

II ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA - RS



ATAS



**Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS
13 a 15 de setembro de 2007**

II ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA – RS

ATAS

Organizadores:

Eliane Angela Veit
Marco Antonio Moreira
Ives Solano Araújo

UFRGS – Instituto de Física

Porto Alegre

2007

Organizadores do evento:

Dra. Eliane Angela Veit

Dr. Marco Antonio Moreira

Dr. Ives Solano Araújo

O II Encontro Estadual de Ensino de Física – RS foi realizado em Porto Alegre, RS, no período de 13 a 15 de setembro de 2007 e organizado pelo Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Professora Ruth de Souza Schneider

E56a Encontro Estadual de Ensino de Física – RS (2. : 2007 :
Porto Alegre, RS).

Atas [recurso eletrônico] / Encontro Estadual de
Ensino de Física ; organizadores: Eliane Angela Veit,
Marco Antonio Moreira, Ives Solano Araújo. – Porto
Alegre : UFRGS – Instituto de Física, 2007.

215 f. : il.

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

Modo de acesso:

<http://www.if.ufrgs.br/mpef/iieefis/Atas_IIEEFis_RS.pdf>

ISBN 978-85-64948-01-3

1. Ensino de Física. 2. Congressos. I. Veit, Eliane
Angela. II. Moreira, Marco Antonio. III. Araújo, Ives
Solano. IV. Título

APRESENTAÇÃO

O II Encontro Estadual de Ensino de Física – RS, realizado em Porto Alegre, de 13 a 15 de setembro de 2007, e organizado pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física e pelo Grupo de Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS, insere-se em uma série de ações deste Programa e deste Grupo na busca de uma efetiva melhoria do ensino de Física em nosso meio.

Entre tais ações destacam-se uma longa tradição de pesquisas em ensino de Física, a publicação de textos de apoio ao professor de Física, a criação do mestrado profissional em ensino de Física em 2002 e, mais recentemente, a promoção de encontros estaduais de ensino de Física, já em sua segunda edição.

A palavra ação está aqui sendo usada intencionalmente. O ensino de ciências, em particular o de Física, está em crise no país. Nossos alunos têm fracassado sistematicamente nas avaliações internacionais. O número de aulas de Física nas escolas é cada vez menor e nossos cidadãos parecem ter até uma certa satisfação em dizer que nada sabem de Física.

Para reverter essa situação são necessárias ações, não discursos. É imprescindível valorizar o professor de Física e aumentar a carga horária de Física nas escolas. Mas é preciso também instrumentalizar o professor, atualizar o currículo do Ensino Médio, ensinar conceitos físicos desde os primeiros anos do Ensino Fundamental e incorporar, de maneira inteligente, as chamadas novas tecnologias.

Precisamente aí se insere o II Encontro Estadual de Ensino de Física, no qual foram oferecidos minicursos aos professores de Física e apresentados trabalhos sobre Física Moderna no Ensino Médio e tecnologias computacionais no ensino de tópicos de Física Clássica, entre outros.

Além disso, o II Encontro contou com a presença de conferencistas de renome nacional: o Professor Eduardo de Campos Valadares que dissertou sobre oficinas de desafio com foco na inovação, o Professor Fernando Lang da Silveira que falou sobre mitos, enigmas e curiosidades em Física e o Professor Francisco Caruso Neto que abordou a temática da Física Moderna e um novo olhar do homem.

Nestas Atas constam os textos das conferências e das apresentações orais e os resumos das apresentações em pôsteres. É com satisfação, e já pensando no III Encontro em 2009, que as apresento à comunidade do ensino de Física.

Porto Alegre, dezembro de 2007

Prof. Marco Antonio Moreira

SUMÁRIO

CONFERÊNCIAS

A FÍSICA MODERNA E UMA NOVA VISÃO DE MUNDO.....	1
Francisco Caruso Neto	
MITOS, ENIGMAS E CURIOSIDADES EM FÍSICA	11
Fernando Lang da Silveira	
OFICINAS DE DESAFIOS COM FOCO NA INOVAÇÃO	17
Eduardo de Campos Valadares	

APRESENTAÇÕES ORAIS

A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE ASTRONOMIA COMO MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DA MECÂNICA EM UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO	23
Érico Kemper, Fernanda Ostermann & Maria de Fátima Oliveira Saraiva.	
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS SOBRE ONDAS MECÂNICAS À LUZ DA EPISTEMOLOGIA DE LAUDAN	35
Lizandra Botton Marion Morini, Eliane Angela Veit & Fernando Lang da Silveira	
A SUPERCONDUTIVIDADE NO ENSINO DE FÍSICA FUNDAMENTADA NA EPISTEMOLOGIA CONTEMPORÂNEA	47
Carla Beatriz Spohr, Fernanda Ostermann & Paulo Pureur	
UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA ATRAVÉS DE UM HIPERTEXTO	59
Felipe Damasio & Gilberto Calloni	
HIPERMÍDIAS: DINÂMICA DOS FLUIDOS CONTEXTUALIZADA NAS ESCOLAS TÉCNICAS	63
Raphael Brum Werlang, Ruth de Souza Schneider & Fernando Lang da Silveira	
RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA	75
Arlindo Henrique Holch Cenne & Rejane Maria Ribeiro Teixeira	
INVESTIGANDO ESTILOS DE APRENDIZAGEM EM DISCIPLINA INTRODUTÓRIA DE CURSO DE FÍSICA	85
Maria E. Tarragó & Sayonara S. Cabral da Costa	
O USO DO DESENHO ANIMADO SUPER CHOQUE NO ENSINO DA ELETROSTÁTICA	95
Priscila A. da Rocha Severino & Angela M. Jacobus Berlitz	

UTILIZANDO QUADRINHOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE FÍSICA	107
Paulo Roberto Bairros da Silva	
A CONSTRUÇÃO DE UM PERFIL CONCEITUAL DE REFERENCIAL NA APRENDIZAGEM DA TEORIA DA RELATIVIDADE	117
Álvaro Leonardi Ayala Filho & Junior Saccon Frezza	
DISCUTINDO AS CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS A PARTIR DA METODOLOGIA UTILIZADA NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA.....	125
Cleci Werner da Rosa & Álvaro Becker da Rosa	
UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA PARA ALUNOS SURDOS CENTRADA NA EXPERIÊNCIA VISUAL.....	135
Vania E. Barlette, Tatiana Bolivar Lebedeff & Salete de Souza	
ENSINO DE CIÊNCIAS NA 5ª SÉRIE ATRAVÉS DE SOFTWARE EDUCACIONAL: O DESPERTAR PARA A FÍSICA.....	149
Maria Helena Steffani & Zilk Herzog Meurer	
METODOLOGIA REVERSA PARA O ENSINO DA FÍSICA: DA TECNOLOGIA AO CONCEITO FÍSICO.....	157
Ivo Mai, Naira Maria Balzarette & João Edgar Schmidt	
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO CAÓTICO DE UM PÊNDULO MAGNÉTICO	165
César Martins & Wictor Carlos Magno	
 APRESENTAÇÕES EM PÔSTER	
A ABORDAGEM HISTÓRICA DA MECÂNICA DOS FLUIDOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO.....	177
Luciano Denardin de Oliveira & Paulo Machado Mors	
RECONSTRUINDO EXPERIMENTOS HISTÓRICOS NO ENSINO MÉDIO: O BARÔMETRO DE ÁGUA DE GASPARO BERTI	178
Luciano Denardin de Oliveira	
ENSINANDO DIFRAÇÃO PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO	179
Scheila Vicenzi, Sílvio L. S. Cunha & Helena Libardi	
INTEGRAÇÃO TEORIA-EXPERIMENTO NO ENSINO DE FÍSICA DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO	180
Elisângela Brauner & Paulo Roberto Magnago	
SOFTWARES LIVRES PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA NA REGIÃO CARBONÍFERA	181
Jeferson Fernando de Souza Wolff	
MAPA CONCEITUAL DE ENERGIA.....	182
Jocair Palandi, Dartanhan Baldez Figueiredo, Silvana Maldaner & Carla Moraes	

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ESTUDO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO.....	183
Filipe Cantelli Kroeff	
AVALIAÇÃO DE ALUNOS COM NECESSIDADES EDUCACIONAIS ESPECIAIS NA DISCIPLINA DE FÍSICA: INTERAÇÕES E INTERVENÇÕES NECESSÁRIAS NESSE PROCESSO DE INCLUSÃO.....	184
Tadiane Rodrigues	
PRODUZINDO ONDAS TRANSVERSAIS EM CORDAS DE NYLON	185
Giovane Iribarem De Mello	
CINEMÁTICA INTEGRANDO TEORIA E EXPERIMENTO.....	186
Joecir Palandi, Dartanhan Baldez Figueiredo, Darla Vanessa Fortunato, Danusa do Carmo & Lucas Ramos Vieira	
SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS VIA PORTA PARALELA PARA ESTUDO DO MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO.....	187
Claodomir Antonio Martinazzo	
MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DA DIFRAÇÃO E DA INTERFERÊNCIA	188
Scheila Vicenzi & Silvio L. S. Cunha	
O USO DO MODELLUS COMO FERRAMENTA COGNITIVA PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE ESPELHOS ESFÉRICOS.....	189
Ariane Braga Oliveira, Jesuina Lopes de Almeida Pacca & José Luciano Miranda Duarte	
O SISTEMA ELÉTRICO CARDÍACO HUMANO – A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS	190
Franciela Scariot Orsatto & Tadeu Clair Fagundes de Souza	
UMA ABORDAGEM DA DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA NA FORMAÇÃO DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA MÉDICA	191
Jader da Silva Neto, Fernanda Ostermann & Sandra Denise Prado	
O USO DO MAPLE NO ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA: ORBITAIS ATÔMICOS E MOLECULARES.....	192
Jéferson Norberto Marinho Mendes, Karine Magnago & Márcio Martins	
UMA INTRODUÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO	193
Aline Picoli Sonza & Solange B. Fagan	
ESTUDO DE OSCILAÇÕES E ONDAS POR MEIO DO MÉTODO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS BASEADO NO USO DO COMPUTADOR.....	194
Harnye del Nero & Solange Binoto Fagan	
UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA CRIANÇAS COMBINANDO A ESTRATÉGIA DA EXPERIMENTAÇÃO COM A CONTAÇÃO DE HISTÓRIAS	195
Vanessa Salete Bicigo, Viviane Fátima Lima do Prado	
IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA NA APRENDIZAGEM DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.....	196
Thiago de Lima Ferreira, Rosilane de Oliveira Bahiense & Frederico Alan de Oliveira Cruz	

ENSINANDO FÍSICA A PARTIR DA DISCUSSÃO DE ERROS CONCEITUAIS PRESENTES EM FIMES DE FICÇÃO CIENTÍFICA.....	197
Rodrigo Cristaldo de Oliveira & Sayonara S. Cabral da Costa	
AULAS DE FÍSICA A PARTIR DA METODOLOGIA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: LIMITES E POSSIBILIDADES	198
Ana Marli Bulegon	
INVESTIGANDO O CONCEITO DE SIMETRIA NA FÍSICA COM ALUNOS DE DIFERENTES ETAPAS DE ENSINO	199
Aires Vinícius Correia da Silveira & Marco Antonio Moreira	
O SISTEMA SOLAR – UM PROGRAMA DE FÍSICA E ASTRONOMIA PARA O ENSINO MÉDIO.....	200
Andréia Pessi Uhr & Maria de Fátima Oliveira Saraiva	
ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA: EM BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	201
João Alberto da Silva, Fábio Dias da Silva, Júnior Saccon Frezza & Luciano Pereira Ludovico	
QUEDA LIVRE E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, REVIVENDO UMA HISTORIA: UMA EXPERIÊNCIA BASEADA EM VIVÊNCIA EDUCACIONAL E NOVAS TECNOLOGIAS.	202
Sérgio Mascarenhas Oliveira & Felipe Castilho de Souza	
RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO: ATIVIDADES DE ÓTICA EXPLORADAS COM DIAGRAMAS ADAPTADOS DO VÊ DE GOWIN	203
Carmes Ana da Rosa Batistella & Rejane Maria Ribeiro Teixeira	
O <i>FEEDBACK</i> PROCESSUAL: FERRAMENTA DE CONTROLE DA NAVEGAÇÃO EM HIPERMÍDIA EDUCACIONAL PARA O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA.....	204
Alberto Pessoa da Costa, Gilberto Orengo & Luis Fernando Gastaldo	
UTILIZANDO A CÂMARA ESCURA PARA ENSINAR BIOLOGIA E FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS E FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	205
Elóia Muxfeldt, Karen Espíndola, Daniela Fermi & Joice Elisa Castro	
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CONSTANTE DE PLANCK	206
André Ferreira Novaes de Almeida & Cleci Werner da Rosa	
UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE O ENSINO DE TÓPICOS DE BIOMECÂNICA NAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL.....	207
Adriana Marques Toigo	
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE REFRAÇÃO UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO.....	208
Thiago de Lima Ferreira, Frederico Alan de Oliveira Cruz & Bruno Areal de Santana	
RELAÇÃO DOS MINICURSOS E OFICINAS OFERECIDOS.....	209

SESSÕES PLENÁRIAS (Artigos)

A FÍSICA MODERNA E UMA NOVA VISÃO DE MUNDO¹

Francisco Caruso [francisco.caruso@gmail.com]

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Instituto de Física da UERJ

1. Heranças definitivas

Atualmente, quando se fala em Física Moderna, a grande maioria dos alunos associa esta expressão à Física Quântica ou à Relatividade; alguns poucos a relacionam ao trabalho de Galileu. Entretanto, é óbvio que sempre houve, desde seu surgimento na Grécia Antiga, e sempre haverá uma “Física Moderna”. É a História que depura o vasto conhecimento produzido na fronteira da Física, na fronteira da Ciência, apagando, de certa forma, as verdadeiras dinâmicas e dimensões da investigação científica e suas inter-relações com outros saberes. Uma quantidade enorme de temas, que um dia ocuparam algumas das mentes mais brilhantes de uma época, e outra quantidade igualmente grande de caminhos equivocados trilhados acaba indo para a “lata de lixo” da História. Pode-se observar isto, por exemplo, examinando a importante obra de referência de Ludovico Geymonat (1908-1991), *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico*, publicada em 9 volumes, dos quais o primeiro é dedicado à Antiguidade e à Idade Média, enquanto os 3 últimos tratam apenas do século XX. Muito provavelmente, daqui a alguns séculos a proporção em uma obra análoga não será mais a mesma. Entretanto, a consciência deste fato não só não impede como, na realidade, nos impele a trazer para a discussão aqui alguns dos grandes momentos da Física Moderna, compreendidos como aqueles que, além de mudarem o rumo da Física, contribuíram indiscutivelmente para a mudança do homem, de seu olhar sobre a Natureza e de seu modo de pensar e representar o Mundo, alcançando, portanto, um grande impacto na sociedade. Basicamente, os momentos que abordaremos neste texto, respeitada a limitação de espaço, são: A Filosofia Grega, o Renascimento Italiano, o Mecanicismo Newtoniano e a virada do século XIX para o século XX, período no qual se formam as bases do que normalmente se chama hoje de Física Moderna.

