, assim que o canal se feche completamente, prevenindo o influxo de K^+ (Bear et al, 2002, p. 36). Observe a figura 15.

Um som extremamente forte provoca o maior deslocamento da membrana basilar e conseqüentemente dos estereocílios: aproximadamente 20 nm ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$). Um som extremamente fraco desloca os estereocílios apenas 0,3 nm – diâmetro aproximado de um átomo grande!



Quando os estereocílios deslocam-se em uma direção, a célula ciliada despolariza e quando se deslocam na outra, a célula hiperpolariza, com isso as células ciliadas geram um potencial de receptor que despolariza e hiperpolariza alternadamente a partir do potencial de repouso de -70mV (Bear et al, 2002, p. 363).

Figura 16 – BEAR et al.

A mudança de potencial na célula ciliada gera o sinal elétrico que é enviado ao encéfalo através dos neurônios auditivos – os transmissores desse sinal que se localizam no gânglio espiral e nervo auditivo.

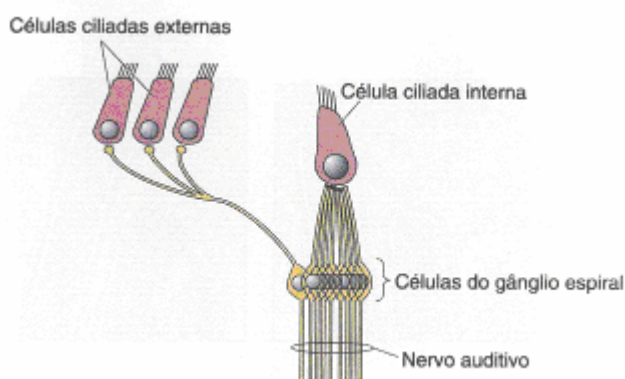


Figura 17 – BEAR et al.

Na figura 17 nota-se que há diferença no número de fibras do nervo acústico para as células ciliadas internas e externas: cerca de 95% das fibras do nervo acústico estão ligadas à célula ciliada interna, com 10 a 50 fibras individuais fazendo contato com cada célula. Isso faz com que as células ciliadas internas sejam, de fato, as receptoras sensoriais primárias.

Esse fato nos leva a concluir que a maior parte da informação auditiva provém das células ciliadas internas. Desse modo, qual é o papel das células ciliadas externas?

As células ciliadas externas agem como pequenos motores que amplificam o movimento da membrana basilar durante a percepção de um som de baixa intensidade, sendo conhecidas como amplificadores cocleares. Devido a essa amplificação, as células ciliadas internas deslocam-se mais e os processos eletroquímicos que ocorrem nelas produzem uma maior resposta no nervo auditivo.

Desse modo, as células ciliadas externas são receptores auxiliares e causadoras de processos eletroquímicos responsáveis pela amplificação do impulso elétrico. Concluimos que qualquer dano às células ciliadas externas deve reduzir severamente a audição, ainda mais para os sons menos intensos.

Por outro lado, a alta sensibilidade desses chamados “amplificadores cocleares” faz com que a maioria das pessoas com audição normal percebam sons (conhecidos como tinidos), mesmo em ambiente excepcionalmente silencioso. Alguns ouvidos – geralmente com cócleas danificadas – podem chegar a gerar sons pelo deslocamento súbito da musculatura do ouvido médio. Estes podem ser tão intensos, que são percebidos por outra pessoa que esteja próxima. Quando um som é emitido espontaneamente pelo ouvido (na ausência de qualquer estímulo exterior), é chamado de emissão otoacústica.

Assim como as funções desempenhadas nos demais órgãos do corpo humano, o encéfalo tem uma participação fundamental no processo da audição: é ele que interpreta e seleciona os sinais sonoros recebidos pelo ouvido. Diferentes regiões dele processam, analisam e interpretam diferentes propriedades do som.

É através do encéfalo que os sons fazem sentido para nós – mesmo que escutemos muito bem, quando ouvimos alguém falar uma língua que não conhecemos, os sons não são interpretados significativamente pelo encéfalo, e não entendemos nosso interlocutor. Mesmo durante o sono o cérebro atua sobre os sons que ouvimos: uma pessoa pode dormir com o barulho de uma televisão e, apesar disso, acorda prontamente ao chamado de um despertador o telefone.

Conclusões

O estudo do sistema auditivo e o processo da audição humana favorecem o estudo de uma quantidade significativa de fenômenos físicos associados a esse sentido. Os conceitos físicos apresentam-se de forma indissociada de conceitos de outras áreas, como Biologia e Química. Assim este estudo permite, através da aplicação de conceitos multidisciplinares à compreensão do funcionamento do próprio corpo humano, uma aprendizagem significativa para os estudantes.

Também é possível sugerir uma gama considerável de temas para pesquisa e aprofundamento que os professores poderão desenvolver ou propor aos seus alunos, envolvendo conceitos físicos, biológicos e químicos associados ao som e ao processo da audição. Seguem alguns exemplos:

- Os neurônios: estrutura e funcionamento.
- Sistema vestibular, órgão do equilíbrio que se encontra no ouvido interno;
- Ultra e infra-sons na audição de animais;
- Ultra-sonografia na prevenção e tratamentos médicos;
- Área de atuação do médico especialista em otorrinolaringologia;
- Audiometria e avaliação da percepção individual auditiva;
- Doenças do sistema auditivo: causas, tipos e tratamentos;
- Surdez “natural” e provocada: o uso medicamentos perigosos e drogas, agressão por *walkmans* ou ambientes barulhentos;
- Emissões otoacústicas: porque e em quais situações o ouvido pode gerar barulhos?
- Influência da educação musical na percepção de sons em pessoas de diferentes faixas etárias;

- Educação musical para surdos: percepção da música através das vibrações.

O material apresentado foi produzido a partir de bibliografias disponíveis apenas em meios universitários especializados e, como mencionado anteriormente, excede em muito o que se encontra em livros didáticos de nível básico. Devido à complexidade do assunto faz-se necessário que o professor estude o texto antes de apresentar o painel e selecione, de acordo com o nível escolar e interesse de seus alunos, a profundidade de abordagem. O objetivo deste texto é o de facilitar o acesso do professor a informações mais amplas sobre assunto de tal complexidade, servindo de apoio na exploração do pôster como recurso didático em sala de aula.

Referências

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W. & PARADISO, M. A. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. coord. trad. Jorge Alberto Quillfeldt et al. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L. & CHOW, C. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

STEVENS, S. S.; WARSHOFISKY, F. Biblioteca Científica Life: Som e Audição. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora S.A., 1965.

PERRENOUD, F. Novas Competências para Ensinar. Trad. Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

Parâmetros Curriculares Nacionais. v. 4. Ciências Naturais 5^a a 8^a séries.

GASPAR, A. Física. Volume 2. São Paulo: Editora Ática, 2000.

UFRGS - Concurso Vestibular 2002, prova de Física questão 23.

Dicionários Técnicos Melhoramentos – Física, 1980.

WISNIK, J. M. O som e o sentido – uma outra história das músicas. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

ROEDERER, J. G. Introdução à Física e Psicofísica da Música. Trad. Alberto Luis da Cunha. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.

JOURDAIN, R. Música, Cérebro e Êxtase: como a música captura nossa imaginação. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda., 1998.

TEXTOS, ANIMAÇÕES E VÍDEOS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA TÉRMICA NO ENSINO MÉDIO

Leila J. Gonçalves [leilavez@hotmail.com]

Eliane A. Veit¹ [eav@if.ufrg.br]

Fernando L. Silveira¹ [lang@if.ufrg.br]

¹*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.*

Resumo

Neste trabalho enfocamos um hipertexto elaborado para a introdução de conteúdos de Física Térmica no Ensino Médio, incluindo muitas figuras, animações, vídeos e simulações interativas. Este material foi concebido para ser utilizado em atividades complementares às aulas expositivas e demonstrativas, em uma sala de informática que propicie a interação dos alunos com o material, especialmente com as simulações interativas. Este hipertexto, assim como um teste para avaliação dos conhecimentos dos alunos sobre Física Térmica, estão incluídos no Cd-Rom que poderá ser utilizado livremente por professores e alunos.

Palavras-chave: animações; Física Térmica; ensino de Física.

Introdução

Consideramos como importante razão para a inserção de novas tecnologias na vida escolar, o fato de que elas fazem parte do cotidiano do aluno e o fato de que é preciso que haja uma adequação das escolas e dos profissionais da área de educação na produção, desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias. Caso isto não ocorra, o mundo escolar tornar-se-á completamente distante do mundo vivencial do aluno. Por isto, se a escola dispõe de condições físicas, deve aproveitar os meios disponíveis para modernizar suas aulas, principalmente quando não possui os recursos para um laboratório de Ciências.

Nas Ciências, em geral, e na Física em particular, vários conceitos requerem uma certa abstração e torna-se difícil para os alunos trabalhar com esses conceitos que, além de abstratos, muitas vezes não são intuitivos. Como a capacidade de abstração dos mais jovens é reduzida, poucos conseguem fazer a conexão dos fenômenos físicos com a vida real (Fiolhais e Trindade, 2003). Além do caráter abstrato de alguns conceitos físicos, a dificuldade enfrentada no uso da Matemática, pode fazer com que os estudantes se sintam entediados ou desmotivados por não possuírem expectativa no seu estudo (Medeiros e Medeiros, 2002). Acredita-se ainda que o aluno tenha dificuldade em interligar as equações utilizadas como modelo da realidade com a realidade à sua volta, o que também dificulta a aprendizagem.

Cabe ao professor, então, proporcionar meios de aprendizagem mais eficazes, procurando ajudar os alunos a vencerem as dificuldades, buscando, sempre que possível, atualizar seus instrumentos pedagógicos, pois falhas na aprendizagem de conceitos complexos e difíceis de intuir poderão ocorrer, com maior frequência, se forem apresentados somente de uma forma verbal ou textual (Fiolhais e Trindade, 2003). Alguns destes meios podem ser providos pelas novas tecnologias, como propomos neste trabalho.

Acreditamos que as novas tecnologias de informação e comunicação, com as multimídias – recurso didático que combina imagens, sons, textos, simulações e vídeos em uso simultâneo – se constituem em recursos auxiliares no aprendizado, visto que podemos obter conhecimento por meio da interatividade e através da visualização de modelos baseados na realidade, favorecendo a assimilação ou reformulação de conceitos de maneira mais eficiente do que a aula tradicional com quadro-negro e giz. Assim, a combinação de interação e entretenimento pode facilitar o ensino e a aprendizagem.

Creemos, ainda, que especialmente quando as experiências não podem ser realizadas, quer pela falta de condições físicas, quer pela falta de tempo hábil para tanto, as simulações devam ser introduzidas no sentido de ampliar as condições para uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos das mais diversas áreas. Porém, para facilitar a aprendizagem é necessário que o programa computacional tenha relação com o conhecimento prévio do aluno e apresente o conteúdo com clareza, ou pelo menos, num grau de subjetividade condizente com a estrutura cognitiva do usuário aprendiz. Além disto, o programa computacional educacional deve possuir boa qualidade de imagens, sons, textos, etc. de maneira que motive sua investigação e propicie a interatividade, de modo tal que favoreça uma reflexão a respeito dos conteúdos.

Vários conceitos físicos da Física Térmica não são bem compreendidos ou são confundidos pelos alunos; por exemplo, os conceitos de calor, temperatura, energia interna e entropia. Na maioria das vezes isto se deve ao conhecimento adquirido pelo aluno em sua vivência diária e pela própria linguagem empregada, que nem sempre corresponde à linguagem aceita pela comunidade científica (Axt e Brückmann, 1989). Por isto, as definições devem ser formuladas com precisão e as diferenças entre os vários conceitos trabalhadas cuidadosamente para que o aluno adquira os conceitos científicos.

Escolhemos como tópico de estudo a Física Térmica devido não só às dificuldades usualmente enfrentadas pelos estudantes na interpretação dos fenômenos desta área, mas também, porque são poucos os experimentos realizáveis nos laboratórios ou demonstráveis. Além disto, os fenômenos que envolvem a troca de calor e o funcionamento das máquinas térmicas permitem uma melhor compreensão do conceito de energia e seus aspectos relevantes, como sua conservação, produção e transformação. Podemos, ainda, discutir elementos da estrutura da matéria, incorporando conceitos de Física Moderna como a radiação de corpo negro.

Acreditamos que a substituição de uma aula tradicional de Física, com quadro-negro e giz por uma aula em um laboratório de Informática, pode servir como motivação para os alunos. Nas simulações interativas o aprendiz pode, através da alteração de parâmetros, verificar as possibilidades e limitações das suas hipóteses confrontando-as com o modelo físico apresentado, o que se constitui em um elemento potencialmente capaz de auxiliar na aprendizagem dos tópicos em estudo. Porém, compartilhamos das idéias de Medeiros e Medeiros (2002) e entendemos que demonstrações em aula ou experimentos devem ser realizados para a percepção e discussão do fenômeno em análise. Assim, mesmo quando utilizamos largamente a informática, optamos por fazer demonstrações de experimentos simples em sala de aula.

Tipicamente o período dedicado à Física Térmica no nível médio é de cerca de 16 horas-aula a 36 horas-aula, em escolas da rede pública do Rio Grande do Sul, o que torna indispensável que a seleção dos tópicos a serem abordados, bem como a sua profundidade, seja feita com muito cuidado. No hipertexto elaborado, estruturamos um conjunto de conceitos e tópicos da Física Térmica que entendemos apropriados para a introdução deste conteúdo no ensino médio.

Encontram-se muitas simulações interativas disponíveis livremente na *Internet* de excelente qualidade, por exemplo, Fendt (2003), Hwang (2003) e Pet Física UEM (2003), entre outras. Localizamos algumas simulações de qualidade, relevantes para o desenvolvimento dos tópicos de Física Térmica selecionados, e elaboramos textos e hipertextos explicativos, de modo a poder explorá-las apropriadamente. Quando não encontramos material livre apropriado, desenvolvemos nossas próprias animações, usando o programa da *Macromedia Flash*. Além de animações e simulações, utilizamos vídeos que mostram o funcionamento de demonstrações que construímos e realizamos em sala de aula ou no laboratório de ciências, para motivar os alunos em relação aos conteúdos de Física Térmica que seriam abordados durante o trimestre. Os vídeos foram usados como “conteúdo de ensino” mostrando determinado assunto, de forma direta, pois informam sobre um tema específico orientando a sua interpretação através dos *links* que levam a soluções (Moran, 1995).

Produto educacional

O nível do material desenvolvido é compatível com o de bons livros de ensino médio existentes no mercado (Luz e Álvares, 1997; Gaspar, 2001; GREF, 1998; Hewitt, 2002). Os conteúdos, que se constituem em pré-requisitos indispensáveis, também foram de algum modo abordados. O material educacional produzido foi projetado para aplicação em um trimestre letivo e consta do seguinte:

- um Cd-Rom, que contém textos, hipertextos, desenhos, fotos, vídeos, animações e simulações interativas que exploram os conceitos e aplicações mais relevantes da Física Térmica de nível médio abordáveis em um total de aproximadamente de 32 horas-aula. Tal material poderá ser utilizado por alunos e professores em atividades em classe como apoio para complementar a teoria e como facilitador no processo de aprendizagem, ou ainda como fonte de consulta. Poderá também auxiliar a disciplina de Química do ensino médio, visto que há conceitos comuns abordados pelas duas disciplinas. As fotos foram obtidas com câmara digital de objetos reais e os desenhos foram feitos a mão livre, gerados com o Flash MX ou obtidos em sítios que disponibilizam figuras livremente. As fotos e as figuras foram editadas com o Corel Photo Paint;
- experimentos simples para demonstração em aula;
- um teste constituído por 25 questões de escolha múltipla que envolvem os conceitos de calor, temperatura, energia interna. Este teste foi elaborado tendo por base um anterior, de Silveira e Moreira (1996), elaborado para o nível universitário. Foram incluídas questões que envolvem dilatação térmica e a segunda lei da termodinâmica, assim como foram excluídas questões que consideramos muito difíceis para o nível médio.

A escolha da elaboração do Cd-rom surgiu pela crença de que é necessária a produção de materiais que possam ser utilizados pelos professores. A falta de tempo para a produção desses materiais por um professor é um fator que não pode ser descartado, devido à sobrecarga de trabalho em busca de melhor remuneração. Ao mesmo tempo, um CD possui custo acessível e permite o transporte de grande quantidade de informações, sem ocupar espaço físico.

Hipertexto

O hipertexto foi elaborado com a linguagem *HTML (Hiper Text Markup Language)* que tem como vantagem o pouco espaço que ocupa e possui índices – menus – que permitem que o aluno localize um tópico específico e deste siga para outros assuntos referentes, conforme pode ser visto no endereço: <http://www.cref.if.ufrgs.br/~leila>.

É comum que textos na *Internet* sejam escritos de forma fragmentada ou reduzida. Procuramos expor os assuntos de forma direta e tomando cuidado com a linguagem empregada. Utilizamos termos usuais em livros textos do Ensino Médio para facilitar para os alunos a interpretação.

A cada término de um tema foi incluída uma pequena lista de exercícios com o objetivo de reforçar e analisar o ganho de conhecimento sobre o conteúdo. No total foram formuladas 71 (setenta e uma) questões (Gonçalves, 2005a).

Os conceitos fundamentais foram contemplados com pelo menos uma animação ou simulação interativa, além de exemplos e sugestões de demonstrações ou atividades práticas, possíveis de serem realizadas em sala de aula, e de fácil construção, tanto para o aluno quanto para o professor, sem a necessidade de se dispor de uma oficina.

No que concerne às atividades envolvendo os vídeos e as simulações interativas, com o objetivo de facilitar a dinâmica da aula, foram feitas orientações ou roteiros para os alunos.

Animações produzidas

Elaboramos animações com o programa *Flash MX*, que fornece elementos para desenvolver aplicações multimídia e que apresenta grande vantagem na pouca memória ocupada pelo trabalho final, facilitando a colocação de material na rede, sem ser lento quando se visualiza a animação, o que nem sempre ocorre com programas do tipo *Java Applets*.

Procuramos elaborar animações que fossem atrativas, intuitivas, com qualidade de imagens, claras quanto aos comandos a serem dados pelo aprendiz, de tamanho apropriado para uma tela de computador, com pouco texto para que o aluno acompanhasse a animação sem perda de atenção devido à leitura, relacionadas com o conteúdo do texto complementar e de fácil compreensão para o usuário que não acompanhe o texto. Produzimos 19 (dezenove) animações, sendo que 1 (uma) foi produzida pelo estudante de graduação em Física Pablo Darde (Darde, 2004).

As animações podem ser utilizadas basicamente de duas maneiras: como auxiliar do professor nas aulas expositivas complementadas e/ou complementares às explicações orais dadas pelo professor, que também será o orientador (guia); ou aliadas ao texto explicativo, servindo como fonte de consulta, para serem utilizadas pelos alunos individualmente quando conectados a Internet ou no Cd-Rom, inclusive fora do ambiente escolar.

De um modo geral todas apresentam uma interface com recursos simples que facilitam o entendimento do que deve ser feito pelo usuário, tornando a interação usuário-animação simples. As animações foram baseadas no texto e apresentam de modo dinâmico as situações e fenômenos discutidos no mesmo. São valiosas no sentido em que tornam ativos processos que não são visíveis na natureza ou que não são fáceis de descrever por meio de palavras, ou de representar um processo dinâmico que no quadro-negro seria uma imagem estática. Muitas delas, quando inanimadas, são semelhantes às figuras encontradas nos livros didáticos mais utilizados.

A seguir descrevemos algumas das animações utilizadas e os tópicos que podem ser abordados.

Temperatura e Energia Cinética: busca levar o aluno a observar o que a elevação de temperatura provoca em um sistema, esperando que ele perceba que a temperatura é uma medida da agitação dos átomos e/ou moléculas de um sistema e caracteriza o seu estado térmico, ou seja, a temperatura é proporcional à energia cinética média das moléculas, que por sua vez está relacionada à intensidade do movimento (a tela inicial desta animação pode ser vista na Fig. 1). A animação retoma a estrutura da matéria, como vista nos primeiros anos de estudo de Física e Química, ou seja, que toda matéria é composta por átomos e moléculas que se encontram em constante agitação. Não nos preocupamos com o modelo atômico discutido atualmente em Física Moderna de partículas, o que será contemplado na animação sobre a estrutura da matéria. Também retorna ao estudo de energia mecânica visto que, em virtude dos seus movimentos, as moléculas ou os átomos da matéria possuem energia cinética e, devido às forças de coesão entre elas, possuem energia potencial.

Adicionalmente introduz um novo conceito: temperatura, relacionando a elevação da mesma, provocada pela colocação de lamparinas, ao aumento da velocidade das moléculas, que corresponde a um aumento de sua energia cinética.



Figura 1 – Animação: Temperatura e Energia cinética.

Lâmina bimetálica: após a compreensão das propriedades que influenciam na dilatação dos corpos e da importância do controle de temperatura, podemos observar de modo bastante simplificado, um circuito que possui uma lâmina bimetálica, como num termostato, preparado para desligar quando a temperatura aumenta até um valor crítico (veja Fig. 2). Também sugere discussões a respeito de diferentes materiais constituintes da lâmina.



Figura 2 – Animação: Lâmina Bimetálica.

Calor específico: analisado de forma qualitativa o calor específico foi apresentado como complementar aos conceitos de calor e capacidade térmica. Nesse caso, foi fornecida a mesma quantidade de calor a três substâncias diferentes, logo com três calores específicos diferentes, porém de igual massa, e verificou-se a variação de temperatura, como pode ser visto na Fig. 3.

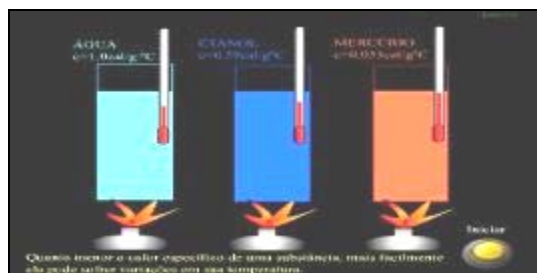


Figura 3 – Animação: Calor Específico.

Condução de calor nos sólidos: a animação procura retratar uma placa metálica que contém alguns “pregos” presos com cera (Fig. 4), a qual quando aquecida em uma das extremidades, conduz o calor de molécula a molécula, o que pode ser percebido pela troca de coloração da mesma. À medida que a placa é aquecida, a cera derrete, possibilitando a queda dos pregos, e fazendo com que a cor ao longo da placa seja a mesma. Com isto podemos nos reportar à estrutura da matéria, identificando os maus condutores e os bons condutores de calor, assim como retomar os conceitos de temperatura e energia cinética, equilíbrio térmico e calor.

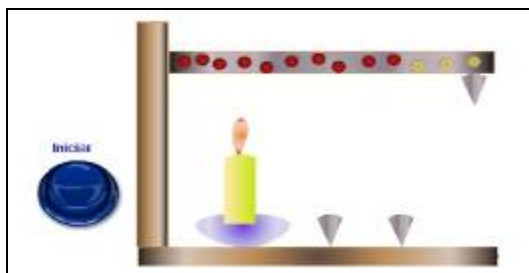


Figura 4 – Animação: Condução de Calor nos Sólidos.

Motor de combustão interna: essa simulação foi feita pelo aluno de graduação em Física, Pablo Darde (Darde, 2004) sob orientação do professor Fernando Lang da Silveira. No primeiro momento é possível ao estudante identificar as partes principais que compõem um motor de combustão interna do tipo Otto (isto é, que aspira uma mistura de ar e combustível). Conforme pode ser visto na Fig.5, a animação passa pelos quatro tempos do ciclo deste motor, podendo-se acompanhar as alterações nas variáveis de estado pelo gráfico pressão versus volume.

O estudo das máquinas térmicas permite a compreensão da conservação e degradação da energia e de suas fontes ou produção, além de ser uma aplicação sobre leis da termodinâmica, bem como dos processos irreversíveis. Os conceitos de agitação térmica, compressão, expansão e transformações gasosas também são explorados.

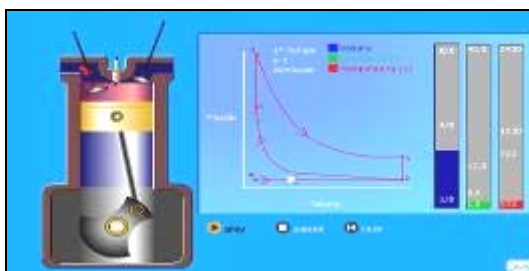


Figura 5 – Animação: Motor de Combustão Interna.

Experimentos e vídeos

Como organizadores prévios ou pseudo-organizadores (Moreira e Sousa, 2003) utilizamos 12 (doze) experimentos que foram demonstrados aos alunos no início do trimestre. Alguns foram construídos na oficina de Ensino do Instituto de Física da UFRGS e foram doados à escola. Os experimentos foram apresentados como introdução ao material de aprendizagem em si, possuindo um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade (Ausubel, 2002).

Com o auxílio do professor Fernando Lang da Silveira, 7 (sete) pequenos vídeos digitais foram gravados, sobre os tópicos de dilatação, propagação do calor e máquinas térmicas. Em alguns casos, em função do tempo de filmagem, foram feitos clipes, com a utilização do programa *Vídeo Wave III*. Esses vídeos também foram utilizados como pseudo-organizadores prévios, ou seja, com o objetivo de facilitar a aprendizagem de vários tópicos propiciando uma visão geral do conteúdo que posteriormente foi detalhado.

Ao término do vídeo, o aluno se depara com um conjunto de questões relativas ao fenômeno observado (em grande parte são as mesmas questões levantadas durante a demonstração dos experimentos). Algumas dessas questões sugerem que o aluno pense sobre a resposta; outras são *links* que o levam à solução da questão, dirigindo-o à visualização de uma animação correspondente ou similar ao fenômeno, quando for o caso.

A seguir, relacionamos alguns dos experimentos que foram filmados com tópicos que podem ser abordados durante a apresentação das demonstrações e juntamente com os vídeos.

A demonstração sobre dilatação dos sólidos, fotografada na Fig. 6, consiste em mostrar que a esfera que passava por um orifício em uma placa, deixa de passar quando aquecida. A seguir, aquecendo-se a placa com o orifício, novamente a esfera passa, o que também acontece quando a esfera volta à temperatura inicial. Esta demonstração pode ser explorada para discutir a influência da temperatura em corpos sólidos, relacionado-a a situações do cotidiano onde a dilatação é observada e retomar a relação entre temperatura e energia cinética média das moléculas.



Figura 6 – Experimento: Esfera Metálica.

Na **convecção dos fluidos** (vide a figura 7), uma vela é utilizada para se observar a convecção do ar, verificando-se que a chama de uma vela está sempre para cima, mesmo quando a vela se encontra inclinada, pois os gases quando aquecidos ficam menos densos que o ar a sua volta, subindo e levando a chama da vela, formando correntes de convecção. A má condutividade térmica do ar fica evidenciada quando conseguimos manter nossos dedos ao lado da chama. A partir dessa demonstração pode-se encaminhar o estudo do processo de convecção e as suas aplicações no cotidiano, como por exemplo, a circulação de ar na atmosfera, nos condicionadores de ar e nas estufas.



Figura 7 – Experimento: Chama de uma Vela.

Na demonstração sobre **turbina a vapor** (vide a figura. 8), o aluno observa que quando a água começa a ferver um jato de vapor sai pelo furinho feito na lata, fazendo a ventoinha girar. Desta forma se exemplifica a conversão de calor em energia mecânica. A lata com água é a caldeira de uma máquina a vapor e o álcool impregnado no giz é o combustível. Pode-se discutir o movimento causado pela rápida elevação da pressão de vapor da água no interior da lata, a relação entre energia cinética média das moléculas e temperatura, o princípio de funcionamento das máquinas térmicas, em especial de uma turbina a vapor, a conversão de energia, a degradação da energia, e as leis da termodinâmica.



Figura 8 – Experimento: Turbina a Vapor.

Simulações

As simulações *Applets* requerem que o aluno forneça ou altere as características físicas do fenômeno a ser estudado, tais como: massa, temperatura, volume, entre outras. Desta forma permite a interatividade, sendo o usuário o manipulador que testa sua expectativa e desenvolve o senso crítico, na medida que obtém de imediato a resposta a suas escolhas. E, ao se confrontar com erro, pode buscar novas alternativas, consultando o texto ou organizando os dados relevantes ou buscando em sua estrutura cognitiva o subsunçor apropriado. E assim, verifica o conhecimento adquirido na matéria estudada, o que dificilmente aconteceria se a aula fosse do modo tradicional. Utilizamos três *Java Applets*, com as devidas autorizações. A seguir, apresentamos a justificativa para o uso de uma das simulações, ilustrada na Fig. 9.

Essa simulação que reproduz de modo dinâmico, o que é descrito nos livros didáticos sobre o experimento de Joule para estabelecer a relação entre o calor e o trabalho mecânico. A simulação permite, então, verificar a quantidade de energia que é necessária para elevar a temperatura de uma certa quantidade de água e, utilizando o cálculo de Joule, pode-se chegar à relação entre a caloria e o joule. Para tanto, o aluno dispõe de um roteiro que visa facilitar a dinâmica da aula. Nosso roteiro é muito similar ao do autor Angel Franco Garcia, todavia como o idioma da simulação é outro, fomos mais minuciosos na sua elaboração.

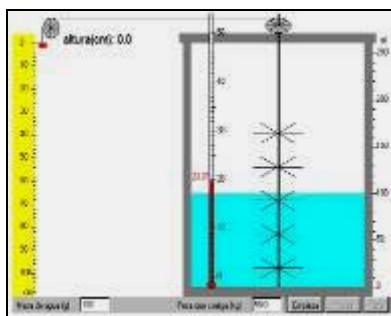


Figura 9 – Simulação: Experiência de Joule.

Conclusões

Neste trabalho apresentamos o produto educacional resultante do projeto de mestrado de Leila de Jesus Gonçalves junto ao Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS (Gonçalves, 2005b). O relato circunstanciado de uma experiência didática realizada com este produto consta na sua dissertação de mestrado (Gonçalves, 2005b).

O produto educacional consiste em: 1) um Cd-rom com o material multimídia, também disponível na web (Gonçalves, 2005a); 2) um teste de escolha múltipla a respeito, principalmente, dos conceitos de calor, energia interna, temperatura, dilatação térmica, formas de propagação de calor e leis da termodinâmica; 3) experimentos para demonstração em aula. Incluímos, também, textos elaborados pela Profa. Dra. Célia Maria Soares Gomes de Sousa (1980) que podem servir como pseudo-organizadores prévios para professores do ensino médio que venham a ministrar aulas sobre Física Térmica.

Este material educacional pretende proporcionar ao professor a possibilidade de desenvolvimento dos conteúdos de forma mais atual e dinâmica, de modo que seja possível aprofundar os conteúdos trabalhados na sala de aula convencional, despertando uma maior motivação nos alunos. Como uma alternativa na metodologia de trabalho, pode ser utilizado para complementar as aulas expositivas ou ser complementado por elas.

Para os estudantes, o material pode servir como auxiliar em sala de aula, despertando interesse e compreensão dos assuntos tratados e, também, como fonte de consulta fora do ambiente

escolar, para aprofundar o que aprenderam nas aulas. As animações produzidas, bem como as simulações *Java Applets*, estão incorporadas no material de modo a instigar o aluno a uma participação mais ativa do que apenas leitor.

Referências

AUSUBEL, D. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Paralelo Editora, 2002.

AXT, R.; BRÜCKMANN, M. E. O conceito de calor nos livros de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 128-142, ago.1989.

DARDE, P. *Máquinas térmicas a combustão interna de Otto*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodinamica/motor.html>>. Acesso em: 06 jun. 2004.

FENDT, W. *Java-Applets zur physik*. Disponível em: <<http://www.walter-fendt.de/ph14d/>>. Acesso em: 20 fev. 2003.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272. set. 2003.

GARCIA, A. F. Física con ordenador: curso interativo de física em Internet. Disponível em: <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

GASPAR, A. Física. 2. ed. São Paulo: Ática, 2001. v. 2.

GONÇALVES, L. J. Física térmica. Disponível em: <<http://cref.if.ufrgs.br/~leila/>>. Acesso em: 02 set. 2005a.

GONÇALVES, L. J. *Uso de animações visando a aprendizagem significativa de física térmica no ensino médio*. 2005. 97f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005b.

GRAF, *Física*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1998. v. 2.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HWANG, F. K. *NTNU virtual physics laboratory*. 2001. Disponível em: <<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/indexPopup.html>>. Acesso em: 12 abr. 2003.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. *Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo. v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MORAN, J. M. *O vídeo na sala de aula*. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/vidsal.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2004.

MOREIRA, M. A.; SOUSA, C. M. S. G.de. Organizadores prévios como recurso didático. In: MOREIRA, M. A. *Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras*. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 129-146.

PET física UEM. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Disponível em:

<<http://www.pet.dfi.uem.br/animacoes/index.html>>. Acesso em: 12 abr. 2003.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A. Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 14, n. 1, p. 75-86, 1996.

SOUSA, C. M. S. G. de. *Pseudo-organizadores prévio como recursos instrucionais no ensino de física*. 1980. 203 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO O TRATAMENTO DO ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO COM UM ENFOQUE CONCEITUAL¹

Marcia de Melo Braga [brmmar2@yahoo.com.br]

Colégio Estadual Piratini, Escola Técnica de Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e Colégio Militar-Porto Alegre-Porto Alegre, RS, Brasil

Rejane Maria Ribeiro Teixeira [rejane@if.ufrgs.br]

Departamento de Física, Instituto de Física, UFRGS- Caixa Postal 15051. Campus do Vale, 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

Resumo

Este trabalho relata a aplicação de uma abordagem instrucional centrada nos aspectos conceituais, visando uma aprendizagem eficaz e significativa de situações físicas no ensino médio. O objetivo da metodologia empregada é priorizar conceitos físicos em relação a instrumentos (como, por exemplo, a Matemática), que seriam apenas ferramentas no contexto do ensino de Física no nível médio. Como referencial teórico para o desenvolvimento dessa metodologia é utilizada a teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud [1]. Foi desenvolvido um material instrucional que serviu como apoio na abordagem conceitual do eletromagnetismo, em que se buscou contextualizar o tema em situações do cotidiano do aluno, contendo material didático impresso preparado para o desenvolvimento desta metodologia, complementado por animações em Flash MX. Este material, bem como os instrumentos de avaliação utilizados, foram editados na forma de um hiperímia (CD-ROM), com o objetivo de facilitar seu acesso e divulgação [2]. A presente proposta foi aplicada, inicialmente no decorrer do ano letivo de 2003, a duas turmas de escolas da rede pública de ensino do RS, situadas em Porto Alegre: Colégio Estadual Piratini e Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Como avaliação da aplicação dessa metodologia pode-se citar que os alunos mostraram-se mais seguros no momento de aplicar os conceitos, quando da confecção dos experimentos, e menos ansiosos no momento formal da prova avaliativa, demonstrando uma maior motivação quando apresentados ao eletromagnetismo contextualizado em situações do seu dia-a-dia. Acredita-se que tenha ocorrido uma aprendizagem significativa do eletromagnetismo por ter sido este abordado com uma maior ênfase na parte conceitual.

Palavras-chave: Eletromagnetismo no ensino médio; Abordagem conceitual; Campos Conceituais de Vergnaud.

Introdução: objetivos e desenvolvimento

É evidente a preocupação existente com o ensino de Física em todos os níveis e a busca permanente por novas metodologias. Isto pode ser verificado na literatura, tanto em periódicos nacionais quanto internacionais, como a Revista Brasileira de Ensino de Física, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, entre outros.

No artigo “Ensino de Física no Brasil Retrospectivas e Perspectivas” [5], o autor faz uma análise de algumas metodologias já utilizadas para o ensino de Física nas escolas de nível médio brasileiras, e uma retrospectiva pesquisa em ensino de Física nestes últimos trinta anos. Segundo Moreira, o ensino de Física nas décadas de 60 e 70 esteve calcado no livro-texto, posteriormente esteve direcionado para projetos. Atualmente, se esperam novas perspectivas para o ensino de Física na escola secundária com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, PCNEM [6], que definem as competências e habilidades em Física a serem desenvolvidas, entre estas: compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos, descobrindo o “como funciona” dos aparelhos; construir e investigar situações,

¹ Apoios: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Centro de Referência para o Ensino de Física do Instituto de Física, UFRGS (CREF/IF-UFRGS).

problemas, identificar a situação Física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões; articular o conhecimento físico com o conhecimento de outras áreas do saber científico. Ou seja, “trata-se, pois, de ensinar Física como construção, modelagem, de significados. Física para cidadania, Física significativa. [...] como cidadãos, a Física que lhes for ensinada deve lhes servir para a vida, possibilitando uma melhor compreensão do mundo e das tecnologias.” [5]. A busca de novas metodologias para o ensino de Física que fuja da receita tradicional de aulas expositivas, resolução de um grande número de problemas “algébricos”, e aulas de laboratório direcionadas por um roteiro para obter um determinado resultado, é tema freqüente na literatura, onde é apontado que a metodologia tradicional parece ineficaz na reformulação conceitual para a maioria dos alunos.

Nas referências [3, 4], os autores analisam como a Física costuma ser ensinada nas escolas de nível médio no Brasil, questionando sua abordagem altamente matematizada em detrimento de um enfoque mais conceitual. Villani [3] afirma: *A física como ciência não é somente um conjunto de fórmulas que funcionam em exemplos abstratos. Ela é constituída de teorias e experimentos como um todo.... Já Carvalho Junior cita: Acredita-se que a utilização de fórmulas matemáticas pode auxiliar a quantificação dos fenômenos, mas que só deve ser utilizada a partir do momento em que os alunos compreendem os conceitos envolvidos.*

Acredita-se que a aprendizagem seria significativa se a Física fosse abordada, no ensino médio, com uma maior ênfase na parte conceitual. As experiências realizadas pelos alunos ou a eles apresentadas em forma demonstrativa, bem como os recursos de informática e a própria álgebra desempenham um papel importantíssimo na aprendizagem da Física. Entretanto, supõe-se que, neste nível de ensino, a eles deve ser dado papel de coadjuvantes, no sentido de priorizar os conceitos físicos. Com uma abordagem instrucional centrada no aspecto conceitual espera-se contribuir para uma aprendizagem mais eficaz e significativa de situações físicas no ensino médio.

No presente trabalho, o eletromagnetismo é abordado de forma instrucional centrada no aspecto conceitual e fundamentado na teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud [1], que tem a conceitualização como premissa para o desenvolvimento cognitivo. Esta não é uma teoria para o ensino de conceitos explícitos e formalizados: *Trata-se de uma teoria psicológica do processo de conceitualização do real que permite localizar e estudar continuidades e rupturas entre conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual.* Nesta concepção de ensino-aprendizagem a construção do conhecimento parte dos conhecimentos prévios do aluno, que através de uma diversidade de situações, conceitos, relações, etc... vão sendo conectados e interligados durante o processo de aquisição. E, no decorrer de um espaço de tempo geralmente longo o aluno vai elaborando o seu campo conceitual na construção do conhecimento científico em substituição aos seus conhecimentos prévios não-científicos. É tarefa do professor apresentar situações diferentes que permitam ao aluno ir modificando seus conceitos a fim de promover a mudança conceitual no sentido de apropriação pelo aluno do conhecimento científico. O papel do professor como mediador desta transformação é fundamental.

Objetivos

Na aplicação desta metodologia, buscou-se seguir, sempre que possível, as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), que apontam para a construção de uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar da realidade [6].

Este trabalho se propôs a:

- Desenvolver, com a abordagem conceitual, uma metodologia que proporcione ao aluno o aprendizado significativo dos conteúdos de eletromagnetismo no nível médio de ensino;

- Abordar os conteúdos do eletromagnetismo, conforme programação para o ensino médio, envolvendo uma diversidade de situações utilizando texto de apoio, que enfatiza os aspectos conceituais, os fenômenos físicos envolvidos e sua contextualização ao dia-a-dia do aluno; disponibilizar experimentos do eletromagnetismo com os quais o aluno possa interagir, promovendo a estruturação de leis e princípios físicos associados ao experimento; estimular a construção de experimentos pelos alunos, fóruns de discussão visando relacionar os conceitos abordados e o cotidiano do aluno.

Desenvolvimento

A metodologia empregada neste trabalho envolveu a aprendizagem do eletromagnetismo, através de um enfoque conceitual dos conteúdos, por alunos de duas escolas de nível médio da rede pública de ensino do RS, situadas em Porto Alegre, e faz parte do trabalho de conclusão apresentado por M. M. Braga ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física [7]. A proposta foi aplicada durante 8 semanas, no decorrer do ano letivo de 2003, a duas turmas de 22 e 20 alunos, respectivamente: uma turma de terceiro ano do Colégio Estadual Piratini, com 3 horas-aula semanais e, a outra, de 6º semestre da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, com 2 horas-aula semanais.

Para o desenvolvimento da proposta foi elaborado material instrucional dentro de uma abordagem conceitual do eletromagnetismo, baseado parcialmente em material existente na literatura, e.g. referência [8], bem como na vivência de uma das autoras (MMB) durante vários anos de trabalho docente no ensino médio.

Esta metodologia foi trabalhada, principalmente, na forma de aulas expositivas interativas. A abordagem dos conteúdos do eletromagnetismo seguiu a ordem de apresentação dos assuntos no material instrucional. Os conteúdos eram, por vezes, introduzidos através de um questionamento, que servia tanto para sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos como de tema motivador. Outras vezes, os conteúdos eram apresentados aos alunos através de textos curtos contendo curiosidades, fatos históricos e conexões com o dia-a-dia do aluno, seguidos da análise das relações de dependência entre as grandezas físicas relacionadas aos conceitos estudados. Frequentemente se procedia à leitura de artigos contextualizando o conteúdo em pauta, seguida de atividades como listas de exercícios ou discussão de textos, que serviam como instrumentos para averiguar em que estágio do processo da elaboração do campo conceitual os alunos se encontravam. Paralelamente a estas atividades os alunos observavam, participando interativamente, experimentos clássicos do eletromagnetismo, que eram demonstrados em sala de aula pela professora, como: propriedades de um ímã; efeitos da força magnética; experimento de Oersted; experimento de Faraday-Lenz, etc.

Os estudantes eram estimulados a expor suas concepções sobre os temas estudados. A professora costumava solicitar aos alunos a redação de um curto parágrafo em que eles descrevessem o que sabiam, pensavam e conheciam sobre determinado assunto, p. ex., sobre ímãs. Seguem algumas afirmações dos alunos apresentadas no seu próprio linguajar: (i) *Os ímãs se grudam em metais, por exemplo, porta da geladeira.* (ii) *Os ímãs são pedrinhas que tem o pólo que atrai e o pólo que repele.* (iii) *O ímã se gruda em superfícies que contenham ferro.* Esta metodologia foi adotada com o objetivo de fazer um levantamento dos conceitos prévios do grupo de alunos sobre os conteúdos relacionados ao eletromagnetismo.

Os alunos do Colégio Estadual Piratini realizaram, na seqüência, uma visita ao Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCT – PUCRS) [9], onde puderam observar e interagir com experimentos do eletromagnetismo. Após a visita, os alunos, reunidos em grupos, redigiram um trabalho, em que cada grupo deveria descrever o experimento por eles escolhido, citar as leis do eletromagnetismo relacionadas com o mesmo, mencionando outros aparelhos elétricos e eletrônicos onde estes princípios também estão presentes. Numa próxima etapa, os alunos reunidos nos mesmos grupos, foram solicitados a reproduzir, em

horário extra classe, um dos experimentos que englobasse o maior número de conceitos físicos ou um dos experimentos clássicos do eletromagnetismo. Exemplos de experimentos reproduzidos pelos alunos, seguindo a nomenclatura apresentada no museu, são: (a) Meia volta voltar; (b) Quem move o condutor; (c) Anel voador; (d) Força de oposição; (e) Bobina giratória; e também o experimento do guindaste eletromagnético. A avaliação desta atividade foi feita em cada encontro (aula) com os alunos, sendo possível observar a partir do mesmo os conceitos prévios que antes eram isolados começando a se relacionar, se adaptar e se transformar. Para finalizar a aplicação dessa proposta foi realizada uma avaliação dos conteúdos, em que as questões que versavam sobre eletromagnetismo tinham um cunho basicamente conceitual.

Este trabalho foi desenvolvido paralelamente na Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (ETS-HCPA), que possui proposta pedagógica e terminalidade diferenciadas daquelas do Colégio Estadual Piratini, sendo reservada maior ênfase e maior carga horária para as disciplinas específicas da área de saúde e para os estágios da área técnica, enquanto para as disciplinas regulares do ensino médio, como a Física, é destinada a carga mínima permitida [9].

A metodologia empregada para o desenvolvimento da presente proposta nas duas escolas foi muito semelhante, exceto que devido à reduzida carga horária da disciplina de Física na Escola Técnica em Saúde, esta turma de alunos não realizou a visita ao Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. Em substituição à visita ao museu, lhes foi apresentado um material interativo e desenvolvido pela professora contendo animações em Flash MX, no qual são mostrados experimentos como: balanço eletromagnético, guindaste eletromagnético e anel voador.

De forma semelhante ao que havia sido observado na aplicação desta metodologia no Colégio Estadual Piratini, na escola técnica os resultados obtidos superaram todas as expectativas, os grupos apresentaram trabalhos com coerência dos conceitos científicos do eletromagnetismo, com um cuidado estético e funcional excelente e com reprodução fiel do experimento.

A avaliação final do semestre letivo com os alunos da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, que ocorreu logo após o término da aplicação deste trabalho, apresentou resultados semelhantes aos obtidos no Colégio Estadual Piratini: os alunos se sentiram motivados pela contextualização do Eletromagnetismo, apresentaram-se mais seguros e fundamentados no momento de aplicar os conceitos, quando da confecção dos experimentos, e menos ansiosos no momento formal da prova avaliativa, segundo eles por não precisarem se preocupar demasiadamente com as “fórmulas”.

Considerações finais

No ensino de Física espera-se que, ao longo dos três anos do ensino médio, o aluno construa o conhecimento científico de conceitos importantes, permitindo que ele possa relacionar, adequar e aplicar estes conceitos nas situações do dia-a-dia. A Física que é ensinada em escolas de nível médio deve ser direcionada para seu público, ou seja, o aluno-cidadão, o aluno cujo conhecimento científico será aplicado nos fatos do cotidiano. Este perfil de aluno corresponde a grande maioria dos alunos do ensino médio, em contraposição ao aluno que seguirá uma carreira científica, que é aquele que estenderá e aprofundará os conhecimentos científicos através de estudos superiores ou com o direcionamento profissional.

O desenvolvimento e aplicação desta proposta de trabalho foram embasados na teoria de Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Este trabalho foi elaborado visando uma aprendizagem significativa dos conteúdos do eletromagnetismo através de uma abordagem conceitual, ou seja, um enfoque de situações problemáticas do campo conceitual do eletromagnetismo, estabelecendo um conflito entre as situações e os conceitos de modo a favorecer a conceitualização.