Talvez poucos períodos possam ser considerados tão férteis quanto aquele compreendido entre os séculos VI e IV a.C. Detalhar a riqueza da contribuição dos gregos antigos à compreensão racional da Natureza (*Physis*) nos desviaria em muito de nosso objetivo e requereria muito mais tempo e espaço do que dispomos. Escolhemos, portanto, apenas ressaltar algumas heranças que estão profundamente imbricadas no método científico contemporâneo.

Podemos destacar, inicialmente, a tentativa de explicar a Natureza, não recorrendo a *mitos*, mas com base na *razão*. Como disse Popper uma vez, *a Ciência deve começar com os mitos e com a revisão crítica dos mitos*. Delineia-se, a partir daí, a primeira Cosmovisão (*Weltanschauung*) científica. O início da construção desse novo modo de ver o Mundo, com a filosofia de Tales de Mileto, é marcado por uma busca de simplicidade e de economia, que posteriormente guiará muitos físicos e filósofos. De fato, Tales postula ser a *água* a substância primordial, da qual tudo deriva; um *único princípio*, uma única substância.

Outro aspecto recorrente neste rico período é o ideal grego de que há um “todo ordenado”, um *Cosmos*, um Mundo (em latim), ao qual se opõe o Caos. Intrinsecamente, tal convicção privilegia a *Ordem*, o que requer uma capacidade intelectual de reconhecimento do que é igual, uma busca de regularidades, enfim, uma busca por identificar e compreender as *Simetrias* da Natureza. Este ideal permeia hoje a essência das teorias elementares das interações fundamentais. E nada melhor do que a Matemática como instrumento desta busca. Neste sentido, devemos destacar outras duas contribuições fundamentais da Filosofia Grega.

¹ Palestra apresentada no II ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA – RS, Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS, em 13 de setembro de 2007.

A primeira deve-se à Escola Pitagórica. O filósofo inglês Bertrand Russell considera Pitágoras um dos homens mais importantes que já existiram. Num tom irônico que lhe é peculiar, Russell afirma que *a influência das matemáticas sobre a filosofia, em parte devida a ele [Pitágoras], tem sido, desde então, tão profunda quanto funesta*. Atribui-se aos pitagóricos uma cosmovisão segundo a qual *as coisas são iguais aos números*. Tal projeto filosófico para descrever a Natureza esbarra em um problema, relacionado à própria teoria dos números. Devemos lembrar que, para os pitagóricos, os números eram apenas os números racionais. E como enfrentar o problema dos incomensuráveis? Por exemplo, a diagonal de um quadrado de lado unitário vale $\sqrt{2}$, que é um número *irracional*. Portanto, há um objeto ao qual não se corresponde um *número*. A solução a este impasse foi dada por Platão, quem afirmou que a essência das coisas não são os *números*, mas as *formas geométricas*. Dá-se, assim, a primeira tentativa bem sucedida de Geometrização da Física. Outras vieram com Galileu, Newton e Einstein, só para citar algumas das mais importantes.

Gostaríamos de ressaltar que essa valorização da Geometria não é, na verdade, um fato isolado. A Arquitetura e a Arte gregas estavam impregnadas de valores geométricos. Para citar apenas um exemplo, podemos destacar o papel da razão áurea de Euclides na composição de prédios, monumentos e esculturas. A adoção da escrita alfabética pela filosofia grega e o espaço geometrizado de Platão não são fenômenos isolados. O programa platônico de valorizar a Ciência (*episthémé*) e de combater a opinião (*dóxa*) leva, simultaneamente, à sedimentação do pensamento geométrico (o mundo das formas) e à crítica severa da cultura oral, representada pelos Sofistas e pelos Poetas. Não se trata aqui de um ataque pessoal, mas de uma forma consciente de combater aquilo que de alguma forma relacionava-se com uma cosmovisão não científica, dominada pela mitologia. Enquanto Platão dá início à *valorização da Geometria*, Aristóteles contribui para a *formalização da Lógica*; ambos foram processos que contribuíram decisivamente para a universalização das letras, bem como para a difusão da Filosofia Grega.

2. Do céu dourado ao céu azul

A partir do primeiro século da era cristã, a oposição entre cristianismo e paganismo deixa de ser uma questão pontual. O cristianismo nasce como uma nova *Weltanschauung*, que transcende o culto, a vida moral e a espiritualidade, dando origem ao que se pode denominar de *estado mental religioso*, o qual será a forma dominante de pensamento no Ocidente ainda por muitos séculos. Este novo estado mental tudo permeia: a Filosofia, a Ciência e a Metafísica. Mas é nesta Europa Medieval que o céu vai voltar a ser azul e vai ser possível que alguém aponte uma luneta para ele.

O dourado é a cor consagrada do céu medieval, marca da pintura bizantina, que simboliza o quão rico é este lugar para uma cultura essencialmente teocêntrica. Durante séculos, Bizâncio foi um centro onde se fundiram as correntes culturais de toda a região mediterrânea e do Oriente Médio, tendo influenciado o desenvolvimento da cultura e da arte em diversos povos da Europa e da Ásia. O uso em abundância do dourado está, em parte, associado à riqueza material do ouro. Por um lado, corrobora a ostentação da Igreja naquela época; por outro, o céu - a morada de Deus e o lugar sagrado onde todas as almas boas desfrutariam da vida eterna - deve ser o que há de mais valioso a ser almejado pelos homens de bem. Portanto, este céu estilizado, dourado, casa da vida eterna, é um céu a ser admirado, a ser contemplado, a ser respeitado. Os quadros “A Entrada em Jerusalém”, de Duccio di Buoninsegna (1255-1319), provavelmente o mais influente artista de Siena do seu tempo, e “O chamamento dos Apóstolos Pedro e André”, ambos de c. 1308-1311, são exemplos de uma pintura emblemática na qual se destaca o céu completamente dourado. Seu contemporâneo Giotto di Bondone (1266-1337) será o primeiro a pintar o céu de azul, sob inspiração franciscana, como veremos a seguir, refletindo uma nova compreensão da Natureza e do próprio homem que começa, então, a ser construída.

Podemos dizer que esse céu dourado faz parte do imaginário medieval cristão, caracterizado, como já foi dito, por um estado mental religioso. O Livro, ou a Bíblia, neste período, é o símbolo por excelência da relação entre homem e Deus na *Weltanschauung* cristã. Só aos poucos, a partir de

São Francisco, é que *dois* livros – e não apenas *um* – vão ser apontados como capazes de levar a Deus: *A Sagrada Escritura* e o *Livro da Natureza*. Esta “nova via” está predestinada a dar novo impulso à Arte e à Ciência. De fato, São Francisco lança um novo olhar sobre a Natureza, buscando, na simplicidade e na harmonia das coisas, a beleza suprema da obra divina. Como afirma Walter Nigg,

Francisco enxergou a realidade verdadeira da criação, que nós só conseguimos captar por meio de comparações. Sentimos em todas as suas palavras a imagem viva de Deus nas coisas. O comportamento de Francisco diante das criaturas mudas era um verdadeiro retorno ao paraíso (...).

O homem de Assis é quem vai pregar para os pássaros, como retrata a famosa pintura de Giotto “São Francisco pregando para os pássaros”, na qual o céu ao fundo é azul, e vai ver, em todas as criaturas e coisas do Mundo, a mão do Criador. Este ato é um ato de amor, um ato integrador: todas as criaturas são expressões da vontade de Deus. Mas é também um ato libertador, que aponta para uma limitação do próprio estado mental essencialmente religioso que dominava inclusive as Ciências e as Artes.

Como enfatiza o historiador Jaques Le Goff,

há um domínio em que se considera que a influência de São Francisco, de sua sensibilidade, de sua devoção tenha sido decisiva e tenha levado o Ocidente aos caminhos novos do modernismo: a Arte.

Não por acaso Giotto é considerado o elo de ligação entre as pinturas medieval bizantina e a renascentista. Introdutor do espaço tridimensional e da perspectiva na pintura, ele é fiel a um compromisso com os ideais franciscanos, que refletem uma nova visão mais humanista do Mundo e mais realista das coisas.

Dentre estes novos ideais franciscanos está o fato de que contemplar a beleza do mundo passa ser um modo alternativo (e não menos digno) de se chegar a Deus. Assim, São Francisco dá os primeiros passos para uma nova humanização do Mundo, admitindo que o homem deve se integrar à Natureza, sem se afastar de Deus, preservando-a e admirando-a na sua plenitude. Isso sem falar da conhecida crítica de Francisco à ostentação e ao luxo da Igreja, que de certa forma remetem ao céu dourado.

A exemplo do que em última análise propõe São Francisco, a possibilidade de ver, como bem disse uma vez o lingüista e escritor italiano Niccolò Tommaseo (1802-1874), *o Mundo quase como comentário à divindade* foi algo logo adotado por Dante Alighieri (1265-1321), na *Divina Comédia*. De fato, em um verso muito bonito do *Paraíso*, ele propõe uma metáfora para o Livro da Natureza que, com a força do amor e de Deus lhe permite perceber e admirar a essência divina.

Esse legado franciscano vai longe. É freqüente encontrarmos franciscanos que se dedicaram a estudos científicos. Podemos citar, por exemplo, Roger Bacon (1214-1294) que, por volta de 1240, ingressou para a Ordem Franciscana, onde, sob influência de Robert Grosseteste (1168-1253), dedicou-se a estudos nos quais introduziu a observação da natureza e a experimentação como fundamentos do conhecimento natural. Na verdade ele foi além de seu tutor, afirmando que o método científico depende de observação, da experimentação, da elaboração de hipóteses e da necessidade de verificação independente. Também o nominalismo de William de Ockham (1280-1349) - famoso pelo papel de destaque dado a um ideal de simplicidade em sua filosofia - tem raízes franciscanas. Os nominalistas vão tender a considerar apenas a *causa efficiens* de Aristóteles como a única causa necessária e não se pode negar que este será, mais tarde, o fulcro da Mecânica desenvolvida pelo grande Isaac Newton (1643-1727), conforme será discutido na Seção III.

No que se refere a esta compreensão embrionária de um novo método científico, é ela que, em última análise, irá libertar de vez a Ciência, e em particular a Astronomia, de todo um conjunto

de atitudes cerceadoras, impostas pela representação sistemática do céu dourado. Assim, há autores que consideram Nicolau Copérnico (1473-1543) um divisor de águas. Alexander Koyré, importante historiador da Ciência, por exemplo, afirma que

O ano de 1543, ano da publicação do “De Revolutionibus Orbium Coelestium” e o da morte do autor, Nicolau Copérnico, marca uma data importante na história do pensamento humano. Estamos tentados a considerar essa data como significando 'o fim da idade média e o começo dos tempos modernos', porque, mais que a conquista de Constantinopla pelos turcos ou a descoberta da América por Cristóvão Colombo, ela simboliza o fim de um mundo e o começo de outro.

No frontispício do livro, Copérnico reproduz a mesma frase que Platão teria mandado escrever na porta de sua Academia, ou seja, *Proibida a entrada de quem ignora Geometria*. Assim, Copérnico faz questão de tornar público, na abertura de sua importante obra, que a Geometria é o caminho capaz de revelar os mistérios dos céus. Também em Kepler a descrição dos céus será baseada na Geometria: inicialmente, lançando mão dos cinco poliedros regulares de Platão e, em seguida, estabelecendo as órbitas elípticas dos planetas, a partir das quais chegou às famosas três leis de Kepler.

A experimentação e a Matemática, em especial a Geometria, são os ingredientes que ainda estão por ser incorporados de forma definitiva ao método científico pelo gênio de Galileu Galilei (1564-1642). Mas antes do físico pisano, já Leonardo da Vinci (1452-1519) via na experimentação um instrumento de honestidade intelectual, como expressa com muita clareza na passagem:

Meu propósito é resolver um problema [científico] em conformidade com a experiência (...) e devemos consultar a experiência em uma certa variedade de casos e circunstâncias, até podermos extrair deles uma regra geral que esteja contida nos mesmos (...). Elas nos conduzem a ulteriores investigações da natureza e a criações da arte. Impede-nos de iludirmos a nós mesmos, ou a outros, ao acenarmos com resultados que não possam ser obtidos.

Galileu condiz esta opinião de Leonardo ao afirmar, em seu famoso Diálogo, de 1632, que (...) *nas ciências naturais, cujas conclusões são verdadeiras e necessárias e não têm qualquer relação com o arbítrio humano, é preciso precaver-se para não se colocar em defesa do falso (...).*

Mais tarde, Galileu, assim como Dante, refere-se ao Livro da Natureza, no seu *Il Saggiatore*, afirmando ser ele escrito na linguagem matemática, como podemos ver da citação:

O grandíssimo livro [da Natureza] está escrito em língua matemática e os caracteres são os triângulos, círculos e outras figuras geométricas (...) sem as quais se estará vagueando em vão por um obscuro labirinto.

No “novo mundo” da Ciência, que começou a se delinear com Copérnico, Galileu foi o primeiro astrônomo a utilizar o telescópio em toda a sua potencialidade, o que o levou a observar as crateras da Lua e os satélites de Júpiter.

Em suma, o que procuramos destacar nesta seção é que uma cultura que pinta o céu de dourado é incapaz de produzir a revolução copernicana, ou de descobrir as imperfeições da Lua, como fez Galileu. Só o céu azul pode ser escrutinado com uma luneta (ou, mais tarde, com um telescópio), tornando-se objeto de um olhar investigativo, questionador, lugar de estudos empíricos. A Arte, nesse particular, antecedeu a Ciência, como vimos, a partir das visões revolucionárias de São Francisco de Assis e de Giotto, seguido por tantos outros como Piero de la Francesca, Masaccio

e o próprio Rafael Sanzio (1483-1520). Este último, no seu famoso quadro “A Escola de Atenas”, pintado entre 1509 e 1510, dispôs figuras de sábios de diferentes épocas como se fossem colegas de uma mesma academia, em um quadro fortemente marcado pela geometria, e coloca a si próprio em meio ao grupo que está estudando Geometria com Euclides.

3. O determinismo mecanicista

Talvez Newton (1642-1727) tenha sido o último bruxo, e, certamente, o maior físico de todos os tempos, apoiado em ombros de gigantes. Destacamos suas contribuições para: a *reunificação da Física*, que havia sido perdida a partir do momento que a descrição dos céus passa a ser feita de acordo com Copérnico, com um sistema heliocêntrico, contrapondo-se ao sistema geocêntrico defendido por Aristóteles, enquanto a física sub-lunar continuava sendo a aristotélica; a *teoria da Gravitação Universal*; um novo conceito de *espaço absoluto*, que, segundo Koyré, é uma realidade que Newton aceita sem hesitar uma vez que ele pode apoiá-lo e fundamentá-lo em Deus; e, por último, mas não menos importante, o desenvolvimento do *Determinismo Mecanicista*.