Para facilitar a construção do conhecimento científico de conceitos básicos do eletromagnetismo os alunos foram expostos, repetidas vezes, a situações diversas em que os mesmos estão presentes, para tal foram utilizados recursos didáticos variados: material instrucional que serviu como material pedagógico e produção textual para as aulas teóricas; apresentação em sala de aula de experimentos fundamentais do eletromagnetismo; análise de experimentos de eletromagnetismo existentes no Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS; leitura e discussão de textos e reportagens (incluídas no material instrucional ou publicados em periódicos) com aplicação dos conceitos, leis e princípios do eletromagnetismo em situações do dia-a-dia; consulta bibliográfica e construção de réplicas dos experimentos fundamentais do eletromagnetismo realizadas pelos alunos, objetivando a construção dos campos conceituais de acordo com Vergnaud: *um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamentos conectados uns aos outros e, provavelmente entrelaçados durante o processo de aquisição.* [1]

Todos os recursos pedagógicos empregados foram usados de forma a priorizar os conceitos, As grandezas do eletromagnetismo e suas magnitudes foram exploradas tanto na sua forma conceitual, quanto através das relações de dependência que guardam entre si.

Como já foi mencionada anteriormente, a especificidade da análise do trabalho desenvolvido junto com os alunos não pretende ser nem quantitativa, nem qualitativa, mas a aplicação de uma metodologia que se acredita tornar significativa a aprendizagem dos conceitos do eletromagnetismo. Portanto, a avaliação transcendeu o momento formal da mesma caracterizada pela prova, avaliação escrita individual, e estendeu-se por todo o período de aplicação deste trabalho, através da observação dos alunos durante as aulas, na consulta bibliográfica e na construção das réplicas dos experimentos. Acompanhou-se a construção do conhecimento científico: nos debates e comentários posteriores à leitura dos artigos incluídos no material instrucional contextualizando a Física; na análise das respostas dadas pelos alunos aos questionamentos propostos, antes e após o estudo de um determinado conteúdo; durante a resolução de exercícios do material didático ou das questões de vestibulares propostas; na interação do aprendiz com os experimentos e na construção dos mesmos. Verificando-se, assim, a construção do conhecimento científico dos conceitos do eletromagnetismo com uma fundamentação mais sólida, que se acredita tenha possibilitado uma aprendizagem significativa.

Foi possível avaliar o quanto significativa foi a aprendizagem na forma conceitual quando se acompanhou o período de confecção dos experimentos, o dia-a-dia da sala de aula, a leitura, o questionamento e o debate dos textos contextualizando a Física. E também, quando se vivenciou a percepção pelos estudantes da relação existente entre uma lei ou princípio físico e situações do seu cotidiano. Esta transposição que o aluno faz entre os conceitos estudados e a tecnologia da sociedade atual ou com reportagens de jornais ou, ainda, com as alternativas que os grupos buscaram e testaram quando da construção dos experimentos é que comprova e reforça os resultados da avaliação da aprendizagem dos conteúdos.

Como avaliação da aplicação dessa proposta pode-se citar que os alunos mostraram-se mais seguros no momento de aplicar os conceitos, quando da confecção dos experimentos, e menos ansiosos no momento formal da prova avaliativa, demonstrando uma maior motivação quando apresentados ao eletromagnetismo contextualizado em situações do seu dia-a-dia. Acredita-se que tenha ocorrido uma aprendizagem significativa do eletromagnetismo por ter sido este abordado com uma maior ênfase na parte conceitual.

Referências

[1] MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud: o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7 -29,

- jan./abr., 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_n1_a1.html>. Acesso em: 10 set. 2005.
- [2] BRAGA, M. de M.; RIBEIRO TEIXEIRA, R. M. Eletromagnetismo no ensino médio: uma proposta de abordagem conceitual. *Hipermídias de Apoio ao Professor de Física*, Porto Alegre, n. 3, maio 2005.
- [3] VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de física no Brasil: prática conteúdos e pressupostos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 76-95, dez. 1984.
- [4] CARVALHO JUNIOR, G. D. de. As concepções de ensino de física e a construção da cidadania. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 53-65, abr. 2002.
- [5] MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.
- [6] BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília. MEC. 1999; BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+- ensino médio, orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. Brasília. 2002. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/ensino/pcn.shtml>>. Acesso em: 10 set. 2005.
- [7] BRAGA, M. de M. *O eletromagnetismo abordado de forma conceitual no ensino médio*. 2004. 142f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- [8] HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685 p.
- [9] MUSEU DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre. MCT-PUCRS. 1998. Disponível em: <<http://www.mct.pucrs.br>>. Acesso em: 10 set. 2005.
- [10] BRASIL. Lei n. 9.394/96: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Brasília. MEC, 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2005.

O USO DE ANIMAÇÕES COMO ELEMENTO MOTIVADOR DE APRENDIZAGEM

Maria Inês Castilho [mariaic@terra.com.br]

*Colégio Marista Rosário, Praça Dom Sebastião, 02.
Bairro Independência, 90035-080, Porto Alegre, RS – Brasil.*

Trieste Freire Ricci [ricci@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.
Campos do Vale, 91501-570, Porto Alegre, RS – Brasil.*

Resumo

O presente trabalho procura mostrar a contribuição do uso de animações computacionais no ensino de Física na escola média. Fazendo uso sistemático de animações produzidas em flash, com a finalidade de ilustrar o conhecimento de conceitos introdutórios à teoria da Relatividade Especial junto de um grupo de alunos de ensino médio do Colégio Marista Rosário, Porto Alegre, RS, pode se constatar a eficácia desta técnica em promover o aprendizado significativo de conceitos básicos da Relatividade Especial, bem como para a dedução de relações matemáticas fundamentais que são decorrência lógica dos postulados de Einstein. A metodologia usada permitiu aos alunos se manterem interessados, participativos e questionadores durante as aulas.

Palavras-chave: simulações; animações computacionais; relatividade especial.

Introdução

A abordagem de assuntos de Física, em aulas tradicionais, com apenas giz, quadro verde, livro, exercícios impressos, e muita boa vontade do professor, às vezes, não são suficientes para uma compreensão total de um determinado assunto. Descobrir caminhos pelos quais se possa promover a compreensão correta de conceitos fundamentais de Física é tarefa de todo professor. E, tendo em vista que, atualmente, um grande número de escolas dispõe de salas ou laboratórios equipados com computadores, é fácil implementar algumas atividades aos alunos onde o conteúdo pode ser desenvolvido a partir de animações computacionais.

O computador como instrumento didático tem sido usado com parcimônia mesmo em escolas bem estruturadas, muito embora o acesso fácil a computadores exista já há vários anos. Já em 1985 havia um crescente interesse pelo uso do computador no ensino. O fator custo baixo aliado ao fator “convivência pacífica” entre usuário e máquina, leva à questão da utilização de computadores na Educação em geral e, em particular, no ensino de Física (ROSA, 1995). O autor destaca as potencialidades do computador como instrumento de ensino e entre elas está a possibilidade de simulação de fenômenos físicos, indicando ser esta a mais utilizada como ferramenta no ensino de Física, seguida pela potencialidade da coleta e análise de dados.

O importante aspecto da disciplina de Física trabalhar com alguns conceitos que envolvem altas doses de abstração e ter na matemática a ferramenta essencial para o desenvolvimento da Física como Ciência, para alguns alunos, pode ser fator determinante para a não compreensão do conceito físico propriamente dito. Para facilitar a percepção de fenômenos físicos que estão longe de afetar nossos sentidos, como o movimento de partículas subatômicas, de corpos em alta velocidade e de outros processos complexos, é comum a utilização de ilustrações mesmo para fenômenos dinâmicos. Estamos acostumados a essas imagens, mas sabemos que a interpretação das mesmas, a partir da articulação gestual pelo professor, faz-se necessário na maioria das vezes. Assim, a simulação por computador seria uma solução para esses casos.

Segundo Piaget, as mudanças na estrutura cognitiva são partes do desenvolvimento do indivíduo. E esse desenvolvimento surge a partir da ação que é desencadeada por estímulos originados no meio exterior ou por uma necessidade interior de satisfazer seus próprios anseios. A busca pela satisfação dessas necessidades, que pode ser até mesmo uma resposta a um

questionamento interior, gera a ação. Satisfeita essa necessidade, surgem outras, e a ação que gera um equilíbrio é desequilibrada pelas transformações que aparecem no mundo, exterior ou interior, e cada nova conduta vai funcionar não só para restabelecer o equilíbrio, como também para tender a um equilíbrio mais estável que o do estágio anterior a esta perturbação (PIAGET, 2002).

A percepção de um fenômeno físico a partir da ação do indivíduo sobre o fenômeno, seja de forma direta num experimento real de laboratório ou através da manipulação de animações que simulam o fenômeno em questão, tem um significado bem mais profundo do que uma mera resposta operante automática a um dado conjunto de estímulos. Para Piaget, a cognição humana é também um processo biológico, e o indivíduo traz consigo, desde o nascimento, uma espécie de “programa genético” flexível capaz de sofrer evoluções graduais. Isso se dá através de um processo que ele chamou de maturação, em que as estruturas se modificam parcial e sucessivamente pela aquisição de conhecimento, seja através de experiências com o meio ambiente ou pela influência do meio social. Piaget caracterizava como “funções” os modos biologicamente herdados da interação com o ambiente (1975, p.28). O aprendizado que envolve a construção do conhecimento se origina do aperfeiçoamento das funções sensorio-motoras do indivíduo e a simulação de um evento permite ao indivíduo interagir com o fenômeno físico de forma indireta, manipulando variáveis. Por essa razão, a teoria piagetiana é também classificada como interacionista, pois é através da ação com os outros e com o ambiente que ocorrem as condições necessárias para as mudanças das estruturas. O desenvolvimento cognitivo consiste, assim, numa sucessão de mudanças e essas mudanças são estruturais, originadas por esquemas de assimilação criados pelas condições próprias do organismo.

Tanto o modo como está organizado o pensamento como a forma com a qual o professor apresenta um novo conhecimento ao aluno são fatores preponderantes para que se efetivem mudanças nas estruturas cognitivas. Piaget considerava haver uma necessidade de ação para o aprendizado, mas esta não tem que ser, necessariamente, uma ação motora. Uma ação lógico-matemática, um pensamento estruturado e o racionar sobre algo em que se está analisando são também ações. A ação supõe sempre um interesse que a desencadeia, podendo se tratar de uma necessidade fisiológica, afetiva ou intelectual (PIAGET, 2002). As simulações por computador despertam no indivíduo esta necessidade de interação.

As simulações por computador no ensino de Física

As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginários, de sistemas ou fenômenos. Elas podem ser bastante úteis, particularmente quando a experiência original for impossível de ser realizada pelos estudantes (MEDEIROS apud RUSSEL, 2001). Experimentos perigosos ou de realizações muito caras, assim como aqueles que envolvem fenômenos muito lentos ou extremamente rápidos em comparação com nossas escalas de tempo cotidianas estão, também, dentro da classe de eventos que são alvos prioritários de simulações computacionais no ensino de Física. O uso de animações é uma estratégia de atender às necessidades individuais dos estudantes, e o computador como uma ferramenta que possibilita retirar do professor a necessidade de ensinar aos seus estudantes os mesmos materiais, de um mesmo modo e ao mesmo tempo (MEDEIROS apud SMIDT, 1982).

As simulações de fenômenos físicos podem ser classificadas em duas grandes categorias: estáticas ou dinâmicas. No primeiro caso, [...] o modelo do fenômeno já se encontra pronto, cabendo ao aluno, simplesmente a manipulação de parâmetros e a observação do que acontece. No segundo caso, a simulação dinâmica, cabe ao aluno um modelo explicativo do fenômeno e sua implementação. Isso pode ser feito via programação ou pela escolha, dentre situações já programadas, daquelas que ele (o aluno) julgue ser a mais correta a cada caso (ROSA, 1995). As simulações estáticas, mais simples e mais numerosas quanto à disponibilidade de encontrá-las prontas na Internet, são bastante adequadas ao ensino médio. Uma visão animada de determinado fenômeno físico é apresentada e o aluno pode observar, analisar e concluir a partir de perguntas propostas. Ou poderá interagir acessando diferentes alternativas e, a partir delas, que são parâmetros

para a ação, permitir que sejam efetivadas mudanças no fenômeno em estudo. Nas simulações dinâmicas se faz necessário um pouco mais de conhecimento do aluno, do que no caso anterior. A interação se faz pela ação do aluno como programador ou, no mínimo, como um manipulador de situações previamente programadas e, dentre elas, a escolha daquela mais adequada à situação por ele imaginada. Certamente, neste caso, o desafio é maior e, portanto, a compreensão do fenômeno físico em estudo estará num nível mais elevado.

Nas simulações computacionais no ensino de Física o aluno tem a oportunidade de fazer uma descoberta do fenômeno físico, onde, a partir do controle da animação de forma lenta e gradual, em repetidas vezes, o estudante se permite interagir com o fenômeno físico de forma simulada, com controle sobre a ação do fenômeno, mantendo o seu ritmo de aprendizado. O incentivo de continuidade na busca pela compreensão do fato é dado pela percepção visual e dinâmica manipuláveis até certo grau de permissividade da própria animação. Quando as possíveis soluções de um problema podem ser discutidas, controladas e repetidas quantas vezes for necessário, as chances de aprendizado efetivo crescem. Na medida em que informações são interpretadas e utilizadas pelo usuário, estas atualizações operam sobre o indivíduo, que, pelo próprio acoplamento nas interfaces da máquina, a partir das diversas possibilidades oferecidas, se renova e se modifica, desenvolvendo e participando ele mesmo, de um processo criativo contínuo e imprevisível (TAROUCO, 2003), Além de motivador, a análise de simulações interativas é também um elemento didático que permite estabelecer relações cognitivas abertas em que o indivíduo se permite errar e aprender com o erro, errar e não se sentir pré-julgado no seu erro, tentar novamente até chegar a ter consciência do aprendizado. Muito longe da memorização, as simulações oportunizam a realidade do aprender fazendo.

Exemplo de uso de animações no Ensino Médio

Simulações por computador foram utilizadas num curso de Relatividade Especial desenvolvido com um grupo de 15 alunos de ensino médio do Colégio Marista Rosário, Porto Alegre, RS. Todas as animações utilizadas foram criadas com exclusividade para serem aplicadas no referido curso. Desenvolvidas em Flash MX, programa da Macromedia, as animações cresceram de complexidade no decorrer do curso. Inicialmente, consistiam de elaborações extremamente simples com exploração apenas da observação do aluno e com o objetivo de retomada de conceitos da relatividade clássica. A partir dessa observação, o aluno poderia melhorar a compreensão do texto que acompanhava a simulação. Também poderia repeti-la quantas vezes fosse necessário. Progressivamente, as animações foram se tornando mais interativas, onde o aluno redescobre os princípios físicos pela análise do fenômeno, pelo cálculo de dados obtidos ou sugeridos, e pela manipulação de variáveis apresentadas, chegando até a relações matemáticas referentes ao conhecimento apresentado. As animações tornaram-se tanto mais complexas quanto a necessidade de reter o pensamento do aluno o mais próximo possível do desejado pelo professor.

Abaixo estão transcritas, na forma de figuras, algumas imagens de duas animações utilizadas. Ao todo foram desenvolvidas e aplicadas 21 animações num total de 9 encontros de dois períodos cada.

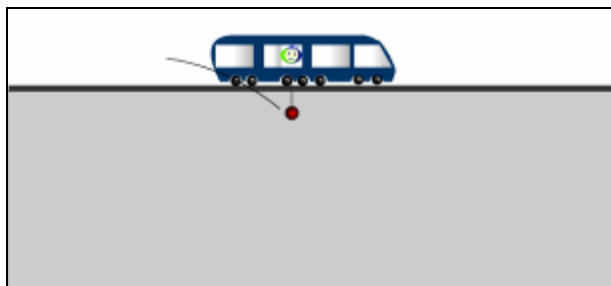


Figura 1.

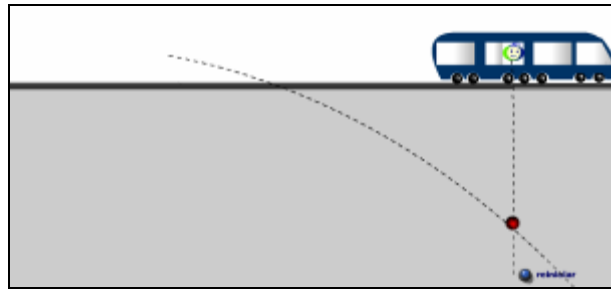


Figura 2.

As figuras 1 e 2 são referentes à animação em que se analisam as posições em função do tempo de uma esfera que cai da janela de um veículo em movimento. O aluno já conhece a relatividade clássica no que se refere a movimentos clássicos como o exemplo da simulação acima. Todo professor menciona esse exemplo ou outro semelhante a esse em suas aulas introdutórias ao conceito de movimento e repouso em relação a referenciais. O aluno pode “imaginar” o fenômeno sem a simulação, mas certamente, a visualização das duas trajetórias sendo construídas a partir de dois referenciais, um dentro do veículo e outro fora levará a uma compreensão efetiva do conhecimento de forma a proporcionar mudanças das estruturas cognitivas do aluno. O aluno – ou o professor – pode levantar questões como por exemplo: “As posições ocupadas pela esfera, na realidade, estão situadas sobre uma reta ou sobre uma parábola?” E ainda, questionar sobre o significado da palavra espaço, sobre o problema das medidas dos instantes em que o móvel encontra-se em determinadas posições e também sobre a importância de se adotar um referencial no estudo de movimentos. A análise do movimento através da animação permite ao aluno chegar facilmente a conclusões referentes às questões levantadas.

No decorrer do curso foram apresentadas várias animações em que se pretendeu elevar de forma gradativa o nível da participação efetiva do aluno. Em se tratando de uma simulação mais elaborada, com exigência de uma ação lógico-matemática por parte do aluno, apresentamos a dedução da fórmula da dilatação temporal. Foi utilizado o relógio de luz, idealizado por Albert Einstein, como objeto que se desloca a velocidade constante em comparação com outro relógio de luz idêntico ao primeiro, porém em repouso em relação ao mesmo referencial. Enquanto este permanece em repouso, o outro relógio percorre certa distância na horizontal, ou seja, na direção perpendicular ao deslocamento da frente de onda. Observe a figura 03 que equivale a uma etapa intermediária da simulação. Durante a animação é possível observar as frentes de onda que se deslocam entre os espelhos do relógio em movimento – representado à direita na figura – e do relógio em repouso. Neste, o intervalo de tempo é menor que naquele que se desloca entre os espelhos do relógio em movimento. Sem qualquer explicação extra, o aluno consegue perceber o fenômeno da dilatação temporal, porque a simulação permite que o movimento seja visualizado e não “imaginado” como está fazendo o leitor deste artigo.



Figura 3.

DEDUZINDO A FÓRMULA DA DILATAÇÃO TEMPORAL

1. Em que situação o tempo é dilatado, no relógio em movimento ou naquele em repouso?
2. O que justifica ser o tempo dilatado?
3. Como é possível provar, matematicamente, que $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$?

OBS: Para auxiliar nesta demonstração observe a animação na [página seguinte](#).

4. Com que velocidade deveria estar o veículo que transporta o relógio de luz, para que o tempo ficasse aumentado o dobro do outro (caso da animação anterior)?


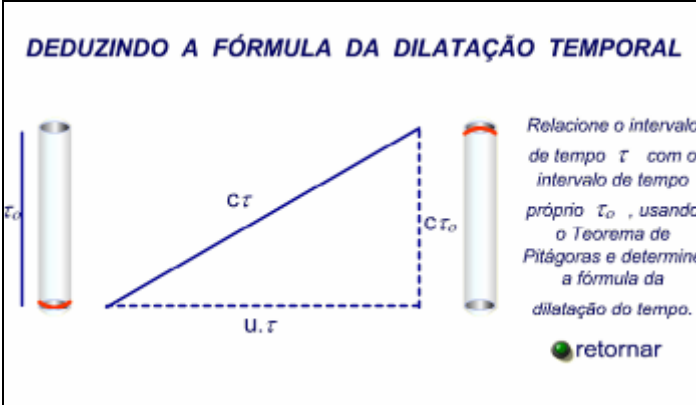
 animação anterior

Figura 4.

DEDUZINDO A FÓRMULA DA DILATAÇÃO TEMPORAL



Relacione o intervalo de tempo τ com o intervalo de tempo próprio τ_0 , usando o Teorema de Pitágoras e determine a fórmula da dilatação do tempo.


 retornar

Figura 5.

O aluno teve a oportunidade de repetir a animação quantas vezes ele achou necessário. A totalidade das animações encontravam-se disponíveis em www.maristas.org.br, Colégio Rosário, no [link](#) Relatividade Especial.

Conclusão

A experiência didática realizada permitiu coletar dados relevantes referentes ao assunto. Entre eles podemos citar que o aluno deve repetir a animação mais de uma vez, antes e depois do questionamento, durante a aula e também longe do professor e do instante em que lhe foi apresentado esse conhecimento. No entanto, para que isso ocorra, a animação deve estar disponibilizada na Internet, num site de conhecimento do aluno ou então em um programa que o aluno possa fazer uso mesmo longe das dependências da escola. A ênfase é dada na observação da animação em repetidas vezes, ao ritmo do aprendizado do aluno. Muitas vezes, elas podem ser usadas como reforço de aprendizagem e, quando disponibilizada, na Internet, o aluno poderá fazer uso dela à distância.

Além do uso direto em sala de aula, a criação de um laboratório de demonstrações virtuais possibilita a disponibilização do material elaborado para as aulas, para acesso posterior pelos alunos (YAMAMOTO; BARBETA, 2001). Essa capacidade de acesso e manipulação da animação em sala de aula presencial ou à distância, é um grande aliado à aprendizagem e não pode, em hipótese alguma, ser um obstáculo a ela. Portanto, a qualidade visual e a capacidade informativa da animação devem ser levadas em consideração quando da escolha ou criação da mesma. As simulações devem ser desenvolvidas de forma a evitar uma sobrecarga informativa nos estudantes, de forma que botões, medidores, gráficos, etc., somente devem ser incluídos se forem realmente importantes para a discussão proposta. E, ao mesmo tempo, evitar a apresentação de simulações que possam ser simples demais, o que poderia acarretar um desinteresse da turma pelo uso da ferramenta. Ainda, a simulação deve ser compreensível até mesmo ao aluno menos informado do

assunto e, para isso, ela deve ser acompanhada de um roteiro exploratório ou uma seqüência orientada de procedimentos de manipulação ou ainda, de uma exposição oral por parte do professor. As duas primeiras alternativas expostas são as mais indicadas pois uma simulação deve ser, em princípio, auto-informativa.

O uso do computador e, em especial as simulações de experimentos, são fatores importantes para a efetivação do aprendizado e a utilização dessa nova tecnologia deve ser feita de maneira equilibrada, reflexiva e nunca exclusiva. O entusiasmo decorrente das vantagens de utilização de simulações no ensino de Física pode acarretar num menosprezo pelas outras formas de ensino, o que não é recomendável de forma alguma. Em muitos aspectos, essa mudança equivale à quebra de um antigo paradigma educacional baseado em aulas expositivas e laboratórios tradicionais. Há um grande risco na adoção acrítica das simulações no ensino de Física, pois elas apresentam certas desvantagens, algumas vezes negligenciadas. Seria primordial notar-se que um sistema real é freqüentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos, que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade (MEDEIROS apud BERGQVIST, 2000).

O uso de animações por computador permite proporcionar ao aluno um ambiente que retoma, em parte, o experimento didático de laboratório. A percepção visual animada do fenômeno interfere de forma positiva no aprendizado. A interação do usuário do computador através de manipulação de variáveis com possibilidade de até “parar” o evento para uma análise mais detalhada, repetir o fenômeno físico, refazer uma seqüência de forma mais lenta e estruturar sua ação a seu próprio ritmo são fatores motivacionais e estimulantes na busca do conhecimento. As simulações computacionais contribuem de forma significativa no processo de aprendizagem. A partir de simulações de experimentos e de atividade interativas, torna-se mais acessível – e porque não dizer, mais lúdico – o processo de compreensão e uso dos conceitos de Física.

Referências

- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 298-316, dez. 2001.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L.; REBUA, G. **A evolução da física**. Rio de Janeiro: Zahar, 1962.
- EINSTEIN, A. **Relativity**: the special and the general theory. New York: Crow Publisher, 1952.
- FLAVELL, J. Piaget e a psicologia contemporânea do desenvolvimento cognitivo. In: HOUDÉ, O.; MELJAC, C. (Orgs.). **O espírito piagetiano**. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 193-200.
- GEURDES, J. F. Observers in time-dilation experiments, **Physics Essays**, Hull, v. 14, n. 3, p. 257-265, Sept. 2001.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- HOUDÉ, O.; MELJAC, C. (Orgs.). **O espírito piagetiano**: homenagem internacional a Jean Piaget. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F de. Possibilidades e limitações nas simulações computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.
- MOREIRA, A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.
- NOGUEIRA, J. de S. et al. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2000.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 83-102, abr. 2004.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-FitzGerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 176-190, ago. 2002.

PAIS, A. **“Sutil é o senhor...”**: a ciência e a vida de Albert Einstein. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999, p. 47-61.

PIAGET, J.; CHOMSKY, N. **Teorias da linguagem, teorias da aprendizagem**, Lisboa: Edições 70, p. 51-62, 1985.

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** 7. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1980.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002.

PIAGET, J. **Desenvolvimento e aprendizagem**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/faced/slomp>>. Acesso em: 09 abr. 2001.

PHILLIPS Jr, J. L. **Teoria de Piaget sobre as origens do intelecto**. 2. ed. Lisboa: Socicultor, 1975.

REKVELD, J. New aspects of the teaching of special relativity, **American Journal of Physics**, v. 37, n. 7, p. 716-721, July 1969.

ROSA, P. R. da S. O uso de computadores no ensino de física: potencialidades e uso real. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 182-195, jun. 1995.

SMITH, R. C. Teaching special relativity through a computer conference. **American Journal of Physics**, College Park, v. 56, n. 2, p. 142-147, Feb. 1988.

TAROUCO, L M. R.; GRANDO, A. R. S.; KONRATH, Mary L. P. Alfabetização visual para a produção de objetos educacionais. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre: Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (UFRGS), v. 1, n. 2, 2003.

VILLANI, A. Análise de um curso de introdução à relatividade, **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 21-35, fev. 1980.

VILLANI, A.; ARRUDA, S. M. Special theory of relativity, conceptual change and history of science, **Science and Education**. Dordrecht, v. 7, n. 1, p. 85 -100, Jan. 1998.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 215-225, jun. 2001.

O CONHECIMENTO EPISTEMOLÓGICO NAS ORIENTAÇÕES CURRICULARES DE CIÊNCIAS FÍSICAS E NATURAIS DO 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO NO CONTEXTO EDUCATIVO PORTUGUÊS

Manuel Joaquim Cuiça Sequeira [msequeira@iep.uminho.pt]

José Luís de Jesus Coelho da Silva [zeluis@iep.uminho.pt]

Instituto de Educação e Psicologia.

Universidade do Minho.

4710-057 Braga – Portugal.

Resumo

O presente estudo focaliza-se na identificação da imagem acerca da natureza da Ciência preconizada para o ensino das Ciências Físicas e Naturais do 3º ciclo do Ensino Básico. Toma como objecto de análise documentos definidores da política educativa: “*Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*” e “*Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico*”. Apesar de algumas fragilidades detectadas, assentes sobretudo em omissões, os documentos oficiais evidenciam pontos de contacto com as recomendações oriundas da investigação em Educação em Ciências. A interpretação dos dados recolhidos aponta uma imagem de Ciência assente numa perspectiva de cariz pós-positivista.

Abstract

This study focus on the identification of the image of the nature of science recommended for the teaching of Physical and Natural Sciences in the 3rd cycle of Basic Education, based on the analysis of official documents on educational policy: “*Basic Education National Curriculum – Essential Competencies*” and “*Physical and Natural Sciences – Curriculum Guidelines for the 3rd cycle of Basic Education*”. Although the official documents on educational policy show some weaknesses and omissions, they follow somehow the recommendations given by the research in science education. The interpretation of the collected data indicates that the programs have an image of science based on a post-positivist perspective.

Introdução

A natureza da Ciência é incluída como uma das componentes da Educação em Ciências nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem, emanados pelo Ministério da Educação. Nestes documentos, “Natureza da Ciência” e “Conhecimento Epistemológico” são apresentados como sinónimos. Esta inclusão é consentânea com as orientações emergentes do campo da Didáctica das Ciências (Hodson, 1998 e 2000). O estudo que aqui se apresenta tem como objectivo a identificação da imagem acerca da natureza da Ciência preconizada para o ensino das Ciências Físicas e Naturais do 3º ciclo do Ensino Básico. A análise focaliza-se nos documentos “*Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*” e “*Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico*”. A incidência no primeiro documento justifica-se por ser aquele que enquadra a concepção e o desenvolvimento do currículo do ensino Básico, tanto ao nível da expressão nacional (Orientações Curriculares) como local (projectos curriculares de escola e de turma). O segundo documento, de carácter mais específico, focaliza-se nas duas disciplinas que integram a área de Ciências Físicas e Naturais – Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas. Estrutura-se, basicamente, em duas secções: (1) uma, *Introdução*, comum às duas disciplinas, integra a apresentação das razões que subjazem à estruturação do programa curricular, a especificação das competências essenciais para este nível de escolaridade – *Competências Específicas para a Literacia Científica a desenvolver durante o 3º Ciclo* – e a explicitação dos pressupostos subjacentes à regulação da aprendizagem – *Avaliação*; (2) a outra, *Temas Organizadores*, apresenta, em paralelo, os conteúdos específicos e as sugestões de actividades didácticas – *Experiências Educativas* – para cada uma das disciplinas – Ciências

Naturais e Ciências Físico-Químicas. É esta última característica que confere a este programa curricular um carácter inovador na organização deste tipo de documentos. A estruturação das orientações curriculares para estas duas disciplinas e apresentada num único documento assenta em pressupostos preconizadores de abordagens didácticas interdisciplinares:

Pretende-se evidenciar conteúdos tradicionalmente considerados independentes e sem qualquer relação. Deste modo, facilita-se aos professores o conhecimento do que se preconiza como fundamental os alunos saberem nas duas disciplinas, bem como lhes permite, se assim o entenderem, organizarem colaborativamente as suas aulas, ou alguns conteúdos ou ainda orientarem os alunos no desenvolvimento de projectos comuns. (Galvão, 2002, p. 5-6)

Metodologia

A concretização deste estudo decorreu em três etapas:

1. definição das categorias de análise;
2. correspondência entre os enunciados explícitos relativos à natureza da Ciência e as categorias anteriormente definidas;
3. identificação da natureza das actividades laboratoriais propostas em função do objectivo primordial subjacente.

Definiram-se as seguintes categorias de análise: (a) papel da natureza da Ciência na Educação em Ciências, (b) contributo da natureza da Ciência na formação do indivíduo, (c) abordagens para a promoção da compreensão da natureza da Ciência e (d) dimensões da natureza da Ciência. As três primeiras categorias emergiram da leitura dos documentos oficiais. As dimensões da natureza da Ciência - Processo de criação científica, Contexto da actividade científica, Estatuto da Teoria e da Observação, Evolução do conhecimento científico e Estatuto epistemológico do conhecimento científico – foram definidas “à priori”, a partir da consulta de literatura focalizada no domínio da epistemologia da Ciência (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002).

A correspondência entre os enunciados relativos à natureza da Ciência e as categorias definidas foi efectuada pelo investigador em dois momentos, com o intervalo de um ano. Esta correspondência foi objecto de confronto com as efectuadas por dois professores do ensino Secundário (um do 11º grupo B – Biologia e Geologia - e outro do 4º grupo A – Física e Química). Previamente, foi discutido com estes professores o significado de cada uma das categorias de análise.

A natureza das actividades laboratoriais foi definida em função do objectivo primordial subjacente à sua implementação – a promoção do conhecimento substantivo, processual e epistemológico – que parece emergir da análise dos enunciados em que são propostas.

Apresentação e análise de resultados

Os quadros 1.1 e 1.2 apresentam os princípios teóricos relativos à natureza da Ciência, explicitados nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem da área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais do 3º ciclo do Ensino Básico: Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais (CNEB) e Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico (OC-CFN). As secções analisadas nestes dois documentos são: no primeiro, as comuns aos vários ciclos do Ensino Básico e a específica da área de Ciências Físicas e Naturais do 3º ciclo; no segundo, as comuns às duas disciplinas que o integram (CFN) e a específica de cada uma delas – Ciências Naturais (CN) e Ciências Físico-Químicas (CFQ). Nestes quadros, está também indicado o número de enunciados apresentados nos dois documentos, correspondente a cada um dos princípios teóricos.

O quadro 1.1 apresenta os princípios relativos a: (a) papel da natureza da Ciência na Educação em Ciências, (b) contributo da natureza da Ciência na formação do indivíduo e (c) abordagens para a promoção da compreensão da natureza da Ciência.

Quadro 1.1: Princípios teóricos relativos à natureza da Ciência nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências Físicas e Naturais

Princípios teóricos	CNEB	OC-CFN		
		CFN	CN	CFQ
A natureza da Ciência é uma dimensão da educação em Ciências	2	2		
A natureza da Ciência contribui para: - Preparação do cidadão para a abordagem de questões científicas e tecnológicas - Promoção da literacia científica do cidadão. A literacia científica é essencial ao exercício pleno da cidadania.	1 1	1 1		
A compreensão da natureza da Ciência é promovida através de actividades didácticas de essência diversa				
a) <u>Actividades apresentadas explicitamente com esse fim</u>	6	5	4	2
- Recolha, selecção, análise, organização e comunicação de informação	1	1		
- Discussão/debates de assuntos controversos/polémicos	1	1		
- Reflexão crítica, Aceitação do erro e incerteza, Reformulação do trabalho	1	1		
- Investigação, Pesquisa, Resolução de problemas	2	1		
- Projectos interdisciplinares		1		
- Recurso à História da Ciência				
* Análise/debate de relatos de descobertas científicas	1		3	1
* Pesquisa de informação sobre o trabalho de cientistas			1	1
b) <u>Actividades que implicitamente contribuem para esse fim</u>	2		4	25
- Actividades laboratorais	2		4	25

Nota:

a) CNEB - Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais;

OC-CFN: Ciências Físicas e Naturais, Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico; CFN – secção comum às disciplinas de Ciências Naturais e de Ciências Físico-Químicas; CN – secção específica da disciplina de Ciências Naturais; CFQ – secção específica da disciplina de Ciências Físico-Químicas;

b) Os números assinalados a “bold” representam o somatório dos enunciados do respectivo princípio.

A natureza da Ciência é apontada como uma dimensão da Educação em Ciências para o 3º ciclo do Ensino Básico:

Preconiza-se o desenvolvimento de competências específicas em diferentes domínios como o do conhecimento (substantivo, processual, epistemológico), do raciocínio, da comunicação e das atitudes. (Abrantes, 2001, p. 132; sublinhado nosso)

Num primeiro nível desenvolve-se cada um dos temas organizadores, através de dois conjuntos de questões de partida: um de abordagem mais geral, que implica, por vezes, a natureza da Ciência e a do conhecimento científico; o outro de abordagem mais específica. Os dois conjuntos de questões relacionam-se com os conteúdos abordados nas duas disciplinas. (Galvão, 2002, p. 6; sublinhado nosso)

Este princípio está patente não só nestas indicações explícitas mas também na especificação de outros princípios, principalmente, nos atributos caracterizadores da natureza da Ciência (v. quadro 1.2).

O contributo da natureza da Ciência na formação do indivíduo encontra-se explicitado em apenas duas referências de âmbito geral. A primeira – *Preparação do cidadão para a abordagem de questões científicas e tecnológicas* – parece preconizar a intervenção do cidadão na tomada de decisões sobre problemáticas de natureza científica e tecnológica, próprias da sociedade actual. A

compreensão da segunda referência – *Promoção da literacia científica. A literacia científica é essencial ao exercício pleno da cidadania* – está dependente dos significados atribuídos a *literacia científica* e a *exercício da cidadania* e da relação estabelecida entre eles. A compreensão do contributo da natureza da Ciência no desenvolvimento da literacia científica vê-se condicionada pela multiplicidade de significados que o próprio conceito de literacia científica pode englobar (Dreyfus, 1996; Bybee, 1997, DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Hand et al., 2003; Norris & Phillips, 2003). O entendimento deste conceito, dependendo da perspectiva mobilizada, poderá conduzir a uma visão mais ou menos redutora da importância da natureza da Ciência. O seu significado ultrapassa a mera detenção de conhecimento substantivo e avança para a capacidade do cidadão na mobilização do conhecimento científico, através das suas várias vertentes (substantiva, processual e epistemológica), em debates e na resolução de problemáticas de natureza sociocientífica, típicas desta sociedade contemporânea. É esta participação activa do cidadão que subjaz ao entendimento do exercício pleno da cidadania. Nesta perspectiva, a referência à importância da natureza da Ciência na *promoção da literacia científica* aproxima-se do possível entendimento atribuído ao primeiro princípio – *Preparação para a abordagem de questões científicas e tecnológicas*. Desta forma e como se previa, poder-se-á sublinhar a concordância ideológica entre o Currículo Nacional do Ensino Básico e as Orientações Curriculares do 3º ciclo.

Se nas problemáticas de natureza sociocientífica, a natureza da Ciência é uma das dimensões do conhecimento científico que poderá contribuir para a sua compreensão e para a fundamentação de opiniões sobre elas, verifica-se, nos dois documentos oficiais, a ausência da especificação da natureza deste possível contributo.

Propostas de abordagens apresentadas explicitamente com o objectivo de promover o desenvolvimento da compreensão da natureza da Ciência estão patentes nos dois documentos. Algumas delas são comuns, decorrente dos enunciados que as traduzem serem iguais em ambos, o que não será de estranhar dada a coincidência de autores na equipa editorial desses documentos. A maioria destas propostas no documento “Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico” localiza-se em secções de âmbito geral, comuns às duas disciplinas. Na secção “Experiências Educativas”, específica de cada disciplina, além do número reduzido deste grupo de sugestões didácticas, a tipologia das actividades é diferente das incluídas nas secções anteriores. Salienta-se, também, o menor número de propostas na disciplina de Ciências Físico-Químicas em relação à disciplina de Ciências Naturais. A diminuição acentuada de referências à natureza da Ciência numa secção de âmbito mais prático poderá conduzir a uma desvalorização pelo professor desta vertente da Educação em Ciências e, em consequência, à não integração nas práticas lectivas.

Importa, agora, analisar a relação das abordagens sugeridas com as dimensões da natureza da Ciência passíveis de serem desenvolvidas. É de anotar, a ausência de explicitação dessa relação relativamente às seguintes propostas:

- Recolha, selecção, análise, organização e comunicação de informação;
- Reflexão crítica, Aceitação do erro e incerteza, Reformulação do trabalho;
- Investigação, Pesquisa, Resolução de problemas;
- Projectos interdisciplinares;

Salienta-se, ainda, a ausência da explicitação do significado de “Investigação”, de “Pesquisa” e de “Problema”. O significado de “Resolução de problemas” também não está claramente explicitado. Estas ausências dificultam a compreensão do contributo destas actividades didácticas no ensino das Ciências e, em particular, na operacionalização da natureza da Ciência.

Em seguida, descrevem-se as relações explicitadas entre as abordagens propostas e a natureza da Ciência. Relativamente às abordagens em que esta relação não está registada, apontar-se-ão algumas potencialidades passíveis de emergir da sua implementação.

As propostas a) *Recurso à História da Ciência: Análise/debate de relatos de descobertas científicas e Pesquisa de informação sobre o trabalho de cientistas* e b) *Discussão/debates de assuntos controversos/polémicos* – são apresentadas com o intuito de promover a compreensão da Ciência como uma actividade humana influenciada por factores de ordem social. Algumas propostas de *Análise/debate de relatos de descobertas científicas* apontam ainda para a compreensão da inexistência de um procedimento de trabalho único, do carácter dinâmico da Ciência e, através da confrontação Ciência/Arte/Religião, do estatuto epistemológico do conhecimento científico.

A História da Ciência é um recurso por excelência para a promoção da compreensão da natureza da Ciência desde que seja objecto de exploração explícita, conforme tem sido defendido por alguns investigadores (Lederman, 2004). As propostas apresentadas pelos documentos oficiais aproximam-se desta perspectiva.

Para além destas sugestões didácticas apontadas explicitamente para a exploração da natureza da Ciência, existem outras que implicitamente concorrem para a construção de uma imagem de Ciência. É o caso das actividades laboratoriais. O *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências essenciais* apresenta um enunciado que especifica uma tipologia de actividades laboratoriais a implementar:

Sugere-se a realização de actividades experimentais de vários tipos: (i) investigativas, partindo de uma questão ou problema, avaliando as soluções encontradas; (ii) ilustrativas de leis científicas; (iii) aquisição de técnicas. (Abrantes, 2001, p. 143)

Este documento alerta ainda para a implementação de actividades laboratoriais no sentido de promover o desenvolvimento de competências inerentes ao processo de construção do conhecimento científico:

(...) Mesmo nos 2º e 3º ciclos a actividade experimental deve ser planeada com os alunos, decorrendo de problemas que se pretende investigar e não constituem a simples aplicação de um receituário. Em qualquer dos ciclos deve haver a formulação de hipóteses e previsão de resultados, observação e explicação. (Abrantes, 2001, p. 131-132)

O documento *Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico* apresenta várias propostas de actividades laboratoriais, tanto na disciplina de Ciências Naturais com na de Ciências Físico-Químicas, que apelam para competências diferenciadas. Em nenhum momento, é estabelecida qualquer relação entre estas propostas e uma tipologia de actividades laboratoriais como, por exemplo, a acima citada. Importa analisar em que medida as propostas apresentadas indiciam uma perspectiva de Ciência de cariz positivista ou pós-positivista. A disciplina de Ciências Naturais inclui propostas apenas no domínio da Biologia, num total de quatro. Na disciplina de Ciências Físico-Químicas, o número de propostas é substancialmente superior – 25. A ausência de explicitação dos pressupostos teóricos inerentes às propostas apresentadas dificulta a identificação da perspectiva de Ciência que lhes está subjacente.

As actividades laboratoriais propostas apontam preferencialmente para o desenvolvimento do conhecimento substantivo:

Os alunos devem conhecer a localização do material genético na célula, o que pode ser conseguido com recurso a esquemas da constituição celular; podem também ser realizadas actividades experimentais para a observação microscópica do núcleo de células animais e vegetais, complementadas com imagens obtidas ao microscópio electrónico. (Galvão, 2002, p. 34 – *Ciências Naturais*)

Realizar experiências com ímãs e limalha de ferro para introduzir o conceito de campo magnético. (Galvão, 2002, p. 35 – *Ciências Físico-Químicas*)

A maioria das propostas poderá sugerir uma perspectiva de Ciência de pendor indutivista, uma vez que, na realização da actividade laboratorial, o ponto de partida parece assentar na

observação e dada a ausência da referência a um quadro teórico em que se deve inserir a observação:

No âmbito do estudo desta temática podem também ser realizadas actividades experimentais para a observação, por exemplo, da influência da luz no desenvolvimento das plantas. (Galvão, 2002, p. 24 – *Ciências Naturais*)

Sugere-se a realização de experiências para os alunos reconhecerem a existência de correntes alternadas, distinguirem corrente contínua de alternada e identificarem as vantagens associadas à utilização desta última na produção e na distribuição de electricidade. (Galvão, 2002, p. 36 – *Ciências Físicas e Naturais*)

No entanto, duas das propostas incluídas na disciplina de Ciências Naturais e seis das sugeridas na disciplina de Ciências Físico-Químicas apresentam particularidades que conferem diferentes finalidades ao trabalho laboratorial. Uma proposta, na disciplina de Ciências Naturais, aponta, em simultâneo, para o desenvolvimento dos conhecimentos substantivo e processual:

A realização de actividades experimentais para a dissecação de alguns órgãos possibilita, não só o conhecimento mais pormenorizado de características morfológicas e fisiológicas desses órgãos, mas também o manuseamento de material de laboratório que se utiliza preferencialmente nestas actividades. (Galvão, 2002, p. 36)

Uma outra proposta parece preconizar o envolvimento do aluno na planificação de actividades laboratoriais, no entanto, o poder de decisão que lhe é conferido é bastante limitado. Neste exemplo, a intervenção do aluno na construção da actividade laboratorial está restringida à preparação do material biológico, indispensável à sua consecução:

Sugere-se a realização de actividades experimentais, com utilização do microscópio, para que os alunos observem microorganismos (a preparação de infusões serve este propósito e envolve os alunos na concepção e desenvolvimento das actividades). (Galvão, 2002, p. 13)

A disciplina de Ciências Físico-Químicas inclui cinco propostas que também apontam para a planificação de actividades laboratoriais, exigindo a tomada de decisão a diferentes níveis:

Planear diferentes experiências com os alunos para determinação da velocidade do som no ar e levá-los, posteriormente a realizá-las, a elaborar o relatório e a discutir os resultados obtidos. (Galvão, 2002, p. 23)

(...) Estes podem ainda ser envolvidos na construção de enunciados de problemas, centrados na separação de substâncias de uma mistura, a serem respondidos pelos colegas da turma ou da escola. (Galvão, 2002, p. 18)

A execução deste último tipo de actividades implica a reflexão sobre as razões que orientaram a construção do protocolo laboratorial, o confronto e discussão de diferentes propostas e a reestruturação da actividade quando necessário. Desta forma, poderão ser exploradas com o intuito de promover a compreensão da actividade laboratorial como um processo não linear.

Salienta-se, em seguida, uma proposta que possibilita a exploração de outras características inerentes ao processo de criação científica. A compreensão da importância da tecnologia na investigação científica, particularmente, nas vantagens decorrentes da automatização de dados, poderá ser promovida através da seguinte sugestão incluída na disciplina de Ciências Físico-Químicas:

Estas actividades poderão incluir registos de variações de temperatura (usando, por exemplo, um sensor de temperatura) em intervalos de tempos iguais. (Galvão, 2002, p. 18)

A *Reflexão crítica*, apontada como uma outra via promotora do desenvolvimento da compreensão da natureza da Ciência, também pode e deve integrar o trabalho laboratorial. Neste sentido, salienta-se, novamente, a importância que assume a análise, pelo próprio aluno, das razões

que o orientam nas opções tomadas durante a estruturação da actividade laboratorial e do conhecimento substantivo mobilizado na interpretação dos dados.

O trabalho cooperativo é uma proposta incluída nos documentos oficiais. No entanto, não é apresentado como uma via promotora da compreensão da natureza da Ciência nem é definido qualquer pressuposto teórico que o relacione com a natureza da Ciência. Contudo, poder-se-á concretizar na implementação da proposta - projectos interdisciplinares - em que o confronto de opiniões e o contributo de diferentes áreas do conhecimento adquire relevo. Se a investigação científica, em determinados momentos, poderá incluir uma componente de trabalho mais individualizada, também é certo que o confronto de opiniões e a conjugação de saberes são fulcrais na construção do conhecimento científico.

O quadro 1.2 especifica as dimensões da natureza da Ciência e os respectivos atributos assumidos nos documentos oficiais orientadores do processo de ensino-aprendizagem. É através destes atributos que se identifica a perspectiva de Ciência defendida uma vez que, para além deles, não existe a sua indicação precisa.