Newton deu um significado mais amplo ao princípio da relatividade de Galileu. Se as leis da Mecânica são válidas em um dado referencial, então são igualmente válidas em qualquer referencial que se mova uniformemente em relação ao primeiro. Este princípio de absoluta equivalência entre dois sistemas de referência que se movem relativamente implica o abandono de qualquer possibilidade de movimento absoluto. Sua famosa primeira lei pode ainda ser enunciada afirmando-se que não há um experimento envolvendo a Mecânica que nos possibilite distinguir o repouso do movimento retilíneo uniforme. Como diria nosso saudoso César Lattes (1924-2005), *vá aprender suas lições na Natureza, pois toda teoria é provisória, mas o resultado empírico, não!*

Em geral, podemos afirmar que Newton e os newtonianos buscam determinar as *forças* que geram as mudanças de estado dos movimentos. É a valorização da *causa efficiens*. Esquemáticamente, podemos dizer que essa busca, originada em Descartes (1596-1650), ganha corpo em Newton, é formalizada por Leonhard Euler (1707-1783) e culmina com Laplace (1749-1827). Durante essa evolução, vai se afirmando a idéia de um determinismo absoluto, de cunho mecanicista. Nas palavras de Laplace:

Nós devemos considerar o estado presente do Universo como efeito de seu estado anterior, e causa do que se deve seguir. Uma Inteligência que, por um dado instante, conhecesse todas as forças de que a natureza é animada e a situação respectiva dos seres que a compõem, se fosse suficientemente vasta para submeter esses dados ao cálculo, abraçaria na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos do Universo e os do átomo mais leve: nada seria incerto para ela e o futuro, como o passado, estaria presente aos seus olhos.

A Física newtoniana se vale de (e acaba moldando) um observador que se pretende capaz de poder observar o mundo de fora, quase como um deus. Portanto, não é demais afirmar que a teoria mecânica de Newton levou a uma *Weltanschauung* Mecanicista, de grande influência até o final do século XIX e capaz de transcender a Física. Suas idéias irão influenciar o jovem Kant, a Filosofia e todo o programa de investigação científica da Química do século XIX, dedicado a medir os pesos atômicos dos elementos químicos. Lavoisier (1743-1794) e tantos outros tiveram influências de Newton e não é difícil entender tal programa depois do sucesso da lei da Gravitação Universal, que cunhou um *status* diferenciado para a força *peso*. Foi graças a esse programa sistemático, de inspiração newtoniana, que os químicos puderam “arrumar a casa” e dirimir muitas dúvidas sobre os valores dos pesos atômicos, sem o que certamente Mendeleiev (1834-1907) não poderia ter chegado à sua Tabela Periódica.

Construindo sua Física em torno do *espaço absoluto*, Newton consegue finalmente conciliar uma teoria do espaço com Deus, coisa que nenhuma teoria precedente havia alcançado. Deus não é

mais a *causa* do movimento, que passa a ser atribuída ao conceito de *força*. Segundo Newton, Deus atua como um artífice da ordem, uma espécie de relojoeiro que de tanto em tanto acerta o grande relógio que é o Mundo, símbolo e metáfora dessa nova *Weltanschauung*.

O trabalho de Newton restabeleceu a confiança na Ciência e na Razão, e abriu caminho para o Iluminismo e para o Enciclopedismo, por um lado, e indiretamente, para a reforma universitária de Humboldt, para o ideal de independência dos três poderes e o subsequente desenvolvimento dos autômatas.

4. A Física Moderna e os novos paradigmas

As Geometrias não-euclidianas, estudadas e estabelecidas ao longo do século XIX, tiveram grande impacto na Física e na Arte do século seguinte. De fato, do ponto de vista do seu instrumental teórico, o desenvolvimento da Teoria da Relatividade dependeu crucialmente do desenvolvimento destas geometrias, importante legado do século XIX. A influência dessa conquista da Matemática transcende a Física e teve também enorme influência nas Artes, em especial no Cubismo. Basta lembrar dos quadros de George Braque (1882-1963), “Menina com Violão”, de 1913, e o “Violino e Uvas”, pintado em 1912 por Pablo Picasso (1881-1973), para termos uma clara idéia do processo de desconstrução cubista do espaço euclidiano. Há registros de que Picasso, por exemplo, estava familiarizado com as novas geometrias. Já no quadro “Nu descendo a Escada nº 1”, Marcel Duchamp (1887-1968) busca uma representação do *espaço-tempo* na pintura. Voltaremos a este ponto logo a seguir, quando falarmos de Einstein.

No caso da pintura européia, ideais renascentistas e o uso da perspectiva impregnavam de tal maneira as representações artísticas do Mundo, que vários pintores acabaram buscando se abrir a influências de outras culturas, como a japonesa e a africana. Sobre a primeira, podemos citar o exemplo de Vicent van Gogh (1853-1890), em “Retrato do Pai Tanguy”, no qual aparecem várias imagens de origem oriental ao fundo. O próprio Picasso e também Paul Klee (1879-1940) recorreram à arte africana como fonte de inspiração para alguns trabalhos. Infelizmente, não podemos nos alongar mais neste ponto. Contudo, antes de voltarmos para a Física, gostaríamos apenas de ressaltar que, paralelamente a esta busca de novos caminhos usando geometrias não-euclidianas ou ingredientes de outras culturas, é digna de nota a contribuição do pintor Piet Mondrian (1872-1944), que levou o ideal geométrico às últimas conseqüências, pregando o afastamento do artista da natureza. Em particular, este pintor holandês estava convencido de que cabia ao artista buscar nas formas mutáveis da natureza aquelas que são puras e permanentes; as *formas geométricas*. Tanto neste sentido, como na vontade partilhada de físicos e pintores de destruir as concepções clássicas de espaço, que se verifica neste período da passagem do século XIX para as duas primeiras décadas do século XX, Arte e Ciência voltam a se encontrar. E é aí que chegamos à terceira Geometrização da Física levada a bom termo por Albert Einstein (1879-1955).

A teoria físico-matemática da Relatividade, elaborada por Einstein, em 1905, mudou o rumo da Física Moderna. Abrindo um parêntesis, é preciso não confundir *relatividade* com *relativismo*, entendido como a não aceitação de princípios absolutos em qualquer campo do saber e do agir. É preciso que fique claro que, em última análise, a Teoria da Relatividade busca *expressões invariantes das leis físicas* e, portanto, independentes de condições subjetivas.

Vejamos, esquematicamente, algumas de suas contribuições:

- forja (junto com a Mecânica Quântica) um novo observador que se afasta significativamente daquele privilegiado do mecanicismo de Newton e de Laplace;
- muda o desenvolvimento da Física no século XX e abre caminho para um desenvolvimento tecnológico espetacular;
- introduz profundas modificações em conceitos basilares como os de *espaço*, *tempo*, *massa* e *energia*.

- cria um conceito totalmente novo para a Física: o *espaço-tempo*;
- contribui para o desenvolvimento de uma nova teoria da Gravitação e de uma Cosmologia científica.

Surge, a partir daí, uma nova *Weltanschauung* baseada na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Partindo de uma profunda revisão do conceito de *simultaneidade* e escolhendo o Eletromagnetismo de Maxwell como novo paradigma de teoria física, o conceito de éter é abandonado. O tempo deixa de ser algo que flui eternamente da mesma forma e passa a depender do estado de movimento do observador. É o fim do longo reinado do *tempo absoluto*. O tempo não é mais imutável.

Com o surgimento da Mecânica Quântica, novos desdobramentos espetaculares da Relatividade ainda estão para ser conhecidos: tratam-se da revisão do conceito de *vácuo*, feita por Dirac (1902-1984), e da criação do conceito de *anti-matéria*.

A Mecânica Quântica acabou sendo a solução para uma das *duas nuvens* que Lord Kelvin (1824-1907) via no céu da Física Clássica na passagem do século XIX para o XX. A dissipação da outra veio com a Relatividade. Ninguém podia imaginar, nem mesmo quem com tanta perspicácia vislumbrou o problema, que a dissipação destas duas pequenas nuvens traria uma revolução tão grande e tão espetacular para a Física do século XX. Foram introduzidas, como consequência, duas novas constantes fundamentais: a constante de Planck e a velocidade da luz no vácuo.

Com sua origem no estudo das radiações emitidas pelos corpos negros, o marco original da Mecânica Quântica não está relacionado a um tema central da Física do século XIX. Esses estudos tinham mais um interesse tecnológico do que científico, em um primeiro momento, ligado à siderurgia. Max Planck (1858-1947) faz, na verdade, um ajuste aos dados disponíveis na época sobre o espectro de emissão de um corpo negro. No entanto, como bem destaca o historiador da Ciência Max Jammer, *nunca na história da Física houve uma interpolação matemática tão imperceptível com tão amplas conseqüências físicas e filosóficas*. Nas mãos de Einstein, a hipótese de Planck é utilizada para mostrar que a luz pode se comportar como um gás de fótons e para explicar o efeito fotoelétrico.

Outras duas descobertas importantíssimas haviam sido feitas poucos anos antes: a descoberta do elétron e a dos raios X. A completa compreensão de ambas dependeria ainda do desenvolvimento da Mecânica Quântica, para o qual contribuíram Niels Bohr (1885-1962), Louis de Broglie (1892-1897), Erwin Schrödinger (1887-1961), Werner Heisenberg (1901-1976), Max Born (1882-1970) entre outros. Para uma discussão detalhada das origens desta teoria sugerimos a leitura do livro *Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*.

Aqui é importante destacar que o estudo das descargas em gases, durante o final do século XIX, foi um dos capítulos mais marcantes da Física. Foi a partir dele que se descobriram o elétron e os raios X. O debate científico em torno deste tema teve o mérito inicial de colocar na ordem do dia a discussão acerca da natureza da luz. Ambas foram descobertas que tiveram, historicamente, um papel essencial na compreensão da estrutura da matéria e da Física Atômica.

O elétron põe em evidência, depois de 25 séculos, o fato de que o átomo não é indivisível, como acreditavam os gregos e os químicos. Por outro lado, dos estudos de raios catódicos vão aparecer as primeiras válvulas e os primeiros diodos, marcos de uma nova era que estava para se inaugurar no século XX, a *Eletrônica*, a qual viria a mudar qualitativamente a tecnologia deste século.

Já os raios X, descobertos por Wilhelm Röntgen (1845-1923), foram muito importantes no estudo da cristalografia, a partir dos estudos de William Henry Bragg (1862-1942) e William Lawrence Bragg (1890-1971) e na própria compreensão das regularidades atômicas, como ficou evidenciado pelo trabalho sistemático de Henry Moseley (1887-1915). Assim como o elétron, os raios X tiveram enorme impacto sobre a sociedade, a partir de suas aplicações na área médica e, posteriormente, na indústria.

Abriu-se, assim, todo um novo campo de estudos sobre o microcosmo, que culminou por nos mostrar que o determinismo mecanicista não mais funcionava. Revelou-se com clareza o limite de aplicabilidade da Mecânica newtoniana. Aquele observador privilegiado para o qual o tempo apenas fluía absoluto já não existia. Com a Mecânica Quântica, este observador perde também sua capacidade de prever deterministicamente o futuro e o passado como imaginou Laplace. O novo observador, esse novo homem fruto das mudanças de paradigma da Ciência no século XX sequer pode observar um sistema microscópico sem interferir nele, muitas vezes podendo até destruí-lo. Esse novo observador é irremediavelmente mais limitado. A ele não resta que falar de probabilidades, embora estas sejam conhecidas de forma determinista a partir da famosa equação de Schrödinger.

No período das três primeiras décadas do século XX, no qual se construiu a Mecânica Quântica, presenciou-se ainda o surgimento do surrealismo, da psicanálise e de grandes revoluções no Mundo. Houve uma ruptura definitiva com o mundo ordenado cartesiano. Foi um período extremamente fértil, que, sem dúvidas, obrigou o homem a mudar seu modo de olhar para a natureza e para si mesmo.

Por mais difícil que possam nos parecer os dias de hoje, com toda a dificuldade de se fazer Ciência no Brasil, podemos nos augurar, com otimismo, como o fez nosso querido Leite Lopes (1918-2006) em algum dia próximo do final de 2005, que, *um dia, esse clima de desconfiança e de desestímulo vai desaparecer*. Enquanto isto, é nossa obrigação, como professores, intelectuais e formadores de jovens cientistas perseverar mostrando com entusiasmo que a Física Moderna continuará apontando novas direções para as quais os homens de bem poderão olhar, conhecer melhor o mundo que o cerca e se conhecer melhor, respeitando e tentando melhorar a sociedade em que vive.

5. Agradecimento

O autor gostaria de agradecer à Comissão Organizadora do II Encontro Regional de Ensino de Física do Rio Grande do Sul, Prof^a. Eliane Angela Veit, Prof. Marco Antonio Moreira e Prof. Ives Solano Araújo, pelo convite, pelo apoio, pela oportunidade de participar do Encontro e pelo estímulo e paciência, sem os quais este texto não teria sido escrito.

6. Referências Bibliográficas

Alexander Koyré: *La Révolution Astronomique*. Paris: Hermann (1961), p. 15.

Francisco Caruso & Roberto Moreira Xavier de Araújo: "Dal volumen al libro, dal codex allo schermo: saggio sulle interrelazioni tra i supporti della Scrittura e le concezioni fisico-filosofiche dello spazio nella storia della cultura occidentale", *Dialoghi: Rivista di Studi Italici* 1, p. 135-158 (1997).

Francisco Caruso & Roberto Moreira Xavier: "A Física e a Geometrização do Mundo: Construindo uma Cosmologia Científica" in Jenner Barreto Bastos Filho; Nádia Fernanda Maia de Amorim; Vinicius Nobre Lages (Orgs.): *Cultura e Desenvolvimento: A Sustentabilidade Cultural em Questão*. Recife: EDUFPE, p. 85-106 (1999).

Francisco Caruso & Roberto Moreira Xavier: "Novos espaços na Arte e na Ciência", *Ciência Hoje na Escola*, volume 7. Rio de Janeiro: SBPC, p. 71-76 (1999).

Francisco Caruso & Vitor Oguri: *Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus (2006).

Francisco Caruso: “Do céu dourado ao azul: uma importante mudança no imaginário medieval”, publicado na revista eletrônica *Facção Científica*, de junho de 2007, http://www.faccaocientifica.org/index.php?option=com_content&task=view&id=141&Itemid=74 (acesso em 10.12.2007).

Jaques le Goff: *São Francisco de Assis*. Rio de Janeiro: Editora Record (2001).

Walter Nigg: *O Homem de Assis: Francisco e seu Mundo*. Petrópolis: Vozes (1975).

MITOS, ENIGMAS E CURIOSIDADES EM FÍSICA

Fernando Lang da Silveira [lang@if.ufrgs.br]
*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051
Campus do Vale, 91.501-970. Porto Alegre, RS – Brasil*

Nesta palestra apresento sucintamente diversos temas instigantes de Física Geral e potencialmente motivadores para a aprendizagem dos alunos. Para cada um dos temas ofereço um artigo, escrito por mim (alguns artigos foram produzidos em parceria com outros colegas), que aprofunda o assunto em pauta. Apresento a seguir os temas da palestra, indicando *links* onde são encontrados os artigos.

1. Inclinações de ruas estradas

As pessoas de um modo geral, inclusive os físicos, têm a tendência para superestimar as inclinações das rampas em ruas e em estradas. Mostro como é fácil através de fotografias medir com razoável grau de precisão essas inclinações.

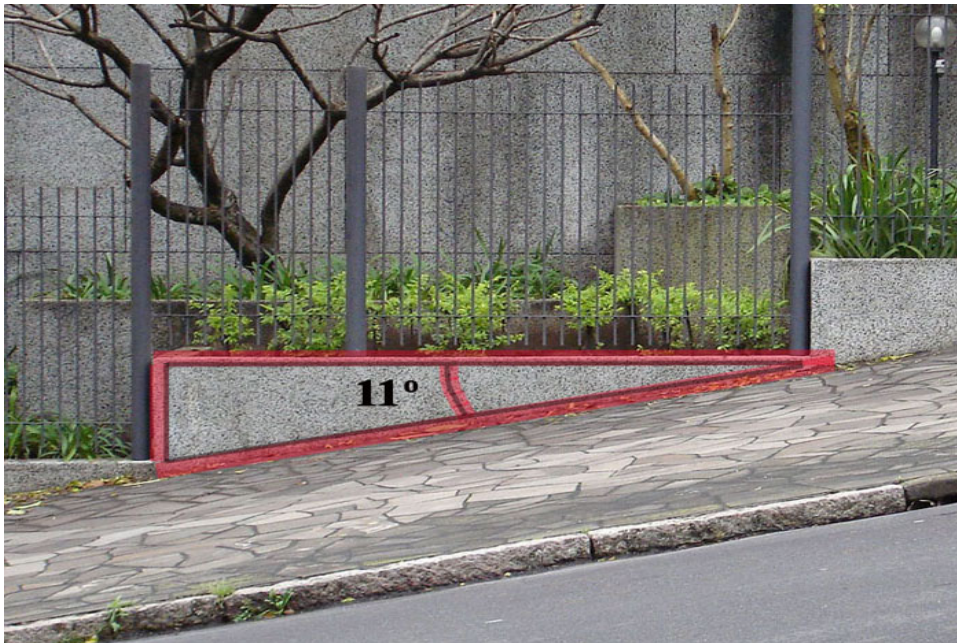


Figura 1 – Determinando a inclinação da Rua Lucas de Oliveira em Porto Alegre.

As inclinações máxima preconizadas pelo DNIT não devem exceder 3° em rodovias de *Classe 0* (rodovias com grande tráfego de veículos pesados) e 5° em rodovias de *Classe 4* (rodovias com baixo tráfego de veículos pesados). Demonstrro as razões físicas pelas quais assim deve ser e noto que as ruas mais inclinadas dificilmente excedem 15° de inclinação. A rua mais inclinada do mundo, segundo a Wikipedia, possui 19° de inclinação!

Texto complementar: http://www.if.ufrgs.br/~lang/Ruas_estradas.pdf

2. É verdade que as manchas luminosas no chão embaixo das árvores são imagens do Sol?

Mostro que as manchas luminosas que vemos no chão ou em paredes, devido à passagem da luz solar por entre a folhagem da vegetação, podem ser imagens do Sol. Apresento fotografias dessas manchas durante o eclipse do Sol de 11/09/07, verificando que as manchas reproduzem o disco solar eclipsado.



Figura 2 – Imagens do Sol eclipsado em uma parede, conjugadas pelas pequenas aberturas na folhagem de uma árvore.

Discuto as razões pelas quais com auxílio de espelhos planos é possível se obter imagens do disco solar.

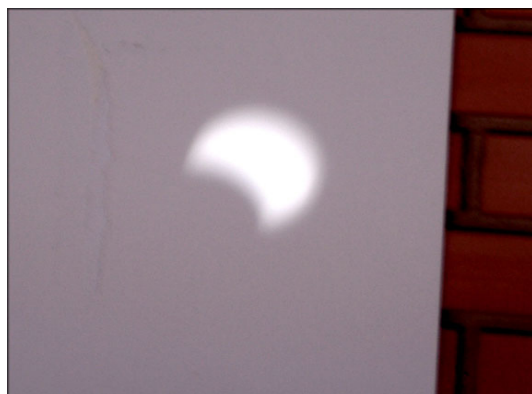


Figura 3 – Imagem do Sol eclipsado obtida com um pequeno espelho plano.

Textos complementares: http://www.if.ufrgs.br/~lang/Espelho_e_Sol.pdf
http://www.if.ufrgs.br/~lang/Imagens_eclipse.pdf

3. Água aquecida no forno de microondas pode explodir?

Exibo diversas fotografias que evidenciam a obtenção de água *superaquecida* no forno de microondas, isto é, água que se encontra líquida apesar da sua temperatura exceder em diversos graus Celsius a temperatura de ebulição. Quando o líquido *superaquecido* é perturbado irrompe em intensa ebulição, explodindo!



Figura 4 – Água superaquecida no forno de microondas irrompe em intensa ebulição quando uma colher é introduzida no recipiente.

Mostro também que líquidos podem estar *superesfriados* ou *superfundidos*, isto é, apesar de se encontrarem abaixo da sua temperatura de solidificação, não cristalizam.

Texto complementar: http://www.if.ufrgs.br/~lang/Superaquecimento_superfusao.pdf

4. Podem molas em queda livre ter aceleração maior do que a aceleração gravitacional?

O interessante efeito da obtenção de acelerações superiores a da gravidade em partes de uma mola em queda livre, enquanto outras partes da mola ficam em repouso, é mostrado em fotografias. São apresentadas as razões mecânicas para que isto ocorra.

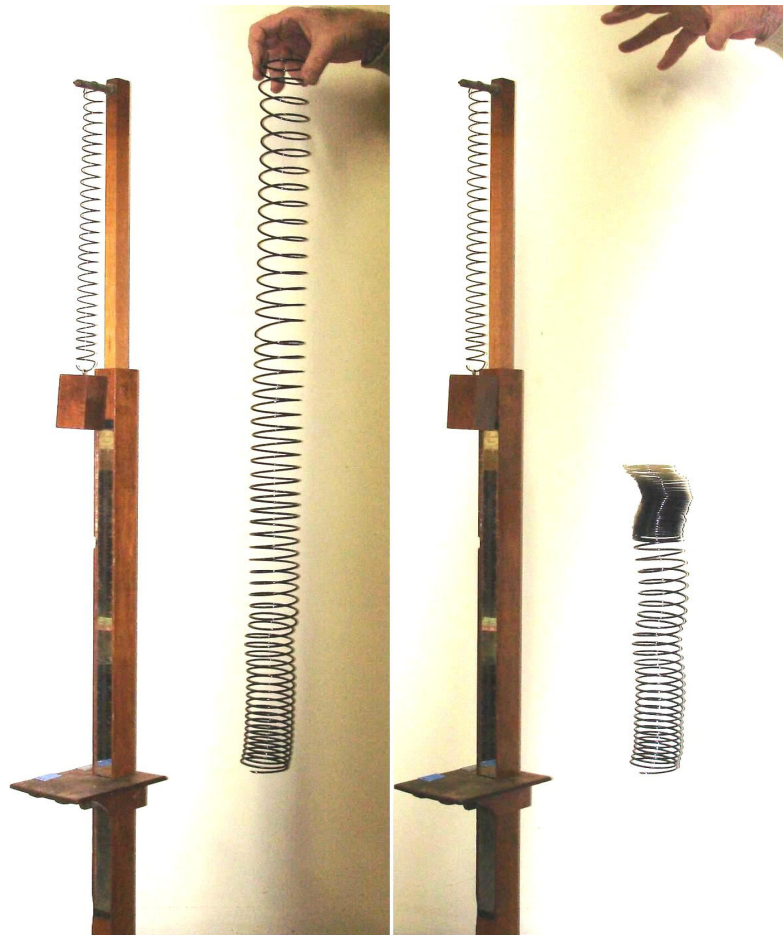


Figura 5 – Depois que a mola suspensa tem a sua extremidade superior liberada, por algum tempo a sua extremidade inferior permanece estática enquanto a extremidade superior desce velozmente.

Texto complementar: http://www.if.ufrgs.br/~lang/Maior_do_que_g.pdf

5. A ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte!

O tamanho do disco lunar permanece quase que inalterado enquanto a Lua Cheia se eleva no céu conforme pode ser observado nas duas fotografias da figura 6. Rigorosamente o tamanho do disco lunar aumenta (cerca de uma parte em sessenta) enquanto a Lua se eleva. Apesar disso avaliamos a Lua Cheia nascente como muito maior do que quando ela se encontra elevada no céu. Essa ilusão ocorre também com o Sol e com outros objetos celestes observados sob diferentes ângulos de elevação.

A ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte é um instigante problema para a psicologia da percepção ainda não completamente resolvido. A melhor explicação para a ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte é apresentada e dela participa a ilusão de Ponzo que pode ser vista na figura 7.

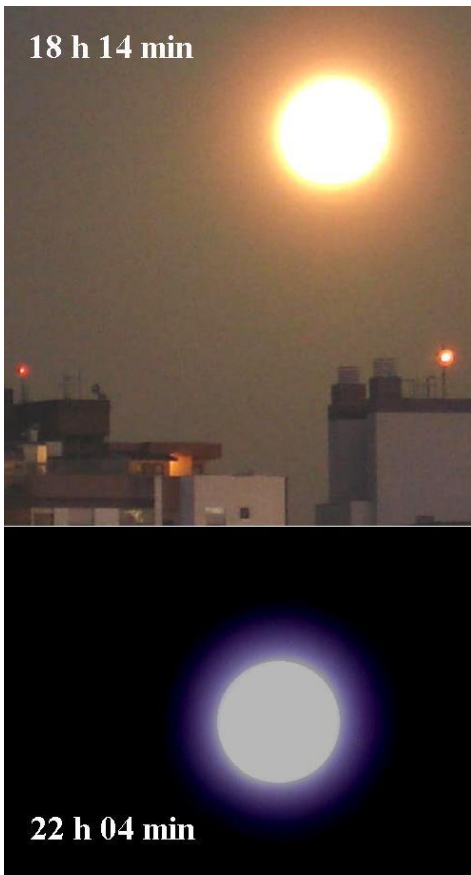


Figura 6 – Lua Cheia próxima do horizonte e depois elevada no céu tem aproximadamente o mesmo tamanho.



Figura 7 – A ilusão de Ponzo constitui-se na atribuição de tamanhos diferentes às três xícaras menores quando na verdade elas são idênticas.

Texto complementar: http://www.if.ufrgs.br/~lang/Lua_bebes.pdf

6. É verdade que é possível quebrar uma ripa de madeira, apoiada em taças de cristal, sem quebrar as taças?

Demonstro experimentalmente a possibilidade de quebrar uma ripa de madeira, apoiada em frágeis copos de plástico, sem ferir os copos. Apresento as razões mecânicas para a surpreendente demonstração.



Figura 8 – Uma ripa de madeira apoiada sobre duas taças de cristal pode ser quebrada sem ferir as taças!

Texto complementar: http://www.if.ufrgs.br/~lang/Sem_quebrar_tacas.pdf

OFICINAS DE DESAFIOS COM FOCO NA INOVAÇÃO

Eduardo de Campos Valadares [ecamposv@terra.com.br]

Departamento de Física – ICEx - Caixa Postal 702

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

CEP 30123-970. Belo Horizonte, MG - Brasil

1. Introdução

A importância da contextualização de conceitos básicos no ensino de ciências e da física em particular tem sido cada vez mais enfatizada, como, por exemplo, nos PCNs elaborados pelo MEC. Por outro lado, é hoje consenso que o aprendizado baseado em projetos permite uma vivência prática em primeira mão de conceitos físicos básicos, além de estimular várias habilidades não usualmente contempladas nos currículos tradicionais, cabendo destacar o trabalho em equipe, a resolução criativa de problemas práticos e de desafios e a busca de inovação, além da identificação de talentos. Todavia, a introdução de tais oficinas nas escolas do ensino básico e nas nossas universidades ainda é bastante incipiente e carece de uma sistematização no que concerne o acompanhamento dos estudantes e a avaliação dos resultados. Com isso, o potencial de tais iniciativas fica obscurecido tornando sua disseminação ainda bastante restrita. No presente trabalho são apresentadas algumas considerações sobre tais oficinas, seus desafios, desdobramentos e o seu potencial de contribuir para a revitalização do ensino de ciências nos vários níveis de ensino, tendo como referência a experiência adquirida pelo presente autor nos últimos dez anos. Pretende-se assim mapear alguns marcos conceituais e práticos visando ampliar o debate sobre o tema e promover novas formas de ensino capazes de sensibilizar alunos e professores para a apropriação criativa e pró-ativa dos conhecimentos científicos e tecnológicos hoje amplamente disponíveis e em rápida evolução.

2. Oficinas de projetos: organização e logística

Com exceção das universidades, a grande maioria das escolas públicas brasileiras do ensino médio e fundamental não dispõe de laboratórios, tem uma infra-estrutura precária e conta com poucos recursos financeiros destinados a atividades práticas. Considerando este cenário, o presente autor tem organizado oficinas de projetos com foco na inovação em escolas, universidades e espaços informais, destinadas a alunos dos ensinos fundamental e médio, estudantes universitários dos cursos de licenciatura em matemática e ciências e professores em serviço no ensino básico. O espaço das oficinas deve ser bem iluminado e arejado e também deve dispor de mesas ou bancadas para abrigar grupos com três a quatro participantes, totalizando, no máximo, entre 6 e 7 equipes. Os projetos demandam apenas materiais de baixo custo (balões de festa, seringas, elástico (atilha), barbante, cola, etc) e itens reciclados (latas, copos, garrafas plásticas e CDs descartados, entre outros), além de ferramentas de uso doméstico. É recomendável que as ferramentas e materiais de uso comum (furadeira elétrica, serra tico-tico, següeta, etc) fiquem em uma mesa/bancada separada. Um instrutor (facilitador) e entre um e dois monitores são necessários para proporcionar um atendimento eficiente aos grupos e acompanhamento fluente dos projetos. Inicialmente é apresentada a filosofia da oficina, normas de segurança e procedimentos básicos. Os projetos destinados às equipes constituem apenas esboços com algumas orientações. Com isso pretende-se dar aos grupos a oportunidade de tomar decisões ao contemplar diversas possibilidades construtivas considerando princípios físicos básicos, opções de *design* e materiais e ferramentas disponíveis. Esta estratégia tem possibilitado o surgimento de diversas inovações de projetos padrões em termos de funcionalidade, economia de material e simplicidade conceitual. As oficinas de projetos mais simples em geral não duram mais que duas horas e meia. O uso de câmaras digitais para registrar a evolução dos projetos (fotos e vídeos de curta duração) tem permitido detectar várias nuances do trabalho realizado pelos diversos grupos. Além disso, este registro fornece aos participantes uma

nova percepção do seu potencial criativo e das habilidades desenvolvidas durante a oficina, aumentando sua motivação ao conferir-lhes maior segurança, entusiasmo e aumento da auto-estima. Ao final os grupos redigem um relatório sucinto com o esquema dos protótipos desenvolvidos e sua aplicação prática, além dos conceitos básicos subjacentes. A socialização dos resultados obtidos se dá através de uma apresentação dos protótipos pelos grupos ao final da oficina.