Quadro 1.2: Dimensões da natureza da Ciência preconizadas para o ensino-aprendizagem das Ciências Físicas e Naturais nos documentos oficiais

Dimensões/Atributos da natureza da Ciência	CNEB	OC-CFN		
		CFN	CN	CFQ
Processo de criação científica - Pensamento criativo - Formas de trabalho de diferentes cientistas	2 1 1	1 1		
Contexto da actividade científica - Contextos cultural, político, religioso, tecnológico, económico - Trabalho interdisciplinar	2 2 1	6 5 1	3 3	1 1
Estatuto da Teoria e da Observação - Pensamentos e observações interagem	2 2			
Evolução do conhecimento científico - Carácter temporal e dinâmico/carácter inacabado - Controvérsias/Polémicas - Êxitos e fracassos	4 1 2 1	3 2 1	2 2	
Estatuto epistemológico do conhecimento científico - Confronto das explicações científicas com as do senso comum; Confronto da Ciência com a Arte e a Religião	1 1	1 1		

Nota:

a) CNEB - Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais;

OC-CFN: Ciências Físicas e Naturais, Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico: CFN – secção comum às disciplinas de Ciências Naturais e de Ciências Físico-Químicas; CN – secção específica da disciplina de Ciências Naturais; CFQ – secção específica da disciplina de Ciências Físico-Químicas;

b) Os números assinalados a “bold” representam o somatório dos enunciados da respectiva dimensão.

Os atributos explicitados para a natureza da Ciência apontam, claramente, para uma perspectiva de Ciência de cariz pós-positivista, consistente com as perspectivas epistemológicas defendidas na actualidade (Echeverría, 2003).

A análise do quadro 1.2 mostra que no documento “Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais” é preconizada a abordagem de todas as dimensões da natureza da Ciência – *Processo de criação científica, Contexto da actividade científica, Estatuto da Teoria e da Observação, Evolução do conhecimento científico, Estatuto epistemológico do conhecimento científico* – enquanto no documento “Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico” apenas a dimensão – *Estatuto da Teoria e da Observação* – não é incluída. Tendo em conta a importância relevante da intervenção da teoria em várias fases do processo de construção do conhecimento científico, esta dimensão deveria estar claramente enfatizada no

documento “Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico”, não só nas secções de carácter geral mas também na secção de sugestões didácticas.

As dimensões da natureza da Ciência que surgem com maior destaque são a dimensão – *Contexto da Actividade Científica* – e a dimensão – *Evolução do conhecimento científico*. É enfatizado o contexto de descoberta da actividade científica através da valorização dos factores de ordem social, cultural, económico, político, religioso e tecnológico que caracterizam o cenário de produção científica. Também é salientada a Ciência como um conhecimento temporal, dinâmico e inacabado. Contudo, nesta dimensão, o modo de progresso do conhecimento científico é um aspecto considerado apenas no documento “Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais” e sem encontrar qualquer concretização no documento “Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico”.

A dimensão – *Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico* – é proposta nos dois documentos. Se é importante que o cidadão visualize a cultura como um todo que integra a cultura científica e a cultura humanística e, desta forma, se promova a compreensão da importância da Ciência e de outras formas de conhecimento na vivência do cidadão na sociedade actual, então, esta deveria ser uma dimensão de carácter eminentemente transversal, presente nos vários anos de escolaridade e claramente expressa nas sugestões didácticas. Assumindo que o capital cultural do aluno se enriquece à medida que a formação progride, decorrente do aprofundamento de determinadas matérias de natureza científica e humanística e da abordagem de outras áreas de conhecimento, como, por exemplo, a Filosofia no Ensino secundário, disciplina que no 11º ano contempla a natureza da Ciência como um tema didáctico (Almeida, 2001), poder-se-á preconizar uma exploração desta dimensão apenas/ou com maior grau de aprofundamento no Ensino Secundário.

Galvão & Freire (2004), autoras do documento “Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo”, num artigo de apresentação dos fundamentos e da organização geral desse documento, defendem um perfil de professor, baseado nas ideias de Griffin (1999), que se adequa à abordagem da Ciência como cultura. É um professor “*cosmopolita*” cujo saber assenta em áreas de conhecimento diversificadas e na capacidade de as interligar:

O termo cosmopolita refere-se ao professor que vê ligações entre campos diversos como ciência, matemática, música e linguagem, que ajuda os alunos a dar sentido ao enorme conjunto de estímulos que os rodeiam. É um professor prospectivo que não se mantém estruturalmente focado em pedaços do currículo escolar ou numa abordagem de ensino, mas, em vez disso, vê o mundo como conectivo, como uma amálgama de pensamentos e acções, acontecimentos e artefactos que, em conjunto, compõem as culturas e as sociedades que perfilhamos. (Galvão & Freire, 2004, p. 33)

A dimensão – *Processo de Criação Científica* – acentua o pensamento criativo e a pluralidade metodológica. No “Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais”, a referência ao pensamento criativo é uma proposta que ajuda a reconstruir a visão do trabalho dos cientistas assente num método científico de natureza algorítmica. Deste modo, se justifica a necessidade de enfatizar nas secções de âmbito geral e nas específicas – Experiências Educativas – a importância de implementação de actividades centradas no papel e desenvolvimento do pensamento criativo.

Nos vários documentos oficiais, os princípios teóricos relativos à natureza da Ciência estão distribuídos por secções temáticas de orientação geral e por secções focalizadas na descrição da exploração dos vários conteúdos científicos. O quadro 1.3 mostra, para cada ano de escolaridade, os conteúdos em que são explicitados alguns princípios.

A exploração da natureza da Ciência está focalizada, fundamentalmente, no 7º ano de escolaridade tanto na disciplina de Ciências Naturais como de Ciências Físico-Químicas. A ênfase

recai nos conteúdos “*Ciência, produto da actividade humana*”, da disciplina de Ciências Naturais, e “*Distâncias no Universo*”, da disciplina de Ciências Físico-Químicas, ambos incluídos no mesmo tema organizador “*Terra no Espaço*”.

Quadro 1.3: Conteúdos científicos das disciplinas de Ciências Naturais e de Ciências Físico-Químicas que incluem enunciados relativos à natureza da Ciência

Temas organizadores/Conteúdos científicos	Natureza da Ciência – nº de enunciados		
	7º	8º	9º
Ciências Naturais			
Terra no Espaço	5		
Ciência, produto da actividade humana (Geocentrismo e Heliocentrismo)	4		
Ciência e conhecimento do Universo	1		
Terra em Transformação	1		
Deriva dos continentes e tectónica de placas	1		
Viver Melhor na Terra			2
Sistemas neuro-hormonal, cárdio-respiratório, digestivo e excretor em interacção			2
Ciências Físico-Químicas			
Terra no Espaço	2		
Distâncias no Universo	2		

Nota: Os números assinalados a “bold” representam o somatório dos enunciados do respectivo tema organizador.

A abordagem da natureza da Ciência está confinada a uma única unidade didáctica, leccionada apenas no primeiro ano do 3º ciclo do Ensino Básico. Se a construção do conhecimento acerca da natureza da Ciência é efectivamente um objectivo da Educação em Ciências então não se pode deixar ao destino de abordagens implícitas e extemporâneas. Abordagens continuadas e pautadas pela integração das diversas vertentes preconizadas para o ensino das Ciências deverão corporizar este ciclo de aprendizagem. Para o actual cenário, apresentado pelos documentos oficiais, poder-se-á apontar uma interpretação que se afasta do entendimento de “Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico” como um documento de aplicação rígida: a focalização da natureza da Ciência num único tema é apenas a exemplificação de uma possível abordagem. Acredita-se que seja esta a intencionalidade dos autores. Contudo, poderá não ser esta a leitura efectuada pelos professores que poderá ainda ser reforçada pela mesma focalização adoptada nos manuais escolares.

Conclusões

Os documentos oficiais, definidores da política educativa, integram a natureza da Ciência como uma dimensão da Educação em Ciências. Apontam para a promoção de uma imagem de Ciência concordante com as perspectivas epistemológicas actuais, isto é, com perspectivas de cariz pós-positivista.

Não fica claro da leitura dos documentos oficiais, a existência de um posicionamento quanto a uma abordagem diferenciada da natureza da Ciência ao longo dos três anos de escolaridade do 3º ciclo do ensino Básico. Acentua-se a necessidade de considerar a natureza da Ciência como um conhecimento, objecto de exploração explícita nos vários anos de escolaridade e transversal a várias áreas disciplinares.

Assinala-se a ausência de referência ao estatuto da teoria e da observação no documento “Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico”.

O trabalho laboratorial é valorizado nas duas áreas disciplinares. Apresenta pontos de contacto com as recomendações da investigação em Educação em Ciências, reflectindo, assim, a importância que lhe é reconhecida pela investigação, no entanto, em nenhum documento é definida

qualquer relação entre ele e a natureza da Ciência. Algumas actividades laboratoriais parecem sugerir uma perspectiva de Ciência de pendor indutivista, oposta à perspectiva que emerge dos princípios teóricos enunciados. Salienta-se a importância em enfatizar na realização das actividades laboratoriais o papel de quadros teóricos orientadores do planeamento das actividades e da análise dos dados recolhidos. Sugere-se, ainda, a inclusão de *actividades laboratoriais enquadradas por episódios da História da Ciência*. Este tipo de actividades permitirá a análise das várias dimensões da natureza da Ciência por se poder focalizar quer no contexto de justificação quer no contexto de descoberta da actividade científica, em concordância com a perspectiva de Ciência defendida actualmente.

A maioria das propostas orientadas para a compreensão da natureza da Ciência parece apontar para a implementação de uma pedagogia para a autonomia na medida em que exige ao aluno a tomada de decisão a diferentes níveis. Implicam o desenvolvimento de competências que estão envolvidas no processo de criação científica. A definição de planos de trabalho e de estratégias de resolução de problemas, a pesquisa e comunicação de informação, o discurso argumentativo, a capacidade de apreciar diferentes perspectivas e a reflexão crítica são competências que poderão emergir da implementação das sugestões apontadas. Parece emergir uma nova perspectiva de ensino e um papel para o aluno em que a reflexividade ganha protagonismo.

Note-se que o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos e a reflexão dos professores sobre o impacto das suas práticas lectivas na aprendizagem não são tarefas exclusivas na abordagem da natureza da Ciência mas são aplicáveis na exploração de qualquer dimensão do ensino das Ciências.

Por fim, sugere-se a reestruturação do documento “Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico”, sem dispensar uma listagem de conteúdos e acentuando os pontos de contacto entre as disciplinas de Ciências Naturais e de Ciências Físico-Químicas. A construção deverá ser feita em redor das dimensões da Educação em Ciências, tornando mais visível os princípios teóricos defendidos e a sua relação com práticas lectivas, em detrimento de uma organização estruturada em torno de um repositório de conteúdos e de uma listagem de actividades didácticas, de modo a facilitar a compreensão das finalidades do ensino das Ciências.

Referências

ABRANTES, Paulo (coord.) (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.

ALMEIDA, Maria Manuela (coord.) (2001). *Programa de Filosofia, 10º e 11º Anos dos Cursos Científico-Humanísticos e Cursos Tecnológicos – Formação Geral*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.

BYBEE, Rodger (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (eds.). *Scientific literacy*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften and der Universität, p. 37-68.

CACHAPUZ, António; PRAIA, João & JORGE, Manuela (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

DeBOER, George (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationships to science education. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 37, n. 6, p. 582-601.

DREYFUS, Amos (1996). Biological knowledge as prerequisite for the development of values and attitudes. In M. O. Valente; A. Barros; A. Gaspar & V. Teodoro (eds). *Teacher training and values education*. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, p. 363-372.

ECHEVERRÍA, Javier (2003). *Introdução à metodologia da Ciência*. Coimbra: Almedina.

GALVÃO, Cecília & FREIRE, Ana (2004). A perspectiva CTS no currículo das Ciências Físicas e Naturais em Portugal. In I. Martins, F. Paixão & R. Vieira (orgs.). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na inovação da Educação em Ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro – Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, p. 31-38.

GALVÃO, Cecília (coord.) (2002). *Ciências Físicas e Naturais – Orientação Curricular – 3º Ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.

HAND, Brian et al. (2003). Message from the “Island Group”: what is literacy in science literacy? *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40, nº 7, p. 607-615.

HODSON, Derek (1998). *Teaching and learning science: towards a personalized approach*. Buckingham: Open University Press.

HODSON, Derek (2000). The place of practical work in science education. In M. Sequeira et al. (orgs.). *Trabalho prático e experimental na Educação em Ciências*. Braga: Departamento de Metodologias da Educação – Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho, p. 29-42.

LAUGKSCH, Rüdiger (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, vol. 84, p. 71-94.

LEDERMAN, Norman (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. Flick & N. Lederman (eds.). *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning and teacher education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 301-318.

NORRIS, Stephen & PHILLIPS, Linda (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science and Education*, n. 87, p. 224–240.

O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO

Michele Alberton Andrade [mi.andrade@terra.com.br]

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Física – PUCRS.

Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 96A – Sala 211, 90619-900, Porto Alegre, RS – Brasil.

Sayonara Salvador Cabral da Costa [sayonara@puccrs.br]

Faculdade de Física – PUCRS.

Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 10 - Sala 216, 90619-900, Porto Alegre, RS – Brasil.

Resumo

Neste trabalho apresenta-se o uso de uma ferramenta computacional, *softwares* educativos, para o ensino de Óptica no Ensino Médio com o objetivo de auxiliar os alunos a construir modelos mentais adequados sobre modelos físicos abordados. Trabalhou-se com dois grupos de alunos, de escolas distintas, uma particular e uma pública, que ainda não haviam estudado os assuntos propostos. As atividades sucederam-se nos laboratórios de Informática das respectivas escolas e as tarefas a serem executadas estavam contidas em um roteiro de atividades que elaboramos. Observou-se que as aulas foram realizadas com sucesso, no que diz respeito à participação dos alunos e com entusiasmo dos mesmos com a atividade proposta. Ainda assim houve desistência de alguns. Parece-nos que este tipo de trabalho auxiliou na compreensão dos modelos físicos estudados, pois através da leitura dos roteiros, que eram entregues ao professor, pôde-se perceber que para todos os fenômenos, exceto a *difração*, os alunos manifestaram indícios de terem construído bons modelos mentais sobre o que estava sendo estudado. Um questionário de avaliação das atividades resultou favoravelmente à metodologia utilizada.

Palavras-chave: simulações computacionais; ótica; modelos mentais.

1. Introdução

Muitas escolas já instituíram laboratórios de Informática em suas instalações, porém poucas são as que estimulam o uso dessa ferramenta durante as aulas. No que diz respeito ao ensino de Física, o laboratório de Informática pode ser um grande aliado, por exemplo, para aula de fixação, na qual o aluno pode trabalhar com as simulações computacionais dos conteúdos que estuda.

As simulações computacionais consistem em arranjos de dados programados segundo valores iniciais instituídos por seu utilizador ou criador. Podem conter ou não imagens. Essas descrevem, momento a momento, o comportamento de um sistema físico, como lançamentos de projéteis ou mudanças no comportamento de ondas quando encontram obstáculos. Podem permitir, ou não, que seus valores iniciais sejam alterados. Caso positivo, é um recurso muito útil para certificação de hipóteses.

Um tipo de simulação computacional que não dispõe de imagens pode ser utilizada para obtenção de previsões de acontecimentos no mundo microscópico para dada situação, como por exemplo a interação dos Raios X com os tecidos biológicos. Neste tipo de simulação o computador somente realiza cálculos e os resultados apresentados são interpretados pelo pesquisador.

Como o uso das simulações computacionais é relativamente novo, é difícil saber como ocorre o processo de aprendizado através destas. Ainda não se tem dados ou resultados que avaliem a efetividade deste recurso, apesar de que o uso desta ferramenta já seja objeto de muitos estudos.

Os modelos mentais se relacionam diretamente com este trabalho, uma vez que o objetivo deste é oferecer ao aluno subsídio visual e conceitual para que ele possa, mais facilmente, construir modelos mentais sobre os sistemas físicos em questão.

A partir do contato do aluno com *softwares* educacionais, *Java Applets*, e um “roteiro de atividades”, dirigido e elaborado pelo professor, pretendeu-se facilitar a construção de modelos mentais apropriados tanto para finalidades estudantis como resolução de problemas e uso no decorrer de sua vida visando a equilíbrio cognitiva.

Java Applets são *softwares* escritos em linguagem Java que não são compilados, ou seja, necessitam de um outro programa para executá-los. Este programa geralmente está incorporado a um navegador, *browser*, como o *Internet Explorer* ou *Netscape Navigator*.

Trabalhou-se com alunos do segundo ano do Ensino Médio, uma vez que é nessa etapa que a Óptica é abordada, na maior parte das escolas.

Conforme nova proposta de ensino da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (instituída pela lei n. 9.394 de 20 de dezembro de 1996), as escolas devem praticar a interdisciplinaridade, ou seja, relacionar os conteúdos estudados em duas ou mais disciplinas. Além disso, o professor deve oferecer ao seu aluno exemplos que envolvam seu cotidiano, ou seja, relatos de acontecimentos reais que possam ser relacionados com o conteúdo estudado. Recursos modernos e que possam facilitar a aprendizagem também devem ser utilizados, de modo que o ensino deixe de ser o tradicional, com o professor centralizador da atenção.

Um destes recursos é o computador que, quando surgiu, consistia apenas em máquinas gigantescas que somente realizavam cálculos. Aproximadamente na década de 70 os adultos jovens começaram a desvendar os mistérios do computador e da programação. A partir de suas descobertas, construíram recursos que hoje tornam esta máquina uma ferramenta multi-tarefa, que é capaz de oferecer desde simples calculadoras até editores de imagens, textos, etc. Mais tarde criou-se a *internet*, que permite a acessibilidade da informação em qualquer lugar do mundo e é um dos recursos mais utilizados como fonte de pesquisa para todas as idades, principalmente na faixa dos adolescentes.

O emprego das técnicas computacionais no ensino de Física têm fornecido subsídios didáticos importantes tanto para o professor quanto para o aluno. O professor passa a contar com técnicas didáticas diferenciadas, ou seja, que fogem do conceito de ensino praticado na escola tradicional, onde usa-se apenas o quadro negro e giz. Além disso, o uso dessas técnicas computacionais permitem ao aluno o reforço e/ou a compreensão dos fenômenos físicos através de visualização de uma demonstração simulada e sem o uso direto de fórmulas matemáticas. Um outro aspecto importante é que o uso das simulações evita preocupações, por parte do corpo docente, acerca dos equipamentos que seriam utilizados, pois os alunos não estarão em contato direto com os equipamentos, ou seja, estes não correm o risco de serem danificados, ou de trazerem risco aos alunos. No caso de a escola não possuir um laboratório especial de Física, o aprimoramento de um laboratório virtual pode carregar a responsabilidade de manter o aluno em contato com algumas demonstrações importantes.

Abaixo encontram-se listadas algumas das vantagens de se trabalhar com *softwares* educativos:

- versatilidade (o mesmo *software* pode adaptar-se a diversos contextos);
- referência visual (o aluno exercita sua memória visual);
- capacidade de motivação (os alunos, em geral, têm prazer em trabalhar com o computador);
- pode adequar-se ao ritmo de trabalho de cada aluno;
- facilidade de recorrência (o aluno não necessita remontar um experimento, apenas manipula o *software*);
- o aluno pode isentar-se de manipulações de fórmulas matemáticas, prendendo-se apenas ao conceito.

Algumas simulações podem mostrar-se melhores até mesmo que a realização da própria experiência, pois não requerem situações especiais como pouco luminosidade (como experiências voltadas para o ensino de Óptica), ou uso de material didático de alto custo. Este tipo de atividade também dispensa o aluno de preocupar-se com o material da experiência caso solicitado pelo professor na aula anterior. Com o uso de atividades com o computador a realização da atividade não fica comprometida caso o aluno não traga o material solicitado.

O trabalho no laboratório de Informática da escola permite que alunos e professores tenham uma maior interatividade. O trabalho passa a ser mais divertido e, juntos, eles podem construir novos conhecimentos. O aluno passa a abordar mais o professor porque o ambiente de trabalho torna-se mais “afetivo” e descontraído. Com relação a esta situação, é importante que o professor mantenha uma liderança sem a qual o trabalho pode não ser levado a sério. É necessário também que o professor construa um roteiro para guiar a atividade, ou seja, elabore questionamentos por meio dos quais os alunos possam esclarecer dúvidas enquanto realizam a atividade proposta, ainda que novas questões possam surgir durante a tarefa, sem estarem planejadas.

As simulações utilizadas são interpretações da realidade segundo um modelo teórico. Ou seja, são modelos de um sistema conceitual. Numa atividade com estes modelos, o professor pode instigar seus alunos a relacionarem as simulações (modelos) com a realidade. Assim estarão adquirindo uma habilidade importante: capacidade de crítica. Para alguns alunos o que acontece na tela do computador pode não funcionar exatamente daquela forma. Nestes casos, é importante que o professor discuta o caso com o aluno, ao invés de incentivá-lo a simplesmente aceitar o que lhe é dito. Numa atividade mais elaborada, pode-se discutir quais fatores fazem com que a situação apresentada na tela do computador não se repita exatamente igual na realidade. Isso com certeza enriqueceria o trabalho, estimulando os estudantes a levantarem hipóteses sobre o que pode dar errado e o que pode dar certo.

A proposta deste trabalho consistiu, então, em trabalhar com alunos do segundo ano do Ensino Médio, abordando conceitos de Óptica, com o auxílio das simulações computacionais, com o objetivo de que esta ferramenta pudesse facilitar a construção de modelos mentais adequados sobre modelos físicos que foram enfocados.

2. Fundamentação teórica

O modo pelo qual as pessoas processam as informações externas recebidas é particular e intrínseco para cada uma. Pode-se dizer que essa maneira de processar as informações assemelha-se à do computador, pois a informação é recebida e o cérebro trata de decodificá-la para ser interpretada em seus módulos internos. Assim sendo, do mesmo modo que o computador trabalha em binário, podemos dizer que a mente humana trabalha em mentalês, uma linguagem própria e interna. A maneira particular de cada indivíduo processar e interpretar as informações que chegam até ele, consiste de representações internas, ou representações mentais, que podem ser *analógicas* (concretas), representando algo específico do mundo exterior; ou *proposicionais* (abstratas), na qual apenas a idéia do que se quer transmitir é coletada, ou seja, uma visão mais geral. Há psicólogos cognitivos que defendem as *imagens* também como representações mentais, outros reduzem-nas a representações proposicionais.

Johnson-Laird (apud Moreira, 1996) propôs uma outra forma de representação mental: o modelo mental. Para ele, *proposições* são representações de significados verbalmente expressáveis; *imagens* são representações específicas e *modelos mentais* são representações analógicas de conceitos ou eventos situados espacialmente e temporalmente, análogos a impressões sensoriais. Estes podem ser vistos de qualquer ângulo e são compostos por elementos e relações entre esses elementos. Para exemplificar, podemos analisar a situação “a roupa está sobre a cama”: é uma proposição porque é verbalmente expressável e pode ser representada como uma imagem de certa

roupa em certa cama, ou ainda como modelo mental, qualquer roupa pode estar sobre qualquer cama.

Modelos mentais são representações internas e características que cada pessoa faz do mundo externo, ou seja, uma forma de representação analógica do conhecimento. Assim, as proposições podem ser verdadeiras ou falsas em relação a um modelo mental; quanto às imagens, são visualizações dos modelos mentais. O essencial do conceito, as características das coisas que descreve, está representado no núcleo do modelo; os estados possíveis que o modelo descreve definem a amplitude deste. O modelo mental de automóvel, por exemplo, possuirá tantas versões quanto os diferentes usos que se possa fazer dele: construí-lo, dirigi-lo, falar sobre ele. Representá-lo parado ou em movimento também corresponde a diferentes versões do modelo mental. Cada versão, no entanto, possui um núcleo central que identifica o modelo como sendo um automóvel.

A teoria de Johnson-Laird é dita não racionalista, pois, ao invés de se usar a lógica mental, os modelos mentais são construídos para raciocinar. Esses modelos devem servir não somente para uma situação específica, como devem ser capazes de testar conclusões obtidas a partir desse modelo. A manipulação desses modelos deve ser capaz de permitir a resolução de tarefas. É importante lembrar que o êxito nas tarefas a serem realizadas também depende do conhecimento prévio de cada indivíduo e da experiência de cada um em manipular o modelo mental. Essa é uma diferença entre experientes e novatos. Outra diferença é o uso da memória de trabalho. Pessoas mais experientes não manipularão muitos modelos mentais para representar adequadamente aquilo que desejam. A manipulação de múltiplos modelos acarreta do uso de muita memória de trabalho, causando desgaste, e dificultando a obtenção de conclusões precisas.

Para que as pessoas possam construir modelos mentais, elas necessitam de informações, dados, projetados para dar-nos significação a alguns conceitos. Esse conjunto de informações que recebemos, chamamos então de *modelos conceituais*. Estes são inventados por professores, pesquisadores, engenheiros, técnicos, entre outros, para facilitar o entendimento de sistemas físicos. Assim sendo, são formulados por pessoas que também usam modelos mentais. No ensino, além de modelos conceituais, são necessárias estratégias didáticas que auxiliem a construção de modelos adequados.

São características gerais dos modelos mentais: serem incompletos (apenas as informações mais essenciais para a construção do modelo serão utilizadas), serem instáveis (detalhes podem ser esquecidos principalmente quando não são utilizados por certo tempo), não possuírem fronteiras bem definidas (operações similares podem ser confundidas umas com as outras), serem “não-científicos” (basearem-se nos “pré-conceitos” e crenças do indivíduo), serem recursivo (a mente cria um modelo mental de determinada situação e usa o mesmo modelo para obter respostas de seu estado em estágios subseqüentes).

Johnson-Laird, impõe princípios que limitam os modelos, como por exemplo: *finitude* (os modelos mentais não podem representar um domínio infinito de tamanho), *economia* (apenas o estritamente necessário é utilizado na construção dos modelos mentais), *inatismo* (todos os primitivos conceituais subjazem nossas experiências perceptivas, habilidades motoras, nossa capacidade de representar o mundo).

Existem metodologias para investigação desses modelos mentais por meio daquilo que as pessoas verbalizam. Isto é, ela entra em contato com um modelo conceitual sobre algum sistema físico, cria um modelo mental a respeito do mesmo, ‘roda’ o modelo para testar suas hipóteses e expressa verbalmente aquilo que entendeu. O problema é que não há plena consciência do modelo criado. A prática mais utilizada na pesquisa dos modelos mentais é a da verbalização através da *análise de protocolos*. Esta tem por base entrevistas, pensamentos em voz alta e a descrição do processo utilizado para realização da tarefa sugerida. Protocolos gerados enquanto a tarefa é realizada, ou seja, a pessoa verbaliza e executa a tarefa ao mesmo tempo, são chamados *protocolos*

concorrentes. Quando o indivíduo fala a respeito da forma que solucionou o problema após tê-lo resolvido, o protocolo é dito *retrospectivo*.

3. Metodologia e resultados

Este trabalho foi realizado no Colégio Batista, uma escola particular de Porto Alegre, e no Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga, uma escola pública, também de Porto Alegre.

No Colégio Batista esta atividade foi realizada em nível extracurricular, por sugestão da escola, com alunos do segundo ano do Ensino Médio. No Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga esta foi uma atividade curricular e trabalhou-se com os alunos formandos do núcleo de Educação de Jovens e Adultos (EJA). Ambas os grupos de alunos não haviam recebido instrução anterior relativa aos abordados neste trabalho, o que motivou maior interesse dos mesmos.

As tarefas a serem realizadas pelos alunos estavam contidas em um roteiro elaborado pelos autores deste trabalho, e que lhes foi entregue depois das orientações de como utilizar o *software* ou *applet*.

Para a realização deste trabalho utilizou-se um *software* chamado Ótica, desenvolvido por André M. Marquardt e Michele A. Andrade (autora deste trabalho), para estudos de *reflexão* e *refração* (incluindo *reflexão total*); e três *applets*, disponíveis na *internet*, nos seguintes endereços eletrônicos:

- http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/physlet/bancottico/
- http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/waveforms/waveforms_ita.htm
- http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/slitdiffr/slitdiffr_ita.htm

O primeiro *applet* simula uma fibra ótica e foi usado como complemento ao estudo da *reflexão* e *refração*, fazendo referência à tecnologia que nos cerca e suas aplicações. O segundo *applet* simula o fenômeno da *interferência* e o terceiro, o fenômeno da *difração*.

A preferência pela confecção de um *software* contra a utilização de *applets* para os estudos de *reflexão* e *refração*, é justificada tendo em vista que a maioria dos *applets* dispostos na *internet*: não estudava os fenômenos simultaneamente, sendo necessário um *applet* para cada fenômeno; não exibia os ângulos de incidência, *reflexão* e *refração*, o que não permite que o aluno faça relações entre estes; exibia o fenômeno da *reflexão total*, mas não caracterizavam o ângulo crítico; não permitia que se alterasse os meios de propagação, restringindo o estudo a uma configuração única ar-água.

Por outro lado, a escolha dos *applets* utilizados neste trabalho deve-se principalmente às seguintes razões: possuem ótima apresentação visual; simplicidade de uso; possuem animação, como no caso da *interferência*; possuem boa capacidade de exploração.

No Colégio Batista as aulas no laboratório de Informática tinham duração de duas horas, sem intervalo, com exceção da primeira aula na qual conteúdos teóricos foram ministrados. Os alunos trabalharam individualmente nos computadores, mas os resultados obtidos eram comentados entre os mesmos. No Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga, as aulas tinham duração de uma hora e meia, sem intervalo. Os alunos trabalhavam em duplas ou trios nos computadores, discutindo os resultados apenas entre os integrantes do grupo. Quando julgavam necessário os alunos solicitavam ajuda do professor.

No primeiro encontro com os alunos, em as ambas escolas, introduzimos conceitos sobre ondas (o que é uma onda, tipos de ondas, natureza de uma onda, velocidade de uma onda, comprimento de onda, frequência, período). Nesse mesmo encontro houve abordagem sobre o

espectro eletromagnético e a relação de seus componentes com sua forma de aparição na natureza e nos utensílios criados pelo homem.

Os assuntos *interferência* e *difração* não foram tratados e discutidos no Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga devido ao ritmo mais lento com que trabalhávamos e a precariedade de tempo que dispúnhamos para finalizar este trabalho.

Abaixo segue uma descrição mais detalhada sobre cada tópico (reflexão, refração, interferência e difração) abordado nas práticas no laboratório de informática e as respostas obtidas dos alunos.

3.1 Reflexão

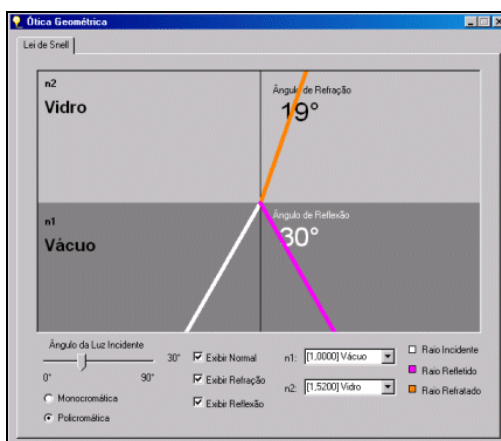


Figura I – *Software Ótica*.

A *reflexão* foi o primeiro assunto tratado com auxílio de *software*.

Para os alunos do Colégio Batista, neste tema, não surgiram dúvidas. As dúvidas dos alunos do *Colégio Gen. Álvaro Alves da Silva Braga* diziam respeito à utilização do próprio computador (como utilizar mouse, teclado, etc) e do *software*. Muitos destes alunos jamais haviam tido contato com computador até aquele momento, o que acabou lhes proporcionando certo deslumbramento frente à atividade.

Sanadas as dúvidas dos alunos, a atividade foi realizada com rapidez em ambas as escolas, sendo considerada uma atividade bastante fácil, por parte dos alunos.

3.2 Refração

O segundo assunto tratado foi a *refração*. O mesmo *software* (*Ótica*) da aula anterior foi utilizado.

Os alunos do Colégio Batista observaram a mudança na direção de propagação do feixe de luz e questionaram se aquilo era normal. Ao trocarem a cor da luz monocromática incidente de vermelho para violeta, observaram diferentes resultados e atribuíram a mudança nos resultados a diferentes velocidades de propagação naquele meio e conforme citou um aluno: “*mudando a cor, muda-se por consequência a onda e cada onda terá uma relação diferente*”.

Os alunos do Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga apenas indicaram a alteração dos resultados devido à alteração da cor, não se preocupando em explicá-los.

Quando perguntamos aos alunos, das duas escolas, se a *reflexão* e a *refração* ocorriam simultaneamente, dois alunos se manifestaram que não, um respondeu que talvez e outro aluno explicitou a seguinte relação: “*...se o material não for ‘forte’ suficiente a luz sofre refração e*

atravessa o material, se o material for 'forte' suficiente a luz sofre reflexão e não atravessa o material, mas volta em sentido oposto”.

3.3 Reflexão total

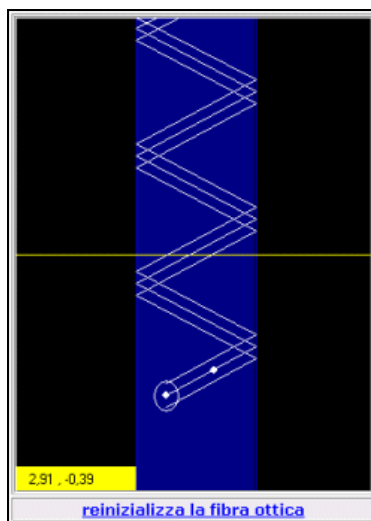


Figura II – Applet sobre fibra ótica.

O estudo da *reflexão total* realizou-se após estudos separados da *reflexão* e *refração*. Aconteceu no mesmo dia em que os alunos realizaram estudo sobre a *refração*.

No estudo da *reflexão total* o aluno escolhia um meio de propagação, ou seja, um valor para n_2 enquanto n_1 mantinha-se fixo, representando a acetona. Seguindo o roteiro os alunos deveriam aumentar o ângulo de incidência da luz desde um qualquer, pequeno, até 90° e descrever o que estava enxergando. Nesse momento, para alguns, o fenômeno acontecia e para outros não, pois a ocorrência ou não dependia da configuração escolhida. Isso despertou certa ansiedade nas turmas. A instrução dada era de que continuassem o roteiro de tarefas, pois o próximo passo consistia em inverter os meios e refazer o procedimento. Logo um aluno exclamou: “Ah, agora deu certo, por quê?”. Depois de muita observação, perceberam a relação entre os índices de *refração* dos meios, concluindo que o fenômeno acontecia somente quando a luz provinha de um meio mais refringente, para outro, menos refringente.

Um fator que causou confusão, tanto na *refração* quanto na *reflexão*, foram as cores dos raios luminosos incidente, refletido e refratado, que são diferentes no *software*. Para o caso monocromático, a cor do incidente pode ser alterada, mas as demais cores não. Alguns alunos ficaram confusos em relação a estas cores, comentando que um raio vermelho refletia rosa e refratava laranja. Essa confusão foi percebida e explicado, então, que esta outra cor do raio refletido ou refratado foi convencionalizada pelos criadores do *software*, o que não significava que efetivamente essa mudança ocorre quando ocorrem os fenômenos.

3.4 Interferência

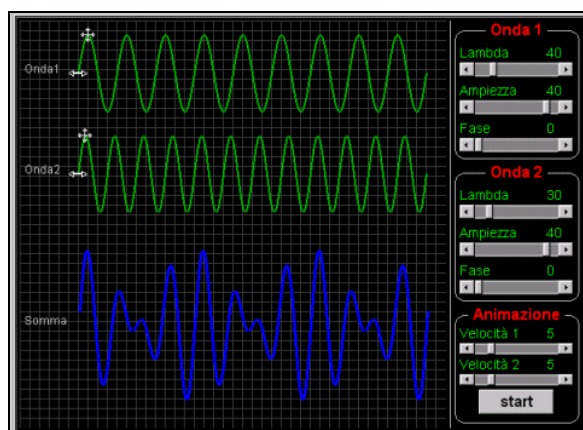


Figura III – Applet sobre interferência.

Na terceira aula, no Colégio Batista, foi estudado o fenômeno da *interferência*. Antes de começar a realização dos roteiros, foram revisados os conceitos de comprimento de onda, frequência e amplitude. Nesta fase abordou-se o que é *fase*, orientando os alunos a visualizar no *applet* a variação permitida para o valor da fase, pois esses diziam não saber do que se tratava. “De zero a 360° !”, respondeu um aluno. Depois escolheram duas fases quaisquer e diferentes, aplicaram à onda 1 e onda 2 e observaram a ‘origem’ e o ‘começo’, dessas ondas. Perceberam que partiam de “lugares diferentes”, como definiram, e então comentamos sobre estar *em fase* ou *fora de fase*. Quando perguntados se as ondas 1 e 2 estavam em fase, responderam que estavam fora de fase, definindo fora de fase como “*não andarem juntas*”.

Quando as ondas 1 e 2 (que sofriam *interferência*) estavam configuradas com o mesmo comprimento de onda e mesma fase, facilmente determinaram que a *Onda Somma* não passava de uma soma/subtração das amplitudes das ondas que interferiam. Porém quando apenas as fases das ondas 1 e 2 eram quaisquer e não mais podiam utilizar a relação que haviam estabelecido, um ponto de interrogação pairou sobre a turma. Olhavam fixamente a tela e contavam quadradinhos incansavelmente. Nesse momento lhes foi dito que imaginassem as ondas 1 e 2 em um sistema de eixos XY, de modo que cada onda fosse composta de infinitos pontos associados. Então, mentalmente tracejaram uma linha vertical que interceptasse ambas as ondas. Novamente deveriam contar os quadradinhos desde o eixo imaginário X até o ponto das ondas na qual tal linha imaginária as interceptavam e assim tentar estabelecer alguma relação. Perceberam que o processo envolvido ainda tratava-se de soma e/ou subtração, mas não compreendiam o motivo de a soma das amplitudes não gerar a amplitude da onda *Somma* se para aqueles pontos das respectivas ondas o processo funcionava. Refizeram o processo para mais pontos aleatórios. Então perguntaram: “Se fizermos para todos os pontos, funciona?”. Apesar de terem obtido resposta positiva afirmativa, refizeram outras vezes.

Em outra parte da atividade, as ondas 1 e 2 possuíam a mesma configuração exceto fases “opostas”, isto é, com uma diferença de 180° . Os alunos visualizaram uma *interferência* destrutiva simbolizada por uma linha contínua. Neste momento, pedia-se que interpretassem fisicamente o que observavam. Um aluno exclamou: “*É a morte!*”. Surpresa da resposta, o aluno foi pedido a explicar o seu raciocínio. Ele explicou que associou a linha contínua à uma parada cardíaca, pois esta é a figura que observa-se em um monitor cardíaco encontrado nos hospitais; e assim pensou na morte, pois parada cardíaca significa o fim da vida. Foi feita uma pausa na atividade e comentado aos alunos que as “ondas” exibidas pelo monitor cardíaco são provenientes de impulsos elétricos e definidas por letras do alfabeto: P, Q, R, S, T e U. Portanto eram diferentes daquelas que estávamos estudando.

Voltando à questão da interpretação física da linha contínua, a seguinte pergunta foi feita: “Esta linha é uma onda?”. Responderam que não, que não havia onda *Somma*. A próxima pergunta foi se a linha poderia ser luz visível e novamente responderam não. Receosos, formularam uma explicação na qual a linha era o preto, ou seja, ausência de luz.

3.5 Difração

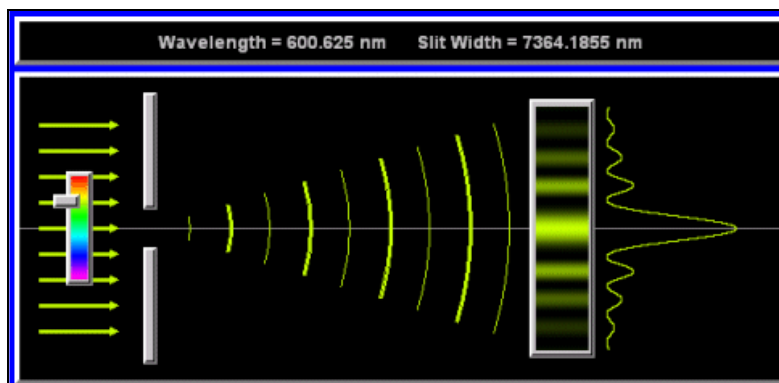


Figura IV – Applet sobre Difração.

Após o estudo da *interferência*, no mesmo dia, realizamos estudo da *difração*. Antes de começar o estudo com o auxílio dos *applets*, os alunos responderam duas questões acerca da passagem da luz por uma fenda situado a uma distância d de um anteparo. Essas perguntas tinham por objetivo analisar os pré-conceitos ou modelos mentais que o aluno utiliza e fazê-lo refletir, caso o resultado encontrado na simulação não coincida com aquele que produziu mentalmente. Os alunos desenharam a luz proveniente da fenda espalhando-se em todas as direções, em linha reta, sendo que apenas um respondeu que o anteparo seria integralmente atingido pela luz oriunda da fenda, enquanto que os demais responderam que a imagem observada no anteparo correspondia a própria imagem da fenda, ou seja, a luz atinge somente o centro do anteparo, localizado perfeitamente na altura da fenda.

Os alunos observaram que os modelos de imagens no anteparo que conceberam foram diferentes da imagem percebida no *applet*. Alguns relataram que não esperavam a formação das demais ‘franjas’ além da central, outros que a imagem que visualizavam nada tinha a ver com aquela que imaginaram. Porém interpretaram corretamente as faixas escuras que aparecem no anteparo do *applet* como a ausência de luz naquela parte devido ao fenômeno da *interferência* luminosa.

Antes de iniciarem a execução das tarefas com auxílio do *applet*, apresentamo-lhes o princípio de Huygens, através de um desenho. Por meio das imagens fornecidas pelo *applet* foram capazes de fazer relações entre o comprimento de onda e a largura das franjas; e entre o tamanho da fenda e a largura das franjas. Perceberam que quanto menor era o comprimento de onda, maiores eram as “curvaturas” da luz que passava pela fenda, mas não associaram essas “curvaturas”, nem o número que apareciam, com ocorrência mais acentuada ou menos acentuada do fenômeno da *difração*.

3.6 “Revisando”

A aula seguinte não utilizou *softwares*, sendo apenas uma revisão de todos os conteúdos enfocados nas aulas anteriores. Esta teve por objetivo reconhecer os pontos fortes e fracos do aprendizado, proporcionado por prática computacional. Observou-se que todos os alunos foram capazes de criar modelos mentais sobre a *reflexão*, *refração* e *interferência*, pois foram capazes de responder perguntas acerca dos temas estudados de maneira positiva. No assunto *interferência* apenas o conceito de *fase* teve de ser lembrado. Quanto ao assunto *difração*, percebeu-se que os

alunos percebiam que outro fenômeno acontecia, o da *interferência*, mas não compreendiam o fenômeno da *difração*. Isso deve-se ao fato de que em seu cotidiano, esse fenômeno não é observado, pois os obstáculos a serem superados pela luz (fendas) têm ordem de grandeza muito maior do que o comprimento de onda. Assim sendo, seus modelos mentais parecem mais consistentes apenas para situações macroscópicas, nas quais o fenômeno da *difração* não é perceptível.

3.7 Opiniões dos alunos

Como encerramento, os alunos responderam um questionário avaliador da atividade. Neste 89% afirmaram que nunca haviam realizado atividades deste tipo, desenvolvidas com auxílio de computador e 91% responderam que este tipo de atividade poderia ser realizada mais vezes. Quanto ao roteiro de atividades, 77% assinalou que este fazia com que pensassem sobre o que estavam estudando.

O gráfico abaixo mostra o grau de dificuldade expressado pelos alunos, através do questionário:

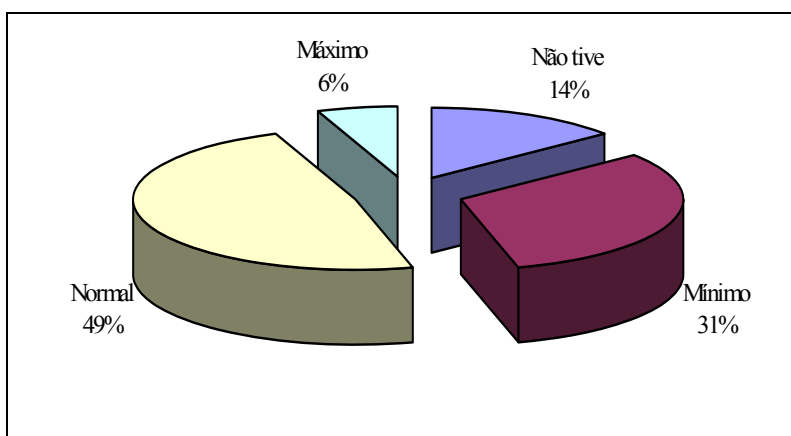


Figura VI – Grau de dificuldade expressado pelos alunos.

A maior dificuldade apareceu no estudo da *difração*, para os alunos do Colégio Batista; e no estudo da *refração* para os alunos do *Colégio Gen. Álvaro Alves da Silva Braga*, lembrando que estes não tiveram oportunidade de estudar *interferência* e *difração*.

Uma opinião mais geral, dos alunos, em relação aos assuntos enfocados, dividiu-se conforme visualizado no seguinte gráfico:

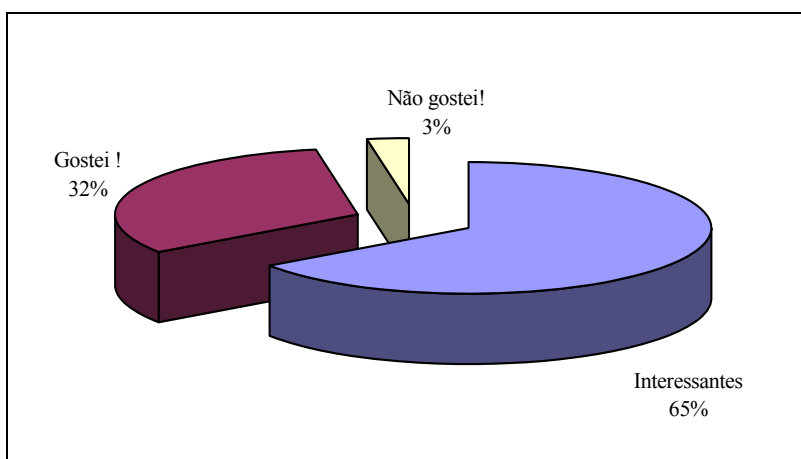


Figura VII – Opiniões, dos alunos, a respeito dos conteúdos abordados.

Sobre se a atividade ajudou na compreensão dos modelos físicos estudados, 66% responderam que sim e 34% responderam ‘mais ou menos’.

No final do questionário havia algumas linhas para que descrevessem o significado daquela atividade para cada um; 23% mencionou que o contato com a Informática é muito importante, pois vivemos inseridos numa sociedade na qual este tipo de conhecimento é fundamental. Assim sendo, sentiram-se mais seguros.

Os demais itens do questionário avaliador não foram incluídos devido ao fato de que os alunos do Colégio Gen. Álvaro Alves da Silva Braga não terem concluído os assuntos *interferência* e *difração*, o que os impossibilitou de responder algumas questões.