3. Novas formas de diagnóstico do ensino formal

Um aspecto recorrente nas oficinas de projetos é a dificuldade dos participantes em aplicar os conceitos básicos que são ensinados nos cursos formais de física. Em geral, ao se deparar com um problema, os grupos acabam procedendo na base da tentativa e erro, ignorando muitas vezes limitações físicas óbvias em suas opções. Percebe-se também uma dificuldade no que concerne planejamento dos projetos e divisão dos trabalhos entre os membros da equipe. O papel do facilitador é “provocar” os grupos com desafios intermediários e dar “dicas” de possíveis soluções práticas para os problemas que surgem à medida que os grupos buscam implementar uma idéia. Outra função do facilitador é estabelecer uma interlocução entre os grupos. Observa-se com frequência que participantes de um grupo conseguem vislumbrar soluções para grupos vizinhos e assim estabelecer uma sinergia entre as equipes. Tem sido muito gratificante constatar que os grupos reagem rapidamente a tais estímulos e conseguem convergir para soluções criativas e inovadoras. Com isso, as oficinas acabam se tornando um verdadeiro ateliê de ciências, combinando conhecimento científico, criatividade e inovação, além de mapear aplicações e contextos mais amplos a partir dos projetos desenvolvidos.

4. Implementação de um programa estruturado de oficinas

Iniciamos em abril de 2007 um programa de oficinas extracurriculares de projetos em uma escola pública de Belo Horizonte, a Escola Estadual Professor Moraes. Este projeto piloto, denominado “Inova Escola” é financiado pelo CNPq e conta atualmente com cinco bolsistas, sendo um deles professor de física na referida escola. A proposta original envolvia mais de uma escola pública. Entretanto, considerando o caráter pioneiro desta iniciativa e nossas limitações logísticas e orçamentárias, optamos por iniciar o programa em uma única escola. Contatamos o seu diretor, que acolheu entusiasticamente a nossa proposta e nos forneceu espaço físico, apoio logístico e acesso a alunos e professores. Foi realizada uma apresentação do projeto para os professores da escola e para os alunos do turno da manhã (a escola tem 2 outros turnos - à tarde e à noite). A seleção dos participantes, cerca de 120 alunos, se deu na base da demanda espontânea. Os alunos interessados responderam um questionário elaborado por nossa equipe visando mapear o seu perfil sócio-econômico e o nível educacional dos seus pais. As oficinas, cada uma delas com no máximo 4 grupos, foram concebidas para ter uma duração de uma hora e meia e são realizadas no período da tarde uma vez por semana. O espaço destinado às oficinas é suficiente para abrigar 4 bancadas com 4 lugares, e conta também com um quadro de ferramentas e espaço para material de consumo. A nossa proposta compreende três etapas. A primeira delas, realizada entre meados de abril e meados de julho de 2007, envolveu projetos simples, com as características descritas anteriormente. A nossa meta era desenvolver nos alunos habilidades construtivas, espírito de equipe e uso criativo de materiais simples, além de introduzir ferramentas básicas e a adoção de medidas de segurança no seu manuseio. A resposta dos alunos foi encorajadora e nos permitiu mapear talentos, lideranças e também gargalos operacionais. Os grupos propuseram várias soluções criativas e souberam aplicar o mesmo conceito construtivo em diferentes contextos. A segunda etapa de nossa proposta foi iniciada em agosto e seu término está previsto para o final de novembro de 2007, totalizando cerca de 18 horas dedicadas à implementação de protótipos. Esta fase é voltada para o desenvolvimento de projetos temáticos com um grau de complexidade maior que o dos projetos da fase anterior, envolvendo sua implementação várias oficinas. Um ponto a ser ressaltado foi a desistência de cerca de 50% dos inscritos na fase 1, o que nos surpreendeu, tendo em vista os resultados positivos

alcançados e as nossas expectativas, considerando que a escola não dispõe de nenhum laboratório destinado à atividade experimental. Uma avaliação preliminar realizada junto aos alunos desistentes nos mostrou que o número de estudantes interessados em tais oficinas é bem menor do que pressupunhamos. Atribuímos isso a vários fatores: econômicos (a maioria dos alunos do ensino médio matriculados em escolas públicas são oriundos de famílias de baixa renda e muitos optam por buscar um emprego informal e mal-remunerado), culturais (a maioria dos professores da escola não tem formação em aprendizado baseado em projetos e aparentemente “não comprou” na prática a idéia de nossa proposta), falta de maturidade dos alunos e ausência de apoio familiar (alunos de famílias desestruturadas tendem a ser mais dispersos e passam a maior parte do seu tempo livre fora de casa). Neste contexto, a permanência de 50% dos alunos inicialmente inscritos no projeto piloto foi considerada pela direção da escola um fator de sucesso e nos permitiu redimensionar a nossa proposta como um todo, como será descrito mais à frente. Os projetos desenvolvidos na segunda fase, associados ao tema fontes alternativas de energia, envolveram a construção de turbinas eólicas feitas de garrafas pet e de latinhas de refrigerante, papelão, madeira e ímãs de neodímio, fornos solares e sistema de aquecimento solar de água que utilizam material reciclado, modelos de usinas hidroelétricas e uma bicicleta ergométrica acoplada a um gerador, construído por uma das equipes de alunos. Para registrarmos a evolução dos projetos e o nível de motivação e comprometimento dos alunos desenvolvemos um protocolo, que será utilizado na avaliação final do projeto. Os protótipos desenvolvidos nessa segunda fase foram apresentados recentemente no evento UFMG-Jovem, organizado pelo Centro de Difusão da Ciência (CDC), órgão ligado à Pró-Reitoria de Extensão da UFMG, que reuniu escolas de várias regiões de Minas Gerais. O projeto “Inova Escola” participou do Programa Nacional de Apoio a Feiras de Ciências - **Fenaceb** regional, vinculado ao MEC, e ficou entre os três projetos selecionados pelo júri. Este resultado teve um impacto muito positivo entre os alunos participantes do projeto e aumentou consideravelmente a confiança de nossa equipe, além de ser muito bem recebido pela direção da escola. Também estamos participando de congressos internacionais de ensino de engenharia e de física visando divulgar nosso trabalho e obter novos subsídios para a proposta aqui exposta.

5. Formação da rede Inova Escola

A nossa participação na UFMG-Jovem foi vital em vários sentidos para ampliarmos o escopo de nosso projeto piloto “Inova Escola” e para a elaboração das ações prevista para a terceira etapa, que envolverá projetos mais robustos com caráter multidisciplinar. Durante o evento pudemos conhecer iniciativas isoladas de professores de outras escolas públicas que realizam projetos praticamente sem nenhum apoio financeiro. Esta constatação nos levou a redimensionar a nossa proposta e a conceber a rede “Inova Escola”. A nossa meta para a Escola Estadual Prof. Morais é limitar o número total de participantes das diversas oficinas a cerca de 50 alunos. Além disso, pretendemos substituir parte dos monitores de nossa equipe por alunos que se destacaram nas duas primeiras fases do projeto piloto em termos de liderança, entusiasmo e criatividade. Temos também estimulado a direção da escola a buscar recursos financeiros suplementares, de modo que ela passe a contribuir financeiramente para a continuidade das oficinas. Quanto às demais escolas da rede “Inova Escola”, pretendemos dar suporte metodológico aos professores e alunos envolvidos com projetos aplicados, além de acompanhamento e apoio financeiro, dentro de nossas limitações orçamentárias, o que necessariamente implicará na opção por projetos de baixo custo e, eventualmente, na busca de patrocínio para projetos mais ambiciosos. Esta iniciativa foi muito bem-vinda pelos professores que se destacaram com seus projetos na UFMG-Jovem. Eles agora irão participar de um evento que estamos organizando na Escola Prof. Morais ainda em 2007 visando disseminar a nossa proposta junto a todo o corpo docente e discente daquela escola e também estabelecer uma sinergia entre os vários participantes da futura rede “Inova Escola”. Durante esse evento planejamos solicitar a pais e professores que respondam a questionários específicos de avaliação dos projetos realizados no âmbito de nosso programa. Com isso pretendemos obter uma

avaliação multilateral dos resultados alcançados e incentivar pais e professores a apoiar efetivamente a participação dos alunos da escola nas oficinas.

6. Conclusões

A evolução de programas educacionais centrados em aprendizado baseado em projetos com foco na inovação é um grande desafio para as nossas escolas e universidades, sobretudo considerando-se a rápida evolução tecnológica e o crescimento econômico mundial. A educação básica destinada às novas gerações deve levar em conta habilidades ainda pouco contempladas na prática escolar, como capacidade de comunicação, trabalho em equipe, resolução criativa de problemas práticos, aprendizado continuado com a apropriação do conhecimento disponível em diferentes mídias. Enfim, é urgente a inserção da escola no mundo do século XXI. As idéias aqui expostas são alicerçadas na crença de que é possível fazermos muito em prol da educação científica e tecnológica com os recursos ao nosso alcance. Felizmente, as ferramentas tecnológicas atualmente disponíveis, como a Internet, favorecem amplamente ações em rede, possibilitando trocas de idéias e experiências de forma rápida e eficiente, o que nos faz crer que é possível acelerar dramaticamente o processo de mudança aqui esboçado.

7. Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer à Profa. Eliane Veit e aos Profs. Fernando Lang da Silveira e Ives Solano Araujo pela hospitalidade durante o II Encontro Estadual de Professores de Física realizado no Instituto de Física da UFRGS e pelas várias idéias e sugestões durante o evento. O presente trabalho conta com o apoio financeiro do CNPq, da Finep e Fapemig.

8. Referências Bibliográficas

www.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf

Moshe Barak, Pnina Mesika, “Teaching methods for inventive problem-solving in Junior high school”, *Thinking Skills and Creativity* **2** (2007), 19-29.

Eduardo de Campos Valadares, “Física mais que divertida”, 3a. edição (no prelo), Editora UFMG (2008).

E.C. Valadares *et. al.*, “Transforming high-schools into innovation centers”, 6th *Global Colloquium on Engineering Education, American Society for Engineering Education*, Istambul, Turquia, 1-4 de outubro de 2007.

E.C. Valadares *et. al.*, “Transforming public schools into innovation centers”, *International Conference on Physics Education (ICPE2007)*, IUPAP, Marrakech, Marrocos, 11-16 de novembro de 2007.

APRESENTAÇÕES ORAIS (Artigos)

A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE ASTRONOMIA COMO MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DA MECÂNICA EM UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO

Érico Kemper [kempher1@yahoo.com.br]
Fernanda Ostermann [fernanda@if.ufrgs.br]
Maria de Fátima Oliveira Saraiva [fatima@if.ufrgs.br]
*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051
Campus do Vale, 91.501 – 970. Porto Alegre, RS - Brasil*

Resumo

Neste artigo apresentamos o desenvolvimento, a implementação e os resultados de uma proposta motivadora aplicada no ensino de Física em nível médio. Defendemos que questões epistemológicas e elementos da história da ciência possibilitam ricas discussões em grupo, contribuindo para mostrar o verdadeiro processo da construção da Física. Nossa proposta de trabalho consistiu em apresentar uma abordagem epistemológica, embasada nas filosofias de Popper, Lakatos e Kuhn, no estudo da mecânica, partindo de tópicos de astronomia ou inserindo-os no estudo da área para os estudantes, para facilitar uma aprendizagem significativa. Paralelamente, incluímos vídeos que abordam alguns temas em questão por utilizarem a poderosa ferramenta audiovisual da comunicação da atualidade. Na seção dos procedimentos apresentamos a listagem de vídeos utilizados que é uma sugestão de excelente material de apoio no ensino da mecânica, astronomia e cosmologia no ensino da física.

Palavras-chave: audiovisuais; astronomia e mecânica; ensino de física.

1. Introdução

A realidade educacional do ensino de física vem manifestando uma verdadeira crise, evidenciada pela falta de interesse e dificuldades de aprendizagem nas escolas de ensino médio e pela evasão de alunos das salas de aula bem como pelos índices elevados de analfabetismo científico.

Para promover uma aprendizagem significativa os estudantes deverão estar motivados e pré-dispostos. A inclusão de informações fornecidas pela história e pela filosofia da ciência na prática do ensino de ciências podem fornecer algumas respostas que amenizam a crise verificada nessa área de ensino. Essa forma de abordagem humaniza a disciplina e seu corpo de conhecimento, motiva os alunos dando significado ao que está sendo estudado possibilitando aulas desafiadoras e reflexivas, permitindo uma compreensão melhor dos conceitos em estudo e da própria ciência, demonstrando que ela não está acabada e que o conhecimento científico atual está sujeito a transformações, desenvolvendo com essa prática uma epistemologia mais rica e autêntica (MATTHEWS, 1995).

A inserção de conteúdos de astronomia nos cursos de nível médio de física torna-se pertinente por mostrarem-se de grande interesse pelo público jovem que os frequentam. Esse interesse fica evidenciado pelas dúvidas e perguntas que os alunos trazem às aulas, bem como a participação e a motivação manifestada por eles quando esses conteúdos são abordados. A grade programática dos conteúdos de física sugerida nos PCNEM+ contempla a astronomia por despertar grande interesse em relação aos enigmas da vida e do universo *propiciando-lhes uma visão cosmológica das ciências* (PCNEM+, p. 78).

O uso de vídeos na sala de aula é um importante recurso tecnológico disponível atualmente e de fácil utilização pelos professores. A televisão passou a ser o meio de comunicação, informação e formação mais importante da sociedade moderna. O uso adequado do vídeo no ensino de ciências permite uma melhora nas atividades do professor em sala de aula. Um vídeo pode motivar a

aprendizagem de conteúdos pelo forte atrativo emocional que possui. Outro aspecto muito explorado através de filmes é o de demonstração. Há muitos efeitos que só podem ser melhor observados quando filmados ou produzidos em animações de computação gráfica. Na aprendizagem de novos conceitos um vídeo pode também servir de material instrucional bastante útil como conhecimento prévio além de servir como instrumento de apoio à exposição do professor.

Os objetivos do presente trabalho consistem em:

- motivar os alunos iniciantes a estudar física pelo uso de recursos tecnológicos disponíveis que possam ser utilizados por professores da área e inseridos em suas aulas;
- despertar maior interesse nos alunos através de uma abordagem epistemológica contemporânea subjacente nos materiais e na metodologia didática para promover a evolução conceitual;
- estimular a criatividade, a reflexão e o trabalho em grupo, encorajando os alunos a enfrentarem melhor as dificuldades encontradas nos estudos, através de atividades extra-classe, como observações, tomadas de medidas e resolução de problemas;
- tornar mais interessante o estudo da mecânica abordando-a pelo enfoque da astronomia;
- disponibilizar um produto educacional, na forma de texto, destinado a professores e estudantes de física do ensino médio na área de estudo da mecânica e a astronomia.

O material instrucional contém, além de textos para consulta e pesquisa, sugestões de vídeos com suas respectivas fichas de estudo e sugestões de questionários para exercícios e avaliações.