4. Conclusões e sugestões

Este trabalho teve por objetivo prover uma nova ferramenta para o ensino de Física, o uso de simulações computacionais, contando que auxiliasse os alunos a construir modelos mentais consistentes sobre determinados modelos físicos, no campo da Óptica, especificamente sobre *reflexão*, *refração*, *interferência* e *difração*.

A atividade foi realizada em uma escola particular e uma escola pública, ambas localizadas na cidade de Porto Alegre. Para a prática desta foram elaborados roteiros de tarefas a serem executadas através da utilização do *software* correspondente ao assunto estudado.

Observou-se que as primeiras aulas (*reflexão* e *refração*) tiveram grau de facilidade maior que as últimas (*interferência* e *difração*), mas, mesmo com algumas dificuldades, os alunos continuavam compenetrados na atividade que estava sendo realizada.

A realização as tarefas mostrou indícios de que construíram modelos adequados para todos os fenômenos, exceto o da *difração*. Acredita-se que a construção desse modelo foi mais difícil devido à vivência macroscópica do aluno com a luz visível, por exemplo, pois não lhes é comum observar esse fenômeno no cotidiano. Sugere-se a elaboração de um *software* para o estudo da *difração* através do qual a variação do tamanho da fenda (obstáculo) seja maior, de modo que englobe o caso no qual não seja possível detectar-se a *difração*. Assim sendo, o aluno poderá comparar as ordens de grandeza envolvidas e fazer relações que incluam seus modelos macroscópicos inseridos no seu cotidiano.

O método tem limitações quando o estudante propõe um questionamento que não pode ser simulado pelo *software*, pois estes quase sempre possuem limitações bem marcadas.

A maioria dos alunos nunca havia participado de atividades como esta, com o auxílio direto do computador. Isso mostra que, embora as escolas possuam laboratórios, tanto de Física como de Informática, bem equipados, seu uso é praticamente nulo. A maioria dos professores ainda recorre à técnica de ensino tradicional, utilizando quadro negro e giz. Muitos alunos da escola pública onde trabalhou-se sequer haviam tido contato anterior com um computador, o que possibilitou um aprendizado duplo: o de como utilizar a máquina e o dos modelos físicos propostos. Foi surpreendente o fato de uma escola pública com bons computadores utilizá-los para raríssimas atividades.

Infelizmente a Física ainda é vista como um emaranhado de fórmulas matemáticas e números que não fazem sentido, para a maioria dos estudantes. O ambiente de trabalho num laboratório torna-se mais descontraído e, portanto, os alunos que efetivamente envolvem-se com a proposta, sentem-se mais livres para discutir com os colegas e tecer mais questionamentos ao professor. Assim sendo, a preocupação passa a ser de entender o conceito ao invés de decorar fórmulas matemáticas.

5. Referências

- CAMILETTI, G., FERRACIOLI, L.. A utilização da modelagem computacional quantitativa no aprendizado exploratório de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.18, n.2, p. 214-227, ago 2001.
- MONAGHAM, J. M., CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.
- MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. *Investigações em Ensino das Ciências*, v.1, n.3, p. 193-232, 1996.
- SANTOS, G.; OTERO, M. R.; FANARO, M. A. Como usar software de simulación en classes de Física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17, n.1, p. 50-66, abr 2000.
- NECHEV, Plamen N. Importancia Pedagógica de la Informática Educativa en el Laboratorio de Física de la Escuela Secundaria. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION, Canela: ARB, 2000. 1 CD-ROM.
- WHEELER, Paul A., ROSSING, Thomas D. Teaching acoustics on the internet. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION, Canela: ARB, 2000. 1 CD-ROM.
- TABARES, Raúl, H.; SILVEIRA, Enio F. Suporte Multimídia ao Ensino de Física. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION, Canela: ARB, 2000. 1 CD-ROM.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. *Física 2: Física Térmica/Óptica*. v. 2. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 366 p.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física 4: Ótica e Física Moderna*. v. 4. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355 p.
- HEWITT, Paul G. *Conceptual Physics*. United States of America: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, v. único. 1998. p. 451-535.

ENSINO DE FÍSICA COM EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS NUMA ESCOLA AGROTÉCNICA

Nestor Davino Santini [nestorsantini@zipmail.com.br]
Eduardo Adolfo Terrazzan [eduterrabr@yahoo.com.br]
*Centro de Educação – UFSM – Campus Universitário.
Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS – Brasil.*

Resumo

A pesquisa teve por objetivo estabelecer parâmetros para organizar situações de aprendizagem em física, para que os alunos vivenciem momentos de vinculação entre conhecimentos práticos da área técnica agrícola e as suas necessidades no cotidiano, usando-se equipamentos agrícolas como recurso didático. O problema de pesquisa teve como foco identificar possibilidades de uso que se apresentam para os equipamentos agrícolas no cotidiano de uma escola Agrotécnica, como recurso didático no Ensino de Física. A pesquisa baseou-se na produção e implementação em sala de aula de um Módulo Didático que tratou do tema “Uso da Estufa na Agricultura” composto por 26 horas-aula. Foram envolvidos, como recurso didático, os equipamentos agrícolas existentes no CEFET-SVS e inseridos no Módulo Didático. Seguiu-se uma dinâmica constituída de Três Momentos Pedagógicos: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento, baseado em proposta de Delizoicov e Angotti (1991). Para cada uma das “Atividades Didáticas” foram incluídas aprendizagens no Campo Conceitual, Procedimental e Atitudinal, conforme Pozo e Crespo (1998). Contemplamos em cada “Atividade Didática”, algumas Competências e Habilidades desejadas a serem desenvolvidas em física e preconizadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs).

Palavras-chave: Ensino de Física; Equipamentos Agrícolas; Módulo Didático.

1. Introdução/justificativa

Durante grande parte do período de minha atividade profissional como professor de Física, trabalhando em escolas estaduais e particulares, observei que o Ensino de Física continuava e continua sendo caracterizado pela seqüência de conteúdos apresentados na maioria dos livros-texto utilizados. Em 1995, quando passei a desempenhar minhas funções como Professor de Física do Ensino Médio no Centro Federal de Educação Tecnológica de São Vicente do Sul (CEFET-SVS), o qual desenvolve o Ensino Médio, Cursos Técnicos em Agricultura, Zootecnia, Agroindústria e Informática, além do Curso Superior de Tecnologia em Irrigação e Drenagem. O Ensino ali desenvolvido prioriza a área técnica agropecuária, sendo que a escola possui boa estrutura física e muitos equipamentos agrícolas. Percebi que havia várias situações de ensino-aprendizagem e muitas opções para trabalhar com a física de forma diferente e mais proveitosa para os alunos através do estudo de certos equipamentos agrícolas, muito familiares e usados com freqüência por alunos, professores e servidores técnicos.

Após publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB-96), para os alunos que freqüentam o Ensino Médio há uma preocupação maior com a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando a seqüência de estudos, além da compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática. No capítulo específico dedicado à Educação Profissional na LDB/96, a ênfase é dada devido a uma profunda mudança por que passa o chamado mundo do trabalho. Carneiro (1998), ao interpretar o artigo 39 da LDB/96 enfatiza que a educação profissional deve ser desenvolvida de maneira integrada não só com os diferentes tipos de educação e de metodologias educacionais, mas também com o ambiente de trabalho, tendo como base de sustentação a evolução científica e tecnológica. O artigo 40 desta mesma lei explicita que se deve buscar uma articulação entre educação profissional e ensino regular, seja no âmbito do próprio

ensino regular, seja mediante o uso de estratégias diversificadas de educação. A rigidez da organização curricular existente no regime anterior a LDB/96 encontra no artigo 42 desta lei uma clara ruptura. Carneiro (1998 p.109) comenta que havia uma maior preocupação com os conteúdos de educação geral, pois estes preparavam o aluno para o ingresso no ensino superior. Delizoicov e Angotti (1991, p. 13) enfatizam que a Física, enquanto área do conhecimento, é necessária para a formação do estudante do Ensino Médio, pois, conjuntamente com a Química, a Biologia e a Matemática, deverão garantir uma base de formação científica. O trabalho didático-pedagógico desenvolvido pelo professor deve permitir a apreensão de conceitos, leis, relações da Física e sua utilização, assim como da sua aproximação com fenômenos relacionados a situações vivenciadas pelos alunos.

Em 1997 iniciei minha participação no Grupo de Trabalho de Professores de Física (GTPF) do Núcleo de Educação em Ciências (NEC), do Centro de Educação (CE) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o qual oportuniza espaço institucional para troca de experiências entre professores em formação inicial (pré-serviço) e em formação continuada (em serviço) e pesquisadores em Ensino de Física, para estudos de aprofundamento teórico-metodológico, para planejamento em conjunto, de atividades didáticas adequadas à implementação em aulas de Física e, também, para proporcionar momentos para uma reflexão crítica sobre as práticas docentes desenvolvidas pelos professores nas escolas em que lecionam. O Grupo prioriza a produção de Módulos Didáticos para o Ensino de Física numa perspectiva de atualização curricular permanente, procurando atender as necessidades de formação da cidadania de nossos alunos e de uma capacitação intelectual autônoma para prosseguir seus estudos ao longo de suas vidas. Para o presente trabalho, elaboramos um Módulo Didático e para isso elegemos alguns equipamentos materiais específicos, chamados de “equipamentos agrícolas”, para estudo e que estão disponíveis no CEFET-SVS, a fim de que possam fazer parte do tema escolhido que foi elaborado e implementado em sala de aula em uma turma de alunos pertencentes à segunda série do Ensino Médio do CEFET-SVS no ano de 2004. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN-EM) enfatizam que não basta elaborar novas listas de tópicos de conteúdos, e sim dar ao Ensino de Física novas dimensões, as quais devem promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Deve-se considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Percebi a pertinência e a necessidade de reorganização dos componentes curriculares de Física, visto que expressiva parcela da população terá, apenas, os conhecimentos de física no período em que estiver frequentando o Ensino Médio para que possam dar conta, tanto das demandas de continuidade de estudos e das de natureza profissional como as exigidas pela vida cotidiana.

2. O Desenvolvimento da prática educacional

2.1 Elaboração do módulo didático: equipamentos agrícolas e objetivos propostos

A construção do Projeto envolveu uma ampla pesquisa bibliográfica que forneceu as bases teóricas para o início das atividades na escola. Senti a necessidade de buscar suportes que tratem o Ensino de Física através de outras formas alternativas e inovadoras. Dentre as propostas de ensino escolhidas em nosso estudo (Australino, 1999; Delizoicov, 1991; Hernandez, 2002; Kuenzer, 2000; Schmidt, 1998; Terrazzan, 1994 e 2002), a apresentada pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), da Universidade de São Paulo, em sua edição de 1998, mostrou-se como um referencial significativo no que se refere a uma abordagem inovadora do Ensino de Física na sala de aula, entre outras. Selecionamos equipamentos agrícolas existentes na UEP de Agricultura I, os quais se destinavam à produção de legumes e hortaliças em geral, compostos basicamente por: estufas de plástico com estrutura de madeira e metal, caixas d'água com “soluções dosadas” para alimentação das hortaliças, moto-bombas, canos de plástico com vários diâmetros, bancadas de amianto onde os legumes e hortaliças são plantados, instalação elétrica para funcionamento das

moto-bombas. Na agricultura, a água é um elemento essencial para a obtenção de uma boa produção, por isso optamos por selecionar, prioritariamente, equipamentos agrícolas que contemplassem o uso da água para estruturar o Módulo Didático e posteriormente implementá-lo, tendo como ponto de partida o estudo da Mecânica dos Fluidos. Como objetivos propostos descritos no Módulo Didático, procuramos privilegiar um ensino-aprendizagem fundamentado em conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais usando tais equipamentos agrícolas. Alguns desses conteúdos são apontados a seguir: conceituar fluido e tensão superficial; definir e aplicar o conceito de massa específica; compreender as relações entre os conceitos de pressão, força e superfície, transferindo estas situações para a vida cotidiana; compreender e assumir posturas adequadas quanto ao uso da água na agricultura e na vida diária; reconhecer a influência da densidade de diferentes fluidos e em diferentes sistemas; identificar no cotidiano, a ação da tensão superficial em fluidos; compreender a estrutura molecular dos fluidos; identificar e calcular a pressão num ponto qualquer de um fluido; compreender a ação da pressão atmosférica sobre os corpos em diversos lugares; compreender o funcionamento de dispositivos hidráulicos simples; relacionar pressão a situações cotidianas tais como: funcionamento do bebedouro de aves, mergulho, pressão sentida nos ouvidos durante a mudança de altitude, rarefação do ar em grandes altitudes, moto-bomba em funcionamento na irrigação de uma lavoura; reconhecer vasos comunicantes e descrever suas características físicas; compreender e aplicar a Equação Fundamental da Hidrostática em situações cotidianas; compreender as transformações de energia ocorridas nos aparelhos elétricos; identificar os elementos necessários de um circuito elétrico; compreender o princípio de funcionamento dos motores elétricos.

2.2 Os três momentos pedagógicos

O Módulo Didático foi estruturado segundo um modelo ou uma dinâmica básica constituída de três fases/etapas denominadas de Três Momentos Pedagógicos (TMP), a saber: Problematização Inicial (PI), Organização do Conhecimento (OC) e Aplicação do Conhecimento (AC); baseado na proposta de Delizoicov e Angotti (1991).

Segundo este modelo, durante a Problematização Inicial (PI) são apresentadas, para discussão com os alunos, questões ou situações que estejam relacionadas com a temática central a ser abordada e que, ao mesmo tempo, tenham um potencial problematizador, por estarem referenciadas na realidade vivencial dos alunos. Neste momento, a discussão não só pode e deve permitir que emergjam algumas concepções e idéias prévias dos alunos sobre o assunto a ser tratado, como também deve levar estes alunos a sentirem a necessidade de buscar outros conhecimentos, que ainda não dominam, para resolver os problemas e as dúvidas que já possuem ou que se estabelecem nesta etapa. Para isso, a postura do professor deve se voltar mais para auxiliar na explicitação das dúvidas levantadas sobre o assunto do que no fornecimento de explicações prontas e acabadas.

Durante a etapa da Organização do Conhecimento, os conhecimentos de Física necessários à compreensão do tema central e ao encaminhamento de soluções para as questões da Problematização Inicial devem ser sistematicamente estudados sob o estímulo e a orientação do professor. Do ponto de vista metodológico, neste momento pedagógico, cabem atividades diversas, no sentido de oportunizar aos alunos a vivência de uma variedade de situações e de formas de desenvolvimento cognitivo que permitam atingir a compreensão desejada dos assuntos estudados.

Na etapa da Aplicação do Conhecimento, devem ser privilegiadas duas finalidades: Inicialmente, destina-se à utilização dos conhecimentos construídos pelos alunos para interpretar as situações problematizadas inicialmente, procurando delimitar o grau de compreensão conseguido para as mesmas; ao mesmo tempo, esta etapa deve ser um espaço de exploração de novas situações, preferencialmente vinculadas à vivência cotidiana dos alunos, e que possam ser compreendidas e explicadas utilizando-se basicamente do mesmo conjunto de conhecimentos físicos (conceitos, modelos, leis e teorias), desenvolvidos nas aulas. Nos dois casos pode-se ter, ao final das

discussões, elementos que suscitem e/ou indiquem a necessidade de aprofundamento dos estudos, abrindo-se para nova temática, ou seja, para o desenvolvimento de um novo Módulo Didático.

Algumas Atividades Didáticas definidas como importantes foram incluídas no Módulo Didático. Assim, buscou-se introduzir:

- Atividades Didáticas com uso de Experimento, desenvolvida a partir de roteiros abertos ou semi-abertos;
- Atividades Didáticas de leitura, compreensão e discussão de Texto de Divulgação Científica ou equivalente;
- Atividades Didáticas de discussão sobre uma situação o mais próxima possível da vivência cotidiana dos alunos, para ser trabalhada numa perspectiva de Resolução de Problemas;
- Atividades Didáticas com uso de Analogia para a compreensão de fenômenos, processos, modelos e/ou conceitos científicos.

Após a implementação do Módulo Didático, as informações e as considerações posteriores foram feitas com base nas observações do professor, no comportamento dos alunos, nos relatos do diário do professor e nos questionários respondidos pelos alunos em pequenos grupos.

3. O Objetivo da pesquisa

Quando analisamos a estrutura apresentada pela maioria dos livros didáticos de Física, observamos a pouca vinculação dos conteúdos escolares de Física com a realidade vivenciada pelos alunos. É bastante provável que isso aconteça, na maioria das vezes, por se ministrarem conteúdos com a finalidade de preparar os alunos para vestibulares de acesso ao ensino superior ou então, avaliações oficiais, mudando o foco de interesse do ensino, do conhecimento como acesso à cidadania para o conhecimento como forma de alcançar melhores notas nas provas de seleção.

O Ensino Médio tem assumido um caráter de terminalidade de escolarização para a maior parte dos alunos que concluem este nível de Ensino. Isso significa que, para a maioria da pequena parcela da população que chegou a esse nível de ensino, há uma limitação em termos da cultura escolar que se pretende alcançar. Além dos assuntos de Física vivenciados na escola por esses alunos, somar-se-ão outros conhecimentos adquiridos na universidade da vida, em cursos específicos ou de treinamento profissional para o desempenho futuro de quaisquer profissões.

Há, então, a urgência de reorganização dos componentes curriculares da Física, os quais devem ter um significado próprio para o aluno e dar conta das demandas de continuidade de estudos e das de natureza profissional, principalmente, daquelas exigidas pela vida no seu dia a dia.

A pesquisa foi desenvolvida tomando como ponto de partida o atual currículo de Física inserido no Projeto Político Pedagógico do CEFET/SVS. Com a elaboração do Módulo Didático estruturado na forma de Tema, alguns assuntos ficaram deslocados da ordem estabelecida no currículo da Escola para a segunda série. Acreditamos ser possível que os alunos de uma Escola Agrotécnica ou CEFET passem a utilizar o conhecimento escolar para a resolução de problemas ligados às suas realidades características de Técnicos Agrícolas, desde que sejam trazidos para discussão no âmbito da escola. Desta forma, procuramos inserir no Módulo Didático, conhecimentos práticos da área técnica agrícola e necessidades profissionais futuras.

Como objetivo geral deste trabalho, buscamos: **Estabelecer parâmetros que subsidiem e orientem a organização de situações de aprendizagem em Física, que propiciem aos alunos a vivência de momentos de vinculação entre conhecimentos práticos da área técnica agrícola e necessidades profissionais típicas futuras.**

No presente trabalho, chamaremos de equipamentos agrícolas aqueles existentes nas áreas agrícolas que estão a serviço do homem para a produção agrícola, isto é, produção de legumes, hortaliças, frutos cítricos e grãos, ou ainda, para atividades correlatas como jardinagem e floricultura. Para a produção de frutas em escala comercial, utiliza-se a irrigação e há necessidade de alguns equipamentos agrícolas como tratores, reboques, arados, roçadeiras, pulverizadores, sistema de irrigação por gotejamento, motores elétricos ou de combustão interna, rede elétrica, bombas hidráulicas, pás, enxadas, tesoura para poda entre outros.

Embora haja um grande número de equipamentos nas UEPs, para a elaboração do Módulo Didático, foram considerados os equipamentos agrícolas, aqueles cuja finalidade é a produção agrícola na escola.

4. O problema e as questões de pesquisa

Conforme alguns resultados apresentados nas pesquisas da área de Ensino de Ciências (Pozo & Crespo, 1998. p. 18), há uma crescente sensação de inquietação e frustração entre os professores de ciências, ao comprovar o limitado êxito de seus esforços docentes. Os alunos aprendem cada vez menos e se interessam menos por aquilo que aprendem. Essa crise da educação científica é atribuída por muitos, às mudanças educativas introduzidas nos últimos anos nos currículos de ciências, produzidas pela reforma educativa.

O exercício adequado da prática pedagógica requer do professor competência e criatividade para ensinar em situações diversas de acordo com a disponibilidade de recursos locais. No caso do CEFET-SVS, há várias oportunidades que o professor pode se utilizar dessas situações, pois as próprias UEPs dispõem de instalações, equipamentos e ambientes específicos. Por exemplo, no desenvolvimento de uma Atividade Didática, o professor ao abordar a 1ª e 2ª Lei da termodinâmica, poderá deslocar os alunos até a “UEP de Agricultura 2” (Mecanização Agrícola), para aprofundarem seus conhecimentos sobre o assunto. Lá estão disponíveis motores semi-desmontados e outras peças que ajudarão o aluno a compreender melhor as leis. Além disso, poderão surgir outros questionamentos que enriquecerão as discussões entre alunos e professor, trazidos à tona naquele momento.

A escolha do tema “Uso da Estufa na Agricultura” justifica-se pelo fato de que os alunos de uma EAF ou CEFET frequentarão o Curso Técnico Agrícola e para isso terão contato nas UEPs com equipamentos que estão relacionados à mecanização agrícola, irrigação, drenagem, e que servem às necessidades de ensino-aprendizagem, relativas à parte técnica.

Diante das considerações feitas, apresentamos o nosso problema de pesquisa: **Que possibilidades de uso se apresentam para os equipamentos agrícolas, com os quais os alunos mantêm contato no cotidiano de uma Escola Agrotécnica, como recurso didático no Ensino de Física?**

Elaboramos um Módulo Didático numa primeira versão, que foi implementado em sala de aula numa turma de 2ª série do Ensino Médio. Após isso, foi necessária a reestruturação desse Módulo Didático para uma melhor adequação das Atividades Didáticas aos Três Momentos Pedagógicos, e modificações realizadas em função das observações feitas pelo professor pesquisador durante as implementações.

Realizamos alterações quanto às Aprendizagens Esperadas em cada Atividade Didática, procurando identificar aquelas que mereciam melhor atenção e que possuíam maior potencial de discussão na Atividade Didática.

Aumentamos o número das Atividades Didáticas para dar maior abrangência ao tema escolhido. Outras alterações foram realizadas em função das avaliações feitas pelo professor pesquisador após implementação do Módulo Didático na fase preliminar.

As aulas programadas com a nova estrutura do Módulo Didático “Uso da Estufas na Agricultura”, segundo os três Momentos Pedagógicos ficou com a seguinte distribuição: Para a primeira etapa, “Problematização Inicial”, foram destinadas sete horas-aula; para a segunda etapa “Organização do Conhecimento”, foram selecionadas treze horas-aula; e para a terceira etapa, “Aplicação do Conhecimento”, seis aulas; perfazendo um total de vinte e seis horas-aula.

Assim, a partir do problema de pesquisa proposto, procurares responder algumas questões, a saber:

1. **Que concepções os alunos apresentam sobre equipamentos agrícolas, quanto à sua construção e ao seu funcionamento?**
2. **Como equipamentos agrícolas podem ser utilizados para a organização de Módulos Didáticos para o Ensino de Física, conforme a caracterização feita anteriormente?**
3. **Em que medida o trabalho pedagógico com estes Módulos Didáticos contribui para o desenvolvimento de competências na Resolução de Problemas, tendo em conta a preservação do Meio Ambiente e a utilização adequada da água?**

O Módulo didático foi estruturado em Atividades Didáticas (ADs), nas quais constam alguns **conhecimentos práticos da área técnica agrícola**. Estes conhecimentos práticos, incorporados no MD utilizado, são aqueles que consideramos importantes para os alunos que frequentam o Ensino Técnico Agrícola e que, no final deste curso técnico, terão **necessidades profissionais futuras**, conforme apontamos no objetivo geral.

A seguir, apresentamos uma tabela que indica alguns **conhecimentos práticos da área técnica agrícola**, as **necessidades profissionais futuras** a eles associadas e a **localização dos mesmos em uma Atividade Didática** do Módulo Didático referido.

A seguir, apresentamos uma tabela que indica alguns **conhecimentos práticos da área técnica agrícola**, as **necessidades profissionais futuras** a eles associadas e a **localização dos mesmos em uma Atividade Didática** do Módulo Didático referido.

TABELA 01 - Alguns conhecimentos práticos da área técnica-agrícola e necessidades profissionais futuras

Ordem	Conhecimentos práticos da área técnica agrícola	Necessidades profissionais futuras do técnico agrícola	Localização no módulo didático
1 ^a	Relação entre a abertura que deve ser dada ao plástico de uma estufa e incidência de raios solares.	Dosar, de maneira correta, a abertura da estufa nas quatro estações do ano, para não provocar a queima das plantas hidropônicas com a incidência dos raios solares.	AD-06 AD-15
2 ^a	Relação entre consumo d'água por irrigação e manejo do solo.	Reduzir a quantidade de água usada nas lavouras, obtendo maior quantidade de grãos com menores gastos.	AD-01
3 ^a	Relação entre o aumento dos problemas ambientais e desequilíbrio ecológico de rios e lagos.	Reduzir cada vez mais o uso de defensivos agrícolas para preservar a flora e a fauna de nosso planeta.	AD-01
4 ^a	Importância da camada de ozônio na atmosfera como um filtro natural e a necessidade do equilíbrio da quantidade de ozônio para o crescimento das plantas.	Conhecimento dos danos causados à atmosfera por algumas atividades humanas responsáveis pela emissão do CFC que reage com o ozônio atmosférico. Uso de aerossóis e de processos de fabricação de plásticos e refrigeradores.	AD-03
5 ^a	Relação entre mudanças climáticas, efeito estufa e o fenômeno El Niño.	Consequências do Efeito Estufa e o aquecimento da superfície da Terra com graves prejuízos econômicos e sociais e as influências negativas na agricultura.	AD-03
6 ^a	Relação existente entre pressão	Leitura correta de barômetros instalados em Estações	AD-04

	atmosférica e altitude.	meteorológicas. Compreensão dos efeitos causados aos organismos vivos com a diminuição ou aumento da pressão atmosférica.	
7 ^a	Relação entre pressão hidrostática e altura da coluna d'água.	Interpretação da pressão exercida pelo fluido num sistema de irrigação como, por exemplo, um pivô central, barragens, rios e rede hidráulica residencial, etc...	AD-04
8 ^a	Relação entre a pressão exercida pelo ar comprimido dentro de câmaras de ar, balões, botijões de gás e a pressão atmosférica externa.	Avaliar a pressão que o ar exerce de dentro para fora sobre as paredes de recipientes fechados.	AD-08 AD-09
9 ^a	Identificar os elementos e funções em um circuito elétrico simples.	Determinar as causas da interrupção da corrente elétrica em um circuito simples numa instalação elétrica rural ou automotiva.	AD-05
10 ^a	Relação existente entre o calor específico das substâncias e a variação de temperatura.	Aquecimento e resfriamento de corpos de forma diferente em função da variação dos calores específicos, como o aquecimento do ferro, do cobre, da prata, o aquecimento de tratores e implementos agrícolas expostos ao sol.	AD-06

Analisando a tabela acima, por exemplo, na 4^a ordem, um conhecimento prático da área técnica agrícola refere-se à importância da camada de ozônio na atmosfera como um filtro natural e a necessidade do equilíbrio da quantidade de ozônio para o crescimento das plantas. Precisamos preservar a camada de ozônio, pois é ela que impede que os raios ultravioletas atravessem a atmosfera e cheguem até a superfície da Terra. Os raios ultravioletas, quando em grande quantidade, são nocivos à vida terrestre.

Como necessidades profissionais futuras, apontamos que os alunos deverão ter conhecimentos dos danos causados à atmosfera por algumas atividades humanas responsáveis pela emissão do CFC que reage com o ozônio atmosférico. O uso de aerossóis e de processos de fabricação de plásticos e refrigeradores acabam por provocar o Efeito Estufa.

Muitos outros conhecimentos práticos da área técnica agrícola e suas necessidades profissionais futuras poderiam ser citados. É extremamente importante considerar o mundo em que o aluno convive, sua realidade próxima, os equipamentos agrícolas e fenômenos com que efetivamente lidam e também os problemas e indagações que movem sua curiosidade.

5. Constatações da aplicação do questionário-análise dos resultados

Um questionário foi respondido pelos alunos no início das atividades de implementação do Módulo Didático. Os objetivos propostos com a aplicação desse questionário foram:

- a) Identificar as concepções que os alunos apresentam sobre funcionamento de equipamentos agrícolas existentes no meio rural;
- b) Avaliar o grau de familiaridade dos alunos do CEFET-SVS com os equipamentos agrícolas utilizados em irrigação;
- c) Verificar o nível de conhecimento dos alunos sobre questões focadas/relacionadas à construção e ao uso de equipamentos agrícolas.

Após tabulação e interpretação dos dados, observamos que 62% dos alunos acreditam que os equipamentos agrícolas trazem benefícios, mas podem causar prejuízos. Os prejuízos citados podem ser classificados em:

- Caráter ambiental: Poluição da atmosfera devido ao uso de máquinas de combustão interna. Poluição da atmosfera e do solo com o uso de defensivos agrícolas através de pulverizadores. Para estes alunos, com o uso de equipamentos agrícolas também haverá maior probabilidade de geração da erosão com o uso de arados, grades e subsoladores,

pois o solo ficará descoberto, além da sua compactação pelas máquinas pesadas. Ocorre também excessivo gasto de água com equipamentos de irrigação.

- Caráter social: Poluição do meio ambiente, principalmente, a poluição da água com o uso de defensivos agrícolas. Haverá maior consumo de água pela opção do plantio irrigado, além do aumento do desemprego rural com a diminuição do número de trabalhadores nas lavouras e dos prejuízos para determinada camada da população rural com a diminuição de opções de trabalho.

Uma outra porcentagem dos alunos acredita somente nos benefícios dos equipamentos agrícolas. Esses alunos (21%), entendem que havendo maior produção em menor tempo e como consequência, maiores lucros com pouco esforço físico, os equipamentos agrícolas são benéficos. Para estes alunos é a máquina que executa o trabalho com muito mais eficiência e rapidez do que o homem, facilita a vida no sentido de diminuir o esforço físico e por isso trazem só benefícios. Não há preocupação com as consequências que poderão advir devido ao uso inadequado dos equipamentos agrícolas.

Para 17% dos alunos os equipamentos agrícolas trazem benefícios desde que o agricultor faça uso correto deste equipamento. Percebeu-se pelas respostas apresentadas por esse grupo de alunos uma preocupação quanto à necessidade de conhecimento, pelo agricultor, do equipamento agrícola quanto ao seu funcionamento, isto é, quanto as suas possibilidades de execução de um trabalho e habilidades do operador. Os agricultores precisam conhecer o equipamento e as consequências que o mau uso deste provoca na natureza.

Outra questão solicitava aos alunos para que se manifestassem sobre a relação entre a fabricação de um equipamento agrícola e as leis/princípios científicos formulados pelo homem.

Verificou-se que 5% dos alunos acreditam que um equipamento agrícola tenha sido fabricado sem o conhecimento de leis/princípios científicos. Podemos constatar a posição desses alunos pela resposta obtida, após transcrição, de um deles:

Eu acho que o homem criou os equipamentos agrícolas devido a sua necessidade, e assim o homem ia aperfeiçoando esses implementos para assim resolver os problemas do campo com mais agilidade.

Grande parte das respostas (80%), evidenciou que os alunos acreditam que os equipamentos agrícolas foram fabricados baseados num princípio físico ou numa lei já conhecida. Algumas falas enfatizam que foram os estudos realizados por algumas pessoas que oportunizaram a fabricação de equipamentos, mas sempre alicerçados num princípio ou lei física.

Uma outra parcela (15% dos alunos) acredita que o estudo sobre os equipamentos agrícolas, decorrentes da necessidade de aumentar cada vez mais a eficiência do equipamento teve como consequência a modificação dos mesmos.

A questão que solicitava aos alunos que respondessem sobre as medidas/procedimentos que eles e suas famílias tomam quando utilizam equipamentos agrícolas em suas casas com o objetivo de economizar água, obtivemos os seguintes resultados:

- A grande maioria dos alunos, correspondendo a 75%, afirma que se preocupa com a questão do consumo d'água e apontam indicativos/formas de procedimentos com os equipamentos agrícolas/sistemas hidráulicos; com o objetivo de economizar água.
- Uma outra parcela dos alunos, correspondendo a 17%, respondeu que não se preocupa com o consumo d'água e também não toma nenhuma medida para minimizar os gastos de água.
- A terceira categoria dos alunos, correspondendo a apenas 8%, afirma que se preocupa em parte com a questão do consumo d'água.

Acreditamos que a porcentagem dos alunos que se preocupa com o consumo d'água decorre de uma conscientização realizada pelos meios de comunicação, por campanhas realizadas em escolas e pelos exemplos de prejuízos que estamos presenciando e sentindo em nosso meio.

6. Planejamento e organização do Módulo Didático

O Módulo Didático “Uso da Estufa na Agricultura” foi elaborado e implementado em sala de aula numa turma de alunos da 2ª série do Ensino Médio. Após esta fase foi necessária a reestruturação desse Módulo Didático, tendo em vista uma melhor adequação das Atividades Didáticas aos Três Momentos Pedagógicos.

Realizamos algumas alterações quanto às Aprendizagens Esperadas em cada Atividade Didática, procurando identificar quais as que mereciam melhor atenção e possuíam maior potencial de discussão na Atividade Didática. Foram feitas modificações nos anexos de algumas das Atividades Didáticas na parte referente às “orientações para o professor”, “orientações para o aluno”, “expectativa de resposta dos alunos” e “respostas cientificamente aceitas”.

Foi necessário ampliar o número de Atividades Didáticas com a finalidade de se dar maior abrangência ao tema escolhido, além de outras alterações em função das avaliações realizadas pelo professor pesquisador após implementação em sala de aula do Módulo Didático.

As Atividades Didáticas programadas com a nova estrutura do Módulo Didático ficaram assim distribuídas: Problematização Inicial: foram atribuídas sete horas-aula; Organização do Conhecimento: foram selecionadas treze horas-aula; Aplicação do Conhecimento: foram atribuídas seis aulas; totalizando vinte e seis horas-aula.

O Módulo Didático previu 62 “Aprendizagens Esperadas”, as quais foram distribuídas nos três campos, a saber: Campo Conceitual, Campo Procedimental e Campo Atitudinal, além de constarem algumas competências e habilidades elencadas nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

A seguir identificaremos os componentes da estufa, suas funções no Módulo Didático, sua localização no Momento Pedagógico e na Atividade Didática.

6.1 Caracterização dos componentes da estufa

O Módulo Didático foi elaborado de maneira a envolver os equipamentos agrícolas que fazem parte da estufa existente na UEP de Agricultura I do CEFET-SVS. Esses equipamentos agrícolas (componentes da estufa), suas funções e localização no Módulo Didático encontram-se relacionados na tabela a seguir.

Tabela 2 - Componentes da estufa: função e localização no Módulo Didático

Ordem	Componentes	Função no módulo didático	Momento pedagógico	Atividade didática
01	Estrutura Metálica	Estudo e discussão sobre o armazenamento e transferência de calor de um corpo para outro	Organização do Conhecimento	AD-06
02	Cobertura de Plástico	Como elemento de comparação para explicar o “Efeito Estufa” e radiações	Problematização Inicial	AD-03
03	Circuito Elétrico	Estudo e funções dos elementos necessários para representar e montar um circuito elétrico. Compreender as transformações de energia que ocorrem nos diversos aparelhos elétricos.	Problematização Inicial	AD-05
04	Motores Eétricos	Estudo e compreensão do princípio e funcionamento de motores elétricos	Aplicação do Conhecimento	AD-14

05	Bombas Hidráulicas	Compreensão do funcionamento e princípio de funcionamento de bombas hidráulicas	Organização do Conhecimento	AD-08 AD-09
06	Tanques interligados através de canos	Relação existente entre um reservatório d'água e um pivô central	Problematização Inicial	AD-01
07	Bandejas de 'cimento amianto'	Compreensão e avaliação do uso das bandejas de "cimento amianto" relacionando com outros materiais existentes em função do 'calor específico'	Organização do conhecimento	AD-06
08	Caixa d'água e Tubulações	Estudo dos efeitos observados em alguns objetos colocados em pontos distintos no interior de uma caixa d'água contendo água ou no interior de tubulações	Problematização Inicial	AD-04
09	Poço Artesiano	Discussões sobre a necessidade ou não de moto-compressor para o seu funcionamento	Organização do conhecimento	AD-08
10	Manômetros e Barômetros	Relação entre altura da coluna de líquido e a natureza do líquido para determinação da pressão atmosférica	Organização do conhecimento	AD-09

Foram caracterizados estes Equipamentos Agrícolas quanto ao envolvimento e grau importância estabelecido na Atividade Didática específica. Por exemplo:

Estrutura Metálica: Na Atividade Didática (AD-06), 6ª aula, para o componente do Módulo Didático "estrutura metálica", foi realizado o estudo e discussão visando à compreensão dos conceitos de calor e temperatura, transferência de calor de um corpo para outro, calor específico e propagação do calor por condução, por convecção e por irradiação.

Foram feitas considerações sobre vantagens e desvantagens da construção e funcionamento de uma estufa com estrutura de madeira ou de metal. Discutiu-se a capacidade de absorção e liberação de calor pelas estufas com essas características, além de realizar comparações de calor específico entre diversas substâncias comparadas com a "estrutura metálica".

Cobertura de Plástico: No desenvolvimento da Atividade Didática (AD-03), 4ª e 5ª aulas, que se baseou em Exposição do Professor, o componente "cobertura de plástico" da estufa, foi discutido e comparado com a camada de ozônio que impede os raios ultravioletas de ultrapassarem e chegarem até a superfície da Terra. Esse componente também é estudado para que o aluno reconheça as diversas faixas de ondas de luz e diferencie raios infra-vermelhos, luz visível e raios ultra-violeta. A "cobertura de plástico" é estudada também para explicar o efeito estufa. Consideramos a Terra como um sistema e analisamos as entradas e saídas de energia radiante que nela ocorrem. Ainda os conceitos de reflexão, absorção e espalhamento são abordados pelo professor ao desenvolver os textos relacionados na Atividade Didática.

7. Considerações finais

Após a implementação do Módulo Didático, foram escolhidas algumas Atividades Didáticas realizadas para se avaliar "o grau de efetivação" de Aprendizagens Conceituais, Procedimentais e Atitudinais.

As considerações foram feitas com base nos registros de observações diretas do professor, no comportamento dos alunos, na avaliação da capacidade de elaborar respostas escritas, explicitando com clareza suas idéias, nos registros dos Diários da Prática Pedagógica do professor e nas produções dos alunos participantes da pesquisa.

Para uma das Aprendizagens Esperadas de uma Atividade Didática, "**explicitação de suas idéias quando fossem solicitadas suas opiniões em questionamentos**", todos os alunos

responderam as três questões formuladas, explicitando suas idéias e opiniões, argumentando seus pontos de vista e justificando suas posições. Desse modo é possível considerar que a Aprendizagem Procedimental citada foi alcançada.

Outra Aprendizagem Esperada da mesma Atividade Didática era a **“capacidade de opinar e agir em situações sociais envolvendo temas relevantes e polêmicos, como desperdício de energia, poluição do meio ambiente e uso de novas tecnologias”**. Duas questões foram analisadas para a identificação do grau de alcance da aprendizagem.

Questão 01: O desmatamento das nossas florestas é uma realidade. Você acha que esse desmatamento sem controle pode afetar a qualidade da água? Comente.

Questão 02: A maior parte dos esgotos produzidos nas grandes cidades é jogada diretamente para os rios sem nenhum tratamento. Na sua opinião, qual seria o melhor destino para esse esgoto? Seria possível reaproveitar esta água novamente? Para que finalidades?

Grande maioria dos alunos (28 entre os 30 alunos presentes) opinou e fundamentou consistentemente sobre as duas perguntas solicitadas. A preocupação ficou evidente nestes alunos em preservar a vegetação, evitar o desmatamento e as queimadas, construir estações de tratamento de esgotos, reutilizar a água após tratada para serviços como lavar calçadas, carros, equipamentos agrícolas, regar as plantas e outras destinações que não sejam para o consumo humano. Alguns alunos abordaram, na segunda questão, a economia de energia que poderia ser obtida na reutilização desta água e conseqüente preservação da qualidade de outras fontes hídricas. Em algumas respostas houve comentários sobre economia de energia que se obtém quando optamos por reciclar materiais como embalagens descartáveis e os lucros que são gerados com essas práticas.

A 3ª aula foi estruturada como Atividade Didática Baseada em Questões Prévias e localizada no primeiro Momento Pedagógico “Problematização Inicial”. Foram formuladas seis questões problematizadoras.

As questões foram colocadas no quadro e os alunos organizaram-se em grupos de três a pedido do professor e passaram a discutir cada uma das questões propostas, expondo para os demais componentes de cada pequeno grupo as suas concepções e explicações para cada pergunta. Um dos alunos de cada “pequeno grupo” passou a anotar as conclusões que os integrantes do pequeno grupo obtiveram para cada pergunta.

Após este momento, no grande grupo, os alunos compartilharam das respostas dadas por cada um dos integrantes do pequeno grupo de discussão, no sentido de buscar coletivamente as semelhanças e diferenças entre os modelos explicativos surgidos. A seguir o professor sistematizou estas respostas no quadro, e fez considerações relativas às respostas dadas pelos alunos dos pequenos grupos com o objetivo de verificar os pontos de concordância e discordância para cada uma das questões respondidas.

Notamos uma preocupação entre os alunos em elaborarem uma “resposta correta” e não tendo a “certeza” da resposta elaborada por eles, solicitavam ao professor que reformulasse a resposta descrita por eles. Esta preocupação é geral entre os alunos de uma turma que estão iniciando com Atividades Didáticas Baseadas em Questões Prévias, mas que no decorrer das aulas; com a implementação de outras ADRPs os alunos compreendem que devem buscar sua ‘resposta certa’ no consenso do pequeno grupo, embora esta resposta deva ser considerada provisória.

Este tipo de atividade tem resultados mais expressivos quando o professor se movimenta em sala de aula procurando observar e escutar o que cada aluno comenta em seu pequeno grupo. A aproximação “da pessoa do professor” do pequeno grupo ou mesmo de um aluno faz com que, na maioria dos casos, haja um envolvimento maior com o assunto; e desta forma há maiores chances de que ocorram discussões mais proveitosas para o pequeno grupo.

Alguns alunos são inibidos, e por isso não expõem suas idéias e comentários, mesmo no pequeno grupo, sendo que com a aproximação do professor ficou evidente maior chance de que este diálogo aconteça. Mesmo assim, essa estratégia do professor deve ser mantida durante o período em que os alunos estão discutindo as questões no pequeno grupo.

Para os alunos da turma que já desenvolveram Atividades Didáticas organizadas por este tipo de Módulos Didáticos há mais tempo, constatamos que as respostas para as problematizações iniciais foram mais consistentes e com mais comentários sobre a questão. Para os alunos da turma em estágio inicial de implementação dos Módulos Didáticos, as conclusões ou comentários escritos foram mais sucintos. Isso se deve a uma mudança de procedimentos em sala de aula, em relação à formulação de respostas ou comentários sobre determinada questão.

8. Referências

AULER, Décio. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**: Florianópolis/BRA. Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. (Tese de Doutorado).

AUSTRILINO S, Lenilda: (1999). **O Ensino de Física numa abordagem contextualizada**. Tese de Doutorado. São Paulo/SP/BRA. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo/SP.

BRASIL: (1996). Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília/DF.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Perez: (1991). Física. São Paulo/SP/BRA: Cortez. (Coleção Magistério 2º Grau).

GRAF: (1991). Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 2**: física térmica; óptica. São Paulo/SP/BRA: Edusp.

GRAF. (1993). Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 3**: eletromagnetismo. São Paulo/SP/BRA: Edusp.

INEP- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais-Matrizes Curriculares de Referência para o SAEB (Sistema Nacional de Avaliação de Educação Básica) 2.ed. Brasília/DF,1999.

KUENZER, Acácia Zeneida: (2000). Ensino Médio: Construindo uma proposta para os que vivem do trabalho (org.). São Paulo/SP/BRA. Cortez.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Gómez Miguel Angel: (1998). Aprender y Enseñar Ciencia: del Conocimiento Cotidiano al Conocimiento Científico. Madrid/ ESP.

SCHMIDT, Inés Prieto: (1998). **Uma abordagem alternativa para as atividades experimentais de Física no ensino médio**. Santa Maria/BRA: UFSM, Centro de Ciências Naturais e Exatas. (Projeto de Extensão).

TERRAZZAN, Eduardo A.: (1994). **Perspectivas para a Inserção de Física Moderna na Escola Média**. São Paulo/SP/BRA: Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. (Tese de Doutorado).

TERRAZZAN, Eduardo A.: (2002). 'Grupo de Trabalho de Professores de Física: Articulado a Produção de Atividades Didáticas, a Formação de Professores e a Pesquisa em Educação'. In: 8º EPEF – **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Atas, CD-ROM, Águas de Lindóia/SP/BRA, SBF, 05 a 08 de junho.

TERRAZZAN, Eduardo A.; CLEMENT, Luiz; SANTINI, Nestor Davino; GASTALDO, Luiz Fernando: (2003). 'Experiências de Atualização Curricular e formação continuada vividas por um grupo de professores de Física: O caso do GTPF/NEC'. In: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Anais, CD-ROM, Bauru/SP/BRA, SBF, 25 a 29 de novembro.

A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE CALORIMETRIA A PARTIR DA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO USANDO DADOS EXPERIMENTAIS

Ricardo Robinson Campomanes Santana [robinson@unemat.br]

Fabiano César Cardoso [fccardoso@yahoo.com]

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) – Sinop – MT.

O que é modelagem matemática?

Segundo Bassanezzi (2002; p. 24), a modelagem matemática “consiste, essencialmente na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual”. Sendo que a modelagem é um processo que visa a obtenção de um modelo (BIEMBENGUT, 2001; p. 20).

Procedimentos para se elaborar um modelo

A elaboração de um modelo matemático envolve procedimentos. Partindo de um problema real, primeiramente se faz necessário obter o maior número de informações sobre o assunto a ser estudado. Posteriormente, formulam-se as hipóteses, que são descritas (escritas) através do formalismo matemático pertinente e que nos levam a obtenção do modelo. Finalmente, o modelo proposto é testado através de sua confrontação com dados “reais”. Se este modelo é capaz de prever novos fatos, será considerado um bom modelo. Caso a validação não seja satisfatória, deve-se reformular as hipóteses, verificar se os dados utilizados foram obtidos corretamente e realizar novamente o processo.

Esquemáticamente, podemos descrever o processo da modelagem matemática conforme a figura a seguir:

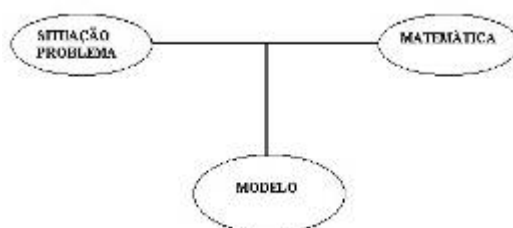


Figura 1.

Como utilizar a modelagem com dados experimentais da Física?

Historicamente, na Física, a obtenção de diversos modelos se baseou em dados experimentais, como por exemplo, Johannes Kepler quem propôs um modelo de movimento planetário usando os dados de seu mestre, Tycho Brahe.

Em qualquer área da Física é importante conhecer alguns conceitos básicos e através da observação e experimentação, coleta-se dados e após o procedimento de estabelecer hipóteses e formular matematicamente o objeto de estudo, propõe-se um modelo, cuja consistência será validada, posteriormente, com novos dados experimentais.

Metodologia

No presente trabalho foram obtidos dados em experiências de calorimetria, visando a obtenção de um modelo fenomenológico do calor sensível. Estes dados experimentais foram coletados por estudantes da disciplina de Laboratório de Física II, divididos em cinco grupos de cinco alunos.

O estudo foi baseado em três atividades experimentais semi-estruturadas¹ que visavam conhecer a dependência do calor sensível com parâmetros relevantes ao objeto de estudo, a saber, a massa, a variação de temperatura e o calor específico. Estes parâmetros foram apresentados aos estudantes através de discussões relacionadas a fenômenos do cotidiano destes. Com base nestas discussões, os professores da disciplina em conjunto com os estudantes propuseram para a quantidade de calor uma expressão da forma $Q = m^x c_e^y \Delta T^z$, onde Q representa o calor sensível (entregue ao sistema), m a massa, c_e o calor específico e ΔT a variação de temperatura.

Os estudantes realizaram a série de experiências como se segue:

1ª Experiência: dependência do calor sensível com a massa

Neste experimento, os estudantes utilizaram três amostras de água com diferentes massas e as aqueceram de forma que todas tivessem a mesma variação de temperatura. É importante ressaltar que mantiveram constante a chama do bico de Bunsen durante toda esta experiência. Foram medidos os tempos de aquecimento para que cada amostra atingisse a variação de temperatura desejada. De posse dos dados, confeccionaram o gráfico tempo de aquecimento *versus* massa, utilizando o programa *Origin* da empresa *Microcal*.

2ª Experiência: dependência do calor sensível com a variação de temperatura

Para verificar a dependência do calor entregue ao sistema com a variação de temperatura do mesmo, os alunos se utilizaram de uma mesma massa de água e mediram o intervalo de tempo para que a amostra sofresse determinadas variações de temperatura. Novamente, a chama do bico de Bunsen foi mantida constante durante o experimento. Construiu-se, então, o gráfico tempo de aquecimento *versus* variação de temperatura.

3ª Experiência: dependência do calor sensível com o calor específico

Neste experimento, deve-se variar o calor específico, mantendo-se constantes a massa e a variação de temperatura. Para tanto, os alunos utilizaram três substâncias diferentes, cujos calores específicos foram obtidos através da literatura. Tendo-se fixado a variação de temperatura desejada, as amostras foram aquecidas utilizando-se uma chama, constante, de um bico de Bunsen. Os tempos de aquecimento foram anotados e o gráfico tempo de aquecimento *versus* calor específico foi confeccionado.

Análises

A seguir apresentamos os gráficos confeccionados a partir dos dados experimentais obtidos por um dos grupos envolvidos. Observa-se que o grupo conseguiu mostrar a dependência linear do tempo de aquecimento, que está relacionado com o calor entregue ao sistema, com a massa (Fig. 2), variação de temperatura (Fig. 3) e calor específico (Fig. 4).

Estes resultados nos indicam que os estudantes adquiriram habilidades no uso do instrumental de laboratório e dos procedimentos de cada experimento. Cabe ressaltar que resultados similares foram obtidos pelos outros grupos.

No entanto, na interpretação dos gráficos, somente um grupo em cada turma, em que foi aplicado o projeto, apresentou menos dificuldades. Uma destas foi: como dito anteriormente a chama do bico de Bunsen foi mantida constante em cada experimento, de forma que poderíamos dizer que o calor entregue era diretamente proporcional ao tempo de aquecimento, fato não compreendido pela maioria dos alunos mesmo após discussões sobre o assunto.

¹ Definimos método semi-estruturado como intermediário dos métodos estruturado e não estruturado (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983).

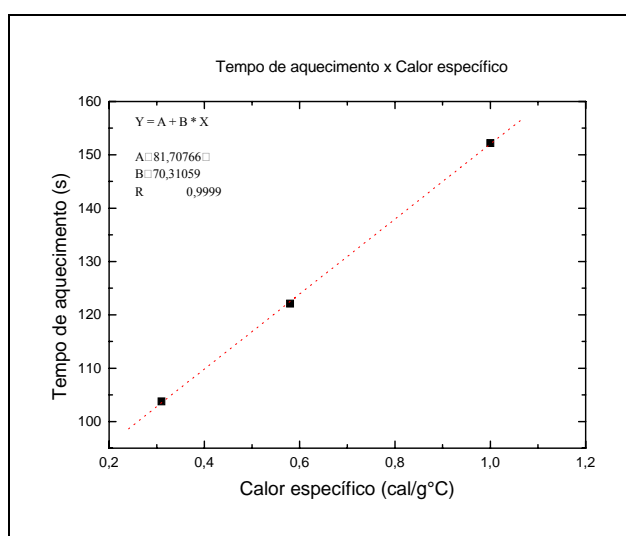
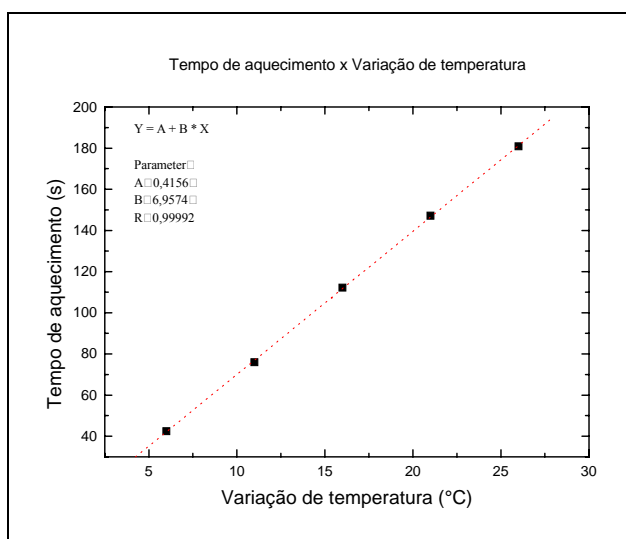
Outra dificuldade está relacionada ao conceito de grandezas diretamente proporcionais, por exemplo, o tempo de aquecimento com a massa do sistema, com a variação de temperatura e com o calor específico. A argumentação dos estudantes foi, em geral, “que a massa maior precisa de mais tempo de aquecimento, enquanto que a massa menor precisa de menos tempo”, de forma que na leitura deles não é explícita a dependência linear entre as grandezas envolvidas. Isto pode ser devido a dificuldades de expressão oral e escrita ou falta de domínio da linguagem matemática formal.

Com o auxílio do professor, os estudantes conseguiam entender os conceitos de calor e temperatura e a dependência do calor sensível com suas variáveis. Porém quando solicitados em outros momentos a definir estes mesmos conceitos, a maioria dos alunos não se expressava de forma coerente.

Estas dificuldades na comunicação dos alunos foram identificadas nas duas turmas, tanto oralmente em sala de aula, quanto nas avaliações escritas e conclusões dos relatórios.

Conclusões

Atividades a serem desenvolvidas: maior enfoque na questão da comunicação (escrita e oral). Para isto estaremos interagindo com um professor de Língua Portuguesa.



Referências

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983. 117 p.

ATUALIZAÇÃO DA PESQUISA EM RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: INFORMAÇÕES RELEVANTES PARA O ENSINO DE FÍSICA

Sayonara Salvador Cabral da Costa [sayonara@puccrs.br]

Faculdade de Física – PUCRS – Caixa Postal, 1429.

Campus Central, 90619-900, Porto Alegre, RS – Brasil.

Marco Antonio Moreira (moreira@if.ufrgs.br)

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Resumo

Apresenta-se uma análise de um levantamento bibliográfico de artigos publicados sobre investigações em resolução de problemas, entre 1995 e 2004, abrangendo periódicos tradicionais em publicação de pesquisa nas áreas de ciências e matemática. Os resultados desta análise identificam vários fatores cognitivos, metodológicos e estratégicos que devem ser conhecidos tanto por professores em serviço, como em formação.

Palavras-chave: revisão bibliográfica; resolução de problemas; ensino de ciências e matemática.

Introdução

As atividades de resolução de problemas constituem-se em uma das áreas mais investigadas quando se fala em pesquisa em ensino de Ciências e Matemática, seja pela reconhecida importância que assume nestes domínios do conhecimento, envolvendo funções mentais superiores, como, também, pelas dificuldades que os indivíduos, em geral, demonstram ao realizá-las.

Em função de ambos os aspectos, foi realizado um levantamento, dentro de um projeto maior, de pesquisas em resolução de problemas (R.P.) em alguns dos periódicos mais importantes de divulgação de pesquisa em ensino, e nos períodos indicados a seguir: *Journal of Research in Science Teaching* (1995-2004), *International Journal of Science Education* (1995-2004), *Science Education* (1995-2004), *Enseñanza de las Ciencias* (1995-2004), *Investigações em Ensino de Ciências* (1996-2004), *Cognition and Instruction* (1995-2004), *Learning and Instruction* (1998-2004), *Research in Science & Technological Education* (1997-2004), *Revista Brasileira de Ensino de Física* (1995-2004), *Caderno Catarinense de Ensino de Física* (1995-2001), *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (2002-2004), *Revista de Enseñanza de la Física* (1995-2001), *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências* (2001-2002), *Physics Education* (1995-1998; 2001-2004) e *American Journal of Physics* (1995-2004). Além desses, outros periódicos e obras foram consultadas para gerar as informações, que serão analisadas neste documento.

Os trabalhos (N = 201) foram classificados segundo quatro categorias que já haviam sido utilizadas pelos autores em trabalhos anteriores: 1) *trabalhos que relacionam e diferenciam a tarefa de R.P., feita por novatos e especialistas*; 2) *trabalhos que, de alguma maneira, propõem uma metodologia didática em R.P.*; 3) *trabalhos que enfocam fatores que influenciam na R.P.*; 4) *trabalhos que se ocupam de estratégias para R.P.*

Urge ressaltar que estas categorias mantêm a característica de não serem mutuamente exclusivas, havendo artigos que podem se enquadrar em mais de uma.

Optou-se por analisar em cada trabalho: I) identificação do(s) autor(es), área de conhecimento enfocada, país de origem dos autores e ano de publicação; II) objetivo(s) do artigo; III) base teórica; IV) sujeitos envolvidos no trabalho; V) metodologia e fatores investigados; VI) conclusões e fatores relevantes.

Nesta oportunidade, enfatizar-se-á os resultados obtidos com alguns destes itens, que poderão servir de referência para o trabalho diário do professor de ciências e de matemática.

Trabalhos que relacionam e diferenciam a tarefa de R.P., feita por novatos e especialistas

Estudos comparando *diferenças entre novatos* (geralmente estudantes) e *especialistas* (geralmente um professor ou profissional em área específica) em R.P. representaram apenas 2,5% (N = 5) do total de 201 trabalhos coletados. Comparando com o levantamento anterior (entre, aproximadamente, 1980 a 1994), no qual foram encontrados cerca de 21% (N = 31) do total de 149 trabalhos, percebe-se uma diminuição acentuada, que, supostamente, poder-se-ia atribuir ao esgotamento do enfoque na identificação das diferenças manifestadas por novatos e especialistas em seus desempenhos.

Como metodologia de pesquisa, foram utilizados protocolos verbais, testes de papel e lápis específicos para testar habilidades e programas de computador.

As diferenças entre novatos e especialistas, quando executam tarefas de resolução de problemas, cujos primeiros estudos foram liderados por Larkin (1979; 1981) e Chi et al. (1981), igualmente fundamentados na teoria do Processamento da Informação (Newell e Simon, 1972; Anderson, 1983), continuam a desempenhar um papel fundamental na pesquisa em R.P., não mais tanto para detectar diferenças entre eles, mas como base de referência na busca de aproximar o comportamento de um novato ao de um especialista. Isto pôde ser verificado em muitos dos trabalhos que foram classificados nas outras categorias.

Os resultados dos cinco trabalhos de pesquisa, em geral, reforçam o modelo de representação do conhecimento de Newell & Simon (1972), especificamente, as regras de produção (regras se-então): para desempenhar uma determinada tarefa ou usar uma habilidade específica, a representação do conhecimento envolve um conjunto de regras (produções). Às vezes, conforme VanLehn, (1990, apud Sternberg, 2000, p. 189), as representações humanas do conhecimento podem conter algumas falhas (“bugs”) ocasionais nas instruções para as condições ou para a execução das ações. Da mesma forma, John R. Anderson (1983), com seu modelo integrativo do conhecimento declarativo (“memória declarativa”), do conhecimento procedimental (“memória de produção”) e da memória de trabalho, ou conhecimento ativado disponível para o processamento cognitivo, de capacidade limitada (ACT* ou “Adaptive Control of Thought”), continua sendo referência teórica de trabalhos envolvendo diferenças entre desempenhos de novatos e especialistas. Apenas um resultado, em um dos trabalhos (Eteläpelto, 2000), sugere uma certa contradição com as teorias recém expostas, nas quais a informação seria manejada através de uma seqüência linear de operações, sujeitando o desenvolvimento das habilidades com a aquisição do conhecimento estratégico e contextual.

Dos trabalhos incluídos nas demais categorias, quatro (Sutherland, 2002; Buteler et al., 2001; Bolton et al., 1997; Touger et al., 1995) apresentam como fundamentação teórica os estudos sobre as diferenças entre novatos e especialistas.

Como conclusão sobre os trabalhos que destacam as diferenças entre os desempenhos de novatos e especialistas, poder-se-ia destacar a necessidade, que os novatos manifestam, de receberem instruções que lhes permitam desenvolver habilidades, sob a mediação de um processo de compreensão e valoração do material a que são expostos. Neste sentido, é fundamental o papel do conteúdo específico ou, como diria Gérard Vergnaud (1990), do campo conceitual deste domínio, para promover progressos no desempenho dos novatos, tanto na resolução de problemas algorítmicos quanto conceituais.

Trabalhos que propõem uma metodologia didática em resolução de problemas

Os trabalhos anteriormente mencionados, que tratam da diferença de desempenho de especialistas e novatos em situações de resolução de problemas, naturalmente, conduzem a questões do tipo: *como aproximar o comportamento do novato ao do especialista?*

As metodologias didáticas tradicionais para a resolução de problemas retratam o que tem sido feito nos cursos de Ciências e Matemática: de forma cíclica, apresenta-se um conteúdo novo, mostra-se, por exemplificação como ele pode ser usado para resolver problemas e propõe-se aos alunos problemas semelhantes (Neto, 1998).

Para aumentar ainda mais este quadro desalentador, em geral, são-lhes propostos quebra-cabeças com pouco e, muitas vezes, nenhum compromisso com o desenvolvimento da originalidade, criatividade ou pensamento crítico.

Ainda que alguns professores enveredem por caminhos mais propícios à aprendizagem, Garrett (1988) adverte sobre a influência subliminar do currículo oculto, no qual os problemas têm sempre solução, há um só caminho para resolvê-los (o método científico, entre outras visões distorcidas), que podem causar efeitos profundos na atitude dos alunos para com a ciência.

Nesta seleção, foram incluídos os trabalhos que propõem e analisam e avaliam metodologias e tipos de problemas que são usados em instrumentos de avaliação da aprendizagem, totalizando 66 trabalhos, que correspondem à 33% do total pesquisado.

Quanto à fundamentação teórica destes trabalhos, pôde-se observar que, em 50% deles (N = 33), os autores, invariavelmente, citam outros autores e trabalhos diversos, cujos temas relacionam-se com aquele que é discutido, ou apresentam praticamente uma revisão da literatura. Quando efetivamente os trabalhos definiram seus referenciais teóricos, prevaleceu a modelagem relacionada com as teorias de representação (Wells, Hestenes e Swackhamer, 1995), envolvendo a metacognição (Campanário, 2000; Chiu, Chou e Liu, 2002), a interlocução e a dialética (Sousa e Fávero, 2002), totalizando 17 trabalhos. Os outros 16 identificaram-se com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Araújo, Veit, Moreira, 2004) e seus colaboradores, Novak, Hanesian e Gowin (Bagno e Eylon, 1997), além de outras teorias construtivistas baseadas em Piaget e Garcia (Laburu, 2003b), Vygotsky (Ainsworth, Wood e O'Malley, 1998), Vergnaud (Fávero e Sousa, 2001), e também incluindo autores da história e filosofia da Ciência, como Koyré (Laburu, 2003b), Kuhn e Lakatos (Varela Nieto e Martínez Aznar, 1997). Neste grupo, a proposta de Gil Pérez e colaboradores (Becerra Labra, Gras-Martí e Martínez-Torregrosa, 2004), com respeito à resolução de problemas ser tratada como investigação, mereceu um destaque especial (N = 7).

Foram 32 trabalhos, com estudantes e 2, com professores do Ensino Médio; em seguida, o ensino universitário foi contemplado com 17 trabalhos, com estudantes, mais 2, com professores. Com o Ensino Fundamental foram desenvolvidos 9 trabalhos, com alunos e 2, com professores. Finalmente, dois dos trabalhos apresentaram indivíduos em situações profissionais.

Com relação aos temas enfocados nos artigos, reunimo-los em quatro grandes grupos:

- proposta de modelagem, ou seja, descrição representacional (por exemplo, a modelagem esquemática (em Halloun, 1996), privilegiando a estrutura dialético-construtiva, fazendo uso da interlocução, inquirição (Luft, 1999), construção de analogias (Clement, 1998) , para prover uma resolução de problemas combinada com a compreensão conceitual e procedimental; utilização de ferramentas metacognitivas, como mapas conceituais (Gangoso, 1997) e diagramas Vê (Escudero, 1995) – (N = 24);
- proposta de metodologias baseadas em resolução de problemas ou “Problem-based Learning” – “PBL” (van Kampen et al., 2004) onde foram incluídas metodologias que utilizam ambientes computacionais (Reif e Scott, 1999), protocolos de resolução de

- problemas (Botton, Keynes e Ross, 1997), simulações (Monaghan e Clement, 1999), atividades de laboratório (Laburu, 2003b), modelos de resolução de problemas, como o “SSCS” Procure-Resolva-Crie-Compartilhe ou “Search-Solve-Create-Share” (Luft, 1999), e a R.P. tratada como investigação (Gil Pérez e Castro, 1997), ou a baseada em análise (Stark et al., 2002) – (N = 23);
- avaliação do ensino de R.P., incluindo a avaliação da própria atividade (Nigro, 1995), por parte dos alunos que a praticam (Capon e Kuhn, 2004) e do professor que a propõe (Perren, Bottani e Odetti, 2004) e avalia o seu resultado, além do uso das respostas para diagnosticar dificuldades de aprendizagem dos alunos (Dufresne, Leonard e Gerace, 2002) – (N = 10);
 - proposta de atividades específicas de resolução de problemas, envolvendo formatos diferenciados (Lin e Lehman, 1999), diferentes soluções de um mesmo problema (Stewart e Rudolph, 2001), classificações de problemas (Medeiros, 2001), problemas “reais” e problemas desafiadores (Aczel e Solomon 1999), – (N = 9).

A metodologia de pesquisa que foi empregada dividiu-se, de forma mais ou menos equilibrada, em análise quantitativa e qualitativa, sendo que, em alguns trabalhos, ambas foram utilizadas. A análise quantitativa foi realizada sobre resultados de testes impressos, preferencialmente de conteúdo específico, mas também de habilidades cognitivas em geral; a análise qualitativa, na maioria dos casos, valeu-se de entrevistas, protocolos verbais de resolução de problemas – típicos, abertos, “reais” – alguns promovidos por meio de ambientes computacionais ou mesmo impressos.

Uma síntese dos *fatores relevantes/resultados* destes trabalhos destaca a necessidade de o professor integrar uma mudança da prática docente com a proposta de resolução de problemas aos alunos: interrelacionar situações-problema com o crescimento conceitual e de habilidades de procedimentos.

Ainda que o professor domine o conteúdo que pretende desenvolver com seus alunos, a competência de seu ensino estará comprometida com o fato de ele conhecer ou não as concepções prévias de seus alunos e as dificuldades que eles enfrentam em virtude do distanciamento entre os “esquemas” requeridos e os que eles dispõem; a prática única de “exercícios de fixação”, concebidos como problemas-tipo, não favorece a aprendizagem significativa, ainda mais porque, muitas vezes, estes problemas não são realmente ensinados, mas são mostradas as soluções já feitas.

Cada atitude ou proposta do professor não pode prescindir da sua respectiva avaliação; esta deve ser contínua. Por exemplo, prover múltiplas visões para resolver problemas de Física, pode promover a habilidade de resolver problemas ou incentivar a reflexão em alguns grupos, mas, por outro lado, outros grupos podem mostrar-se inaptos para abordar diferentes aspectos de um mesmo problema, ou mesmo de visualizar caminhos diferentes de aprender Física.

As dificuldades manifestadas pelos alunos na resolução de problemas científicos, do tipo *ajuste de dados ou conceituais* parecem ser análogas; a responsabilidade do professor, como guia na tarefa de resolver problemas, dá-lhe subsídio para agir de forma gradativa, favorecendo a produção autônoma dos alunos e intervindo nas atividades de iniciação, relacionando motivação e concepções prévias, nas atividades de construção e manejo, durante a fase de desenvolvimento do problema, e, de síntese, avaliando a aprendizagem e explicitando novos problemas.

Para promover mudanças cognitivas e de atitude frente a uma situação-problema, os resultados dos artigos recomendam que os professores devem:

- admitir que a dificuldade faz parte do processo de aprendizagem;
- encorajar que os alunos expliquem o problema, idéias e ações e externalizem as não-compreensões – sem esquecer que isso requer tempo;

- propor-lhes situações abertas ou combinações de experiências sociais (discussão – verbalização) e tarefas (modelagem – realimentação);
- abordar, de forma incisiva, fatores metacognitivos de análise da tarefa.

Como conclusão sobre os trabalhos envolvendo metodologias didáticas para a resolução de problemas poder-se-ia acrescentar que esta atualização da revisão da literatura, em relação à realizada no período de 1980 a 1994, onde foram incluídos 37 artigos, apresentou como diferença significativa um número relativamente expressivo de metodologias envolvendo a modelagem mental por meio de atividades de R.P. Os resultados de pesquisa parecem ser favorecidos quando o professor provê situações diferenciadas de R.P., incentiva a interlocução, o debate de idéias, permitindo que sejam explicitadas as concepções prévias e epistemológicas dos alunos e usa a avaliação como instrumento metacognitivo. A principal mensagem parece ser a de conscientizar o professor da sua responsabilidade ao escolher situações-problemas que permitam um desenvolvimento integral do aluno, no que diz respeito à aprendizagem de forma significativa de conceitos, leis e princípios, além de habilidades e capacidades inerentes ao conhecimento do domínio enfocado. A atualização do professor, em relação às pesquisas nessa área, é tão importante quanto dominar o conteúdo com que vai trabalhar com seus alunos.

Trabalhos que enfocam fatores que influenciam na resolução de problemas

Nesta categoria, como no estudo prévio, foi registrada uma concentração maior de trabalhos: 83, correspondendo a 43,3% do total – na pesquisa realizada no período 1980-1994, 38, 2% incluíam-se nesta categoria (N = 57).

Quanto aos temas desenvolvidos pelos autores, reunimo-los em três grandes grupos, ainda que esta seleção não seja rígida, pois alguns trabalhos poderiam pertencer a dois ou mais destes grupos:

- investigações acerca das dificuldades dos alunos referentes à modelar situações em tarefas de resolução de problemas, desde a representação do enunciado do problema, passando pela análise sintática e semântica de compreensão do conteúdo enfocado – envolvendo as concepções dos indivíduos em relação a este conteúdo, o contexto da tarefa, entre outros temas relacionados (N = 39);
- identificação e avaliação dos procedimentos que são usados no processo de resolução de problema, relacionados com o tipo de tarefa (por exemplo, papel e lápis, experimental), as concepções dos alunos e professores sobre a atividade – aspectos epistemológicos e curriculares – classificação e seleção de problemas (quantitativos, qualitativos, etc.), papel dos problemas exemplares resolvidos, dos isomórficos, interesse *versus* compreensão, entre outros (N = 23);
- avaliação da prática de resolver problemas, desde a comparação entre tipos diferentes, os comumente propostos, os abertos, sem dados numéricos, os de laboratório, os ligados a projetos do cotidiano, algorítmicos, conceituais, com ou sem representação pictórica, históricos, envolvendo contexto (individuais, grupais), refletindo teorias sobre a memória, sobre as concepções alternativas e mudanças conceituais (N = 21).

Com respeito à base teórica, novamente encontrou-se um número significativo de trabalhos (N = 30) que apenas citam vários autores, cujos trabalhos têm relação com o tema que é discutido; outros (N = 9) apresentam uma revisão da literatura. Entre aqueles que definem explicitamente o domínio teórico, prevalece a teoria do processamento da informação (N = 30), na qual se incluem estudos sobre modelos mentais – aqui a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird se destaca com cinco trabalhos – representações mentais em geral (Halloun, diSessa, Nathan, Kintsch, Zhang), modelos neopiagetianos (Pascual-Leone), diferenças entre novatos e especialistas (Chi, Larkin, Clement), Completam a lista os trabalhos correspondentes à teoria dos campos conceituais de Vergnaud (N = 3), à zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky (N = 4) e à epistemologia

genética de Piaget (N = 2), à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak (N =2), entre outros. Apenas um trabalho deixou de apresentar este item.

Quanto aos sujeitos envolvidos nas pesquisas, 46% provinham do Ensino Médio (N = 40), 30% eram universitários (N = 26) e 21% com o Nível Fundamental (N =18). Neste cálculo incluem-se trabalhos envolvendo mais de um nível de escolaridade; em alguns (N = 4), não houve citação sobre eles.

Em termos de metodologias empregadas, a análise qualitativa foi a preferida (N = 56), comparando-se com a quantitativa (N = 39); em alguns trabalhos ambas foram utilizadas. Os documentos usados nas análises foram principalmente problemas de papel e lápis (37), incluindo-se testes específicos (9) – de lógica, por exemplo, questionários (13), mapas conceituais (4), análise de enunciados de problemas (1) e de revisão bibliográfica (3). Outras fontes de dados foram os protocolos verbais (13), entrevistas semi-estruturadas (14), ambientes computacionais (4), atividades experimentais (4), relatórios (2), tarefas em grupos (3) e projetos (1),

Quanto aos *resultados e fatores relevantes* destes trabalhos, reunimo-los em quatro conjuntos. O primeiro deles reflete o *status* da tarefa do ponto de vista de quem a realiza:

- os próprios alunos manifestaram opiniões negativas em relação à prática usual de R.P. (Macías e Maturano, 1997); para os de menor rendimento, a atividade reflete “fazer contas”, para os de melhor rendimento, “aplicar fórmulas” (Escudero e Flores, 1996), como um “quebra-cabeça” nem sempre com significado para eles (Costa e Moreira, 2002);
- os próprios alunos reconhecem dificuldades de compreensão do enunciado (em problemas de papel e lápis), carências de conhecimento para aplicar teorias ou estratégias, falta de interesse na atividade, falta de confiança em si mesmos e excessiva exigência dos professores (Oñorbe de Torre, Sánchez e Jiménez, 1996a);
- O segundo conjunto manifesta necessidade de mudanças pedagógicas e metodológicas da parte do professor ao propor atividades de R.P., sintetizadas a seguir:
- lidar com os modelos mentais individuais dos alunos é um processo que exige tempo (Lemeignan e Weil-Barais, 1994); por isso, é preciso prover variedade de situações exigindo abordagem conceitual diversificada (Ferguson e Hegarty, 1995);
- oportunizar a explicitação das concepções (p. ex., conhecimentos-em-ação) que permitam intervenção e interação, à procura de identificação de conexão lógica entre informação disponível e concepção dos alunos (Escudero e Moreira, 2002; Guisasola et al., 2003; Sousa e Fávero, 2002); propor problemas que vão além de reproduzir procedimentos, que permitam que os alunos revisem seus modelos (Langois et al., 1995);
- estar consciente de que a instrução de como resolver problemas deve privilegiar a aprendizagem da natureza dinâmica e cíclica da atividade de R.P. e sua relação com o ensino-aprendizagem (Cobo Lozano, 1996); a atividade de R.P. não é uma atividade monolítica (Reid e Yang, 2002b);
- atentar para crenças epistemológicas que afetam disposições para práticas metacognitivas que relacionam conteúdos e técnicas, e não “chunks” de materiais não relacionados (Elby, 2001);
- enfatizar resolução mais explícita e verbalizada e o papel do professor como interventor das dificuldades manifestadas (Neto e Valente, 2001; Reigosa e Jiménez, 2001);
- promover ferramentas de organização do conteúdo que podem facilitar o resgate de informações para tarefas de R.P. (Moreira e Pinto, 2003);
- desenvolver habilidades gerais e de domínio específico (Gómez, Pozo e Sanz, 1995); para estas últimas, estar atento à estrutura causal dos alunos e às implicações para o conhecimento específico (Oliva, 1999).

O terceiro conjunto apresenta os fatores propriamente ditos apresentados, que representam os obstáculos para a realização plena da tarefa, resumidos a seguir:

- alunos têm dificuldades em explicações hierarquizadas – as mais usadas são as intuitivas (Touger et al., 1995) ou as teleológicas – os fins das situações são usadas como agentes causais para determinar os meios (Southerland et al., 2001);
- a não formação de modelos mentais reflete-se na organização conceitual mais incipiente e R.P. por tentativa-e-erro, justificando a diferença entre novatos e especialistas (Greca e Moreira, 1997); a modelagem exige representação mental de vários tipos de conhecimento ou esquemas sobre a atividade de R.P. (Izsák, 2004; Cavallo, 1996);
- as concepções alternativas fortalecem-se com contextos implícitos relacionados com experiências pessoais (Palmer, 1997); dados apontam para a existência de uma organização estrutural nada simples: uma verdadeira rede hierárquica onde certas estruturas encaixam com outras, com uma ordem que compreende uma variada amplitude de generalidade (Oliva, 1999);
- apesar de os alunos recuperarem leis e princípios em situações problemáticas, não conseguem aplicá-los à situação específica (Coleoni et al., 2001); esta dificuldade pode estar associada à organização do conhecimento em “ilhas” com pouca relação entre si (Reid e Yan, 2002a);
- necessidade de explicar representa grande dificuldade: estudantes com melhor desempenho usam mais estratégias de equações e menos abordagens não sistemáticas (Sebrechts et al., 1996);
- com crianças, as dificuldades manifestadas em “histórias matemáticas”, são atribuídas às complexidades lingüísticas e conceituais; são as palavras chaves que muitas vezes determinam sua resolução exitosa, não a compreensão das mesmas (Fuson e Carroll, 1996); número elevado de conceitos podem sobrecarregar a memória de trabalho (Leblanc e Weber-Russell, 1996);
- reestruturação conceitual está relacionada com muitas variáveis externas, desenvolvidas por meio de processo social e cultural (Vosniadou e Ioannides, 1998);
- nível de desenvolvimento, capacidade funcional mental e habilidades cognitivas refletem bom desempenho em R.P., ao lado de procedimentos hipotético/dedutivo (Niaz, 1996); mesmo problemas com baixo processamento da informação pode ser difícil para alguns alunos; combinado com complexidade lógica crescente, pode tornar-se impraticável (Tsarpalis et al., 1998);
- “erros racionais” apresentados pelos alunos não são causados pelos exemplos resolvidos a que foram expostos (teoria da indução), mas ao conhecimento incompleto que gera generalizações inadequadas (Bem-Zeev, 1995).

O último conjunto trata dos problemas que são propostos, das dificuldades investigadas e sugestões de melhorias na sua apresentação:

- problemas com dados e temas do cotidiano, favorecem a representação (Buteler et al., 2001); dependendo da apresentação de um problema – com gráficos, desenho – os alunos vêem-no como problemas diferentes (Gangoso e Buteler, 2001);
- testes de escolha múltipla ensejam que alunos escolham respostas corretas usando raciocínio errado. Urge combiná-los com respostas abertas que permitam explorar padrões de respostas (Voska e Heikkinen, 2000);
- problemas algorítmicos com baixo processamento da informação podem ser resolvidos facilmente sem que sejam entendidos os conceitos subjacentes (Boujaoude et al., 2004);
- Problemas bem estruturados e mal estruturados (abertos) exigem habilidades diferentes: o conhecimento do domínio e de habilidades de justificativa dão conta dos primeiros; para os últimos ainda são necessárias atitudes científicas e regulação da cognição. (Shin et al., 2003).

Para concluir, novamente relacionando com a pesquisa anterior, pode-se concluir que a novidade nas investigações é o número expressivo de trabalhos na área de identificação das representações dos alunos, refletindo-se na necessidade de os professores levarem-nas em consideração também nas situações de resolução de problemas. Há muito ainda para ser investigado sobre as diversas dificuldades que os alunos enfrentam nas tarefas que lhes são propostas, mas se estas tarefas e suas resoluções representam instrumentos válidos e eficazes para promover o processo de ensino-aprendizagem, as propostas para os professores, de Ayuso, Banet e Abellán (1996) resumem o nosso pensamento:

- i) apresentem problemas “verdadeiros” que evitem a manipulação exclusiva de dados;
- ii) proponham situações que tenham significado para seus alunos;
- iii) aumentem gradativamente a complexidade das situações-problema;
- iv) proponham tarefas que ensejem discussões entre pares;
- v) questionem critérios que relacionem a solução exitosa do problema com a aprendizagem.

Trabalhos que tratam de estratégias em resolução de problemas

Nesta última categoria foram incluídos 47 trabalhos que apresentam estratégias de resolução de problemas, manifestadas por alunos e professores ou propostas por professores e especialistas nas áreas enfocadas, representando 23,4% do total, contra os 19% (N = 28) da pesquisa anterior.

Nestes trabalhos, os objetivos variaram entre: i) propostas de modelos de estratégias por parte de especialistas, entre eles, professores e técnicos, incluindo reflexões sobre a atividade de resolver problemas (N = 25); ii) investigação e análise de diferentes estratégias de resolução de problemas, manifestados por estudantes e professores de diversos níveis escolares (N = 22).

Quanto ao embasamento teórico, foi novamente detectada a tendência de apenas citar autores cujos artigos relacionam-se com o tema enfocado, ou apresentar uma breve revisão bibliográfica (N = 19). Nos demais, prevaleceu a teoria do processamento da informação (N = 19), por meio de diversos representantes (p. ex., Chi et al., 1989; Kintsy, 1983; 1998, Pascual-Leone, 1978), destacando-se a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983), seguida de propostas heurísticas de resolução de problemas como as de Polya (1945, 1995) – N = 4, e de Gil Pérez e colaboradores (1983) – N = 2. Além disso, dois trabalhos foram subsidiados pelas contribuições de Piaget (1945; citado em Parrat-Dayán, 1998) e um pela teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1993).

As estratégias propostas e analisadas nestes trabalhos envolveram estudantes do ensino médio (N = 18) e professores do mesmo nível (N = 3), estudantes universitários (N = 18), estudantes de pós-graduação (N = 3) e professores universitários (N = 2), estudantes do ensino fundamental (N = 6), especialistas e profissionais (N = 3). Alguns dos trabalhos investigaram mais de um destes grupos. Apenas quatro deles não apresentaram este item.

No tocante à metodologia, a análise qualitativa (N = 31) prevaleceu sobre a quantitativa (N = 6). Alguns trabalhos (N = 7) apresentaram as duas análises, outros, nenhuma (N = 3). Nas técnicas empregadas, foram encontradas: i) propostas ou sugestões de modelos de estratégias para a resolução de problemas, incluindo análise e classificação de problemas resolvidos (N = 13); ii) uso de entrevistas – semi-estruturadas, clínicas (piagetianas), “teachback” (N = 13); iii) protocolos verbais de resolução de problemas (N = 7); iv) estratégias assistidas por computadores (N = 5); v) análises de exames habituais, de resolução de problemas de papel e lápis e questionários de opinião para professores e alunos (N = 5); vi) notas de campo individuais e grupais (N = 4).

A análise dos resultados obtidos, neste conjunto de artigos sobre estratégias de R.P., aponta para algumas regularidades que serão descritas a seguir:

- em geral, problemas resolvidos em livros de texto, privilegiam uma apresentação fechada da situação-problema, na qual certos processos básicos da concepção científica de resolver problemas são ignorados ou não são explicitados; é necessário combater a idéia tradicional de que resolver problemas é compartilhar a resposta com o professor ou livro de texto.
- se resolver problemas é, antes de tudo, usar o raciocínio provocado pela busca de uma solução, as estratégias estão subordinadas ao conhecimento prévio e formas de esquemas do conhecimento organizados; neste caso, as principais dificuldades de resolver problemas bem estruturados (como os de papel e lápis, geralmente propostos em livros de texto) são: falta de compreensão dos conceitos envolvidos e conhecimentos necessários, tanto conceituais como procedimentais; sem a construção de uma representação interna para cada situação problemática proposta, fica difícil para o aluno atribuir significado para a tarefa, tanto conceitual como metodológico;
- estratégias de resolução de problemas efetivas em sala de aula requerem contribuições diferenciadas para alunos e professores: os primeiros perguntam, manifestam dúvidas e suas concepções durante a tarefa; os últimos propõem, questionam, sugerem, orientam e geram conclusões conjuntas que favoreçam o aprofundamento e a organização dos procedimentos;
- a atitude do professor é parte fundamental no processo de aprendizagem: em grande escala, as explicações dos professores são responsáveis pelas concepções inadequadas dos alunos; na escolha de situações-problemas diversificadas, que favoreçam a capacidade argumentativa quando a tarefa é grupal, a autonomia, em tarefas individuais, a persistência na busca de soluções criativas, embasadas na compreensão de conceitos e procedimentos relacionados; na proposta de problemas reais, de compreensão funcional, ou em problemas abertos, com resolução em grupos ou valorização da reflexão individual (auto-explicações e metacognição);
- geralmente, instrução de estratégias gerais só se mostram efetivas para o bom desempenho em R.P. se combinadas com situações específicas que facilitem a sua compreensão e permitam uma avaliação reflexiva; o raciocínio competente depende de base de conhecimentos mais rica e diversa que inclui muitas estratégias específicas; finalmente, a prática conduz ao aperfeiçoamento;
- o ensino de estratégias de resolução de problemas e seu complexo envolvimento na produção do conhecimento, exige uma ênfase que deve incluir dimensões epistemológicas, subjetivas, culturais e objetivas;
- os professores podem monitorar as estratégias (conhecimentos-em-ação) dos alunos por meio de problemas de papel e lápis de múltipla escolha, ou textos com controvérsias; nestes casos, a técnica dos protocolos verbais é a recomendada;
- sugestões de estratégias facilitadoras para alunos: i) representar a situação proposta (explicitando o modelo mental): verbalmente (auto-explicação ou para o grupo de trabalho), ou por meio de desenhos – visualização sob diferentes pontos de vista; ii) identificar condições limitadoras (condições de contorno) e suas relações com aspectos do conteúdo – procurar situações isomórficas; ; iii) articular possibilidades de resolução, trabalhando inclusive “para trás”; iv) conjecturar e provar; v) usar raciocínio dedutivo/indutivo – análise de relações inferenciais, por exemplo, cuidados na interpretação da linguagem natural (ambígua) para “se...então”; vi) usar aproximações; determinar condições necessárias e suficientes; vii) analisar os resultados e casos limites; viii) praticar a auto-explicação e a metacognição.
- sugestões de estratégias para professores facilitarem a R.P.: i) atenção no papel de modelo de comportamento e treinador; ii) explicitar que, muitas vezes, um problema tem várias soluções, outras, não há solução; iii) insistir em mais conteúdos nem sempre é o caminho para uma resolução adequada; iv) o professor não é infalível; v) os alunos necessitam de tempo e prática para pensar e usar estratégias que venham facilitar o processo.

Para concluir a análise dos trabalhos que trataram de estratégias para a resolução de problemas, cabe salientar que a única diferença sensível que foi registrada nesta atualização bibliográfica foi a relevância atribuída na construção de modelos mentais como estratégia facilitadora para resolver um problema. Este resultado baseia-se na idéia de que a construção de modelos mentais cada vez mais “robustos” resulta de uma articulação de distintos conceitos e procedimentos que permitem resolução eficiente do problema; portanto, a modelagem conceitual articulada com procedimentos relacionados e coerentes, representa, nesta pesquisa, a estratégia prevalente. Nesse sentido, o acesso às pesquisas e a referenciais teóricos como a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983) e a dos campos conceituais de Vergnaud (1993) configuram-se como uma necessidade para professores interessados em promover condições que facilitem aos alunos uma aprendizagem significativa.

Como comentário final, esperamos que esta atualização da investigação em resolução de problemas possa servir de subsídio para a reflexão e atuação do professor, de Física, especialmente, sobre a prática do seu trabalho com R.P. em sala-de-aula.

Referências

ACZEL, J.; SALOMON, J. Variation and selection in two different problem-solving situations. *Research in Science & Technological Education*, Abingdon, v. 17, n. 2, p. 227-238, Nov. 1999.

AINSWORTH, S.; WOOD, D.; O'MALLEY, C. There is more than one way to solve a problem: evaluation a learning environment that supports the development of children's multiplication skills. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 8, n. 2, p. 141-157, April 1998.

ANDERSON, J.R. *The architecture of cognition*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1983.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A; MOREIRA, M. A. Atividades de Modelagem Computacional no Auxílio à Interpretação de Gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 179-184, abr./jun. 2004.

AYUSO, E.; BANET, E.; ABELLÁN, T. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 14, n. 2, p. 127-142, Junio 1996.

BAGNO, E.; EYLON, B. S. From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. *American Journal of Physics*, New York, v. 65, n. 8, p. 726-736, Aug. 1997.

BECERRA LABRA, C.; GRAS-MARTÍ, A.; MARTÍNEZ -TORREGROSA, J. Análisis de la resolución de problemas de Física secundaria y primer curso universitario en Chile. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 22, n. 2, p. 275-286, Junio 2004.

BEN-ZEEV, T. The Nature and Origin of Rational Errors in Arithmetic Thinking: Introduction from Examples and Prior Knowledge. *Cognitive Science*, New Jersey, v. 19, n. 3, p. 341-376, July-September 1995.

BOLTON, J.; KEYNES, M.; ROSS, S. Developing students' physics problem solving skills. *Physics Education*, Bristol, v. 32, n. 3, p. 176-185, May 1997.

BOUJAOUDE, S.; SALLOUM, S.; ADB-EL-KHALICK, F. Relationships between selective cognitive variables and students' ability to solve chemistry problems. *International Journal of Science Education*, London, v. 26, n. 1, p. 63-84, Jan. 2004.

BUTELER, L.; GANGOSO, Z.; BRINCONES CALVO, I.; GONZÁLES MARTÍNEZ, M. La resolución de problemas en Física y su representación: un estudio en la escuela media. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 19, n. 2, p. 285-295, Junio 2001.

- CAMPANARIO, J. M. El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 18, n. 3, p. 369-380, noviembre 2000.
- CAPON, N.; KUHN, D. What's So Good About Problem-Based Learning. *Cognition and Instruction*, Mahwah, v. 20, n. 1, p. 61-79, 2004.
- CAVALLO, A. M. L. Meaningful Learning, Reasoning Ability and Students' Understanding and Problem Solving of Topics in Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 33, n. 6, p. 625-656, Aug. 1996.
- CHI, M. T. H., GLASER, R., REES, E. Expertise in problem solving. In STERNBERG, R. (Ed.). *Advances in the psychology of human intelligence*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1981, v.1.
- CHIU, M.-H.; CHOU, C.-C.; LIU, C.-J. Dynamic Processes of Conceptual Change: Analysis of Constructing Mental Models of Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 39, n. 8, p. 688-712, October 2002.
- CLEMENT, J.J. Expert novice similarities and instruction using analogies. *International Journal of Science Education*, London, v. 20, n. 10, p. 1271-1286, Dec. 1998.
- COBO LOZANO, P. Análisis de las actuaciones de alumnos de 3º de BUP en la resolución de problemas que comparan áreas de figuras geométricas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 14, n. 2, p. 195-207, Junio 1996.
- COLEONI, E. A.; OTERO, J.C.; GANGOSO, Z.; HAMITY, V.H. La construcción de la Representación en la Resolución de un Problema de Física. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n.3, p. 285-298, dez. 2001.
- CONCARI, S.B.; GIORGI, S.M. Los problemas resueltos en textos universitarios de física. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 18, n. 3, p. 381-390, Noviembre 2000.
- COSTA, S.S.C., MOREIRA, M.A. Resolução de problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.1, n.2, p. 176-192, 1996.
- COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. Resolução de problemas II: propostas de metodologias didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.2, n.1, p. 5-26, 1977a.
- COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. Resolução de problemas III: fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.2, n.2, p. 65-104, 1997b.
- COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. Resolução de problemas IV: estratégias para resolução de problemas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 2, n.3, p. 153-184, 1997c.
- COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. A Resolução de Problemas Como um Tipo Especial de Aprendizagem Significativa. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 263-277, dez. 2001.
- COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. Conhecimentos-em-ação: um Exemplo em Cinemática de um Corpo Rígido. In: MOREIRA, M.A. (Org.) *A teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área*, p. 83-107. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2004. 107 p.
- COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. O Papel da Modelagem Mental dos Enunciados na Resolução de Problemas de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n.1, p. 61-74, março 2002.
- DUFRESNE, R. J.; LEONARD, W. J.; GERACE, W. Making Sense of Students' Answers to Multiple-choice Questions. *Physics Teacher*, Stony Brooks, v. 40, n. 3, p. 174-180, 2002.
- ELBY, A. Helping physics students learn how to learn. *American Journal of Physics*, New York, v. 69, n. 7, p. 554-564, July 2001.

- ESCUADERO, C. Resolución de Problemas en Física: Herramienta para Reorganizar Significados. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.12, n. 2, p. 95-106, ago. 1995.
- ESCUADERO, C.; FLORES, S.G. Resolución de problemas en nivel medio: un cambio cognitivo y social. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.1, n.2, p. 155-175, agosto 1996.
- ESCUADERO, C.; MOREIRA, M. A. Resolución de Problemas de Cinemática en Nivel Medio: Estudio de Algunas Representaciones. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 5-24, set./dez. 2002.
- ETELÄPELTO, A. Contextual and strategic knowledge in the acquisition of design expertise. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 10, n. 2, p. 113-136, April 2000.
- FÁVERO, M.H.; SOUSA, C.M.S.G. A Resolução de Problemas em Física: Revisão de Pesquisa, Análise e Proposta Metodológica. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n.2, p. 143-196, agosto 2001.
- FERGUSON, E.L.; HEGARTY, M. Learning with Real Machines or Diagrams: Application of knowledge to Real- World Problems. *Cognition and Instruction*, Mahwah, v. 13, n. 1, p. 129-160, 1995.
- FUSON, K.C.; CARROLL, W.M.; Levels in Conceptualizing and Solving Addition and Subtraction Compare Word Problems. *Cognition and Instruction*, Mahwah, v. 14, n. 3, p. 345-371, 1996.
- GANGOSO, Z. El Fracaso en los Cursos de Física. El Mapa Conceptual, Una Alternativa para el Análisis. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 17-36, abr. 1997.
- GANGOSO, Z.; BUTELER, L. Diferentes enunciados del mismo Problema: Problemas Diferentes? *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n.3, p. 269-280, dez. 2001.
- GARRETT, R.M. Resolución de problemas y creatividad: Implicaciones para el currículo de ciencias. *Barcelona: Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 3, p. 224-230, 1988.
- GIL PÉREZ, D.; CASTRO, V. La resolución de problemas de Física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de situaciones problemáticas. *Revista de Enseñanza de la Física*, Córdoba, v. 10, n. 2, p. 5-20, Octubre 1997.
- GOMEZ, M.-A.; POZO, J.-J.; SANZ, A. Students' Ideas on Conservation of Matter: Effects of Expertise and Context Variables. *Science Education*, New York, v. 79, n. 1, p. 77-93, Jan. 1995.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. The kinds of mental representations – models, propositions and images – used by college physics student regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, London, v. 19, n. 6, p. 711-724, 1997.
- GUISASOLA, J.A.; CEBERIO, M.G.; ALMUDÍ, J.M.G.; ZUBIMENDI, J.M.H.. El Papel de las Hipótesis y los Razonamientos de los Estudiantes Universitarios en Resolución de Problemas en Física. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n.3, p. 211-226, dez. 2003.
- HALLOUN. I. Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 33, n. 9, p. 1019-1041, Nov. 1996.
- IZSÁK, A. Students' Coordination of Knowledge When Learning to Model Physical Situations. *Cognition and Instruction*, Mahwah, v. 22, n. 1, p. 81-128, 2004.
- JOHNSON-LAIRD, P.N. *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- LABURÚ, C.E. Problemas Abertos e Seus Problemas no Laboratório de Física: uma Alternativa que Passa pelo Discursivo Multivocal e Univocal. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n.3, p. 231-256, dez. 2003b.
- LANGLOIS, F.; GRÉA, J.; VIARD, J. Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 13, n. 2, p. 179-191, Junio 1995.