Damos em nosso trabalho importância a dois aspectos que foram investigados: uso de vídeos e a abordagem epistemológica no estudo da mecânica partindo de tópicos de astronomia ou inserindo-os no estudo da área para os estudantes, para facilitar uma aprendizagem significativa. Quanto ao uso de vídeos, os limitamos a documentários e vídeos educacionais, de produção nacional e estrangeira, divulgados pela TV Escola, com temáticas relacionadas diretamente aos conteúdos e atividades a serem desenvolvidos em aula, que de forma geral, são conteúdos de astronomia e de mecânica. Na parte da astronomia, destacamos as contribuições dos astrônomos gregos da antiguidade, os modelos de universo de Ptolomeu, Copérnico, Brahe e Kepler, salientando as limitações e os ajustes que esses modelos sofreram para se manterem válidos e as descobertas de Galileu com seu telescópio. Na mecânica foram estudados os conteúdos de inércia, enunciados primeiro por Galileu e posteriormente por Newton, a explicação da queda de corpos por Galileu, o movimento circular uniforme, a força centrípeta, as leis do movimento de Newton, culminando o estudo da mecânica com a lei da Gravitação Universal de Newton. No estudo da lei da Gravitação Universal, destacamos a demonstração feita por Newton no livro *“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”* na obtenção da relação matemática para a atração gravitacional da Lua com a Terra numa versão adaptada para o ensino médio (DIAS *et al.*, 2004; FREIRE JR *et al.*, 2004). Estudou-se também o movimento de satélites, o sistema solar, a detecção de planetas extra-solares e a teoria do Big-Bang – esses conteúdos geralmente não constam nos livros-texto do ensino médio.

O presente projeto foi aplicado em turmas do primeiro ano do ensino médio de uma escola estadual de São Leopoldo localizada no bairro Cristo Rei. A escola não possui laboratório de informática e nem sequer um microcomputador disponível para uso com alunos. No entanto, possui laboratório de ciências e sala de audiovisuais com uma televisão de 29” mais videocassete e dvd *player*. O período para a aplicação do material e sua avaliação ocorreu ao longo de todo o ano letivo, que iniciou na primeira semana de abril e terminou ao fim da primeira quinzena de dezembro, totalizando, em média, 60 horas-aula ministradas em cada turma.

2. Referencial teórico epistemológico

Vemos na epistemologia da ciência, mais especificamente nas filosofias de Popper, Lakatos e Kuhn, uma fundamentação sólida e atualizada, que nos orientou na produção do material instrucional e na metodologia utilizada na sua implementação (SILVEIRA, 1996a; SILVEIRA,

1996b; OSTERMANN, 1996; ARRUDA *et al*, 2001; LABURÚ *et al*, 1998; SILVEIRA e OSTERMANN, 2002).

De acordo com teoria do conhecimento de Karl Popper (1902- 1994), a aprendizagem decorre da existência de problemas. Estamos sempre ocupados em resolver problemas. A apropriação de um novo conhecimento é resultado da modificação de conhecimentos prévios. O conhecimento prévio é todo conhecimento que já possuímos, podendo ser, inclusive, os conhecimentos inatos que são determinados geneticamente. É através da linguagem, na forma de proposições, que se diferencia o conhecimento humano dos demais seres vivos. “*Assim ele se torna comunicável, objetivo, acessível a outros seres humanos e criticável* (SILVEIRA, 1996a, p. 10). O conhecimento científico não é detentor da verdade única e absoluta, ele é questionável e passível de mudança. A argumentação é a função da linguagem mais elevada da capacidade humana de pensar racionalmente. É através da argumentação crítica que proposições ou asserções descritivas são validadas ou eliminadas. Quando essas se mostrarem consistentes, coerentes e não contraditórias são aceitas e sobreviverão, mas podendo no futuro, serem contestadas e substituídas por outras que melhor expliquem os fatos. Popper também faz sérias críticas às idéias empiristas sobre o papel da observação no conhecimento científico. Para os empiristas as hipóteses (idéias) surgem da observação, que sempre é neutra e livre de preconceitos. Para Popper, as observações são sempre dirigidas por nossos problemas, expectativas e interesses (teoria do holofote). Não existe observação neutra.

Outro grande filósofo da ciência do século XX, seguidor e defensor do racionalismo crítico e das idéias de Popper, é Imre Lakatos (1922- 1974). Suas concepções epistemológicas pretendem dar uma explicação lógica à prática científica através da metodologia dos programas de pesquisa. Para Lakatos, o desenvolvimento científico resulta da competição entre vários programas de pesquisa. *Os programas de pesquisa, em linhas gerais, são diretrizes metodológicas responsáveis pela decisão acerca da construção e modificação das teorias* (LABURÚ *et al*, 1998, p. 26). *Um programa de pesquisa é caracterizado por seu “núcleo firme”: teoria ou conjunção de hipóteses contra a qual não é aplicada a “retransmissão da falsidade”* (SILVEIRA, 1996b, p. 221). Um conjunto de hipóteses e teorias auxiliares, bem como os métodos observacionais, formam o *cinturão protetor* que resguarda o *núcleo firme* de anomalias e refutações. A verificação da falsidade incidirá sempre sobre as hipóteses auxiliares do *cinturão protetor* e nunca sobre o *núcleo firme* (heurística negativa). As anomalias dentro de um programa de pesquisa são vistos *como algo que deve ser explicado em função do mesmo, ou seja, é um desafio para este* (LABURÚ *et al*, 1998, p.26), por isso, ele é *constantemente modificado, expandido, complicado* (SILVEIRA, 1996b, p. 222). Frente às anomalias, as normas epistemológicas e metodológicas do programa orientarão os cientistas para superá-las, modificando o *cinturão protetor* (heurística positiva). Às vezes a incompatibilidade teórica do *núcleo firme* leva à modificação do *cinturão protetor*. Dessa forma, um programa de pesquisa vai crescendo em complexidade e explicando um número cada vez maior de fatos. Um programa é considerado *progressivo* quando as modificações no *cinturão protetor* levam a explicar teoricamente novos fatos e ao menos alguns deles são corroborados além de explicar os fatos que os motivaram. Quando as modificações dão apenas conta em explicar as anomalias, sem antecipar fatos novos, o programa é *degenerativo*. O crescimento do conhecimento científico resulta da existência de programas concorrentes (rivais). Um programa de pesquisa só pode ser superado mediante a existência de outro melhor, considerado progressivo, quando se verifica que esse programa é corroborado pela experiência, através de um longo retrospecto, enquanto outros programas fracassam em explicar os mesmos fatos. Por isso, o abandono de um programa não acontece de uma hora para outra, é um processo demorado.

Outra concepção epistemológica de maior relevância em nosso trabalho é a de Thomas Kuhn sobre o desenvolvimento científico que, a nosso ver, apresenta uma proposta muito rica para o seu uso na concepção de estratégias no ensino de ciências. Kuhn, assim como Popper e Lakatos, defende que nenhuma observação é neutra, sempre estão subjacentes pressupostos teóricos que guiam a atenção do observador e *reconhece o caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento* (OSTERMANN, 1996, p. 184). Para Kuhn, o desenvolvimento científico ocorre

numa seqüência de três períodos: *pré-paradigmático*, *ciência normal* e *crise*. O progresso científico ocorre no período de *ciência normal*. Nesse período, todos os membros de determinada comunidade aderem a um único paradigma, isto é, todos compartilham e aceitam um mesmo conjunto de valores, técnicas e crenças metodológicas e teóricas interligadas. Os fundamentos teóricos, conceituais, metodológicos e instrumentais do paradigma são aceitos acriticamente e os cientistas concentram seus esforços em aproximar a natureza e o paradigma. Nessa atividade, os problemas “exemplares” orientarão a solução de novos problemas propostos, devidamente escolhidos e possíveis de solução dentro dos limites preestabelecidos pelo paradigma, que vão progredindo em conhecimento científico na medida em que descrevem fatos cada vez mais concretos. Para confrontar a teoria com os fatos são inventados, construídos e aperfeiçoados equipamentos, cuja concepção está baseada no próprio paradigma e que não tem o papel de validar ou falsear uma teoria (como havia proposto Popper e Lakatos), mas sim uma relação adaptativa. A teoria e o experimento são complementos importantes na estruturação do paradigma. A atividade mais importante do período de *ciência normal* é a articulação da teoria. Em muitas situações, as teorias são reformuladas para adaptá-las à nova área de estudo. Essa atividade também propõe experiências que são conduzidas para a determinação de leis empíricas. Há períodos em que os problemas, que deveriam ser resolvidos através dos preceitos metodológicos e teóricos utilizados pela prática usual dos cientistas, passam a ser considerados como anomalias. Enquanto as dificuldades empíricas persistem, um estado de *crise* marcado por “investigações extraordinárias” se instala na área de pesquisa, levando a comunidade científica a um novo paradigma. Kuhn denomina de “revolução científica” a transição para um novo paradigma e destaca que a crise é uma conseqüência natural do período de ciência normal. Quanto mais aumentam a precisão e o alcance do paradigma, mais sensível este se torna como indicador de anomalias. A *crise*, que se inicia com a consciência da anomalia, pode levar a descoberta de uma nova teoria, que Kuhn classifica como *um acontecimento complexo, que envolve o reconhecimento, tanto da existência de algo, como de sua natureza* (KUHN apud ARRUDA *et al*, 2001 p. 4). Uma nova teoria traz uma concepção de natureza e um novo paradigma emerge de reconstrução da área de estudo a partir de um novo conjunto de compromissos que a comunidade vai assumindo. No período de transição existe uma competição entre o antigo paradigma e o novo. Uma teoria será bem sucedida quando, além de resolver as anomalias deixadas pelo velho paradigma, leva a predizer fatos novos. Dessa forma, podemos pensar que o processo de aquisição de conhecimentos provém do esforço em ajustar ou adaptar teorias e fatos.

Considerando os aspectos importantes das concepções epistemológicas de Popper, Lakatos e Kuhn, há uma compatibilidade muito forte entre suas idéias sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Todos concordam que a aprendizagem é um processo interno de cada indivíduo no qual as idéias são precursoras e agem sobre os fatos. São as idéias e as concepções acerca da natureza que orientam nossas observações, são elas que nos dizem o que e para onde devemos dirigir nossa atenção. Há uma convergência entre os ‘programas de pesquisa’ de Lakatos e os ‘paradigmas’ de Kuhn. O progresso científico ocorre no período quando dois ‘programas’ ou dois ‘paradigmas’ concorrem – competição entre duas diferentes concepções de mundo. A substituição do antigo programa ou paradigma por um novo é um processo longo e complexo, requerendo uma reestruturação das bases teóricas e metodológicas da área de estudo. Por outro lado, existe uma divergência entre as idéias de Popper e Lakatos, de um lado e Kuhn, de outro, tendo em vista o papel do experimento no fazer científico, entre outros aspectos. Para Popper e Lakatos o experimento tem a finalidade de comprovar ou falsear a teoria e para Kuhn, uma relação adaptativa entre teoria e fatos – os fatos são adequados à teoria.

Nossa proposta de trabalho consiste em promover a evolução conceitual nos estudantes através de estratégias instrucionais fundamentadas nas epistemologias de Popper, Kuhn e Lakatos. Assegurando tal postura, faremos uma analogia do processo de construção de conhecimento em ensino de física com os ‘programas de pesquisa’ de Lakatos e as ‘revoluções científicas’ de Kuhn. Comparamos o conhecimento prévio (concepções alternativas) trazido para sala de aula pelos estudantes como um ‘programa de pesquisa’ ou ‘paradigma’ vigente. O primeiro passo consiste em

fazer um levantamento das idéias de senso comum dos alunos para conscientizá-los de suas concepções alternativas destacando que elas possuem um conteúdo de verdade (OSTERMANN, 1996; SILVEIRA, 1996b). Em seguida (segundo passo), as concepções prévias dos alunos são colocadas num impasse, em conflito com a realidade através da introdução de anomalias. Esta situação gerará uma crise e uma sensação de desconforto e insatisfação se instalará no aluno frente suas concepções. Elas fracassam em prever e explicar alguns fatos. O próximo passo (terceiro) é a apresentação da teoria científica. Nesta etapa, o professor faz uma exposição clara da nova teoria destacando os ‘antagonismos conceituais’ com as concepções alternativas bem como a superioridade em ‘acomodar as anomalias’ (SILVEIRA, 1996b; OSTERMANN, 1996). Finalmente (quarto passo) é feita a interpretação da teoria. Esta fase é equivalente ao período de ‘ciência normal’, no qual são propostas atividades de resolução de problemas teóricos e práticos visando a ‘articulação conceitual’ (OSTERMANN, 1996). Também são realizadas atividades práticas (demonstrações e experiências) para promover uma adaptação entre os fatos (fenômenos) e a teoria. Os dados (qualitativos e/ou quantitativos) obtidos em uma experiência são compreendidos de diferentes formas pelos alunos em conformidade com suas concepções prévias e, muitas vezes, de forma equivocada (ARRUDA *et al*, 2001). É importante destacar que *o que está em jogo é aprendizagem da linguagem científica e, em especial, o ajuste entre um discurso teórico e um experimental, os quais, apesar de problemáticos, cada um deles a seu modo, irão compor, ao final um todo, a linguagem única e coerente do paradigma que está sendo ensinado* (ARRUDA *et al*, 2001)

A maioria dos alunos que ingressam no ensino médio, apresentam conceitos de física ou de astronomia geralmente mal assimilados e mal compreendidos, e as interpretações de fenômenos da natureza estão fundamentados em concepções de senso comum. Uma exposição muito clara e precisa do paradigma “aristotélico”, que era o fundamento teórico do sistema ptolomaico, levará os alunos a reconhecerem que as concepções de senso comum possuem conteúdo de verdade. Por exemplo, um objeto só podia manter-se em movimento sob a ação de uma força, ou se a Terra realiza um movimento diurno em torno de seu próprio eixo, de oeste para leste, como prevê o sistema copernicano, uma flecha lançada verticalmente para o alto deverá ser deixada para trás, ou seja, a flecha deveria cair a certa distância a oeste do ponto de onde foi lançada. Mas, em várias situações, essas concepções falham ou apresentam inconsistências lógicas, por exemplo, como pode ser observado em um avião que se encontra em pleno vôo, onde a comissária de bordo serve o cafezinho aos tripulantes sem se preocupar com o movimento do avião. A “nova física”, estruturada, dentre outros, por Galileu e Newton, além de explicar os movimento e suas respectivas causas, dá um suporte teórico consistente ao modelo copernicano. O paradigma aristotélico é confrontado com o paradigma da “nova física”, que explica tudo aquilo que o anterior explicava, além de explicar os fatos problemáticos e prever fatos novos.

De fato, quando queremos a mudança conceitual temos que ter consciência de que este é um processo complexo e demorado, de muitas idas e vindas, motivado pelo debate e a discussão e orientado pelo professor na reestruturação do conhecimento em uma linguagem científica, e que não é adequado imaginar que os alunos, simplesmente, abandonam suas idéias prévias quando aprendem a concepção cientificamente aceita.

3. Procedimentos

As aulas foram predominantemente de caráter expositivo dialogado e participativo colaborativo. Os alunos sempre foram instigados a participarem das aulas, contribuindo com suas idéias para as discussões e debates a partir de temas geradores e situações polêmicas trazidas pelo professor ou pelo aluno. Sempre que os temas permitiam, as questões geradoras de discussões e debates foram as questões e os problemas contextualizados na própria história e filosofia de suas descobertas.