- LARKIN, J.H. Processing information for effective problem solving. *Engineering Education*, dez. 1979, p. 285-288.
- LARKIN, J.H. Enriching formal knowledge: a model to solve textbook physics problems. In ANDERSON, J.R. (Ed.) *Cognitive skills and their acquisition* (p. 331-333). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1981.
- LEBLANC, M. D.; WEBER-RUSSELL, S. Text Integration and Mathematical Connections: A Computer Model of Arithmetic Word Problem Solving. *Cognitive Science*, New Jersey, v. 20, n. 3, p. 357-407, July-September 1996.
- LEMEIGNAN, G.; WEIL-BARAIS, A. A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*. London, v. 16, n. 1, p. 99-120, Jan./ Feb. 1994.
- LIN, X; LEHMAN, J.D. Supporting Learning of Variables Control in a Computer – Based Biology Environment : Effects of Prompting College Students to Reflect on Their Own Thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 36, n. 7, p. 837-858, Sept. 1999.
- LUFT, J. A. Teachers' Salient Beliefs about a Problem-Solving Demonstration Classroom In-Service Program. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 36, n. 2, p. 141-158, Feb. 1999.
- MACÍAS, A.; MATURANO, C. I. Las estrategias didácticas en clase de Física analizadas desde la perspectiva de los alumnos. *Revista de Enseñanza de la Física*, Córdoba, v. 10, n. 2, p. 21-27, Octubre 1997.
- MEDEIROS, C. F. Modelos mentais e metáforas na resolução de problemas matemáticos verbais. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 7, n. 2, p. 209-234, 2001a.
- MEDEIROS, K. M. O contrato didático e a resolução de problemas matemáticos em sala de aula. *Educação Matemática*, São Paulo, ano 8, n. 9, p. 32-39, Abril 2001b.
- MONAGHAN, J.M.; CLEMENT, J. 1999. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, London, v. 21, n. 9, p. 921-944, Sept. 1999.
- MOREIRA, M.A.; PINTO, A.O. Dificuldades dos Alunos na Aprendizagem da Lei de Ampère, à Luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25 n. 3 p. 317-325, set. 2003.
- NETO, A. J. *Resolução de problemas em Física: Conceitos, processos e novas abordagens*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1998.
- NETO, A. J.; VALENTE, M. O. Disonancias pedagógicas en la resolución de problemas de Física: una propuesta para su superación de raíz vygotskiana. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 19, n. 1, p. 21-30, Marzo 2001.
- NEWELL, A., SIMON, H.A. *Human Problem Solving*. New Jersey: Prentice Hall, 1972.
- NIAZ, M. Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M – capacity and disembedding ability. *International Journal of Science Education*, London, v. 18, n. 5, p. 525-541, July / Aug. 1996.
- OLIVA, J. M. Structural patterns in students' conceptions in mechanics. *International Journal of Science Education*, London, v. 21, n. 9, p. 903-920, Sept. 1999.
- OÑORBE DE TORRE, A.; SÁNCHEZ JIMÉNEZ, J. M. Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 14, n. 2, p. 165-170, Junio 1996a.
- PALMER, D. The effect of context on students' reasoning about forces. *International Journal of Science Education*, London, v. 19, n. 6, p. 681-696, July 1997.

- PERREN, M. A.; BOTTANI, E. J.; ODETTI, H. S. Problemas cuantitativos y comprensión de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 22, n. 1, p. 105-114, Marzo 2004.
- REID, N.; YAN, M. J. Open-ended problem solving in school chemistry: a preliminary investigation. *International Journal of Science Education*, London, v. 24, n. 12, p. 1313-1332, Dec. 2002.
- REID, N.; YANG, M.-F. The solving of problems in chemistry: the more open-ended problems. *Research in Science & Technological Education*, Abingdon, v. 20, n. 1, p. 83-98, May 2002.
- REIF, F.; SCOTT, L. A. Teaching scientific thinking skills: Students and computers coaching each other. *American Journal of Physics*, New York, v. 67, n. 9, p. 819-831, Sept. 1999.
- REIGOSA, C.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.-P. Deciding how to observe and frame events in an open physics problem. *Physics Education*, Bristol, v. 36, n. 2, p. 129-134, March 2001.
- SEBRECHTS, M.M.; ENRIGHT, M.; BENNET, R.E.; MARTIN, K. Using Algebra Word Problems to Assess Quantitative Ability: Attributes, Strategies and Errors. *Cognition and Instruction*, Mahwah, v. 14, n. 3, p. 285-343, 1996.
- SHIN, N.; JONASSEM, D. H.; MCGEE, S. Predictors of Well-Structured and Ill-Structured Problem Solving in an Astronomy Simulation. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 40, n. 1, p. 6-33, Jan. 2003.
- SOUSA, C.M.S.G.; FÁVERO, M.H. Análise de uma situação de resolução de problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 31-53, jan. / abr. 2002.
- SOUTHERLAND, S. A.; ABRAMS, E.; CUMMINS, C. L.; ANZELMO, J. Understanding Students' Explanations of Biological Phenomena: Conceptual Frameworks or P-Prims? *Science Education*, New York, v. 85, n. 4, p. 328-348, July 2001.
- STARK, R.; MANDL, H.; GRUBER, H.; RENKL, A. Conditions and effects of example elaboration. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 12, n. 1, p. 39-69, Feb. 2002.
- STERNBERG, R.J. *Psicologia Cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- STEWART, J.; RUDOLPH, J. L. Considering the Nature of Scientific Problems When Designing Science Curricula. *Science Education*, New York, v. 85, n. 3, p. 207-222, May 2001.
- SUTHERLAND, L. Developing problem solving expertise: the impact of instruction in a question analysis strategy. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 12, n. 2, p. 155-187, April 2002.
- TOUGER, J.S.; DUFRESNE, R.J.; GERACE, W.J.; HARDIMAN, P.T.; MESTRE, J.P. How novices physics students deal with explanation? *International Journal of Science Education*, London, v. 17, n. 2, p. 255-269, March / April 1995.
- TSAPARLIS, G.; KOUSATHANA, M.; NIAZ, M. Molecular-Equilibrium Problems: Manipulation of Logical Structure and of M-Demand, and Their Effect on Student Performance. *Science Education*, New York, v. 82, n. 4, p. 437-454, July 1998.
- VAN KAMPEN, P.; BANAHAN, C.; KELLY, M.; MCLOUGHLÉN, E.; O'LEARY, E. Teaching a single physics module through Problem Based Learning in a lecture-based curriculum. *American Journal of Physics*, New York, v. 72, n. 6, p. 829-834, June 2004.
- VARELA NIETO, M. P.; MARTÍNEZ AZNAR, M. M. Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física: la resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 15, n. 2, p. 173-188, Junio 1997.
- VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v.10, n.23, p.133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In Nasser, L. (Ed.) Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro. p. 1-26, 1993.

VOSKA, K. W.; HEIKKINEN, H. W. Identification and Analysis of Student Conceptions Used to Solve Chemical Equilibrium Problems. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 37, n. 2, p. 160-176, Feb. 2000.

VOSNIADOU, S.; IOANNIDES, C. From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, London, v. 20, n. 10, p. 1213-1230, Dec. 1998.

WELLS, M.; HESTENES, D.; SWACKHAMER, G. A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, New York, v. 63, n. 7, p. 606-619, July 1995.

PESQUISANDO OS DIFERENTES MÉTODOS AVALIATIVOS DA APRENDIZAGEM E O EMPREGO DE SEUS RECURSOS DIDÁTICOS – NA PERSPECTIVA DOS EDUCADORES DE FÍSICA

Tadeu Clair Fagundes de Souza [tcfs@upf.br]

Renato Heineck [heineck@upf.br]

*Física – ICEG – UPF – Caixa Postal, 611.
Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil.*

Resumo

O objetivo deste trabalho é verificar se o ensino de Física, nas escolas da região de Passo Fundo, mantém as mesmas características do ensino de Física no Brasil. Um ensino centrado principalmente, em aulas teórica-expositivas, acompanhadas de resoluções de exercícios. A abordagem adotada para a pesquisa é a qualitativa, na modalidade fenomenológica, com questões sobre recursos didáticos e critérios de avaliação. Nesta fase da pesquisa foram utilizados como sujeitos, os alunos das escolas da região de Passo Fundo. Após a descrição das respostas do questionário, realizaram-se dois momentos de análise ; um Ideográfico e o outro Nomotético. Finalizando o trabalho, sugerimos a continuação da pesquisa, com o objetivo de levantar o número de escolas da região de Passo Fundo, que possui laboratório, e como eles são utilizados, uma vez que a maioria das aulas continuam sendo basicamente teóricas.

Palavras-chave: avaliação; ensino de Física; recursos didáticos.

Introdução

De acordo com Jorge Megid Neto e Décio Pacheco o ensino de Física no Brasil tem guardado mais ou menos as mesmas características. Um ensino calcado na transmissão de informações através de aulas quase sempre expositivas, na ausência de atividades experimentais, na aquisição de conhecimentos desvinculados da realidade. Um ensino voltado primordialmente para a preparação aos exames vestibulares, suportado pelo uso indiscriminado do livro ou materiais assemelhados e pela ênfase excessiva na resolução de exercícios puramente memorísticos e algébricos. Um ensino que apresenta a Física como uma ciência compartimentada, segmentada, pronta, acabada, imutável (Nardi,1998, p. 6-7).

Tal realidade não se circunscreve somente ao ensino de física, estendendo-se para o ensino de ciências em geral no Brasil, como também em outros países. Inúmeras tentativas de transformação desse quadro desolador têm sido empreendidas nas três últimas décadas, sendo possível constatar claramente uma vasta concentração de esforços no sentido de refletir sobre o ensino de ciências – e de física – no Brasil e buscar caminhos para sua transformação e melhoria, através de simpósios Nacionais de Ensino de Física, programas de pós-graduação na área, constituição de grupos de pesquisa em várias universidades.

Com a participação do educando, procuramos verificar se nas aulas, continua o método tradicional de ensino de Física, teórico-expositivo acompanhado da resolução de exercícios, que enfatiza um ensino coletivo a indivíduos assemelhados, contraposto à diversidade de características sócio-econômicas e níveis intelectuais dos estudantes.

Material e métodos

Definidas as escolas-alvo da pesquisa, com seus históricos, suas filosofias, princípios e objetivos, parte-se para os critérios que orientem a seleção dos sujeitos envolvidos na pesquisa: alunos do Ensino Médio da Região de Passo Fundo. Também são definidos os instrumentos empregados, que constituem de questionários aplicados aos sujeitos da pesquisa, a forma de coleta e análise dos dados.

Buscando questionar as metodologias empregadas no ensino de Física e suas inferências pedagógicas, toma-se como sujeitos do estudo alunos dessas escolas-alvo, bem como, alunos de diferentes turmas das mesmas escolas dos professores já catalogados e de outras que por ventura participarem desse atividade.

Foram realizadas reuniões com os professores das escolas envolvidas, explicando da necessidade desse trabalho junto aos alunos, o qual será socializado, bem como solicitando que os mesmos se reunissem com as direções, os setores de coordenação a fim de explicar a finalidade do trabalho permitindo aplicar tal atividade em seus educandários.

Para tal buscou-se questionar junto aos alunos, o gosto pelo estudo e pelo ensino de física, bem como as metodologias usadas pelos seus professores, os recursos didáticos adotados e empregados pelos professores das redes de ensino, e a forma de avaliação realizada pelos seus professores, envolvendo categorias relacionados com assuntos pertinentes a disciplina de Física, quais sejam:

Categoria	Assunto
Satisfação pelos estudos	- Prazer de ir a escola e assistir a aula. - O gosto pelo estudo. - Estudar para aprender ou tirar nota. - Tempo para estudar.
A disciplina de Física	- A importância da Física. - Física, fácil, difícil ou muito difícil. - Contextualização da Física.
Recursos didáticos	- Laboratório. - Pesquisa Bibliográfica. - Aulas expositivas.
Métodos de Avaliação	- Prova. - Trabalhos. - Outras formas de avaliações. - Todo ensinamento deve ser questionado?
As aulas de Física	- Número de aulas semanais. - Problemas extra-classe. - Professor Ideal de Física.

Análise dos dados

Entregue os questionários, iniciemos a análise e a interpretação das respostas dos alunos.

Para que o trabalho aqui apresentado não se avolumasse em demasia, optamos por não anexar os questionários. No entanto, encontram-se todos organizadas e digitados, e em nosso poder, podendo ser consultadas no caso de haver necessidade de algum esclarecimento/aprofundamento. Foram questionados mais de 70 alunos.

Realizamos a leitura dos questionários várias vezes para nos apoderarmos da idéia geral do que estava sendo revelado. Segundo Martins e Bicudo (1994), a finalidade das muitas leituras do material coletado está em encontrar aquilo que parece ser o mais significativo nos dados obtidos e em saber quais são as partes principais em que podem ser percebidas diferenças entre os dados.

Em seguida, procura fazer a articulação das unidades de significado, porque, de acordo com a atitude fenomenológica, é impossível analisar um texto inteiro simultaneamente; torna-se, pois, necessário dividi-lo em unidades, que devem ser selecionadas segundo um determinado critério. De acordo com Martins e Bicudo, “o importante é considerar que, quanto maior for o número de sujeitos, maior será a variabilidade ou variações e, portanto, uma melhor capacidade para ver o que é essencial” (1994, p. 100).

Interpretação dos dados

Numa primeira etapa buscou-se a leitura fluente do questionário dos alunos, fazendo-se uma análise criteriosa de cada questão respondida.

Nesta segunda etapa, procurou-se organizar os dados e identificar as tendências, realizando uma análise qualitativa e quantitativa dos dados. Efetuou-se em cada questão uma leitura cuidadosa de todas as respostas fornecidas, interpretando cada resposta e tentando identificar no conjunto a existência de categorias de informações contidas nestas respostas. Assim, em cada questão foram encontradas categorias específicas de respostas, presentes em todos os alunos pesquisados. Com esses dados foi possível fazer uma relação entre a satisfação pelo estudo, a disciplina de física, recursos didáticos, métodos avaliativos e a Física como disciplina do ensino médio.

Após as categorias de respostas de uma dada questão terem sido identificadas, realizou-se a listagem dos itens apontados (nesta questão) para cada uma de suas categoria, o agrupamento dos itens relacionados, como também, o levantamento quantitativo dos diferentes itens encontrados. Isto resultou em um importante material contendo o levantamento qualitativo e quantitativo das respostas obtidas em cada questão, em ambos os alunos pesquisadas.

Tratamentos e interpretação dos resultados

Análise ideográfica

Para exemplificar melhor Martins e Bicudo (1994), destacam a análise ideográfica como sendo efetivamente da análise da ideologia que permeia as descrições ingênuas do sujeito. Nos questionários, os alunos relataram sobre as formas de atividades realizadas em aula durante o processo de aprendizagem de Física. No trabalho de descrição e análise dos depoimentos, cada aluno foi identificado apenas pelo primeiro nome, de acordo com a ordem em que foi questionado; assim, são identificados como Maria, Pedro, João, Antônio, e assim por diante.

No procedimento da análise ideográfica, em um primeiro momento, realiza-se uma leitura geral de todos os questionários para obter uma idéia global dos textos. Após, procede-se a novas leituras dos depoimentos concedidos, tantas vezes quantas necessárias, a fim de identificar as *unidades de significados*. Afirmam Martins e Bicudo (1994) que o pesquisador deve ler cada descrição e procurar analisá-la, expressando o que encontra na forma que lhe parece mais reveladora do caso particular investigado. Ao fazer isso, está evidenciando *as unidades de significados*.

Em seguida, realiza-se a articulação das unidades de significados, visto que, de acordo com a atitude fenomenológica, é impossível analisar um texto inteiro simultaneamente; torna-se, assim, necessário dividi-lo em unidades, que devem ser apontadas segundo um determinado critério.

Entre as unidades de significados para cada análise feita, destacam-se: prazer de ir a escola e assistir a aula, o gosto pelo estudo, estudar para aprender ou tirar nota, tempo para estudar, a importância da Física, Física fácil, Física difícil ou muito difícil, contextualização da Física, laboratório, pesquisa bibliográfica, aulas expositivas, provas, trabalhos, outras formas de avaliações, todo ensinamento deve ser questionado? número de aulas semanais, problemas extra-classe, professor ideal de Física

Análise nomotética

Da mesma forma faz-se a análise nomotética que indica o movimento de passagem do individual para o geral. Ao passar do individual para o geral, ou seja, da análise ideográfica para a análise nomotética, a preocupação do pesquisador é trabalhar com as categorias que surgiram no agrupamento das unidades de significados. Nesse momento da pesquisa, portanto, o objetivo maior

é encontrar, nas unidades significativas levantadas nos depoimentos dos professores, as convergências e as divergências; é um empreendimento que “envolve uma compreensão dos diversos casos individuais como exemplo de algo mais geral e a articulação desses casos individuais, como exemplos particulares, em algo mais geral” (Martins e Bicudo, 1994, p.106).

O objetivo da pesquisa como já foi dito, é analisar os recursos didáticos utilizados pelos educadores da disciplina de física e os métodos avaliativos por eles adotados. A análise nomotética não consiste somente na verificação cruzada de correspondência a afirmações reais, análise de conteúdo ou análise fatorial. Segundo Martins e Bicudo (1994), a análise nomotética é ação profundamente reflexiva sobre a estrutura psicológica à luz da descrição do fenômeno para encontrar aspectos comuns que estão, algumas vezes, implícitos.

Nesse sentido, apresenta-se uma matriz na qual estão relacionadas as unidades de significados, a qual permite uma visão geral dos significados de avaliação contidos na pesquisa. Os significativos são reagrupados e, nesse sentido, ocorre o procedimento de identificação das categorias.

As categorias em que são reagrupadas as unidades de significados denominam-se categorias abertas; e são convergências que tendem para pontos articuladores de significados mais abrangentes. Neste trabalho de pesquisa, foram evidenciadas as seguintes categorias: **Satisfação pelos estudos, A disciplina de Física, Recursos didáticos, Métodos de avaliação e As aulas de física**. As grandes categorias, portanto, são cinco e, do ponto de vista do pesquisador, trazem elementos significativos para responder à questão indagadora formulada no início do trabalho.

Satisfação pelos estudos para a qual convergem as unidades de significados prazer de ir a escola e assistir a aula, o gosto pelo estudo, estudar para aprender ou tirar nota e tempo para estudar. A disciplina de Física, a segunda categoria, abrange as unidades de significados: a importância da física, física fácil, difícil ou muito difícil e contextualização da física. A terceira categoria, Recursos didáticos, envolve questões referentes ao uso do laboratório, pesquisas bibliográficas e aulas de física. Método de Avaliação é a quarta categoria e envolve: provas, trabalhos, outras formas de avaliação e a pergunta “Todo ensinamento deve ser questionado?”. Por último, a quinta categoria, As aulas de Física, engloba as unidades de significados: número de aulas semanais, problemas extra-classe e professor ideal de Física.

Satisfação pelos estudos

Em relação a satisfação em ir a aula, observa-se que o aluno gosta de aulas curiosas, claras e interessantes e que o gosto pelo estudo ocorre quando o assunto é atraente, quando o aluno tem facilidade em Física, quando o professor apresenta coisas novas em aula, coisas diferentes e que também as atividades de laboratório proporcionar uma vontade maior para estudar. Muitos alunos estudam para aprender, outros estudam para tirar nota, uma vez que o importante é passar de ano, já a maioria diz que estudam para aprender e tirar nota e alguns alunos, não estudam nem para aprender e nem para tirar nota.

No Brasil criou-se a cultura do resultado, o que interessa é o resultado, e não o efetivo aprendizado do aluno, porque os próprios pais e alguns professores estão mais interessados na aprovação ou na reprovação do educando do que no seu efetivo desenvolvimento.

O estudo efetivo dos alunos só ocorre quando no dia seguinte o mesmo tiver que fazer uma prova, neste caso ele estuda um pouco, mas somente para essa prova, como foi declarado nos questionário pela maioria dos alunos, alguns responderam que estudam pouco e outros em média 2 horas por dia.

Para Vasconcellos (1998), o aluno acaba descobrindo que “precisa” da nota e, como esse resultado decorre de momentos especiais, passa a voltar sua atenção para tais momentos, ou

seja, ao invés de estar envolvido com o processo da aprendizagem, situação que ocorre corriqueiramente, passa a se desinteressar pela aula, preocupando-se tão-somente com os resultados nas provas (produto), distorcendo todo o trabalho educativo. O aluno passa, inclusive, a buscar a cola como estratégia de sobrevivência.

A disciplina de física

Quanto a disciplina de Física, alguns consideram as vezes a física importante, outros nem tanto, muitos à consideram importante mas difícil, alguns tem dificuldade na parte matemática aplicada à física, outros acham importante dependendo do conteúdo, e alguns não acham importante e consideram muito difícil. Com relação a contextualização ficou claro que a contextualização dos conteúdos, ajudam a compreender melhor a física, dependendo do conteúdo, a contextualização se torna indispensável.

Considerando que a física é uma ciência da natureza, como tal deve ser questionada. Assim, entende-se que, embora pertença à área das ciências exatas, o professor não pode ficar exigindo apenas o conhecimento matemático da física. A contextualização da ciência física é uma obrigação, uma vez que tudo que ocorre na natureza está relacionado ao conhecimento de física. É importante, pois, que o professor, em sala de aula, exercite a contextualização da física, desafiando o aluno a relacionar o que aprende com aquilo que observa no seu dia-a-dia.

Recursos didáticos

No que se refere a Recursos didáticos, alguns consideram a pesquisa bibliográfica importante, inclusive tem aqueles que até preferem este tipo de atividade, já outros preferem aula normal, porque dizem que entende mais. Para muitos a leitura prévia, antes de determinados conteúdos, facilitaria o aprendizado dos alunos. Os trabalhos de laboratórios, não são realizados com frequência, os alunos geralmente gostam muito das aulas de laboratório, Outros alunos, não dispõem de sala de laboratório e nem material para as aulas práticas de física. Alguns reivindicam algumas aulas práticas, uma vez que o professor não trabalha com aulas experimentais.

É indiscutível o avanço tecnológico atual; portanto, entende-se que propor trabalhos bibliográficos não admitindo que o aluno não recorra à internet é, no mínimo, ignorar esse avanço e desconhecer o seu nível de atualização, muitas vezes superior ao do próprio professor, considerando-se as condições de um e de outro. Porém, é possível realizar trabalhos bibliográficos, independentemente dos recursos usados pelos alunos, desde que a tarefa cumprida seja questionada em aula, seja apresentada por eles e que eles demonstrem ter efetivamente aprendido o conteúdo estudado.

Segundo Perrenoud (1999), nem todas as intervenções cuja intenção é reguladora estimulam da mesma maneira e no mesmo grau os mecanismos de auto-regulação do sujeito. Se o aluno aprende por “si mesmo”, se suas incompetências e suas insuficiências em leitura ou em expressão escrita não o perturbam pessoalmente, não o impedem de fazer o que quer, ele só avançará ao sabor das chamadas externas à ordem, pois, para ele, não há desafio, salvo, talvez, um proveito ambíguo: antecipar as expectativas dos pais e dos professores para lhes dar prazer, ter paz e ser recompensado.

Como a física é uma ciência experimental, os trabalhos de laboratório nas escolas onde existe espaço para tal começaram a ser efetivados e valorizados. A valorização desses trabalhos é realizada por meio dos relatórios escritos sobre as atividades desenvolvidas.

Avalio que os trabalhos de laboratório de física têm se tornado mais freqüentes nas escolas porque existe uma necessidade por parte dos professores de diversificarem as formas de trabalhar. Entretanto, essa atividade ainda continua sendo valorizada através de notas, com o objetivo de atrair

mais a atenção do aluno. Como não existe uma compreensão por parte deste quanto ao trabalho de laboratório como conhecimento para a vida, o professor acaba atribuindo uma nota à atividade.

Métodos de avaliação

Considerando os métodos de avaliação, a prova continua sendo válida, necessária e importante, outros, ficam muito nervosos na hora da prova, alguns acham a prova uma atividade injusta, uma vez que não demonstra a realidade. Para a maioria a prova ajuda na preparação para o vestibular. Se não houvesse prova, a maioria não estudaria, uns dizem que estudariam assim mesmo, outros estudariam um pouco menos, alguns não souberam responder não tinham opinião formada. A prova continua sendo ainda a principal forma de avaliação na escola, sendo o elemento mais importante de avaliação, tanto para o aluno, quanto para o professor.

De acordo com Hoffmann (1998), tornar os objetivos, precisos e mensuráveis os indicadores de sucesso e fracasso permanece, ainda, como um dos mais sérios intentos de todas as escolas, que negam a individualidade de cada educando em razão de parâmetros avaliativos perversos e excludentes. Para a autora, isso “não significa, entretanto, a ausência de rigor ou cientificidade da testagem nos cursos ou concursos, nem mesmo a falta de objetividade nos métodos de observação e acompanhamento do desempenho dos alunos, mas o resgate à sensibilidade inerente ao processo” (1998, p.17).

Para Vasconcellos (1998), as questões fundamentais em relação aos instrumentos de avaliação são: como são preparados? Como são aplicados? Como são analisados/corrigidos? Como os resultados são comunicados? Que faz com os resultados? Dessa forma, a decisão sobre o tipo de instrumento a ser utilizado depende, basicamente, da realidade (matéria-objeto de conhecimento, nível de ensino, número de alunos, tempo disponível, entre outras) e dos objetivos visados (simples levantamento de dados, elaboração mais completa da síntese do conhecimento ou outros). Trata-se da mudança de postura dos professores diante dos resultados. Ainda de acordo com o autor, as novas formas de avaliação não podem ser muito sofisticadas, sobretudo considerando as condições de trabalho do professor. O que tem de ocorrer, fundamentalmente

Pensa-se, portanto, que o professor precisa ser, sempre que possível, um inovador, porém, ao tentar mudar a sua forma de trabalhar e avaliar, deve estar consciente de que o principal objetivo dessa inovação é a qualidade de ensino e, por isso, não pode jamais esquecer o compromisso sério com a aprendizagem.

As aulas de física

Quanto as aulas de Física; muitas vezes, o interesse do aluno está relacionado ao grau de importância que o professor imprime ao conteúdo de física. A postura do professor diante de seus alunos pode determinar o seu interesse pelo conteúdo desenvolvido, tudo indica que o interesse pode ser provocado pelo professor; mais do que isso, ele deve mostrar o quanto é importante o conteúdo que desenvolve e estar convencido dessa importância. Quanto ao número ideal de períodos de física, disseram eles que, seria de 4 (quatro) a 5 (cinco) períodos semanais no ensino Médio e que o professor ideal de Física seria aquele que fale bem e claro, ensine bem, que prenda a atenção dos alunos, contextualize os conteúdos, divertido, que prepare os educandos para o vestibular, exigente e sério. Muitos dos alunos, disseram que este perfil já é o de seus professores atuais de física, inclusive citando nomes de alguns professores de física da região.

Acredita-se que, embora a função precípua da escola seja a de transmissão de conhecimentos, o professor, na medida do possível, deve inteirar-se dos problemas de seus alunos para poder melhor avaliá-los, não lhes “dando” nota porque são alunos-problema, mas avaliando-os com consideração das dificuldades por que passam ou passaram. Os problemas sociais enfrentados pelos alunos devem ser encarados como um aprendizado de vida, cabendo ao professor ensiná-los a superarem dificuldades dessa natureza.

Conclusão

A pesquisa desenvolvida até aqui, permitiu desvelar algumas das características do ensino de Física da Região de Passo Fundo. Contudo, mais estudos de caso precisam ser realizados para que tais conclusões possam ser consideradas efetivamente válidas, devido as inúmeras variáveis envolvidas neste tipo de investigação, na qual busca-se fazer uma análise não apenas quantitativa mas, também, qualitativa dos resultados e onde busca-se investigar (a médio e longo prazo), junto a professores, alunos e escolas, os recursos utilizados no ensino-aprendizagem, e os métodos de avaliação utilizados pelos professores da região.

O ensino de Física na região de Passo Fundo, caracteriza-se, de acordo com os questionários respondidos pelos alunos como sendo, exercido por professores que apresentam o conteúdo direcionado pelo livro texto, apoiado em aulas expositivas, e com um número reduzido de aulas no ensino experimental ou inexistência de demonstrações práticas em sala de aula.

Percebe-se, através destes resultados e conclusões, que muitos dos nossos objetivos foram atingidos, bem como, surgiram fortes indicativos que novas pesquisas precisam ser realizadas como continuação deste trabalho, principalmente, considerando que a presente pesquisa tratou-se de um estudo de caso relativamente completo, porém bastante preliminar (para que os resultados obtidos possam remeter a conclusões efetivamente válidas), o que remete, naturalmente, a necessidade de realização de novos experimentos, por mais relevantes que sejam os resultados apresentados, especialmente a pesquisa que se refere aos dados coletados nos alunos, em se percebe a necessidade de levantar dados referentes ao número de escolas que possui laboratórios de Física , bem como equipamentos apropriados, qual o número de aulas semanais e porque não são realizadas aulas práticas, a desvalorização das aulas práticas, conduzidas pela idéia errônea de que as aulas práticas não contribuem para a preparação para o vestibular; a ausência do professor laboratorista; formação insuficiente do professor, pois muitas vezes existem equipamentos no colégio, mas o professor não sabe utiliza-lo.

Isso nos remete a buscar cada vez mais, na área educacional, alternativas que venham a apontar a melhoria e a qualidade do ensino, nesse caso da área de Física o que se espera estarmos contribuindo na divulgação desses resultados, fazendo com que através do experimento a teoria se adapte a realidade.

Referências

BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1988.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

HEINECK, Renato. Relações entre as disciplinas de Física e de Didática de Ciências no curso de magistério-ensino médio. Tese (Mestrado) Universidade de Passo Fundo, 1999.

VALIATI, Eliane Regina de Almeida. Guia de Recomendações para o desenvolvimento de interfaces com usabilidade em softwares educacionais do tipo hipertexto/hipermídia informativo. 1999. (GUIA). Disponível em: <www em <http://www.in.ufrgs.br/~evaliati>>.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. A formação social da mente. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

YAGER, R. E. Perceptions of four age groups toward science classes. Teachers and the value of science. v. 70, n. 40, p. 335-364. In: LATORRE, Angel Latorre; DEL VALLE, Maria Carmen Fortes. Actividades Exploratórias-Experimentales en la Educacion Cientifica en Edad Infantil y Primaria. Texto: apresentado no Encontro de Psicologia Evolutiva y de la Educación. Universitat de Valencia. 1991.

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio, ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, 1999.
- DANYLUK, Ocsana. *Alfabetização matemática: as primeiras manifestações da escrita infantil*. Porto Alegre/Passo Fundo: Sulina/Ediupf, 1998.
- DEPRESBITERIS, Lea. *Avaliação da aprendizagem: revendo conceitos e posições*. In: SOUZA, Clarilza Prado (Org.). *Avaliação do rendimento escolar*. 6. ed. Campinas: Papirus, 1997. (Coleção magistério: formação e trabalho pedagógico).
- GASPAR, Alberto; HAMBURGER, Ernst Wolfgang. *Museus e centros de ciências*. In: NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Escrituras Editoras, 1998.
- HOFFMANN, Jussara Maria Lerch. *Contos e contrapontos: do pensar ao agir em avaliação*. Porto Alegre: Mediação, 1998.
- KINCHELOE, Joe L. *A formação do professor como compromisso político: mapeando o pós-moderno*. Trad. Nize Maria Campos Pellanda. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- LIMA, Adriana de Oliveira. *Avaliação escolar: julgamento ou construção*. Petrópolis: Vozes, 1994.
- LUCKESI, Cirpiano Carlos. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 8. ed. São Paulo: Cortez, 1998.
- MARTINS, Joel; BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. *A pesquisa qualitativa em psicologia*. São Paulo: Moraes, 1994.
- MAIA, Eny Marisa (Coord.). *Parâmetros nacionais: ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, 1999.
- MEDEIROS, Ethel Bauzer. *Manual de medidas e avaliação*. Rio de Janeiro: Rio, 1976.
- MENEZES, Luis Carlos (Coord.). *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.
- NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Escrituras Editoras, 1998.
- NETO, Jorge Megid; PACHECO, Décio. *Pesquisas sobre o ensino de física do 2º grau no Brasil*. In: NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Escrituras Editoras, 1998.
- NIDELCOFF, Marisa Teresa. *Uma escola para o povo*. São Paulo: Brasiliense, 1985.
- PERRENOUD PHILIPPE. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Trad. Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.
- RABONI, Paulo Cesar de Almeida; ALMEIDA, Maria José P. M. *A fabricação de um óculos*. In: NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Escrituras Editoras, 1998.
- RAMOS, Eugênio Maria de França; FERREIRA, Norberto Cardoso. *Brinquedos e jogos no ensino de física*. In: NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Escrituras Editoras, 1998.
- SILVA, Aparecida Valquiria Pereira da e SAAD, Faud Daber. *Problemas e perspectivas do ensino de física no município de Bauru-SP*. In: NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Escrituras Editoras, 1998.
- SOUZA, Sandra Zákia Lian. *A prática avaliativa na escola de 1º grau*. In: SOUZA, Clarilza Prado (Org.). *Avaliação do rendimento escolar*. 6. ed. Campinas: Papirus, 1997.
- VASCONCELLOS, Celso dos Santos. *Avaliação da aprendizagem: práticas de mudanças – por uma práxis transformadora*. São Paulo: Libertad, 1998.

RADIAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Ubiracir Barbosa Júnior [ubiracir.Barbosa@pbh.gov.br]
*E. M. Caio Líbano Soares – PBH – R. Carangola, 288, 6º Andar.
Bairro Santo Antonio, 30350-269, Belo Horizonte, MG – Brasil.*

Resumo

Nesse trabalho relatamos a experiência, baseada nos PCN e PCN+, de trabalhar uma unidade temática sobre Radiação, visando a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (Mecânica Quântica e Teoria da Relatividade Restrita). A abordagem interdisciplinar relacionou conteúdos de Biologia, Química e Informática, dando ênfase à leitura e produção de textos.

1. Introdução

Nos últimos anos, a mudança no discurso sobre o Ensino de Física tem apontado para duas linhas não excludentes mas nem sempre trabalhadas em conjunto: uma delas diz respeito à inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no programa. À segunda, bem discutida nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e mais recentemente no PCN+, diz respeito à organização do programa de Física baseando-o em habilidades, competências, em um trabalho interdisciplinar.

A leitura da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) e das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) já nos apontam boas razões legais para isso. Oficialmente, o Ensino Médio passa a ser a etapa final da educação básica (Ricardo, 2003).

Dessa forma, o ensino médio (e em particular o programa de Física) não pode mais se pautar em prioritariamente transmitir conteúdos que serão úteis durante a graduação. Deve-se planejar um programa que contribua para a formação ampla do educando, com instrumentos que lhe permitam compreender as causas e razões das coisas, estabelecer conexões entre o conhecimento científico e as novas tecnologias à sua volta, para exercer seus direitos, cuidar de sua saúde, participar das discussões em que está envolvido seu destino. Ou seja, transformar, atuar, viver (Kawamura e Hosoune, 2003).

Dentro dessa visão, para formar um cidadão pleno, consciente e participativo na sociedade, é necessário proporcionar-lhe acesso ao conhecimento científico não apenas como uma seqüência de conteúdos prontos para apreensão mas baseado em questões do mundo real, permitindo-lhe o desenvolvimento de habilidades e competências que levem à utilização desse conhecimento em outras situações e contextos (Menezes, 2000).

Isso nos leva à questão da significação do conhecimento físico no cotidiano do educando. Ao abordarmos apenas temas de uma física desenvolvida há mais de cem anos, deixamos de lado a oportunidade de considerar pontos que são lançados à vista de ambos, professor e aluno, no dia-a-dia. Como bem lembram Kawamura e Hosoune (2003), os livros didáticos não têm abordado tópicos que permitam compreender as telecomunicações, a física médica ou os fenômenos ambientais. No mundo atual, a compreensão de tópicos da ciência contemporânea e sua correlação com a tecnologia que nos cerca são de vital importância.

Contudo, esses objetivos deixam mais clara a necessidade de integração da Física com outras disciplinas. A contextualização do conhecimento físico necessariamente abrange outras áreas do conhecimento tais como Língua Portuguesa (ou estrangeira), a Informática ou a Filosofia e a Química.

Essa inter-relação considera três dimensões no estudo da Física (Kawamura e Hosoune, 2003):

- Investigação e compreensão dos fenômenos físicos;
- Representação e comunicação, ou seja, a linguagem específica da Física e suas formas próprias de expressão;
- Contextualização sócio-cultural do conhecimento, incluindo os aspectos históricos e sociais de seu desenvolvimento e do desenvolvimento tecnológico.

Essas três dimensões permitem a reorganização do trabalho pedagógico na disciplina Física, inserindo-a dentro do projeto maior que é o Ensino Médio. A Física não pode mais ser vista como uma câmara estanque dentro desse nível de ensino mas como peça que o compõem.

2. Tema estruturador: radiação

Durante breve sondagem entre alunos sobre o que lhe vinha à mente ao ouvir a palavra Física, a resposta obtida na maioria das vezes foi Física Nuclear (a segunda resposta mais comum foi Einstein!). Mesmo que o objeto de estudo dessa área da Física não seja bem compreendido pelos educandos, citações sobre o núcleo atômico, prótons e radiação sempre a acompanham.

Considerando esse apontamento pelos educandos e a necessidade de conectar a FMC ao programa, optamos por aceitar a sugestão de tema estruturador do PCN+: **Matéria e Radiação**.

A opção pelo tópico Matéria e Radiação se alicerça principalmente em dois pontos de grande relevância:

- Engloba tópicos de Mecânica Quântica (**MQ**) e Teoria da Relatividade Restrita (**TRR**), permitindo introduzir essas teorias de forma significativa ao aluno;
- Permite o intercâmbio entre os programas de Física, Química e Biologia.

Ao trabalhar o item Radiação em sala de aula, podemos ao mesmo tempo desmistificar o termo (que levantamento prévio mostrou estar sempre associado a algo danoso), promovendo competências para avaliar o uso de radiações seja em aplicações médicas, seja em aplicações para telecomunicações.

Diferente do que sugere o PCN+, trataremos aqui não apenas das radiações eletromagnéticas mas também da radiação corpuscular, visto sua relação com as aplicações médicas e ambientais.

3. A proposta de trabalho em sala de aula

a) Avaliação prévia

A atividade inicial do projeto foi a sondagem prévia dos alunos. Apresentamos a eles uma série de questões simples cujo objetivo era o levantamento do conhecimento anterior sobre radiação e seus efeitos, sobre MQ e TRR, quantização e relação massa energia.

b) Escolha dos tópicos

No processo de escolha dos tópicos a serem trabalhados, alguns objetivos foram propostos desde o início (não necessariamente na ordem que aparecem abaixo):

- Tratar do tema de forma relevante ao cotidiano do aluno;
- Apresentar tópicos da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade Restrita;
- Manter a conexão dos tópicos com os programas das disciplinas Biologia e Química;
- Apresentar as implicações sociais das teorias trabalhadas e os aspectos históricos e culturais de sua construção.

Obs.: A relação de tópicos e uma breve descrição dos mesmos aparece no **Anexo I**, ao final do texto.

c) Metodologia

Na condução do projeto, a opção foi por trabalhar a pesquisa, leitura e produção de textos.

Dessa forma, cada aula era organizada em torno da discussão do texto selecionado sobre o tópico a ser trabalhado no dia, a exposição sobre o tema e a atividade de busca de informações complementares, seja em livros, revistas ou na internet. Na aula seguinte era reservado um período para a discussão e apresentação de pontos importantes encontrados na pesquisa.

d) A avaliação final

Como o trabalho se postou sobre a leitura, produção e discussão de textos, julgamos adequado a avaliação final constar da produção de um texto (algo como um libreto ou pequena monografia) sobre os pontos pesquisados.

Obs.: Avaliação inicial foi novamente aplicada aos alunos ao final dos trabalhos.

4. Resultados

Na avaliação inicial, a maioria dos alunos que responderam às questões demonstrou desconhecimento sobre radiação e seus efeitos, sendo que parte apenas mencionou que radiação causava câncer. Sobre MQ e TRR, respostas do tipo “tudo é relativo” e “é a teoria do Einstein” foram muito comuns. MQ mostrou-se um termo desconhecido, assim como quantização da energia. A relação massa energia de Einstein foi citada por alguns através da equação $E = mc^2$.

Já ao repetir a avaliação, dois meses depois, cerca de 90% dos alunos conseguiu explicar os vários temas, alguns de forma mais completa, outros menos. A compreensão do conceito de fóton foi a que mais apresentou dúvidas. O conceito de quantum de energia foi elaborado facilmente mas a existência de uma partícula sem massa e a aceitação da luz como formada por tais partículas resistiu como tabu.

Obs.: Dado o aspecto quantitativo e conceitual das questões apresentadas, torna-se difícil apresentar valores ou percentuais sobre essas avaliações.

5. Conclusões

A evolução do conhecimento dos alunos relativos à Radiação, Mecânica Quântica, Teoria da Relatividade Restrita, bem como de conceitos tais como quantização e conversão de matéria em energia mostraram a possibilidade de se trabalhar no Ensino Médio conceitos tidos como muito abstratos e tradicionalmente abordados apenas no Ensino Superior.

A abordagem conceitual e qualitativa dos tópicos trabalhados ajudou a evitar formalismos matemáticos complexos, que poderiam dificultar de forma desnecessária o entendimento.

O tratamento interdisciplinar dado aos conteúdos, com a conseqüente relação entre os conteúdos de Física, Biologia, Informática e Língua Portuguesa, mostrou-se bastante adequada para abordar temas de forma cotidiana e significativa, resultando em uma aprendizagem mais prazerosa por parte do aluno, como relatado pelos mesmos em conversas informais após o término do projeto.

6. Anexo I – Relação de tópicos trabalhados e breve descrição dos mesmos

I - Os acidentes radioativos de Goiânia e Chernobyl (Trabalhamos a descrição dos dois acidentes, suas causas, conseqüências)

1. História dos acidentes e suas causas.
2. Implicações para as pessoas envolvidas.
3. Tipos de danos às vítimas.
4. Medidas tomadas após os acidentes.

II – Radioatividade (Tratamos modelo atômico e sua evolução histórica até nossos dias, produção de materiais radioativos, reatores nucleares e lixo radioativo)

1. Instabilidade nuclear e decaimento radioativo.
2. Meia vida.
3. Isótopos, isótonos e isóbaros.

III – Radiações (Nesse tópico a ênfase foi dada à caracterização de radiação, diversidade de radiações do espectro eletromagnético e à quantização da energia)

1. História das radiações.
2. Tipos de radiações.
 - a) **Radiação Corpuscular**: Definição; Tipos de partículas; Características das partículas e da radiação associada a ela.
 - b) **Radiação Eletromagnética**: Definição; Fótons e quantização da energia; Características associadas à radiação eletromagnética; O espectro eletromagnético; Relação entre frequência, comprimento de onda e energia.
3. Origem das radiações.

IV – Radiação natural e radiação artificial (Materiais radioativos, radiação ambiente, equipamentos que produzem radiação, radiação cósmica)

V - Interações da radiação com a matéria (retomada do tema quantização da energia, ênfase à relação de massa e energia de Einstein e suas implicações)

1. Radiação corpuscular: Ionização; Fissão nuclear;
2. Interação Fóton-Matéria.
 - a) Efeito Fotoelétrico.
 - b) Efeito Compton.
 - c) Formação de pares.
3. Relação Matéria-Energia

VI – Efeitos biológicos da radiação (diferença entre exposição e contaminação radioativa, síndrome da irradiação aguda)

1. Interação da radiação com a célula
 - a) Efeito da radiação sobre a molécula de água.
 - b) Efeito da radiação sobre a molécula de DNA.
2. Efeito da radiação sobre tecidos e órgãos.
3. Efeitos da exposição do corpo humano à radiação.

VII – Exemplos de aplicações das radiações

1. Aplicações médicas: Diagnóstico por Imagem; Radioterapia.
2. Telecomunicações: Transmissão via Microondas; Telefonia Celular.

7. Referências

COELHO, J.V. (1995) “Física Moderna no Ensino de Nível Médio” – Dissertação de Mestrado – Instituto de Educação – Universidade Federal de Mato Grosso.

- GRECA, I. M.; MOREIRA, M.A., HERSCOVITZ, V. E. Uma Proposta para o Ensino de Mecânica Quântica, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n. 4, dezembro, 2001.
- GRECA, I.M.; MOREIRA, M. A. Uma Revisão da Literatura sobre Estudos Relativos ao Ensino da Mecânica Quântica Introdutória, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 1, em <http://www.if.ufrgs.br/public/revista.htm> em 15/09/2005.
- KAWAMURA, M.R. D.; HOSOUNE, Y. A contribuição da Física para um Novo Ensino Médio, *Física na Escola*, v. 4, n. 2, 2003.
- 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.
- MENEZES, L.C. Uma Física para o novo ensino médio, *Física na Escola*, v.1, n. 1, outubro 2000
- MOURÃO, A.P. Radioproteção, Belo Horizonte, NEHOS CEFET-MG, 2003.
- OKUNO, E. Radiação – Efeitos, Riscos e Benefícios, São Paulo, Editora Harbra, 1998.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola, *Física na Escola*, v. 2, n. 1, 2001.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Área de Pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1 em <http://www.if.ufrgs.br/public/revista.htm> em 15/09/2005.
- PAULO, I. J. C., MOREIRA, M. A. Abordando Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Nível Médio. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru – São Paulo, v.4, p. 63-73, 15 maio 2004.
- PERRENOU, P. Dez Novas Competências para Ensinar, Porto Alegre, Artmed Editora, 2000.
- PETROCOLA, M.; ZYLBERSZTAJN, A. (1999) The use of the Principle of Relativity in the interpretation of phenomena by undergraduate physics students – *International Journal of Science Education*, v. 121, n. 3, 261-276.
- PINTO, A.C.; ZANETIC, J. (1999) É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 16, n. 1, p. 7-34.
- RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades, *Física na Escola*, v. 4, n. 1, 2003.
- SALVADOR, J. A.; OLIVIERI, C. A. Interdisciplinaridade em Programas de Formação Continuada, *Física na Escola*, v. 4, n.1, 2003.
- TAUHATA, L. et al., Radioproteção e Dosimetria – Fundamentos, Rio de Janeiro, IRD CNEN, 2001.