O material de apoio didático às aulas foi por nós construído e distribuído aos alunos na forma de fotocópias do texto impresso em apostilas. Os alunos não tiveram livro-texto de apoio às

aulas, mas tinham acesso a livros para consulta disponíveis na biblioteca da escola em horário no contra turno. A lista de conteúdos constantes no material foi distribuída em quatro módulos, obedecendo a seguinte ordem:

Módulo I. Astronomia Antiga: Pitágoras. Aristóteles: as fases da Lua e os eclipses. Aristarco: primeiro modelo heliocêntrico. Eratóstenes: diâmetro da Terra. Hiparco: distância Terra-Lua e o tamanho da Lua. Modelo de Ptolomeu: os epiciclos. Modelo de Copérnico: cálculo da distância dos planetas internos ao Sol. Modelo de Brahe.

Módulo II. Galileu e a nova Física: inércia, velocidade média, movimento uniforme, aceleração média, movimento uniformemente variado, lançamento de projéteis e as descobertas em astronomia. As Leis de Kepler.

Módulo III. Newton e as Leis do movimento: Princípio da Inércia, Princípio da Ação e Reação, Princípio fundamental da Dinâmica, movimento circular, aceleração e força centrípeta, a lei da Gravitação Universal.

Módulo IV. Satélites naturais e artificiais, tópicos de astronomia e astrofísica moderna e contemporânea: detecção de planetas extra-solares, teoria do Big Bang e o Sol: fonte de energia e evolução das estrelas.

Do uso de vídeos, os programas exibidos foram previamente selecionados, a partir de uma extensa lista de títulos já digitalizados e disponíveis em acervo particular, e estão relacionados diretamente com os conteúdos em estudo. A apresentação do vídeo ocorreu, predominantemente, depois da apresentação do conteúdo em aula e teve por objetivo ilustrar, demonstrar e complementar os estudos. Antes da exibição de cada sessão de vídeos, os alunos recebiam uma pequena ficha na qual constavam algumas questões sobre seu conteúdo.

Foram propostas atividades de resolução de problemas e questionários, para serem respondidos em aula e em casa durante a semana, incentivando o trabalho em grupo. As listas de questionários e problemas encontram-se sempre na última seção de cada módulo do material texto. Também foram feitas duas observações do céu noturno no campus da UNISINOS com o telescópio da instituição, um refletor de 12” de abertura, que foi montado a céu aberto naqueles dias.

A avaliação dos alunos foi baseada na participação do aluno em aula, na realização das tarefas propostas em aula e em casa e em duas provas escritas em cada um dos trimestres. Procuramos avaliar os aspectos relacionados à motivação e à evolução conceitual promovida através do processo de ensino e aprendizagem. O aluno deverá mostrar, ao longo do curso, que é capaz de aprender uma nova linguagem, a linguagem científica, para compreender e explicar vários fatos cotidianos.

Iniciamos o módulo I do projeto fazendo um retrospecto histórico da visão que o homem tinha do Universo na Antigüidade, bem como os modelos que formulou para descrevê-lo e explicar fenômenos relacionados. Procuramos sempre instigar o aluno sobre aquilo que ele próprio conhecia, seja a partir do que já estudou ou leu, seja a partir das concepções que têm fundamentado em observações cotidianas. Os relatos espontâneos e individuais dos alunos demonstraram uma fácil assimilação do modelo descrito a partir do referencial da Terra, de onde, de fato, observamos o Universo. Porém, a pergunta lançada de início, “se a Terra está em repouso ou em movimento e qual é a prova?”, deixou alguns alunos perturbados. Para completar o estudo sobre as fases da Lua e os eclipses do Sol e da Lua foram exibidos dois capítulos da série “Espaçonave Terra”¹: os programas semana 41 e semana 11, que tratam, respectivamente, as fases da Lua e os eclipses.

O modelo geocêntrico proposto por Ptolomeu foi apresentado com destaque como sendo o primeiro modelo completo na descrição dos movimentos dos astros no céu.

O estudo sobre a Revolução Copernicana foi introduzido com a motivação de Copérnico ao propor o modelo heliocêntrico, e um aluno convidado leu o trecho do texto onde o próprio cientista relata sua inspiração metafísica, colocando o Sol como astro mais importante, que foi transcrito para

¹ “Espaçonave Terra” é uma série de 52 programas, o número correspondente às semanas de um ano, com utilização de sofisticados recursos de animação gráfica em 3D mostrando o que ocorre quando a Terra gira em torno do Sol. Cada programa/capítulo tem duração de aproximadamente 7 minutos. A série foi produzida na França e exibida no Brasil pela TV Escola.

o texto de apoio. Expomos a forma como Copérnico explica o movimento retrógrado dos planetas através de uma representação gráfica feita no quadro e calculamos as distâncias de Mercúrio e de Vênus ao Sol em relação à distância Terra-Sol, conhecida como unidade astronômica. Para visualizar o movimento retrógrado dos planetas como sendo uma “ultrapassagem” que a Terra realiza em relação aos planetas exteriores assistimos ao vídeo das semanas 06, 18 e 21, da série Espaçoave Terra, que enfatiza essa visão para o planeta Marte e Netuno.

O modelo planetário de Tycho também mereceu destaque e discutimos o porquê dessa opção pelo cientista. Esse modelo estava baseado no referencial da Terra que era imóvel uma vez que Brahe mediu e verificou nenhuma paralaxe das estrelas. Terminamos o estudo dessa seção esquematizando em tópicos as contribuições de Brahe para o avanço nas descobertas em astronomia, pondo em xeque a teoria aristotélica. A dúvida gerada quanto à validade da teoria do mundo supralunar preparou o terreno para os cientistas da época e os subseqüentes pensarem e criarem uma nova teoria para os fenômenos físicos, que foi iniciada por Kepler e Galileu e concluída por Newton menos de um século depois. A mesma dúvida também envolveu os estudantes numa espécie de ‘crise’ sobre o conhecimento eles tinham e de sua validade.

Partimos ao estudo do módulo II realizando demonstrações práticas. Através do uso de um dispositivo, previamente construído para esse fim, um trilho construído de três trechos distintos, um declive, um horizontal e um aclave, donde se deixou rolar uma esfera maciça de aço e de um pêndulo, construído com um fino fio de *nylon* de 1,0 m de comprimento com uma pequenina esfera de chumbo na extremidade, fixado num gancho disponível na borda superior do quadro discutimos noções de atrito entre superfícies e a resistência do ar bem como introduzimos as bases da física moderna fundada por Galileu. Partindo das demonstrações citadas anteriormente enunciamos o conceito de inércia. Apresentamos alguns argumentos utilizados por Galileu contestando a teoria aristotélica como argumento decisivo da imobilidade da Terra. Exemplificamos o conceito de inércia através das viagens de sondas interplanetárias, que jamais seriam possíveis caso houvesse necessidade de manter os foguetes ligados em todo percurso, e da importância do uso do cinto de segurança para os ocupantes de automóveis.

Dando continuidade aos estudos introduzimos os conceitos de movimento e repouso, de velocidade média e velocidade instantânea e resolvemos problemas envolvendo velocidade média. Apresentamos e discutimos o movimento de queda em meios resistivos. Enunciamos a Lei da Queda Livre e conceituamos movimento naturalmente acelerado ou uniformemente variado conforme fez Galileu, em 1604, fazendo a leitura conforme consta no texto.

Tomamos uma aula para demonstrar, partindo da mesma idéia de Galileu, *que um corpo em queda livre tem acréscimos iguais de velocidade em intervalos de tempos iguais*, a obtenção da Lei de Queda Livre. Salientamos que a relação ao qual a altura de queda é proporcional ao quadrado do tempo tem sua origem no papel, através da matemática, e a esfera rolando nos planos inclinados apenas foi uma forma de testar sua teoria.

Estudamos o movimento de projéteis com lançamento vertical, horizontal e oblíquo através da técnica da composição dos movimentos de queda e do retilíneo uniforme.

Na seção “as descobertas de Galileu na astronomia”, fizemos primeiro uma discussão no grande grupo, seguindo o texto de apoio, seguida de uma sessão de vídeos da série “Espaçonave Terra”. Os programas exibidos foram as semanas 31, 20, 26 e 28 que mostraram aspectos práticos das observações celestes com telescópios, da Via-láctea, dos satélites de Júpiter, do planeta Vênus e das manchas solares. Nessa parte do estudo foi discutido sobre as conseqüências dessas descobertas trazidas ao corpo de conhecimentos e à cultura vigente na época assim como a concretização das primeiras provas convincentes a favor do heliocentrismo.

Finalizamos o estudo desse módulo com as contribuições de Kepler à astronomia. Foram abordados alguns aspectos marcantes da infância e dos estudos de Johannes Kepler até seu primeiro emprego como professor. O primeiro modelo proposto por ele, o modelo dos sólidos platônicos, foi apenas apresentado sem, no entanto aprofundar seu estudo, enquanto as três leis foram estudadas mais detalhadamente. Nesse estudo, além dos outros planetas, sempre envolvemos o movimento orbital da Terra, situando-a no sistema solar e retomando a *unidade astronômica* como a unidade de

medida de distância entre Sol e planetas. Mostramos como é possível desenhar uma elipse e localizar os focos. Na aplicação da Terceira Lei foram resolvidos vários exercícios envolvendo problemas sobre período orbital e distância média ao Sol das órbitas de planetas, asteróides e cometas.

Iniciamos o estudo do material do módulo III, introdução a Mecânica Newtoniana, com a conceituação de força, tipos de forças e força resultante. No estudo das leis de Newton introduzimos cada lei pela leitura dos enunciados nas palavras de Newton com a tradução em português. Cada uma das leis foi acompanhada pela discussão de vários exemplos de aplicação prática. O “peso de um corpo” foi abordado como um caso particular da aplicação da segunda Lei de Newton. Concluímos o estudo das Leis de Newton assistindo a três episódios da série “O Mundo de Beakman”, ‘inércia’, ‘ação e reação’ e ‘gravidade’. Também demonstramos o princípio do funcionamento da propulsão de foguetes através de uma experiência em que utilizamos um balão de festa inflado, fixado com fita adesiva pela lateral a um canudinho de refrigerante por onde foi passada uma linha de pesca que foi esticada entre duas paredes da sala. Assim que bico do balão foi aberto o balão saiu disparado até a outra parede. Em seguida passamos ao estudo da força centrípeta. O conhecimento dessa força é essencial na abordagem da teoria da Gravitação Universal. Para aprofundar o estudo da força centrípeta e outras grandezas relacionadas foram resolvidos vários problemas de movimento circular e de força centrípeta.

Nossa proposta no projeto foi a de apresentar a teoria da Gravitação Universal de Newton seguida da demonstração, através de argumentos matemáticos, de sua validade e aplicação. Seguimos rigorosamente a demonstração apresentada no material texto, que é uma adaptação, numa linguagem atualizada da matemática para o ensino médio, da demonstração feita por Isaac Newton nos *Principia*. Para ilustrar a Gravitação Universal na dinâmica do sistema solar e na formação das marés assistimos ao vídeo da semana 7 da série “Espaçonave Terra”.

A primeira parte do material do módulo IV faz uma abordagem do movimento orbital da Lua e dos satélites artificiais incluindo o estudo das equações do período de revolução e da velocidade orbital desses satélites. Nesta parte, também foi feito um estudo da história da corrida espacial, desde os preparativos do lançamento do primeiro satélite artificial à conquista da Lua, em seus aspectos tecnológicos e políticos da época. Além do nosso material texto os alunos também tiveram que ler três capítulos: “Exploração da Lua”, “Missão Apollo” e “Apollo – A Conquista da Lua”, do livro *Universo de Ouro* de Ronaldo Rogério de Freitas Mourão.

Cinco vídeos acompanharam o estudo da primeira parte: semana 3 da série ‘Espaçonave Terra’, que trata das hipóteses da formação da Lua; “A Chegada do Homem à Lua”; “Foguete Saturno V”; “Satélites de Comunicação” e “Viagem à Lua”, os dois últimos são da Série “Por que Será?”. Também foi feito um trabalho sobre esse vídeos onde foi respondido um questionário.

Na segunda parte foram abordados aspectos sobre características, formação e constituição do Sistema Solar. Temas de cosmologia, como a atual teoria do nascimento do Universo, e a busca por planetas extra-solares foram destaques na produção textual.

O desenvolvimento das aulas sobre Sistema Solar, Universo e planetas extra-solares foi feito integralmente na sala de aula de vídeo. Foram exibidos trechos de doze capítulos da série “Espaçonave Terra”, na seguinte seqüência: semana 7 – Gravitação Universal; semana 25 – o Sol; semana 43 – Júpiter; semana 46 – Saturno; semanas 8, 14 e 15 – sobre cometas; semana 16 – asteróides; semana 31 – Via-Láctea e Big Bang; semana 47 – vida fora da Terra; semana 36 – espaço-tempo de Einstein; semana 37 – Plutão: planeta, lua ou asteróide?

4. Resultados e discussão

No decorrer da aplicação do projeto, em especial na aplicação do primeiro módulo, os alunos manifestaram elevado interesse, demonstrado por perguntas por eles levantadas, em questões ligadas diretamente ou indiretamente aos assuntos em discussão. As perguntas que mais se salientaram foram: ‘existe vida extraterrestre?’, ‘existem discos voadores?’, ‘qual a composição da Lua, do Sol, dos planetas, dos anéis de Saturno?’, ‘o que são as estrelas cadentes?’ e ‘o homem

realmente chegou a pousar na Lua?’ Esses tipos de perguntas demonstram o conhecimento limitado, se é que se pode dizer que existe conhecimento sobre esses assuntos, sobre questões básicas de astronomia, física e cosmologia que os alunos têm quando ingressam no ensino médio.

O primeiro módulo culminou com o estudo do modelo de Copérnico e as descobertas de Brahe que contrariam a teoria da imutabilidade dos céus de Aristóteles. Em várias oportunidades reforçamos a dificuldade na aceitação do modelo copernicano na época de sua publicação. Enquanto que a teoria heliocêntrica de Copérnico não contava com nenhuma prova concreta para sua aceitação e defesa, apenas de uma inspiração metafísica, as descobertas de Brahe, que decretam a falência da crença aristotélica da perfeição e imutabilidade dos céus acima da esfera lunar, são sustentadas por bases observacionais, feitas por ele mesmo.

Sobre a proposta heliocêntrica de Copérnico, lançamos uma questão no teste onde se solicitou aos alunos escreverem um pequeno texto sobre as inovações que esse modelo permitiu introduzir, a prova que Copérnico apresenta para que esse modelo seja aceito, bem como sua aceitação na época. De modo geral, pela leitura dos textos dos alunos, podemos notar que a maioria deles, depois de concluído o estudo do módulo I, tem muito clara a idéia de que o modelo copernicano não foi aceito, ou tinha forte resistência em ser aceito, por contrariar o senso comum da época e alguns alunos colocaram que esse senso comum está apoiado na física aristotélica, que tinha um grande número de argumentos em defesa da imobilidade da Terra. Além disso, esse modelo tem a vantagem sobre o antigo, pois permitiu calcular a distância de cada planeta ao Sol em termos de distância Terra-Sol, bem como determinar seus períodos orbitais. Alguns alunos também chegaram a mencionar a inspiração metafísica de Copérnico (o neoplatonismo) para o heliocentrismo, onde o Sol é o centro de todas as coisas pela importância em iluminar e aquecer o Universo.