APRESENTAÇÕES EM PÔSTER (Resumos)

RESULTADOS PRELIMINARES DE UMA EXPERIÊNCIA DE INOVAÇÃO DIDÁTICA NA DISCIPLINA DE METODOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA I DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNISINOS

Angela Maria Jacobus Berlitz [angelab.nho@terra.com.br]

*UNISINOS/Física – Av. UNISINOS, 950,
93022-000, São Leopoldo, RS – Brasil.*

Fernanda Ostermann [fernanda@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.*

Pretende-se com o desenvolvimento desta pesquisa melhorar a formação do professor de Física, a partir da integração entre a pesquisa em ensino de Física e sua formação nos cursos de Licenciatura. O estudo envolve também produção de material de apoio, fundamentado em resultados dessas pesquisas relacionados às teorias de ensino-aprendizagem, à epistemologia e a conteúdos específicos de Física. Para tanto, reformulou-se a disciplina de Metodologia de Ensino de Física I, de 60h-aula, que corresponde a 20 encontros de três horas cada um, do curso de Licenciatura em Física da UNISINOS-RS, tendo em vista que a sua forma de abordagem era puramente experimental e sem fundamentação teórica que orientasse a prática docente. Com a reformulação, realizada no 1o semestre de 2005, os licenciandos tiveram a oportunidade de ter acesso a alguns resultados da pesquisa em ensino de Física e integrá-los à sua formação de professor, através da elaboração de unidades de ensino. Esta integração foi fomentada a partir das unidades de ensino por eles elaboradas, pois, obrigatoriamente, tinham que estar fundamentadas em um autor de teorias de ensino-aprendizagem (e.g., Piaget, Vygotsky, Ausubel, Freire) ou em um dos epistemólogos indicados (e.g, Popper, Kuhn, Lakatos, Laudan). Os licenciandos analisaram, através da elaboração de unidades de ensino, as tendências atuais decorrentes da pesquisa em ensino de Física. Os experimentos desenvolvidos por eles não foram meramente ilustrativos ou demonstrativos complementares à teoria, mas necessários para a real compreensão dos temas pertinentes à disciplina. Como suporte para a elaboração das unidades de ensino, os licenciandos tiveram ao seu dispor material de apoio (textos, livros) e também se fez uso do ambiente virtual de formação de professores – InterAge (Rezende et al, 2003) que foi concebido para propiciar a vivência da reflexão na ação, como complementação da aprendizagem. A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi basicamente qualitativa. Foram utilizados dois questionários do tipo aberto, um sobre teorias de ensino-aprendizagem por nós elaborados e o outro de epistemologia adaptado de um questionário já pronto (El-Hani et al, 2004). Estes questionários foram aplicados em dois momentos: na 1a. e na última aula para justamente levantar noções sobre teorias de ensino-aprendizagem e epistemologia e buscar evidências de sua evolução. Além dos questionários, foram coletados dados observando as atitudes, as ações e o comportamento dos licenciandos em sala de aula, que foram anotados em diário de bordo. Está em andamento a análise de resultados obtidos no desenvolvimento do projeto. Esta avaliação se dará através de uma comparação das respostas aos questionários aplicados no primeiro e no último encontro, como também através da análise da elaboração por parte dos licenciandos das unidades de ensino.

Palavras-chave: Formação de professores; Teorias de ensino-aprendizagem; Epistemologia.

INVESTIGANDO A PRÁTICA DOCENTE NO ENSINO DE FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS

Carla Drum [cdrum@lci.upf.br]

Carlos Ariel Samudio Perez [samudio@upf.br]

Cleci Werner da Rosa [cwerner@upf.br]

Física – ICEG – UPF – Caixa Postal, 611.

Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil.

O mundo moderno vem legando aos conhecimentos científicos, principalmente aos decorrentes da Física, condição para que os indivíduos se integrem e participem de forma crítica e consciente na sociedade contemporânea. Essa potencialidade gerada pela denominada “alfabetização em ciências”, provoca mudanças no ensino escolarizado, que tem se apresentado arraigado a ementários pouco atualizados e distanciados da realidade. Neste sentido, vem se buscando fomentar a possibilidade de abordar conceitos e fenômenos de Física já nas séries iniciais, entretanto, para que isto seja possível é necessário que o professor esteja consciente desta necessidade e potencialidade e se sinta preparado para discutir tais conhecimentos. Assim, o trabalho apresentado busca investigar como os conteúdos de Física estão sendo abordado nas séries iniciais e quais as dificuldades encontradas pelos docentes na concretização deste processo. Para tanto, foi adotado uma abordagem qualitativa, utilizando uma pesquisa do tipo estudo de caso. O universo investigado abrange professores das séries iniciais do ensino fundamental da região de abrangência do município de Passo Fundo/RS. A amostra foi constituída por 40 professores, selecionados a partir de diferentes realidade (escolas públicas e privadas, da periferia e da zona urbana central). A coleta dos dados ocorreu na forma de entrevistas semi-estruturadas, na qual os docentes são livres para fazer suas colocações, que podem ser escritas ou gravadas. Os dados coletados encontram-se em fase de análise a partir de uma categorização emergente dos conteúdos destes dados, estando apoiado no referencial teórico proposto para a pesquisa (Didática das Ciências, principalmente na Transposição Didática). Pretende-se que os resultados decorrentes desta pesquisa contribuam para aproximar a Física dos professores das séries iniciais de modo a desmistificar a concepção que esta ciência vem assumindo perante estes docentes. Tida como “difícil”, “incompreensível”, “coisa de cientista”, de “louco”, etc., a Física tem provocado repúdio e assustado os professores, que se julgam incapazes de discutir esta ciência com seus estudantes. Situação que esta pesquisa busca rever e apontar para a viabilidade de ser modificada, a medida em que busca discutir como os professores as razões que os afastam deste ensino, mostrando que na maioria das vezes é muito mais uma questão de paradigma vigente do que necessariamente dificuldade em compreendê-la. Outros aspecto merecedor de análise e discussão com os docentes deste nível de escolaridade é o bloqueio que a Física pode ter causado durante seu processo de formação na escola básica, ainda como estudantes do ensino fundamental e médio. Neste período, normalmente, o ensino de Física se apresenta como algo extremamente doloroso, não significativo para a formação dos estudantes. Presos a resolução de exercícios, apresentando listas intermináveis de fórmulas, a Física acaba assumindo o status de descontextualizada e provocando o distanciamento imediato do aluno destes conhecimentos. Este pressuposto é que vem fundamentado a proposta deste trabalho, pois se os professores não ensinam porque foram “traumatizados” por seus professores, provavelmente seus alunos também terão aversão a esta ciência, formando um ciclo, que logicamente necessita ser quebrado. Com isso, o trabalho se propõe a chamar a atenção da comunidade científica e especializada para tais questões, mostrando que o ensino de Física é tão urgente quanto necessário no ensino fundamental, principalmente nas séries iniciais.

Apoio: CNPq.

UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DINÂMICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO QUALITATIVA DE PROBLEMAS NA PERSPECTIVA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Carla Simone Facchinello [carlasimones@yahoo.com.br]

Marco Antonio Moreira [Moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado, com o mesmo título, que está em andamento. São aplicações e resultados obtidos e analisados dentro da proposta da dissertação e em decorrência desta. É observada com frequência pelos professores de Física do Ensino Médio uma grande dificuldade por parte dos alunos na compreensão dos conceitos envolvidos na aprendizagem dos diversos conteúdos da Física e de relacioná-los a novas situações. Este fato foi igualmente verificado pela professora agente desta intervenção didática que, além de trabalhar com a primeira série do ensino médio, trabalha também com a segunda e a terceira séries e, ao tratar de assuntos novos ou aprofundamentos, que envolvam conhecimentos prévios supostamente dominados, observou nos alunos a dificuldade de relacionar os conceitos a novas situações parecendo ser um assunto diferente e independente dos anteriores (inclusive os trabalhados em anos anteriores). Não havendo possibilidade de mudanças na ordem dos conteúdos, dentro da realidade da sua escola, que é preestabelecida, surgiu a necessidade de adequar as condições existentes às dificuldades a serem superadas. Desta tentativa resultou uma proposta alternativa para o ensino da Dinâmica, acessível a qualquer contexto escolar e que pode ser estendida a outros assuntos trabalhados em Física do Ensino Médio. O recurso utilizado para tal fim é a *resolução de problemas* que aqui tem como ponto de partida o conhecimento implícito do aluno. O aluno é inicialmente instigado a fazer o uso da linguagem verbal explicitando seu conhecimento e estratégias de resolução e evoluindo gradativamente, de acordo com o seu desenvolvimento conceitual e através do progressivo domínio de um campo conceitual complexo, para um conhecimento formal cientificamente aceito e explícito. O professor tem papel de mediador da interação sujeito-situação e é provedor de situações-problema cada vez mais complexas que requeiram domínio progressivo de conceitos e máxima transformação do conhecimento adquirido, sendo possível, assim, evidenciar uma aprendizagem significativa e não meramente mecânica. Fundamentam este trabalho a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, a psicologia educacional de David Ausubel¹, o interacionismo social de Lev Vygotsky² e a teoria psicológica dos campos conceituais de Gerard Vergnaud³. A partir da teoria dos campos conceituais é possível realizar estudos sobre as dificuldades dos alunos em situações-problema analisando os conhecimentos-em-ação e teoremas-em-ação invocados por eles durante o processo, a forma como eles expressam suas resoluções, o quanto são explícitas, formais e cientificamente aceitas e o como pode se dar, a partir da resolução de problemas, o progressivo domínio de um campo conceitual. O proposto não é abandonar o uso da linguagem formal em detrimento da linguagem verbal mas propiciar ao aluno condições iniciais de expressar-se de acordo com seu desenvolvimento conceitual. O(a) professor(a) toma a postura de mediador(a) e como tal deve saber respeitar a condição inicial de seu aluno de fazê-lo progredir gradativamente a uma condição mais aceita cientificamente. Não é uma inversão de valores mas apenas uma aceitação, temporária, por parte do(a) professor(a) de uma forma alternativa de expressão por parte do aluno. Poder-se-ia dizer no início o aluno trabalhar mais com os referentes e significados dos conceitos e progressivamente chega aos significantes (representação formal). Em decorrência do trabalho surgiu o projeto “Brincando com a Física” onde, em forma de oficinas e orientados pela professora, os alunos da 1ª série do Ensino Médio, juntamente com as crianças do

¹ Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003. 226 p.

² Vygotsky, L. (1987). *Pensamento e linguagem*. 1. ed. Brasileira. São Paulo: Martins Fontes. 135 p.

³ Moreira, M. A. (2004). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 131 p.

maternal á 4ª série do Ensino Fundamental, construíram brinquedos e, através do manuseio destes, trabalharam conceitos da Física. As crianças aprenderam brincando e os “jovens professores” aprenderam mais ainda.

Palavras-chave: Ensino de Física; Resolução Qualitativa de Problemas; Linguagem Verbal.

UMA ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS EM FÍSICA DE ALUNOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA

Cátia Simone Stürmer

Carlos Ariel Samudio Pérez [samudio@upf.br]

Cleci Werner da Rosa [cwerner@upf.br]

Física – ICEG – UPF – Caixa Postal, 611.

Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil.

Muitos dos conceitos básicos adquiridos pelos alunos, com o objetivo de explicar os fenômenos físicos, são usados com significados diferentes dos atribuídos pelos cientistas, sendo considerados concepções alternativas. Apesar dos conhecimentos anteriores estarem constantemente em processo de reconstrução na seqüência de novas aprendizagens, eles podem também, por vezes, servir de “barreiras” ou obstáculos à compreensão dos modelos cientificamente aceitos, portanto a abordagem dos conteúdos deve buscar uma sintonia entre aquilo que, supostamente, o estudante já sabe e o que ele precisa aprender. Assim, para que ocorra uma mudança conceitual é necessário que os professores estejam conscientizados da importância e das implicações dessas concepções alternativas e estejam preparados para lidar com ela. Neste sentido, este trabalho busca identificar tais concepções sobre o conceito de força e de movimento apresentadas por alunos ingressantes dos cursos de engenharia da UPF e que, de alguma forma, permanecem presentes, ao longo de sua formação acadêmica. Para determinar as concepções alternativas sobre força e movimento apresentadas pelos alunos foi utilizada uma adaptação do método de avaliação desenvolvido junto à *Tufts University*. O método verifica se o estudante analisa o mundo e seus fenômenos sob o ponto de vista newtoniano e se é capaz de fazer correlações entre os conceitos aprendidos. A avaliação consiste em um teste contendo 15 questões de múltipla escolha. O teste foi aplicado a três turmas, totalizando 168 alunos. A primeira (T1) é constituída por 58 alunos ingressantes do curso de engenharia mecânica; A segunda (T2) por 52 alunos da engenharia mecânica; e, a terceira (T3) por 58 alunos da engenharia civil. O teste foi aplicado no segundo semestre de 2005, período noturno, com duração de 2 horas. Os resultados obtidos mostram que a turma T1 atingiu uma média de 1,6 questões certas. Três questões do teste não obtiveram nenhum acerto e a questão nove foi respondida por 82,8% dos alunos desta turma. A percentagem de alunos que acertaram as demais questões varia entre 1,7% e 17,2%. A turma T2 apresentou uma média de 1,9 questões certas. A questão 9 foi respondida por 82,8% dos alunos e a percentagem de alunos que acertaram o resto das questões variou entre 1,9% e 17,3%. A turma T3 apresentou uma média de 2,5 questões certas. Uma das questões não obteve nenhum acerto e a questão 9 foi acertada por 87,9% dos alunos. A média global de acertos foi de 2, das 15 questões. As principais concepções alternativas identificadas, até o momento, estão relacionadas aos modos de raciocínio muito semelhantes a física Aristotélica, segundo a qual, a variação na velocidade de um corpo, está acompanhada pela variação da força resultante sobre este corpo. Os resultados que os ingressantes (T1) apresentaram nesta pesquisa indicam que eles chegam no nível universitário trazendo um alto número de concepções alternativas sobre os tópicos analisados de mecânica. Ao comparar estes resultados com os apresentados pelas turmas de veteranos (T2,T3) é possível observar que não há diferenças significativas, vindo a indicar que, mesmo após os alunos terem sido aprovados num curso básico de mecânica na Universidade (Física I), a grande maioria das concepções alternativas persistem. Este fato parece demonstrar a grande influência que os conhecimentos prévios dos alunos tem na aprendizagem, servindo de algum tipo de resistência à mudança conceitual. Os resultados também sugerem que a aprendizagem dos alunos das turmas de veteranos na disciplina de Física I foi mecânica (não significativa). A pesquisa mostra que os ingressantes apresentam um grande número de concepções alternativas sobre força e movimento. Considerando que os alunos veteranos chegam em igualdade de condições é possível indicar que as concepções alternativas destes persistem mesmo após o curso de mecânica no primeiro nível.

UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA ENSINAR FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS

Claudete Pecatti [77063@lci.upf.br]

Cleci Werner da Rosa [cwerner@upf.br]

Álvaro Becker da Rosa [alvaro@upf.br]

Física – ICEG – UPF – Caixa Postal, 611.

Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil.

O trabalho de pesquisa tem por objetivo discutir a necessidade e viabilidade da inserção dos conteúdos de física nas séries iniciais a partir de atividades experimentais. A ênfase está na discussão de conceitos e fenômenos físicos presentes no cotidiano das crianças, de forma a proporcionar a elas atividades experimentais voltadas para o método de investigação. A necessidade deste estudo decorre da análise do contexto escolar no qual foi observado que os conteúdos de física não constam nos currículos escolas nestes níveis de ensino, o que acaba por afastar os estudantes dos conhecimentos desta área. Neste sentido, optou-se por desenvolver atividades que proporcionassem a investigação, a observação, a análise e a interpretação dos fenômenos físicos, bem como contribuíssem para a apropriação significativa desses conhecimentos. Para alcançar esses objetivos adotou-se uma abordagem qualitativa, utilizando uma pesquisa do tipo estudo de caso. O universo investigado abrange uma turma de quarta série do ensino fundamental de uma escola municipal de Passo Fundo. O foco de investigação relaciona-se ao discurso oral das crianças durante e após a realização da atividade proposta, sendo que os instrumentos selecionados para a pesquisa estão basicamente relacionados à observação. Os dados coletados estão em fase de análise e serão discutido a luz do referencial adotado na pesquisa, principalmente no campo da Didática das Ciências e da Psicologia Cognitiva. Porém, a base teórica encontra-se fortemente vinculada aos trabalhos de Carvalho et al sobre o ensino de Ciências na Escola Básica (séries iniciais). Para o desenvolvimento das atividades experimentais foram projetados e construídos equipamentos a partir de materiais de uso diário das crianças. A atividade desenvolvida na turma piloto foi constituída dos seguintes momentos: introdução do tema de forma a questionar os alunos para elaborem e testassem hipóteses; contato das crianças com os equipamentos; realização da atividade proposta; discussão do observado pelas crianças sobre o fenômeno estudado; confronto de idéias e observações; aproximação com o mundo vivenciado e as concepções espontâneas das crianças; elaboração de material escrito como forma de registra da atividade. O estudo mesmo em andamento, já vem permitindo fazer alguns apontamentos decorrentes das observações durante a aplicação, principalmente no que se refere a capacidade de saber observar e analisar os fenômenos físicos. A pesquisa vem revelando que as crianças apresentam uma enorme capacidade para compreender e relacionar os conceitos espontâneos com os decorrentes do mundo científico. Assim, o ensino de física nas séries iniciais vem se apresentando como vinculada muito mais a questões e concepções dos professores do que de capacidade dos alunos em compreender tais conhecimentos. Desta forma, ficou claro que as crianças observam e interagem com o mundo ao seu redor, demonstrando que ensinar ciências desde a educação infantil não é utopia, mas uma realidade necessária para que o conhecimento adquira um caráter de instrumento para a vida. Mesmo estando a pesquisa em andamento, já é possível afirmar que discutir física nas séries iniciais consiste em possibilidade de permite ao aluno uma identificação maior com os aspectos científicos, adquirindo uma cultura para poder contribuir de forma consciente e crítica na sociedade contemporânea.

MATERIAL DIDÁTICO ELETRÔNICO INTEGRADO: O EFEITO COMPTON

Cristiano Varzim [cristianovarzim@yahoo.com.br]

Ismael de Lima [ismael.lima@ufrgs.br]

Michel Betz [betz@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.*

Utilizando-se da versatilidade da internet como meio poderoso para aquisição e troca de informações, estão sendo desenvolvidos inúmeros projetos que buscam viabilizar a implementação do ensino a distancia. Como parte de um projeto de criação de um curso de Licenciatura à distância, em vias de ser implementado pelo Instituto de Física da UFRGS, apresentamos um exemplo de material didático que poderá vir a ser empregado no mesmo. Este material aborda o efeito Compton, conteúdo da disciplina de mecânica quântica que faz parte da carga curricular de cursos de física e química das instituições de ensino superior. Diz respeito à área que estuda os fenômenos relacionados à interação entre radiação e matéria. É apresentado na forma de *objeto educacional*, expressão pela qual entendemos um conjunto de recursos eletrônicos integrados destinados a ensinar um determinado assunto. No presente caso, a abordagem teórico-expositiva usual do efeito Compton está integrada com uma visualização interativa desenvolvida com o *software* Macromedia Flash. Materiais adicionais contêm o detalhamento matemático e a tradução da palestra proferida por Artur H. Compton, cientista descobridor do fenômeno, na ocasião da entrega do Prêmio Nobel de Física. Embora tencione-se construir um recurso auto-suficiente e completo, está fornecida também uma lista de *links* para outros sítios de interesse. Ainda está incluído um teste interativo que permite ao aluno avaliar os conhecimentos adquiridos no estudo. A animação em Flash fornece uma visualização do espalhamento Compton como um processo de colisão entre um fóton de raio-x e um elétron livre. No intuito de evidenciar esquematicamente a dualidade onda-partícula, o fóton é representado como uma partícula e também como um conjunto de frentes de onda. O aluno pode observar o aumento do espaçamento entre estas frentes no espalhamento. O recuo do elétron também pode ser observado. O estudante pode ainda modificar a energia do fóton incidente e arrastar com o mouse o detector do fóton difratado na posição angular desejada. Duas visualizações auxiliares interligadas à animação principal estão apresentadas na mesma interface. A primeira mostra as linhas espectrais associadas ao fóton incidente e ao fóton difratado, evidenciando o deslocamento de Compton. A segunda apresenta a construção vetorial visando corroborar a conservação do momentum linear. Após o seu estudo, o aluno está convidado a realizar um teste interativo de auto-avaliação, abrangendo a contextualização histórica, a fundamentação conceitual e a aplicação à resolução de problemas simples. No contexto específico do estudo do efeito Compton, este trabalho procurou explorar as potencialidades dos meios eletrônicos e identificar algumas dificuldades encontradas no seu uso para o ensino da Física Quântica. Entre as vantagens, destacam-se a integração de vários tipos de recursos, a facilidade de visualização e a possibilidade de animação e interatividade. Entre as limitações, vale ressaltar o caráter necessariamente um tanto inadequado da visualização sobre a tele do computador de aspectos tipicamente quânticos, em especial a dualidade onda-partícula.

Apoio: SEAD – UFRGS.

CALOR ESPECÍFICO, CALOR LATENTE E RESFRIAMENTO DE UM CORPO: ATIVIDADES EM LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO COM A UTILIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS

Denise Borges Sias [denise@cefetr.rs.tche.br]

*Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS.
Caixa Postal 1505, Campus do Vale, 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS), Pelotas, RS, Brasil.*

Rejane Maria Ribeiro Teixeira [rejane@if.ufrgs.br]

*Departamento de Física, Instituto de Física, UFRGS – Caixa Postal 15051.
Campus do Vale, 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.*

No ensino de Física, a utilização de atividades práticas é, sem dúvida, um dos mais eficientes meios para se conseguir a contextualização, o entendimento e o envolvimento dos alunos com determinado conteúdo. Porém, para que este tipo de atividade seja realmente eficiente é necessário repensar algumas práticas. Atividades em que a maior parte do tempo é consumida na montagem e coleta de dados restando pouco tempo para a análise, discussão dos resultados e ao próprio entendimento da atividade realizada, faz com que estas sejam pouco efetivas em promover mudanças conceituais nos estudantes. Neste cenário, a aquisição automática de dados realizada através de sistemas como, por exemplo, o CBL¹ pode auxiliar muito. Em uma atividade experimental com a utilização destes dispositivos o aluno pode se envolver mais com a realização do experimento, buscando compreender o porquê do professor ter sugerido determinada montagem experimental ou, até mesmo, testando montagens diferentes daquela proposta. Um tempo maior também pode ser dedicado à análise e à compreensão dos resultados pelos alunos. Isto é possível porque ao utilizar um sistema de aquisição automática de dados como o CBL, por exemplo, os dados já são apresentados ao aluno na forma de tabelas ou gráficos poupando-o deste trabalho muitas vezes maçante. O sistema de aquisição automática de dados utilizado nesta proposta, CBL, é um dispositivo portátil de coleta de dados em tempo real, onde os dados recolhidos através de sensores² adequados são analisados através de calculadoras gráficas. A opção pela utilização deste sistema se deve ao fato de este ser um equipamento disponível no Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS), escola onde a presente proposta foi implementada. Neste trabalho é apresentado um relato de atividades envolvendo o uso da aquisição automática de dados no estudo da Física Térmica, tais como: uma atividade experimental sobre a Lei de Resfriamento de Newton e experimentos para a determinação do calor específico do alumínio e do calor latente de fusão da água, através da análise da curva de resfriamento da água. Estas atividades foram realizadas em ambiente real de sala de aula, durante o primeiro trimestre do ano letivo de 2005, com duas turmas, cada uma com 30 alunos, do primeiro ano do ensino médio do CEFET-RS, situado em Pelotas, RS, estando, portanto, voltadas para este nível de ensino. Por este motivo, optou-se por uma abordagem conceitual, onde se procura enfatizar a visualização e a compreensão do fenômeno envolvido ao invés de um estudo matematicamente mais rigoroso. Nestas atividades o trabalho dos alunos é realizado em grupos. Este tipo de trabalho ajuda muito não só na aquisição dos conceitos em estudo, mas também no relacionamento e integração entre os alunos. Esta idéia vai ao encontro do referencial vigotskiano adotado na realização destas atividades, que preconiza: que para o indivíduo apropriar-se dos signos utilizados num determinado contexto social é imprescindível a interação entre este indivíduo e o meio social no qual se encontra. São apresentadas considerações relativas ao que pôde ser identificado durante a implementação dessa proposta, como o nível de contextualização atingido pelos alunos acerca dos conteúdos desenvolvidos e a sua motivação tanto para o trabalho experimental como para as discussões dele decorrentes.

Apoios: CAPES, CEFET-RS e CREF/IF-UFRGS.

¹ CBL, do inglês *Calculator Based Laboratory*. Este dispositivo é produzido pela empresa Texas Instruments.

² Os sensores que foram utilizados com o sistema CBL são produzidos pela empresa Vernier.

INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA A EVOLUÇÃO CONCEITUAL EM ENSINO DE FÍSICA¹

Eliana Fernandes Borragini [borragini@yahoo.com.br]

Isabel Krey [isakrey@univates.br]

Mateus Mariani

Geverson Luís Rabaioli

Univates – Centro III. Cx. Postal155

Bairro Universitário – Lajeado/RS – Brasil

A pesquisa foi realizada a partir de dados coletados no curso de Licenciatura em Ciências Exatas – UNIVATES, que habilita professores para trabalhar as disciplinas de Física, Química e Matemática. Este curso se caracteriza pela proposta de integrar estas três disciplinas formando professores que, desde o início, têm contato com a problemática das metodologias de ensino, entre outros. É resultado de sucessivas tentativas em resolver problemas que vínhamos encontrando em sala de aula. Erros, acertos e reformulações nos levaram a buscar referenciais teóricos que fundamentassem e guiassem reelaborações metodológicas para atacar estes problemas. Destacamos como principais problemas: 1º) Como trabalhar a partir do conhecimento prévio do aluno? 2º) Como utilizar atividades experimentais de maneira não mecanicista, favorecendo a aprendizagem significativa? 3º) Como se afastar da maneira como nós aprendemos, inovando na maneira como vamos ensinar? Nas disciplinas em que utilizamos as atividades, selecionamos áreas de interesse (Energia, Termologia, Eletromagnetismo e Óptica Geométrica) e buscamos nos concentrar em alguns conjuntos de conceitos e fenômenos mais específicos, facilitando a análise de resultados. Para caracterizar as atividades como potencialmente significativas, buscamos referenciais que definissem o papel do professor, do material instrucional a ser utilizado e dos ambientes de estudo. O referencial adotado não consiste em uma teoria construtivista, mas em um conjunto de idéias recortadas de autores construtivistas que mais têm nos influenciado. a) Roteiros semi-abertos – inspirados em Jerome Bruner; b) Atividades que evidenciam e trabalham com conhecimentos prévios dos alunos - Ausubel. c) Papel do professor - gerar desequilíbrio e propor atividades em nível adequado ao estado cognitivo do aluno – baseados em Piaget. d) Ambiente de discussões caracterizado pela busca em contextualizar em negociar de significados – com base em Vigotsky. A Metodologia consistiu em: *pesquisa bibliográfica; *análise de dados coletados em semestres anteriores; *elaboração e aplicação das atividades; *avaliação a partir de questões discursivas e mapas ou esquemas conceituais; *e análise qualitativa de dados. Características das atividades experimentais que se mostraram produtivas no contexto em que foram aplicadas: *Materiais e equipamentos simples e de fácil reprodução. *Questionamentos iniciais: para ativar conhecimentos implícitos e conhecimentos “formais” trazidos e construídos pelos alunos. *Favorecer autonomia - a orientação fornecida para a realização das atividades não é extremamente detalhada, para dar margem à possibilidade do aluno ousar e criar maneiras de testar. *Provocar conflito cognitivo com questionamentos finais que orientem reflexões comparativas entre o que foi previsto ou imaginado e o que foi efetivamente observado pelo grupo durante a realização da atividade. *Negociação de significados através de discussões de fechamento realizadas no grande grupo, a partir das respostas e das dúvidas levantadas em cada grupo. É difícil afirmar se houve evolução conceitual, porém foi evidente que a participação dos alunos nas discussões foi maior, o que indica que conseguiram construir significados. Porém nas questões propostas nas atividades, mais especificamente nas iniciais, houve grande medo dos alunos em responder errado, principalmente nas turmas de início de curso, o que dificultou a análise fiel de suas idéias iniciais. As discussões orais se mostraram mais produtivas para se perceber progressos, o que indica que precisamos melhorar na forma de avaliar também.

¹ Versão preliminar apresentada no IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física e versão final no IV Encontro Iberoamericano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que Fazem Investigação na Sua Escola.

SISTEMA DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA PARA O ENSINO DE FÍSICA¹

Giovani Lima de Souza [gliano@ibest.com.br]

Michel Betz [betz@if.ufrgs.br]

Jorge Amoretti Lisboa [Jorge.Lisboa@ufrgs.br]

Sílvio Luiz Souza Cunha [silvio.cunha@ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Campus do Vale,
Caixa Postal 1505, CEP 90501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.*

O objetivo deste trabalho foi a construção de um sistema de experimentação remota para o ensino de Física com o uso da típica estrutura cliente-servidor da Internet. Os experimentos implementados compõem um estudo sobre a radiação de corpo negro e permitem que o usuário possa verificar os resultados relacionados com a lei da radiação de Planck, a lei e aproximação de Wien, e a lei de Stefan-Boltzmann. Remotamente, o usuário poderá consultar os textos de apoio e o roteiro experimental; controlar a execução dos experimentos; ver imagens em vídeo do experimento em execução e; através de um navegador habilitado para executar mini-aplicativos Java (*applets*), construir gráficos e ajustar curvas com os dados medidos. De modo complementar, o usuário poderá fazer uso de uma outra interface baseada em típica página de Internet na qual é possível executar os experimentos e salvar os dados no formato de planilha eletrônica para posterior estudo. Além das interfaces clientes, o trabalho também é composto da criação e configuração do *hardware* e *software* necessários ao funcionamento do servidor de experimentos. As tecnologias utilizadas no lado servidor incluem código escrito em Java, *servlets*, JSP (*Java Server Pages*) e microcontroladores da família PIC. Todo o sistema experimental remoto pode ser acessado na internet através do endereço <http://143.54.77.151/blackbody/site/index.html>.

Além do computador do usuário, o sistema utiliza um computador configurado como servidor HTTP habilitado para tecnologia Java e uma placa de aquisição de dados conectada a este através da porta serial. A placa de aquisição de dados, cujo controle principal é exercido através de um microcontrolador PIC16F877, executa as funções de controle da comunicação com o servidor, conversão analógico-digital e aplicação de tensões ao filamento. Também faz, entre outras funções, a medida, através de circuitos e transdutores apropriados, das tensões, da corrente do filamento, da radiação emitida pelo filamento e a medida da temperatura ambiente.

O estudo sobre corpo negro é realizado com o uso de um filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente comum de baixa voltagem, como as usadas em faróis e lanternas. O filamento de tungstênio é aquecido por efeito Joule aplicando-se uma série de tensões elétricas V escolhidas pelo usuário. Em frente ao filamento, um fotodiodo mede a sua radiação emitida. Para cada valor de V , o sistema mede a corrente I que passa pelo filamento e assim pode-se determinar a sua resistência $R=V/I$. Usa-se esse valor da resistência para obter-se a resistividade do filamento de acordo com a expressão usual. Obtém-se a temperatura do filamento utilizando o fato de que a resistividade do tungstênio varia de forma bem conhecida com a temperatura². A potência total aplicada ao filamento, $P=VI$, deverá ser dissipada através da difusão térmica e por radiação eletromagnética. O termo de difusão térmica varia com a temperatura de forma linear, enquanto que a energia irradiada por unidade de área depende, de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann, da quarta potência da temperatura: $R(T)=\sigma T^4$, onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann. Adicionalmente, usando-se a teoria de Planck para o corpo negro e a aproximação de Wien, o registro gráfico do logaritmo da intensidade luminosa para um dado comprimento de onda contra o inverso da temperatura mostrará

¹ Apresentado no XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVSNEF, na Sessão CO-6-2, em 23/03/2003, Curitiba, PR. Trabalho completo publicado nas Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, páginas 2381 a 2386, ISBN 85-7014-024-X (CD-ROM), Editado pelo CEFET, Curitiba, PR.

² Preston D. W., Dietz E. R., *The Art of Experimental Physics*, JohnWiley & Sons, 1991.

uma reta cuja inclinação é dada por $hc/\lambda k_B$, onde h é a constante de Planck; c é a velocidade da luz, k_B é a constante de Boltzmann e λ é o comprimento de onda medido.

Palavras-chaves: Experimentação Remota; EAD; Radiação de Corpo Negro.

Apoios: CAPES, FAPERGS e UFRGS.

OTIMIZAÇÃO E VERSATILIDADE EM LABORATÓRIO PARA ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL E INTERDISCIPLINAR – UM ESTUDO DE CASO

Gustavo Möllmann de Pádua [gustavo.padua@ufrgs.br]

Laboratório de Física – Centro Educacional La Salle.

SGAS 906 Sul, módulo E – Asa Sul.

CEP 90.000-000 – Brasília, D.F. – Brasil.

[Introdução] Nesta instituição, as aulas ministradas em laboratório de Física são semanais para o 1º ano e esporádicas para o 2º e o 3º anos do Ensino Médio, sempre focadas no desenvolvimento de habilidades ligadas à expressão do conhecimento do estudante sobre o tema, seu raciocínio lógico e análise crítica sobre os fenômenos estudados. Existe uma demanda didática por intensa interdisciplinaridade, em função das novas estratégias de seleção dos concursos Vestibular e Programa de Avaliação Seriada da Universidade de Brasília - UnB. A criação de um laboratório enquanto espaço didático versátil passa a ser *conditio sine qua non* para esta nova perspectiva de ensino. *Eis a possibilidade de Inovação!*

[Métodos] Estruturalmente, propôs-se aqui a otimização deste espaço didático e melhoria na ergonomia utilizando rodinhas nas sete bancadas de madeira já existentes. Em função do amplo espaço da sala do laboratório – aproximadamente 100 m² –, as aulas práticas foram ministradas de diversas formas, entre os anos de 2003 e 2004:

- **Aulas demonstrativas:** com um único prolegômeno, ou mesmo em exposições em multimídia para toda a turma, com as bancadas dispostas em meia-lua, ou em forma de “U” centradas na mesa do professor;

- **Aulas de discussão:** ocorre entre todos os grupos de trabalho, cada um em uma bancada, com as bancadas também em forma de “U”, voltadas para a mesa do professor;

- **Aulas em drupos de trabalho:** ocorrem com bancadas dispostas aleatoriamente dentro do laboratório, privilegiando o acesso do professor a todos os grupos, e permitindo o entrosamento entre estes a fim de garantir colaborações mútuas no cumprimento das tarefas experimentais.

[Resultados] Foi observada uma efetiva redução no tempo necessário à introdução, desenvolvimento e conclusão de tópicos experimentais em Física, não só no primeiro ano, mas também nos segundo e terceiro anos do Ensino Médio, em função da melhoria na comunicação professor-estudante e entre os integrantes dos grupos de estudantes acerca dos tópicos estudados; e também pela adequação das linguagens de exposição de tópicos experimentais à realidade sócio-cultural destes estudantes, com o uso de trecho de filmes para análise de parâmetros físicos, animações em multimídia, exploração de objetos experimentais encontrados pelos alunos em casa, e experimentos e de abordagem interdisciplinar em todas as séries.

Palavras-chave: laboratório; física experimental; espaço didático; grupos de trabalho.

Referências

ALVES, S.V., In “*Trabalhando as Inteligências Múltiplas em Sala de Aula*”, Brasília: Plano, 2003.

Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, In “*Parâmetros Curriculares Nacionais*”, Brasília, MEC, 1999.

CONSTRUINDO CONHECIMENTO COM MATERIAL ALTERNATIVO: LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

Helena Libardi [hlibardi@ucs.br]

Véra Lucia da Fonseca Mossmann [vlfmossm@ucs.br]

*Universidade de Caxias do Sul – UCS, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130.
CEP 95070-560 Caxias do Sul – RS – Brasil.*

Vários trabalhos de laboratório têm sido desenvolvidos para o melhoramento do ensino de física e conseqüente otimização do aprendizado e assimilação de conceitos pelos alunos. O uso de material alternativo se faz atrativo por evitar as abordagens usuais e incentivar o raciocínio dos alunos. O objetivo deste trabalho é observar a construção do conhecimento de uma turma de estudantes referente a situação problema lançamento de projéteis. O movimento de lançamento de projéteis é um exemplo de movimento em duas dimensões e é apresentada em diversos livros didáticos tanto de nível superior como médio. Este movimento pode ser decomposto em um movimento sem aceleração no eixo x , e outro movimento de queda livre no eixo y . A trajetória é parabólica e depende da velocidade e ângulo iniciais de lançamento e, em cada ponto, a velocidade do projétil é tangente a trajetória e pode ser decomposta nas componentes x e y . Os alunos envolvidos nestes experimentos foram alunos de engenharia cursando Física Geral e Experimental I (mecânica) em nossa universidade. Estes alunos já possuem o conhecimento prévio de movimentos retilíneos uniforme e uniformemente variado. O experimento é realizado em uma sala de laboratório com recurso de lançador de projéteis com ângulo variável, quadro branco magnético e retroprojektor. Os alunos foram levados, através da visualização do fenômeno, a construir, passo a passo, os conceitos de trajetória, velocidade tangente a trajetória, componentes das velocidades, e identificar os tipos de movimentos envolvidos, decompondo-os em duas direções perpendiculares. Os professores das disciplinas de mecânica sempre observaram a dificuldade dos alunos em decompor o movimento de projéteis em dois movimentos independentes e diferentes. Com nossa proposta de atividade, os alunos construíram o conhecimento passo a passo, sanando as dúvidas e tirando conclusões.

Palavras-chave: ensino; ensino de Física; Laboratório de Física.

Apoios: UCS e FAPERGS.

SIMULAÇÃO DO EXPERIMENTO DA GOTA DE ÓLEO DE MILLIKAN

Ismael de Lima [ismael.lima@ufrgs.br]

Cristiano Varzim [cristianovarzim@yahoo.com.br]

Michel Betz [betz@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal 15051,
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.*

O famoso Experimento da Gota de Óleo de Millikan caracteriza-se como um experimento crucial na história da Física e impressiona por sua simplicidade e precisão. Esse experimento que, em 1909 permitiu a Millikan determinar a carga elétrica elementar e – obtendo um valor deveras próximo do valor atualmente aceito – é um experimento clássico realizado em muitos cursos de graduação em Física. Ao mesmo tempo, devido à sua já citada simplicidade, configura-se como uma ótima ferramenta a ser utilizada por professores de ensino médio ao abordarem temas como, por exemplo: quantização da carga elétrica, força e campo elétrico, viscosidade e superposição de forças. Motivados por esta ampla proficuidade do tema, apresentamos uma simulação do Experimento de Millikan. A simulação, desenvolvida com o *software* Macromedia Flash, vem acompanhada de um hipertexto e de uma tradução da palestra proferida pelo próprio Millikan ao receber o Prêmio Nobel. A simulação consiste em realizar um conjunto de medidas dos intervalos de tempo de ascensão e queda de uma gota, aplicando-se um campo elétrico durante a subida da gota e modificando-se aleatoriamente a sua carga entre cada medida. O aluno-usuário é responsável pela operação do cronômetro, por ligar e desligar o campo elétrico, e por acionar o fluxo de raios-x que produz a modificação da carga. As opções de tempo “real” e “acelerado” são disponíveis para uma maior comodidade. Os resultados das medidas realizadas pelo aluno são armazenados pelo programa numa tabela semelhante àquelas encontradas no artigo original de Millikan. O aluno deve tentar chegar ao resultado final – à carga elementar – a partir dos dados colhidos e expostos na tabela, e com base nas explicações expostas no hipertexto. Após ter efetuado o raciocínio, o aluno pode conferir o seu resultado. São possíveis três retornos do programa:

- análise incorreta – o aluno é incentivado a rever seus cálculos;
- análise correta mas com grande erro experimental – o aluno é incentivado a refazer as medidas;
- análise correta e erro experimental aceitável – o aluno recebe congratulações.

Assim, o aluno precisa realizar as medidas com cuidado, o que exige concentração e habilidade manual. Ele também precisa entender e saber aplicar a teoria, não podendo abordar o recurso apenas como um jogo. A simulação do Experimento da Gota de Óleo de Millikan poderá auxiliar previamente ou conjuntamente uma aula de laboratório, ou ainda ocupar o lugar deste se o mesmo não estiver ao alcance do professor e dos alunos. Apesar de ser um tanto esquemática, a simulação procura ser visualmente semelhante aos equipamentos utilizados por Millikan e conserva uma peculiaridade essencial dos experimentos reais de laboratório: o erro experimental, que acontece nas medidas dos intervalos de tempo de ascensão e queda da gota.

Apoio: SEAD – UFRGS.

A FÍSICA DA FORÇA IMPRESSA COMO REFERENTE PARA A EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS DOS ALUNOS

João Batista Siqueira Harres [jbharres@univates.br]

Centro Universitário UNIVATES, Caixa Postal, 155.

95900-000, Lajeado, RS – Brasil.

Relata-se o trabalho desenvolvido em uma disciplina de introdução à mecânica, Física II, no curso de Licenciatura em Ciências Exatas da UNIVATES – Centro Universitário (Lajeado, RS) estruturada para favorecer a evolução das idéias dos alunos e o desenvolvimento da capacidade de “aprender a aprender”. Para isso, toma-se como referente um paralelismo entre o desenvolvimento histórico da dinâmica¹ e as idéias nos alunos, em particular, no fato de que pesquisas na área apontam para uma estreita relação entre as concepções dos alunos sobre força e movimento e as idéias elaboradas, na Idade Média, principalmente por Averroes, Buridan e Oresme, denominadas de Física da Força Impressa (FFI)². Pretendendo ser coerente com uma concepção construtivista da aprendizagem³, este paralelismo serviu para a construção de um escala evolutiva das concepções sobre força e movimento que apresenta, entre as duas posições extremas associadas à física aristotélica e a newtoniana, três níveis diferenciados de concepções associadas à FFI. Ao mesmo tempo, pretendendo ser coerente com uma visão histórico-filosófica não absolutista da física⁴, a análise da evolução das idéias dos alunos não considera que há um conhecimento “correto”, geralmente associado ao conhecimento científico, e um conhecimento “errado”, em geral associado ao conhecimento cotidiano. Inicialmente, são analisadas as respostas dos alunos à pergunta “Porque um corpo lançado sobre uma superfície (com atrito) desliza um certo tempo e depois para?”. Nossos dados confirmam aqueles resultados encontradas em outras pesquisas de que as idéias dos alunos estão fortemente associadas à FFI, baseada principalmente na idéia de a força que atuou sobre o corpo lançado é, de alguma forma, “transferida” a ele e isso o mantém em movimento. As formas como esta “força impressa” se relaciona com o atrito e com a manutenção do movimento é que permite estruturar-se diferentes níveis de concepções na questão associadas, por sua vez, a diferentes explicações do fenômeno que atuam como obstáculos ao nível seguinte. Com objetivo de investigar um exemplo de ensino baseado na evolução das idéias dos alunos⁵, são apresentados também as estratégias didáticas (testes, experimentos, leituras, guias de reflexão individual e de grupo, etc.) adotadas para favorecer esta evolução. Nesta processo, se destaca a adoção de uma postura avaliativa não classificatória⁶ coerente com as perspectivas de aprendizagem e epistemológicas adotadas. Os dados encontrados apontam para uma evolução das idéias dos alunos em direção à concepção de referência (newtoniana) e um aumento no grau de consciência das próprias idéias e de como elas mudam, favorecendo o “aprender a aprender”, como mostram os extratos de auto-avaliação dos alunos ao fim do semestre. Estes resultados ganham relevância na medida em que os futuros professores, sujeitos desta investigação, chegam ao nível superior com as mesmas concepções sobre força e movimento que seus futuros alunos. Portanto, espera-se que a vivência de partir e analisar as próprias idéias possa ajudar a superar o freqüente fracasso registrado na aprendizagem destes conceitos e romper o “círculo vicioso” de que os futuros professores, com demandas conceituais sérias, enquanto alunos, não vivenciam situações de aprendizagem significativas que favoreçam a aplicação de estratégias didáticas mais potentes para a evolução das idéias dos seus alunos, replicando assim as dificuldades de aprendizagem da física na escola.

¹ HARRES, J.B.S. Desenvolvimento histórico da dinâmica: referente para a evolução das concepções dos estudantes sobre força e movimento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (2):89-101, 2002.

² PEDUZZI, L.; ZYLBERSTJAN, A. La física de la fuerza impresa y sus implicaciones para la enseñanza de la mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3):351-359, 1997.

³ PORLÁN, R. *Constructivismo y escuela*. Sevilla: Diada, 1993.

⁴ PORLÁN, R.; HARRES, J.B.S. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 19, nº especial, 70-83, 2002.

⁵ CUBERO, R. *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla: Diada, 2000.

⁶ HARRES, J.B.S. Desvinculação entre avaliação e atribuição de nota: análise de um caso no ensino de física para futuros professores. *Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(1), 2003.

TRABALHOS TRIMESTRAIS: UMA PROPOSTA DE PEQUENOS PROJETOS DE PESQUISA NO ENSINO DA FÍSICA¹

Luiz André Mützenberg [luizmutzenberg@yahoo.com.br]

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha – Caixa Postal 621.

Bairro Primavera – CEP 93340-140 – Novo Hamburgo – RS.

Eliane Angela Veit [eav@if.ufrgs.br]

Fernando Lang da Silveira [lang@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Os *Trabalhos Trimestrais* são *Pequenos Projetos de Pesquisa* desenvolvidos durante as três séries do Ensino Médio por professores de Física da Fundação Liberato desde a década de 1990. Neste período não se produziu material escrito para orientação de professores e alunos e não se arquivou materiais produzidos pelos alunos. Neste momento a atividade *Trabalhos Trimestrais* é objeto de estudo para a Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física de um dos autores (L.A.M.). Ao desenvolver *Trabalhos Trimestrais* queremos que os alunos aprendam a pesquisar assuntos de seu interesse. Para atingir este propósito, os alunos são estimulados a organizar *Projetos de Pesquisa*, registrar os passos em *Cadernos de Campo*, escrever *Relatórios Finais* e fazer uma *Apresentação* dos resultados para a turma. Acreditamos que estas atividades permitem o desenvolvimento de um leque de competências para tomada de decisão, planejamento, organização pessoal e coletiva, comunicação oral e escrita. O estudo para a dissertação de mestrado está em fase de conclusão. Nele se procurou por referenciais teóricos que orientem as reflexões sobre os *Trabalhos Trimestrais* e que permitam melhorar a metodologia. Além da dissertação este estudo resultou no desenvolvimento de quatro itens de material de apoio, devendo enriquecer o leque de atividades que permitem aproximar o ensino da Física da realidade dos alunos. Em poucas linhas é apresentado o material desenvolvido para professores e alunos que venham a trabalhar com propostas idênticas. i) Guia do Professor com informações que permitirão aos professores organizar a atividade em outras escolas e desenvolvê-la com seus alunos. ii) Guia do Aluno com orientações aos alunos para organizar os *Projetos de Pesquisa*, os *Cadernos de Campo*, os *Relatórios Finais* e as *Apresentações*. iii) CD dos *Trabalhos Trimestrais* com os trabalhos feitos pelos alunos da 3ª série da Fundação Liberato em 2004, algumas sugestões para *Pequenos Projetos de Pesquisa*, modelos de documentos e de planilhas de avaliação, e arquivos do *Guia do Professor* e do *Guia do Aluno*. iv) Homepage dos *Trabalhos Trimestrais* disponível em www.if.ufrgs.br/~mitza/ com os mesmos conteúdos do CD, mas com os trabalhos de 2004 substituídos pelos melhores trabalhos desenvolvidos a partir de 2005 e a lista de sugestões ampliada. A avaliação da proposta dos *Trabalhos Trimestrais* foi feita através de um questionário do tipo *escala de Likert* e permitiu concluir que a maioria dos alunos é favorável à continuidade dos *Trabalhos Trimestrais*, acreditando que aprende muito ao desenvolvê-los. Contudo a análise dos materiais produzidos pelos alunos mostrou que muitos conteúdos estudados de forma autônoma pelos alunos não são compreendidos corretamente, alertando para a necessidade de desenvolver mecanismos de revisão destes conteúdos para que o significado compartilhado pelos especialistas seja assimilado pelos alunos. Este resumo será concluído com um trecho de um trabalho dos alunos que permite avaliar a importância que eles atribuem aos *Trabalhos Trimestrais*.

Este trabalho é, com certeza, multidisciplinar. Mesmo sendo um trabalho de Física, para conseguir chegar ao êxito, usamos também nossas habilidades referentes às matérias Elementos de Programação e Eletrônica. Isto, sem dúvida é algo bom, pois pudemos exercitar nossos conhecimentos de outras matérias que estamos estudando. Concluímos também que este trabalho é um bom meio de fazer nós, alunos, nos unirmos para discutir

¹ Este trabalho foi apresentado na I Mostra Inova UFRGS, Porto Alegre, maio de 2005; no II Congresso Internacional sobre Projetos na Educação, Porto Alegre, agosto de 2005 e no 12o Seminário Internacional de Educação Tecnológica; Novo Hamburgo, de novembro de 2005 .

idéias e suposições para se alcançar o objetivo vigente. Isto é algo excelente, pois nos faz pensar mais, buscar idéias e principalmente, trabalhar em grupo, coisa que é vital no mercado de trabalho atual.

Palavras-chave: trabalho com projetos; ensino de Física.

Apoio: CAPES.

TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO MEIO DE AMPLIAR E ESTIMULAR O APRENDIZADO DE FÍSICA¹

Marcelo Antônio Pires [maikida@ig.com.br]

Colégio Anchieta – Porto Alegre.

Eliane Angela Veit [eav@if.ufrgs.br]

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Neste trabalho, pretende-se introduzir Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de Física em nível médio a fim de ampliar as possibilidades de produzir ganhos na aprendizagem dos alunos. Especificamente, utiliza-se um ambiente virtual de aprendizagem (TelEduc), no ensino-aprendizagem de tópicos de Gravitação e Temas Afins. O referencial teórico adotado é a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, a teoria de educação de Novak e o modelo de ensino-aprendizagem de Gowin, especificamente no que se refere à motivação do aluno e ao fato de que “o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe”. O assunto de Gravitação e Temas Afins foi proposto exatamente na série em que o aluno estudou sistematicamente Mecânica; portanto possui, teoricamente, o pré-requisito necessário para a aprendizagem do assunto proposto. A teoria de Ausubel também sustenta que a aprendizagem significativa acontece quando o aluno consegue dar significados àquilo que aprendeu, e espera-se que tais significados sejam aqueles compartilhados no contexto da matéria de ensino. Em nosso projeto este item está particularmente potencializado com os recursos de comunicação do ambiente virtual de ensino, especialmente nos Fóruns de Discussão e nas respostas das animações interativas em *applet-java*. Construímos um hipertexto sobre Gravitação e Temas Afins repleto de ilustrações e principalmente animações interativas tipo *applet-java*. Como suporte do curso, para infra-estrutura virtual de comunicação, utilizamos o ambiente de aprendizagem à distância TelEduc, onde exploramos ferramentas que estimularam a comunicação entre o professor-coordenador, a orientadora, o professor-regente e os alunos, e possibilitaram o depósito das respostas das atividades realizadas nos diários de bordo. O hipertexto e o curso criado no TelEduc estão disponíveis em um servidor no Instituto de Física da UFRGS, nos endereços <http://cref.if.ufrgs.br/~maikida/> e http://cref.if.ufrgs.br/~teleduc/cursos/aplic/index.php?cod_curso=34. O projeto foi desenvolvido em duas turmas da primeira série do ensino médio do Colégio Salesiano Dom Bosco na cidade de Porto Alegre, RS, no mês de novembro de 2003. Durante as aulas de Física, o professor conduzia os alunos para o laboratório de informática a fim de realizar, usando os computadores, as atividades sobre itens do hipertexto propostas no curso do TelEduc. Durante o período do projeto ocorreram dois fatos astronômicos notáveis: uma aproximação ímpar entre a Terra e Marte e um belíssimo eclipse lunar, que motivaram ainda mais os alunos no tema de estudo. Além do que, em uma das noites os alunos realizaram uma observação astronômica com telescópio no Observatório Educativo Itinerante, que foi instalado no pátio do colégio. Nossa avaliação indica que conseguimos propiciar uma extensão da sala de aula, aumentando virtualmente a carga horária de Física em no mínimo 40%. Notamos também, nas participações dos alunos, que 67% se envolveram no projeto e 82% expressaram serem favoráveis a esta proposta de aprendizagem de Física. Estes resultados sugerem que conseguimos motivar significativamente os alunos.

Apoios: CAPES, FAPERGS E PROPESQ-UFRGS.

¹ Apresentado no XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, em 2004, Jaboticatubas – MG.

DESENVOLVIMENTO DE UNIDADES DIDÁTICAS NA FORMAÇÃO INICIAL E CONTINUADA DE PROFESSORES PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Marcelo Araújo Machado [mig12@brturbo.com.br]
Colégio Santa Catarina, Novo Hamburgo, RS – Brasil.
Fernanda Ostermann [fernanda@if.ufrgs.br]
Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Este trabalho apresenta o relato de um projeto desenvolvido junto a uma turma do segundo ano de um curso da modalidade Normal (antigo magistério) durante todo o ano letivo de 2004 no colégio Santa Catarina situado em Novo Hamburgo na região metropolitana de Porto Alegre. Diante de uma problemática constatada através de pesquisas e questionários, verificamos uma preocupante falta de conhecimento sobre tópicos de Física por parte de docentes em serviço, pois, em geral, não os aprenderam adequadamente em sua formação. Nossa proposta se baseia em um enfoque fortemente conceitual sobre tópicos de Física, com objetivo de aproximar o conhecimento do docente de uma possível e futura transposição didática para as séries iniciais. Dentre os tópicos trabalhados, abordamos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel com o objetivo de aprofundar o conhecimento dos alunos sobre o referencial teórico que seria utilizado na proposta, bem como fornecer conhecimento para que estes possam utilizar tal referencial em sua práxis docente. Também abordamos um tópico específico sobre mapas conceituais, uma vez que estes foram nosso principal instrumento de avaliação juntamente com a construção de histórias em quadrinhos. A discussão sobre a natureza do conhecimento científico também se fez presente em nossa abordagem porque acreditamos ser imprescindível para o futuro docente ter uma visão crítica acerca do processo de produção do conhecimento científico. Elaboramos, de forma conceitual e livre de qualquer formalismo matemático, uma unidade didática sobre partículas elementares e interações fundamentais com o objetivo de ampliar o conhecimento dos alunos e também desmistificar conceitos de Física Contemporânea como muito complexos para o ensino médio. Na seqüência a abordagem feita sob forma de unidade didática foi sobre tópicos de eletricidade e eletromagnetismo. Os conceitos anteriormente estudados sobre partículas permitiram estabelecer relações com o novo conteúdo. Nossa metodologia foi baseada na utilização de textos pré-elaborados, aulas expositivas, discussões em sala de aula, utilização de simulações computacionais e experimentos práticos sobre os tópicos abordados, sempre com o cuidado de que o recurso utilizado tivesse o maior potencial significativo possível. Quanto à formação continuada, propomos a utilização de um ambiente virtual de aprendizagem (denominado InterAge), construído a partir de problemas da prática pedagógica de professores. Neste ambiente todo o material de pesquisa sobre o assunto como também os textos construídos para utilização nas unidades didáticas trabalhadas serão disponibilizados e poderão ser utilizados por docentes já em atividade. Como resultado de nossa proposta verificamos uma considerável tendência por parte dos alunos em passar a enxergar a Física como uma ciência bonita e instigante. Também constatamos uma rica relação entre os conceitos estudados com base nos mapas conceituais elaborados e também nas histórias em quadrinhos. A Física como matéria mais próxima de uma abordagem nas séries iniciais também foi uma concepção presente nas respostas dos alunos em questionário final por nós aplicado. Não temos a intenção de mostrar receitas, mas de apontar caminhos que podem ser trilhados na busca de uma melhor formação para docentes das séries iniciais.

Apoio: CAPES.

UMA PROPOSTA INOVADORA PARA O ENSINO DE FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO: UTILIZAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE ELETRODINÂMICA¹

Maria Beatriz dos Santos Almeida Moraes [beatriz@netp.com.br]

*Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS.
Caixa Postal 1505, Campus do Vale, 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil
e Instituto Estadual de Educação Ernesto Alves, Rio Pardo, RS, Brasil.*

Rejane Maria Ribeiro Teixeira [rejane@if.ufrgs.br]

*Departamento de Física, Instituto de Física, UFRGS – Caixa Postal 15051.
Campus do Vale, 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.*

Este trabalho descreve uma experiência pedagógica, onde foi colocada em prática uma proposta inovadora de metodologia para o ensino de Física no nível médio. A proposta foi embasada nos pressupostos teóricos de Jean Piaget e David Ausubel e foi aplicada, no ano de 2004, a duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, no Instituto Estadual de Educação Ernesto Alves, em Rio Pardo, Rio Grande do Sul. A proposta consiste na utilização de recursos tecnológicos associados adequadamente aos recursos usualmente empregados no ensino de Física. Além das aulas expositivas, dos experimentos reais, da resolução de exercícios e problemas, foi usado um *ambiente virtual de aprendizagem*, o TelEduc², onde eram disponibilizados os textos elaborados pela professora e os exercícios propostos, eram postados os trabalhos dos alunos, os exercícios resolvidos pelos alunos e era oportunizada a interação entre os alunos e entre estes e a professora, em horários extra classe, ampliando as oportunidades de aprendizagem; foi usado um *software* de simulação de experimentos, o Edison³, que oportunizou uma variedade de experiências virtuais sobre circuitos elétricos; foram feitas pesquisas em livros e na Internet; foram utilizados editores de textos; planilha eletrônica e apresentações eletrônicas, feitas pela professora e pelos alunos. Neste trabalho foram contemplados conteúdos de Física que constam do planejamento do terceiro ano do ensino médio- a introdução ao estudo de Eletricidade e parte do estudo de eletrodinâmica - podendo ser aplicado a outros conteúdos de Física do Ensino Médio, com pequenas alterações nos recursos utilizados. Esta metodologia pretende tornar os conteúdos mais significativos e motivar os alunos para a aprendizagem, através de recursos apropriados para os novos tempos, tornando mais eficiente o ensino e a aprendizagem de Física. Ao final do ano letivo constatou-se que os resultados foram positivos, os alunos mostraram-se satisfeitos com os recursos utilizados, demonstraram um aproveitamento muito bom e, através de diferentes instrumentos de avaliação, constatou-se que houve uma aprendizagem significativa por parte da maioria dos alunos, foram desenvolvidas competências e habilidades, ocorreu a motivação para o estudo de Física, que refletiu positivamente no desempenho dos alunos, também ao longo do terceiro trimestre, quando já havia sido encerrada a aplicação da proposta.

Apoio: CAPES e CREF-IF/UFRGS.

¹ Este trabalho foi apresentado em forma de artigo e comunicação oral no IV Encontro Ibero-Americano de Coletivos Escolares e Redes que fazem Investigações na sua Escola, promovido pelo Centro Universitário UNIVATES, no período de 24 a 29 de julho de 2005.

² TelEduc é um ambiente para a criação, participação e administração de cursos na Web (desenvolvido pelo Nied, Unicamp: <http://teleduc.nied.unicamp.br/teleduc/>).

³ Edison AC/DC (Design Software – Educare Informática) como simulador de experiências.

O CONHECIMENTO GERADO NA BUSCA DE SOLUÇÕES PARA SITUAÇÕES-PROBLEMAS CRIADAS NA ELABORAÇÃO E NAS APRESENTAÇÕES DE TRABALHOS DE FÍSICA DE UMA FEIRA DE CIÊNCIAS¹

Mario Luiz de Souza [m-luiz-souza@uol.com.br]

*Colégio Estadual JM – Av. Brasília, 805.
95370-000, Barracão, RS.*

O dia a dia do educador é voltado para o aprendizado do educando. É nesse sentido que se deve inovar apresentando a ele a possibilidade de interagir e vivenciar a aprendizagem. A sociedade na qual se vive sofre atualmente uma influência bastante significativa da mídia, pois é esta quem determina comportamentos, dita a moda, estabelece, enfim, o certo e o errado. Neste contexto estão nossos educandos, ou seja, à mercê do modismo e fascinados pela maravilha das parafernálias tecnológicas, tornando-se grande parte, alienados, submissos à sociedade. E por trás disso, tantos outros problemas sociais vem refletir nas escolas, o que por certo reflete nas ações dos educadores. E esse é o motivo da realização dessa pesquisa, a qual tem por objetivo estabelecer relações que evidenciem a importância da atividade experimental, que perpassa pela apresentação dos resultados em uma Feira de Ciências, não só a vida do educando, mas de toda sociedade. Buscou-se também investigar o caminho seguido pelo aluno, na elaboração de um trabalho de Física, desde o início da pesquisa até a apresentação do trabalho para os visitantes. As teorias do desenvolvimento social, histórico cultural de Vygotsky, e da aprendizagem significativa de Ausubel e de Novak servem como suporte teórico para a pesquisa. Com a visita a escolas, que realizam Feiras de Ciências, coletaram-se dados através de entrevistas a diretores, professores, alunos, pais e profissionais da comunidade, sobre temas relacionados ao incentivo dado pelas coordenadorias, sobre a participação da comunidade, o espaço e verbas específicas para a realização das Feiras e se essa atividade contribui para o aprendizado e para que o aluno chegue ao conhecimento necessário para participar ativamente na sociedade. Os dados foram analisados e os resultados mostraram a importância das Feiras de Ciências para a vida da comunidade escolar. Projetos de pesquisa extraclasse devem ser uma máxima na prática pedagógica e a isso se deve somar a exposição em Feiras de Ciências. Este evento proporciona aos alunos a oportunidade de demonstrar seu valor, sua capacidade de pesquisar, de buscar informações e de contextualizar o aprendizado. Salienta-se ainda que a interação com a comunidade escolar é uma fonte de estímulos para continuar a aprendizagem, pois busca em todos os setores a fonte do conhecimento que está, não só na escola, mas nos diversos ramos que constituem a sociedade. Sendo assim, é necessário torná-la parte do nosso calendário anual, pois desse modo a Física deixa de ser apenas mais uma disciplina do currículo e passar a ser, para os educandos algo presente no dia-a-dia, fato esse necessário para o desenvolvimento de suas atividades.

Palavras-chave: interação; aprendizagem; participação; conhecimento.

¹ Pesquisa apresentada ao curso de pós-graduação em Física, do Instituto de Ciências Exatas e Geociências da Universidade de Passo Fundo, em abril de 2005, como requisito final para obtenção do título de Especialista em Física.

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Mauro Duro Borges [maurodb@if.ufrgs.br]

Fernanda Ostermann [fernanda@if.ufrgs.br]

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Este trabalho tem o objetivo de contribuir para a atualização curricular da disciplina de Física no ensino médio, a partir da inserção da Relatividade Restrita, como tema foco da Física Moderna e Contemporânea. Esta pesquisa teve como referencial teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel¹ e a teoria de ensino de D. B. Gowin². Como materiais educativos foram utilizados um vídeo, um aplicativo e um texto didático para, juntamente com a mediação do professor, procurar promover a aprendizagem significativa de conceitos básicos da Relatividade Restrita. O estudo foi aplicado a 50 alunos da Escola Estadual Protásio Alves, de Porto Alegre, num total de oito encontros. Foram também realizadas entrevistas com 11 professores do ensino médio para verificar a real necessidade da inserção de tópicos de FMC no currículo de Física nesse nível, bem como as condições para tal. Realizamos a avaliação da experiência na perspectiva dos alunos a partir da aplicação de um teste em uma turma chamada piloto para verificarmos a fidedignidade do teste de conhecimento. Após, aplicamos um teste de opinião e o teste de conhecimento, já validado, contendo 10 questões objetivas de múltipla escolha e quatro dissertativas, sendo um deles realizado antes de começar a abordagem do conteúdo e o outro logo após o término das aulas, nas turmas experimentais. O objetivo principal dos testes, foi o de analisar a visão do aluno sobre a Física normalmente estudada em sala de aula e verificar o que os estudantes já sabiam e o que aprenderam a respeito do assunto proposto. Concomitantemente a isso, convidamos cinco alunos que quisessem realizar entrevistas semi-estruturadas, para que tivéssemos uma possibilidade de aumentar nossas informações a respeito do trabalho realizado. O resultado encontrado ao final desse trabalho foi o de que é viável a inserção de alguns tópicos de FMC no ensino médio, em particular a Relatividade Restrita, e de que há boa aceitação por parte dos alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física; Relatividade Restrita; Ensino Médio.

¹ Ausubel, D. P. (2003). **Aquisições e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa, Plátano, 2003. 226 p.

² Gowin, D. B. (1981). **Educating**. Ithaca, NY, Cornell University Press, 1993. 210 p.

VISUALIZAÇÃO INTERATIVA DA REFLEXÃO E TRANSMISSÃO POR UM DEGRAU DE POTENCIAL NA MECÂNICA QUÂNTICA

Michel Betz [betz@if.ufrgs.br]

Cristiano Varzim [cristianovarzim@yahoo.com.br]

Ismael de Lima [ismael.lima@ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal 15051,
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.*

Uma das principais vantagens do uso de recursos eletrônicos no ensino da Física é sem dúvida a possibilidade de facilitar a visualização das situações e resultados através de animações. No caso da física clássica, e em especial da mecânica clássica, a tarefa de elaborar uma animação adequada geralmente consiste em reproduzir fielmente na tela do computador o fenômeno tal como ele poderia ser observado pelo aluno. Esta visualização literal é frequentemente acompanhada de gráficos que apresentam o essencial da descrição matemática do sistema. Na mecânica quântica, a visualização constitui-se num desafio considerável. Para começar, os fenômenos estudados ocorrem geralmente em escalas atômicas e não são passíveis de observação visual direta. Mas além disto, a descrição matemática dos fenômenos é bastante abstrata e não permite uma interpretação diretamente “realista”. Do outro lado, estas características tornam ainda mais desejável o desenvolvimento de recursos destinados a facilitar a aprendizagem. Alguns conjuntos de visualizações e animações dos sistemas quânticos tipicamente estudados numa cadeira introdutória já estão disponíveis. Geralmente, eles focalizam o aspecto ondulatório, seja apenas apresentando gráficos de funções de onda, seja mostrando a propagação de pacotes de ondas. Embora bastante interessante, esta última abordagem suscita algumas ressalvas. O formalismo matemático que embaseia tais animações é demasiadamente sofisticado para ser explicitado, de maneira que os programas tornam-se “caixas pretas” para o aluno. A interpretação daquilo que é mostrado na tela em termos de probabilidades fica por conta do aluno, o que pode levar a graves concepções. Por exemplo, no caso de um degrau de potencial, a separação de um pacote de ondas incidente em partes transmitida e refletida poderia ser interpretada erradamente como uma divisão da partícula associada. Na elaboração do recurso aqui apresentado, buscou-se cumprir duas metas principais:

- limitar a visão ondulatória ao conteúdo que pode de fato ser apresentado num curso introdutório, ou seja, às soluções estacionárias da equação de Schrödinger;
- ilustrar o aspecto corpuscular tal como ele se manifesta no laboratório, ou seja, por um processo de contagem.

Especificamente, o recurso – elaborado com o *software* Macromedia Flash – ilustra a reflexão e a transmissão de partículas por um degrau de potencial de altura V_0 ajustável (valores positivos e negativos). A energia total E é fixa, o que não constitui uma limitação já que a física da situação é inteiramente definida pela razão V_0/E . Duas visualizações estão apresentadas sobre a mesma interface gráfica. A primeira mostra os tradicionais gráficos das partes reais e imaginárias da função de onda. A segunda simula o processo de medida como uma contagem de partículas incidentes, refletidas e transmitidas. As partículas podem ser “atiradas” uma por uma ou na forma de um fluxo contínuo. O aluno pode observar os disparos dos detectores e a convergência, à medida que a contagem procede, dos resultados experimentais rumo aos valores teóricos. Junto com a animação, apresentamos um breve texto que resume o cálculo dos coeficientes de reflexão e transmissão e discute os seus significados experimentais. Também aponta as semelhanças e enfatiza as diferenças entre a mecânica clássica e a quântica no que diz respeito ao sistema considerado. Neste aspecto, talvez a animação possa ser futuramente melhorada com a inclusão de alguma forma de visualização da penetração da partícula na região classicamente proibida, quando a energia total é inferior à altura do salto.

Apoio: SEAD – UFRGS.

UM ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA NA UPF: METODOLOGIA CENTRADA NA ESTRUTURA DO EXPERIMENTO

Michel Moccelin Viccari [77063@lci.upf.br]

Álvaro Becker da Rosa [alvaro@upf.br]

Cleci Werner da Rosa [cwerner@upf.br]

Física – ICEG – UPF – Caixa Postal, 611.

Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil.

Este trabalho relata parte de um estudo que vem sendo desenvolvido na UPF relacionado as atividades experimentais em laboratório didático de Física. Especificamente ele vem a relatar o processo investigatório que está sendo desenvolvido sobre abordagens didáticas para o ensino experimental. Este estudo refere-se a uma alternativa metodológica para abordar a dilatação linear nas aulas experimentais de Física II no curso de Física. O objetivo é propor uma abordagem centrada na análise da estrutura do experimento de forma a explorar os elementos vinculados ao experimento (equipamento), bem como as funções de cada parte constituinte, permitindo ampliar a concepção de aula experimental que atualmente esta em voga nesta disciplina. Desta forma, foi projetado e construído um equipamento para abordar o estudo do coeficiente de dilatação linear de um corpo sólido, de modo a permitir que no desenvolvimento da aula fosse discutido não só o resultado matemático proporcionado por este experimento, mas também a sua estrutura. A necessidade de propor alternativas metodológicas para as atividades experimentais surgiu em decorrência de estudos anteriores, nos quais foram investigadas as concepções dos professores e estudantes sobre o ensino experimental, julgando-se pertinente propor novas alternativas para o ensino experimental que atualmente vem sendo desenvolvido na UPF¹. Neste sentido, buscou-se abordar uma concepção de ensino voltada para análise da estrutura do experimento em contraposição ao ensino tradicional fortemente apoiado em atividades programadas e organizadas a partir de roteiros rígidos, cujos resultados são previstos antecipadamente pelo professor, limitando a ação e a investigação do estudante sobre o objeto em estudo. A organização da atividade proposta busca proporcionar aos estudantes a discussão do equipamento e da metodologia utilizada, de modo a permitir um estudo voltada para a identificação da estrutura do experimento, tendo como referencial os estudos de estudos de Moreira e Levandowski² sobre diferentes abordagens para o ensino em laboratório didático. Como forma de viabilizar o estudo proposto, optou-se por adotar uma pesquisa qualitativa, um estudo de caso, abrangendo as seguintes etapas: estudo teórico sobre as abordagens para o ensino experimental; desenvolvimento dos experimentos (equipamentos); elaboração do uso metodológico; aplicação; observações diretas sobre a atividade; coleta e análise dos dados. Como a pesquisa encontra-se em andamento, cabe ressaltar que os estudos estão na fase de análise dos dados decorrentes da sua aplicação na disciplina de Física II, do curso de Física – LP da UPF. Porém, já é possível avaliar que os resultados desta pesquisa estão associados a sua contribuição como proposta que integre o ensino de Física em laboratório com a perspectiva da abordagem centrada na análise da estrutura do experimento, de modo a instigar o aluno a não apenas desenvolver uma atividade experimental, mas a discutir elementos importantes que constituem o experimento, ultrapassando a idéia de que as atividades experimentais se situam no âmbito da simples demonstração e testabilidade dos conceitos abordados teoricamente. As contribuições deste estudo para o ensino de Física, em particular para o ensino em laboratório didático desenvolvido na UPF, vincula-se a promover uma reflexão na potencialidade desta atividade junto ao processo de formação dos estudantes.

¹ ROSA, Cleci T. Werner. Laboratório Didático de Física da Universidade de Passo Fundo: concepções teórico-metodológicas. Dissertação (mestrado em educação). Universidade de Passo Fundo, 2001

² MOREIRA, Marco A.; LEVANDOWISKY, Carlos E. Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1983.

UTILIZANDO A MODELAGEM E A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS GASOSOS¹

Oswaldo Balen [obalen@ucs.br]

Departamento de Física e Química.

*Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – UCS – Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130.
Campus Central – CEP 95070-560 – Caxias do Sul, RS – Brasil.*

O trabalho apresenta um estudo que tem como objetivo verificar se o uso de ferramentas de modelagem matemática e simulação computacional auxiliam o estudante na aprendizagem e compreensão dos conceitos associados ao modelo de gás ideal e sua comparação com o comportamento dos gases reais. O referencial teórico adotado está baseado nas concepções alternativas, nas idéias do perfil conceitual apresentado pelos alunos e na aprendizagem significativa. O estudo foi desenvolvido elaborando e aplicando instrumentos de avaliação para comparar o desempenho dos estudantes antes e depois da aplicação de uma atividade computacional mediante a elaboração de um tutorial onde é discutido o comportamento dos gases ideais e dos gases reais através da manipulação das equações de estado dos gases ideais e da equação de van der Waals, utilizando o programa MODELLUS. O Programa MODELLUS é um software que possibilita ao estudante escrever a função matemática que relaciona as variáveis que descrevem o comportamento do sistema investigado e simular esse comportamento através da construção de gráficos e de outros recursos de animação. A atividade foi desenvolvida utilizando-se a estratégia de ensino PREDIZER – OBSERVAR – EXPLICAR (POE). Durante a aula os alunos são solicitados a prever o comportamento do sistema gasoso, a realizar a atividade de modelagem e simulação e então comparar o resultado obtido com a predição. A modelagem e a simulação foram desenvolvidas tendo em vista as concepções alternativas e a dificuldade dos estudantes observadas em diferentes trabalhos descritos na literatura. A estratégia consiste no uso do programa MODELLUS para a visualização do modo como o comportamento dos gases ideais e dos gases reais varia em função da manipulação de diferentes parâmetros. A atividade permite vincular diretamente o nível de representação simbólica aos níveis de representação macroscópico e microscópico. A amostra investigada foi constituída de estudantes universitários regularmente matriculados nas disciplinas Físico-Química, Termodinâmica, Termodinâmica para Químicos e Física III. A aplicação de um pré-teste e de um pós-teste mostrou que a atividade computacional propiciou uma melhoria na compreensão dos conceitos nos níveis de representação simbólico e macroscópico, indicando a evolução conceitual, mas há o desafio de se englobar na atividade a vinculação com o nível microscópico da compreensão dos conceitos.

Palavras-chave: modelagem e simulação; níveis de representação; aprendizagem; sistemas gasosos.

¹ Trabalho apresentado no XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, em 2005, Rio de Janeiro, RJ.

SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAIS NO ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Pedro Fernando Teixeira Dorneles [pdorneles@if.ufrgs.br]

Eliane Angela Veit [eav@if.ufrgs.br]

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Apresentamos neste trabalho um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais¹, desenvolvidas com o *software Modellus*², a serem desenvolvidas por alunos no estudo de circuitos elétricos e um teste sobre circuitos RLC, que foi construído por nós e validado. Ambos são produtos de um trabalho de pesquisa que visa investigar a possibilidade de proporcionar condições favoráveis à aprendizagem significativa, no referencial de Ausubel³. A investigação envolveu 193 alunos de cursos de Engenharia, que cursaram a disciplina de Física II-C (FIS01182, Eletricidade e Magnetismo para alunos de Engenharia) oferecida pelo Departamento de Física da UFRGS, no 2º semestre do ano letivo de 2004. O procedimento didático ocorreu em duas etapas. Na primeira, os alunos que formaram o grupo experimental trabalharam com um conjunto de atividades sobre circuitos elétricos simples durante cinco aulas e na etapa seguinte, com um conjunto de atividades sobre circuitos elétricos do tipo RLC, durante quatro aulas. Cada aula teve duração de 1h40min. Definimos o foco de nossas atenções nas dificuldades de aprendizagem de circuitos elétricos, identificadas após uma revisão da literatura realizada em nove revistas especializadas em Ensino de Física, em que localizamos 50 publicações. Levamos em consideração tais dificuldades ao estabelecermos os objetivos a serem alcançados pelos alunos ao trabalharem com as atividades de simulação e modelagem computacionais. Com a finalidade de verificar se os alunos possuem concepções científicas sobre o comportamento de grandezas eletromagnéticas em circuitos elétricos do tipo RLC, construímos e validamos um teste constituído por 17 itens. Cada item possui cinco alternativas, sendo que uma das alternativas é coerente com as concepções científicas, enquanto algumas das demais alternativas correspondem a concepções alternativas sobre os circuitos em questão. Os resultados quantitativos mostraram que o desempenho dos alunos do grupo experimental comparado com o desempenho de alunos expostos apenas às tradicionais aulas expositivas e de laboratório (grupo de controle) foi superior, com um nível de significância estatística menor do que 0,01. Fizemos também uma análise qualitativa cujos resultados sugerem que muitos dos alunos atingiram uma aprendizagem significativa. Nossas observações e o levantamento de opiniões mostraram que o procedimento didático adotado exigiu muita interação dos alunos com as atividades computacionais, dos alunos entre si e com o professor, tornando-se um elemento motivador na aprendizagem dos alunos. Também apresentaremos experimentos reais com associações de lâmpadas, pois temos como perspectiva futura de trabalho investigar a integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional na aprendizagem de tópicos de eletricidade, particularmente circuitos elétricos de corrente contínua e alternada.

Palavras-chave: simulação computacional; modelagem computacional; circuitos elétricos e Ensino de Física.

Apoio: CNPq.

¹ Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/circuitos>.

² TEODORO, V. D.; VIEIRA, J. P.; CLÉRIGO, F. C. Modellus, interactive modelling with mathematics. San Diego: Knowledge Revolution, 1997. Disponível em: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>.

³ AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003. 226 p.

CRIAÇÃO DE SOFTWARES MULTIMÍDIA INTERATIVOS DE EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA

Renato Heineck [heineck@upf.br]

Eliane Regina de Almeida Valiati

Física – ICEG – UPF – Caixa Postal, 611.

Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil.

Esta exposição visa partilhar dados referentes a pesquisa realizada através do software confeccionado pelos professores da Universidade de Passo Fundo-UPF-RS. Destaca-se nesse trabalho dois momentos: a) o estudo das metodologias apresentadas por esse software e b) os conhecimentos adquiridos pelos estudantes, mediante comparação desse software com outro comercializado. Vale destacar que hoje, as novas tecnologias desafiam as práticas educacionais e frente a este novo paradigma de ensino-aprendizagem, cabe aos professores assumir a postura de professor mediador, na qual seu principal papel passa a ser o de vivenciar e mediar processos de construção do conhecimento, proporcionados e incentivados pela crescente inclusão das Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) nas escolas. Portanto, apresenta-se de forma sintética os resultados obtidos nessa pesquisa, que teve por objetivo, alunos do ensino médio de escolas alvo, buscando questionar as diferentes metodologias empregadas no ensino de Física, suas inferências pedagógicas, seus recursos didáticos, bem como a postura do professor no uso das novas tecnologias. Grande parte das escolas apresenta propostas de trabalho, como o que afirma Schum (2002), tendo como modelo educacional aquele fundamentado na transmissão do conhecimento, na escassez de recursos e na deficiente formação dos professores, no qual o aluno é concebido como um ser passivo sem capacidade crítica e reflexiva. No caso do ensino de Física, atualmente, o modelo adotado por muitos educadores tende a obedecer ao método tradicional de simples repasse de conteúdos, com aulas à base de giz, quadro-verde e livro didático, com ênfase na linguagem matemática desprovida de um embasamento experimental, desvinculando os conteúdos de suas possíveis relações com os fatos do cotidiano. Sob este ponto de vista, esta pesquisa apresenta um trabalho que teve como objetivo investigar, através de um estudo de caso, o uso do computador e demais recursos no ensino-aprendizagem de conteúdos de Física, buscando questionar as diferentes metodologias empregadas no ensino de Física, suas inferências pedagógicas, seus recursos didáticos, bem como, suas implicações de uso, tanto por parte dos alunos como por parte do professor. Para isso foi criado um software de aplicação multimídia (construída em FLASH) composta de conteúdos de Física (baseados nos equipamentos e experimentos produzidos em laboratório), organizados em diferentes módulos.

Na busca de resultados para esse trabalho, levantou-se dados que relacionaram a metodologia do uso de softwares no ensino de Física, bem como comparou o software produzido pela Universidade de Passo Fundo – UPF (multimídia em CD-Rom, com inferências de alunos e professores nos resultados a serem obtidos), com um software comercializado, através dos conteúdos assimilados pelos pesquisados. Com base nos resultados obtidos, torna-se fundamental reconhecer que o sistema atual de ensino não tem sido condizente com as reais necessidades da sociedade em que se vive e que, portanto, não basta modernizar um paradigma saturado de ensino, mas se faz urgente transformar o modelo educacional de modo que o processo de conhecer e de atuar seja estimulante, desafiador e adequado aos novos tempos.

O USO DA MULTILINGUAGEM DA MÍDIA TELEVISIVA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA APROXIMAÇÃO EMPÁTICA

Robson L. Bacchin Ilha [rbacchin@via-rs.net]
Sílvio Luiz Souza Cunha [silvio.cunha@ufrgs.br]
*Instituto de Física – UFRGS – Campus do Vale,
Caixa Postal 1505, CEP 90501-970, Porto Alegre, RS-Brasil.*

A busca de um material potencialmente significativo para o ensino de Física e o interesse de divulgar a Física para a população motivou a produção de um episódio em vídeo digital de alta definição. Para mostrar uma Física, contrariamente à visão que muitos alunos a percebem, interessante e cativante, o vídeo procura a direção dos grandes divulgadores da ciência. Os exemplos vão da literatura ao cinema e TV, como Isaac Asimov (ficção; não-ficção), Arthur Clarke (ficção), Bertrand Russell (não-ficção), Carl Sagan (não-ficção; série para televisão Cosmos) e Richard Feynman aos mais atuais como Paul Davies, John Gribbin, Martin Rees e Roger Penrose. Há como transpor para uma linguagem mais entusiasmante os assuntos que dizem respeito à Física. O vídeo, pensado para ser integrante de uma série, introduz conceitualmente a Física Moderna e Contemporânea tanto a alunos do Ensino Médio quanto ao público em geral. Sabemos que não fazemos física sem matemática. No entanto, se não soubermos expressar a Física de uma forma inteligível, que aflora dos resultados numéricos da “temida” matemática, nunca obteremos o interesse e a devida atenção para a disciplina.

No episódio “Dualidade onda-partícula” e, por conseguinte em toda a série, é intenção a utilização da linguagem de massa da mídia televisiva, na qual encontramos elementos úteis para a predisposição e/ou motivação à Aprendizagem Significativa e também à empatia pela Física. Embasam este trabalho referenciais teóricos da Comunicação Social e os trabalhos sobre Aprendizagem Significativa de Ausubel-Novak, entre outros. A produção do vídeo, mediante a união de elementos comuns da extensa programação da televisão com os referenciais teóricos para a aprendizagem, ancora na idéia de seduzir, como a publicidade tão bem o faz (persuasão), numa edição dinâmica de imagens e sons, buscando nestes elementos uma empatia com o público. É da comunicação social, que reconhece um emissor, um canal de mensagem, a mensagem e o receptor, com a clareza e intenção que se deseja passar uma informação, que colocamos junto à luz da Aprendizagem Significativa. O sujeito receptor da informação não possui isenção ou neutralidade ao ouvir, sentir e ver. O sujeito é sempre acompanhado das emoções e sensações. As emoções e sentimentos que acompanham o processo de aprendizado desempenham um papel muito importante na motivação do aluno, em sua pré-disposição ou no aprendizado em si. Na estruturação do episódio atenta-se ao que já foi referido ao passo que a flexibilidade de edição de imagens permite trabalhar os organizadores prévios (Ausubel), ponto central quanto aos conhecimentos prévios e capacidades na elaboração de raciocínios. Ensejamos com este vídeo alcançar uma experiência afetiva positiva (Novak).

O projeto, em andamento e que será discutido neste trabalho, segue um cronograma onde se destacam quatro momentos: 1) Viabilização técnica para uma vídeo-produção digital em alta definição. Criação do roteiro. Laboratório com atores. 2) Gravações. Elaboração das simulações, efeitos eletrônicos e design de marcas e artes visuais. 3) Edição e pós-produção. 4) Exibição do vídeo aos alunos do Ensino Médio e do Ensino de Jovens adultos (EJA). Avaliação do vídeo como um material potencialmente significativo.

Palavras-chave: ensino e divulgação da Física; física moderna e contemporânea; dualidade-onda-partícula; linguagem da mídia televisiva; interesse em Física.

A EXPERIÊNCIA DA DUPLA FENDA ABORDADA NO ENSINO MÉDIO

Rogério Avila Chiarelli [rogchiarelli@ig.com.br]

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Este estudo foi desenvolvido no Colégio Estadual Inácio Montanha, Ensino Médio, com alunos do 3º ano do turno da manhã, durante um período de 18 horas-aula – carga horária semanal de 3 horas-aula – iniciando na 2ª quinzena de agosto, estendendo-se por setembro e terminando na 1ª quinzena de outubro. Embora a escola possua poucos recursos, há disponibilidade de televisão, vídeocassete e retroprojetor que foram utilizados durante o desenvolvimento deste projeto. Foram ministradas aulas expositivas usando um texto elaborado pelo primeiro autor com o título de “*Notas De Aula Sobre O Átomo E A Mecânica Quântica*”. Utilizou-se o retroprojetor para projetar *diapositivos* da história do átomo no início do século XX, onde se faz uma comparação entre dois modelos atômicos daquela época: o modelo conhecido como “pudim de passas” e o modelo chamado de “planetário”, desenvolvido por Rutherford. Em aulas posteriores, foi utilizado novamente o retroprojetor para apresentar o modelo atômico desenvolvido por Bohr. Também trabalhou-se com um vídeo (produzido por David Chamberlain para Northey Productions for TV Ontario) sobre a dualidade onda-partícula e o modelo atômico atual. Além disso, os alunos foram convidados a assistirem uma apresentação, em *data-show*, na UFRGS, durante um dia de aula, onde foi trabalhada uma página da Internet – <http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/computer/doppelspalt/dslit.html> – sobre o experimento de dupla-fenda. Abordou-se com eles esta experiência de dupla fenda para fótons, elétrons e prótons mostrando os diversos fenômenos de interferência. Ainda trabalhou-se, com apresentações em *power point* o assunto sobre interferência e o “gato de Schrödinger”. Quando os alunos foram consultados verbalmente se estavam gostando e entendendo estas aulas era consenso geral que aprovavam a metodologia, que para eles era nova. Foi realizado um pré-teste com o objetivo de diagnosticar o que os alunos já sabiam antes do desenvolvimento dos conteúdos em pauta para, dentro do modelo de aprendizagem significativa (proposto por Ausubel e Novak), ter “em mãos” um pouco “da estrutura cognitiva do aluno”. No entanto, era esperado que este pré-teste não revelasse nenhum resultado relevante, pois os alunos jamais tinham trabalhado com a noção de onda-partícula. Neste desenvolvimento didático foi utilizado como referencial a Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak (Moreira, 1999) que tem como base o fato de que “...*novas idéias expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem) se relacionam àquilo que o aprendiz já sabe (a estrutura cognitiva deste numa determinada área de conhecimentos), de forma não arbitrária e não literal, e o produto desta interação ativa e integradora é o surgimento de um novo significado, que reflete a natureza substantiva e denotativa deste produto interativo*”. Ao final dessa unidade didática o mesmo teste inicial foi aplicado como pós-teste, buscando evidências de aprendizagem; mapas conceituais sobre “princípio de incerteza” e o “gato de Schrödinger” foram também usados como instrumentos de avaliação. Além disso, os alunos foram convidados a expressarem suas opiniões sobre o assunto e a metodologia de ensino. Os resultados sugerem que é viável a introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, apesar das limitações da escola pública.

Referências

- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa. Paralelo Editora Ltda., p. 71, 2002.
- MUTHSAM, K. *Double Slit*. Disponível em:
<<http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/computer/doppelspalt/dslit.html>>. Acesso em: 17 out. 2005.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo, Brasil, Editora Pedagógica e Universitária Ltda., p. 160, 1999.

UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DE DIFRAÇÃO E INTERFERÊNCIA PARA PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO¹

Scheila Vicenzi [svicenzi@pop.com.br]

Escola Estadual de Ensino Médio Apolinário Alves dos Santos.

Caxias do Sul, RS – Brasil.

Sílvio Luiz Souza Cunha [slsc@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Apesar da sua importância na maioria dos fenômenos da natureza, a abordagem dos assuntos difração e interferência são deficientes no ensino médio, não tendo ainda conquistado o seu merecido espaço nos currículos escolares. Um dos fatores se deve a dificuldades teóricas por parte dos professores. Um outro fator determinante para esta deficiência no Ensino da Física na escola é o pouco tempo disponível para a esta disciplina, que variam de dois a três períodos de 50 minutos, e vasto conteúdo a ser vencido pelo professor neste período. Como consequência o professor acaba sendo obrigado a selecionar os conteúdos, optando normalmente pelo mais simples em termos de teoria ou mais acessível experimentalmente. Cientes desta situação e no intuito de contribuir para superar estas dificuldades, propomos um conjunto atividades teóricas, experimentais, com apoio de recursos de informática e ferramentas pedagógicas para inserir e facilitar a compreensão do assunto Difração/Interferência no Ensino Médio.

Esta proposta visa dar suporte aos professores a fim de explorar de forma mais efetiva as propriedades da luz: Difração e Interferência, ainda deficientes no ensino médio. São promovidas tarefas experimentais utilizando preferencialmente materiais de baixo custo e de fácil acesso além simulações disponíveis na rede de computadores.

As atividades têm início a partir de investigações com a cuba de ondas, explorando o conceito e características das ondas; ondas planas, circulares; algumas propriedades, dentre as quais, como se comportam perante obstáculos e fendas (difração); seu comportamento quando sofrem perturbações a uma mesma frequência (interferência). Num segundo momento, será utilizado o laser diodo para realizar investigações a respeito da luz que é semelhante a ondas na água. Serão realizadas medidas com difração em fendas, fios e orifícios. Utilização de um CD como rede de difração por reflexão para observar o espectro da luz branca culminando com a construção de um espectrômetro portátil com CD.

Palavras Chave: Difração; Interferência; Ensino de Física.

Apoio: CAPES.

¹ Projeto sendo desenvolvido no Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física.

UM HIPERMÍDIA EXPLORANDO SIMULADORES E IMAGENS COMO FERRAMENTAS AUXILIARES NO ENSINO/APRENDIZAGEM DE ÓTICA²

Valmir Heckler [valmirheckler@setrem.com.br]

Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM – Av. Santa Rosa, 2405.

Campus SETREM, 98910-000, Três de Maio, RS – Brasil.

Maria de Fátima Oliveira Saraiva [fatima@if.ufrgs.br]

Kepler de Souza Oliveira Filho [kepler@ctio.noao.edu]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.

Neste pôster apresentamos as etapas do desenvolvimento e a aplicação de um CD-ROM hipermídico de ótica para o ensino médio. Fizemos uma abordagem sobre a utilização intensiva de tecnologias da informação, abrangendo a exploração de simuladores (Java Applets), de imagens e animações, acompanhadas de textos teóricos explicativos, organizados em material interativo desenvolvido em linguagem html e disponibilizado em CD-ROM. Enfatizamos algumas etapas importantes para o desenvolvimento do referido material, como: seleção dos tópicos de ótica significativos e importantes para os alunos do Ensino Médio; pesquisa sobre os simuladores Java Applets disponíveis na Internet para download, e, posteriormente, disponibilização e adequação dos mesmos no material; criação e adequação de textos teóricos e explicativos em cada tópico abordado; adaptação dos simuladores para facilitar a compreensão dos assuntos; produção e obtenção de imagens estáticas e animadas relacionadas a cada tópico; desenvolvimento de atividades, questões e exercícios para cada tópico; organização do material criado em um sistema hipermídia na linguagem html. O embasamento teórico do trabalho é dado pelas teorias construtivistas cognitivistas, aproveitando as idéias de Piaget, Vygostky, Rogers, Ausubel e Novak. Comentamos sobre a aplicação e recepção do hipermídia por parte de uma turma de 3^a série do ensino médio no Centro de Ensino Médio – SETREM, localizada na região Noroeste do RS. Uma pesquisa de opinião realizada entre os alunos que usaram o material desenvolvido mostrou que 95% deles acreditam terem sentido um interesse maior pelas aulas de Física. Concluímos que o material contribuiu efetivamente para desenvolver os conteúdos de uma forma mais atrativa, com maior envolvimento dos alunos e maior motivação por parte dos mesmos, fazendo com que se sentissem participantes ativos na aquisição de informações e construção do próprio conhecimento. Observamos que as novas tecnologias usadas são boas ferramentas auxiliares no processo ensino/aprendizagem de ótica no ensino médio, mas devem ser usadas juntamente aos demais recursos didáticos existentes e nunca encaradas como únicas e muito menos como substitutivas do professor, pois a este cabe cada vez mais o papel de orientador, motivador e organizador de um ambiente propício para o ensino/aprendizagem eficiente.

Apoio: CAPES.

² Este pôster foi construído a partir da dissertação de mestrado “Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica” e do hipermídia “Ótica no Ensino Médio” – Produto do trabalho de conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.