Acreditamos que o estudo da proposta heliocêntrica de Copérnico, bem como sua dificuldade de aceitação na época, deve merecer atenção especial e ser discutido com profundidade com os estudantes. Essa prática os tornará conscientes de que descobertas no meio científico muitas vezes vão contra o senso comum e aí sua dificuldade em serem aceitas. A teoria do Big Bang, por exemplo, sustentada pelo afastamento mútuo das galáxias, que observamos com sofisticados instrumentos no Universo, por décadas, têm vários argumentos a favor de sua validade, mas ainda apresenta resistência à sua aceitação, como fora observado com os alunos na ocasião da exibição de um pequeno vídeo que abordava a Via-láctea e sua constituição, quando alguns deles se manifestaram incomodados no momento em que o narrador expõe o afastamento das galáxias e comenta brevemente sobre a teoria do Big Bang.

Na abordagem aqui relatada, aspectos da história, filosofia e epistemologia da ciência ganham importância no processo de ensino-aprendizagem. Desafiar o aluno, em um primeiro momento, sobre quais os argumentos que defenderam a teoria copernicana e provocaram sua aceitação é colocar em dúvida todo conhecimento que eles têm sobre esse assunto quando são confrontados com os argumentos baseados na física aristotélica. Essa dúvida estimula e convida os alunos a estudarem a física de Galileu, de Kepler e de Newton pelo seu valor histórico e teórico, provocando uma verdadeira revolução em sua maneira de pensar e de ver o processo de construção da Física.

Na introdução aos movimentos, cujos textos de apoio constituem o módulo II, notamos que, através de um levantamento oral feito com os alunos, para a grande maioria deles uma esfera que rola ou corpo que desliza sobre uma superfície horizontal decresce em velocidade e acaba parando porque “perde a força”. Alguns alunos diziam que era devido ao atrito e, mesmo aqueles que assim pensavam, não tinham muita clareza de como isto ocorria. Com a discussão aprofundada sobre o conceito de inércia, inclusive justificando a razão que levou Galileu a formular a Nova Física, com o motivo de ter argumentos em defesa do sistema copernicano e provar a insustentabilidade da teoria aristotélica, houve melhor compreensão do fenômeno citado anteriormente.

Podemos afirmar que, de certo modo, houve evolução conceitual nesse processo. Uma situação prática nos confirmou isto: algumas semanas mais tarde, no estudo das leis de Newton, em particular no estudo da Primeira Lei, a resposta que obtivemos dos alunos sobre o questionamento da razão pela qual um objeto em movimento sobre um plano horizontal acaba parando, foi

surpreendente. Um aluno, transferido de outra escola e que não tinha participado das aulas do primeiro módulo II respondeu por primeiro e diretamente que é porque o objeto “perde a força”. Quando questionado de como isto seria possível os próprios colegas intervieram dizendo que o objeto não está com força, mas é o atrito com a superfície que o faz parar.

A outra novidade do nosso projeto é a inserção da demonstração de Newton, através do argumento da “queda da Lua”, para provar a validade da Lei da Gravitação Universal. Ao propor essa atividade estávamos cientes de que isso exigiria certo preparo dos alunos por envolver relações matemáticas que são mais do que relações diretas ou inversamente proporcionais e envolverem conceitos importantes como de inércia, de aceleração, força centrípeta e período no movimento circular uniforme. Por isso, preparamos os alunos com o estudo bem feito da grandeza física de força, dos tipos de forças, da força resultante, das leis do movimento de Newton e da força centrípeta. No estudo da força centrípeta já fizemos a primeira relação da importância da atração gravitacional no movimento orbital dos satélites artificiais. Todos os temas que acabamos de mencionar foram bem recebidos pelos alunos na forma em que constam no material texto e na abordagem feita em aula. Notamos uma elevada motivação dos alunos na participação das discussões e na resolução dos problemas sobre esses tópicos.

Da leitura do texto da seção que aborda a teoria da Gravitação Universal os alunos acharam difícil a linguagem utilizada. A dificuldade maior, conforme os relatos dos alunos, foi a quantidade de raciocínios envolvidos para se chegar ao resultado e as relações matemáticas do inverso do quadrado. Para eles esse tipo de linguagem não é usual e corriqueiro. Foi necessário refazer os procedimentos no quadro explicando cada etapa o que proporcionou boa participação dos alunos para o esclarecimento das dúvidas sobre a leitura. Mostramos passo a passo cada um dos resultados que aparecem no texto, tornando-o compreensível e com isso atingir o seu objetivo.

Acreditamos que mesmo com certo grau de complexidade, a demonstração do argumento da “queda da Lua”, é uma matéria que deve ser obrigatória na Física do ensino médio. Esse argumento tem vários ingredientes ricos que mostram a essência da Física como construção humana que tem as bases da Física moderna. As teorias se originam no mundo das idéias, no mundo do papel, e quando confrontadas com a realidade, através da experimentação, são validadas ou descartadas de acordo com os resultados obtidos. Além disso, os conceitos envolvidos, como atração e campo gravitacional, são fundamentais para a compreensão da mecânica do sistema solar.

A evolução conceitual também ocorreu com o conceito de campo gravitacional. No início da aplicação do projeto vários alunos manifestaram a concepção de que o campo gravitacional terrestre estava limitado à sua atmosfera. Fora da atmosfera terrestre não há mais a atração gravitacional o que também acontecia na Lua e por isso as “coisas” lá “flutuam”. Mas, os resultados das questões de teste mostraram uma nova concepção: a de um campo gravitacional terrestre que se estende para além da Lua e a de que a Lua possui seu próprio campo.

Notamos que o estudo do módulo IV foi o que mais envolveu os alunos quanto aos aspectos de atenção, expectativa e participação nas aulas. A concepção inicial de muitos alunos em relação ao Universo e sua origem sofreram mudança, de modo que, o que inicialmente era complicado compreender e aceitar, passou a ser alvo de ricas discussões. O conquista da Lua gerou a discussão sobre a física presente nas viagens espaciais. A exploração dos planetas mais distantes do sistema solar bem como a busca por planetas extra-solares levou a discussão sobre os diferentes e possíveis mundos que podem abrigar vida fora da Terra. O Big Bang, inicialmente alvo de sérias críticas, passou a ser uma teoria, apesar de chocante para muitos, com fundamentação sólida possível de ser compreendida. Esse resultado nos leva a crer que houve evolução conceitual em relação à própria Física como ciência. A Física era vista como um corpo de conhecimentos distante pertencente ao mundo das idéias dos cientistas sendo complicada e sem sentido. Agora a Física é vista como um engenho de construção humana que é passivo de mudança, que procura descrever o macro e o micro Universo, a qual pertencemos, de maneira concreta, buscando adequar-se da melhor forma dentro dos limites tecnológicos acessíveis e conhecidos. Embora sendo complicado para estudar, é interessante pela poderosa ferramenta que ela constitui no mundo atual.

A inclusão de audiovisuais nas aulas de física é uma poderosa ferramenta aliada do professor no processo ensino-aprendizagem quando feita com planejamento. Notamos que é importante os alunos levarem em mãos um questionário, com algumas questões-chave, pois isso levará o aluno a prestar o máximo de atenção e ter uma orientação para dirigir sua atenção. Os alunos sempre demonstraram preocupação em responder corretamente às questões propostas nos questionários durante a exibição dos vídeos.

O estudo sobre as descobertas de Galileu na astronomia com o uso de suas lunetas também foi complementado com a exibição de alguns vídeos. Sobre esses vídeos alguns relataram que desconheciam aspectos sobre a Via - láctea, as fases de Vênus, o movimento em perspectiva das luas de Júpiter, as manchas solares e o movimento de rotação do Sol. As manchas solares e o movimento de rotação do Sol motivaram alguns alunos a se interessar em observar o Sol com telescópio.

Da mesma forma, também é importante reservar um espaço, logo após a exibição dos vídeos, para discuti-los. De modo geral, as discussões sobre os vídeos apresentados renderam bastante participação dos alunos com perguntas de dúvidas e opiniões próprias sobre os temas abordados. Na ocasião da exibição de vídeos sobre a conquista da Lua, o Sistema Solar, o Big Bang e a vida fora da Terra tivemos uma discussão acalorada e extensa sobre esses assuntos que magicamente prendeu a atenção e estimulou a participação de praticamente todos os alunos presentes. Não resta dúvida que temas como esses, que abordam questões de cosmologia, despertam grande interesse nos alunos e por essa razão devem ser incluídas nas aulas como parte dos estudos e, dessa forma, promover interesse e motivação para estudar física.

As observações planetárias com telescópio foram aguardadas com grande expectativa pelos alunos. Ao total realizamos duas sessões de observações astronômicas: a primeira ocorreu em 15 de maio (2006) quando observamos Saturno, Marte, Júpiter, alfa centauro e a Nebulosa de Órion e a segunda sessão em 2 de outubro (do mesmo ano) com as observações de Mercúrio, Júpiter, Lua, Antares, e o aglomerado M7.

A atividade proposta aos alunos participantes era a de representar com desenhos, numa folha de papel apropriada, os objetos celestes observados com a descrição de aspectos que mais chamaram sua atenção, na primeira sessão, e um relato sobre os aspectos observados, de modo geral, de todas as observações feitas, que mais lhe chamaram a atenção, na segunda sessão, bem como suas possíveis contribuições para o estudo. Analisando os escritos apresentados pelos alunos sobre essas observações notamos que essa atividade é de grande interesse por parte deles. Também temos a certeza de que as observações astronômicas por telescópio foram um marco no estudo da mecânica celeste para os estudantes. Os nomes dos planetas que tanto foram citados nas aulas deixaram de ser apenas figuras imaginárias para se tornarem objetos reais ao alcance, inclusive, para uma primeira vista, do olho sem necessidade de instrumentos. Essas observações também contribuíram muito para o estudo do último módulo do projeto, em que estudamos o sistema solar, demonstrado pelo tipo de perguntas e comentários feitos pelos alunos no decorrer das aulas. A participação dos alunos demonstrou que praticamente não havia mais dúvidas ou simplesmente curiosidades sobre elementos básicos do sistema solar, e dessa forma, puderam se concentrar em tópicos mais aprofundados no estudo.

Algumas dificuldades de ordem prática foram evidenciadas no decorrer da aplicação do projeto. O número reduzido de aulas por semana, duas aulas de 50 minutos cada, por turma e o grande número de alunos por turma, em média 30 alunos, são um empecilho para atender os alunos que têm maiores deficiências e dificuldades nos estudos. A dispersão na atenção dos alunos durante as aulas interfere no bom aproveitamento e rendimento nos estudos. O não cumprimento das propostas de atividades extra-classe como realizar os temas e leituras sugeridas. Percebe-se que muitos alunos não têm nenhum compromisso com os estudos, tanto dentro quanto fora da sala de aula. Não há expectativas quanto à finalidade da escola para suas vidas. Esses alunos vêm a escola como um compromisso social e em muitos casos como uma mera socialização em que indivíduos de um grupo de afinidades em comum se encontram para trocarem idéias e experiências do cotidiano. Esse, provavelmente, é o maior desafio que os profissionais em educação têm pela frente,

mudar a atual cultura de escola para uma cultura de ensino e aprendizagem onde cada indivíduo é o principal responsável pela construção de seu conhecimento.

6. Referências Bibliográficas

ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em ensino de ciências**. V.6, n.1, 2001. Porto Alegre.

BARBATTI, M. A filosofia natural à época de Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v.21, n. 1: p. 153-160, mar. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**, Brasília: MEC/SEF, 1999.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v.26, n. 3: p. 557-567, dez. 2004

FREIRE JR, O. J. e MATOS, M. e VALLE, A. L. Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional. **Física na Escola**, v.5, n. 1: p. 25-30, 2004.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. **Ciência e Educação**. V. 5, n.2: p. 23- 38, 1998.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995, Florianópolis.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e Educação**. São Paulo: Moderna, p.27-35, Jan./abr., 1995.

MORAN, J. M. Desafios da televisão e do vídeo à escola. **Integração das Tecnologias na Educação**. Brasília. Ministério da Educação, 2005.

MOURÃO, R. R. F. *O livro de Ouro do Universo*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2000.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.13, n. 3: p. 184-196, dez. 1996. Florianópolis.

ROCHA at al., 2002

ROSA, P. R. S. O Uso de Recursos Audiovisuais e o Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.17, n. 1: p. 33-49, abr. 2000. Florianópolis.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.13, n. 3: p. 197-218, dez. 1996a. Florianópolis.

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos Programas de Pesquisa: A epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.13, n. 3: p. 219-230, dez. 1996b. Florianópolis.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.19, n. especial, p. 7-27, jun. 2002. Florianópolis.

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS SOBRE ONDAS MECÂNICAS À LUZ DA EPISTEMOLOGIA DE LAUDAN¹

Lizandra Botton Marion Morini [lizmorini@ibest.com.br]
Escola de Ensino Médio Antônio Kanabben
Rodovia SC 438 - km 199 – 88735-000, Gravatal, RS – Brasil.
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.

Resumo

Neste trabalho apresentamos um conjunto de cinco atividades experimentais sobre ondas mecânicas, que incluem diversos experimentos virtuais e reais, concebidas à luz da epistemologia de Laudan. Cada atividade tem como mote uma questão central instigadora, contextualizada de modo que faça sentido aos alunos e lhes desperte interesse. Para resolver a questão, os alunos são orientados por guias impressos que buscam facilitar a mudança conceitual progressiva através da resolução de questões mais simples, cujas respostas lhes permitirão enriquecer seus modelos conceituais no sentido de aproximá-los dos modelos cientificamente aceitos e dar-lhes condições para responder a questão central.

Palavra-chave: *Guias experimentais, ondas mecânicas, mudança conceitual progressiva, questão relevante.*

1. Introdução

O projeto² que deu origem ao presente trabalho consiste no desenvolvimento de uma unidade de ensino sobre ondas mecânicas, baseada em atividades experimentais (virtuais e reais) propostas à luz da epistemologia de Laudan (OSTERMANN & PESA, 2002), e sua implementação em uma turma de ensino médio, ancorada na teoria da interação social de Vygostky (MOREIRA, 1999). Este projeto está em desenvolvimento, tendo sido feita uma experiência didática no primeiro semestre do corrente ano, cuja avaliação encontra-se em progresso. No presente artigo apresentamos o componente essencial da unidade de ensino, constituído pelo conjunto de guias impressos que orientam os alunos nas atividades em sala de aula e pelo embasamento teórico que lhe dá suporte.

Nosso trabalho se ancora em guias para as atividades experimentais que buscam instigar o aluno a se envolver cognitivamente com o objeto de aprendizagem, dando-lhe tempo para a reflexão e debate com os colegas, ou seja, vai contra atividades dirigidas por roteiros tipo *receita de bolo*, com uma seqüência rígida e linear de procedimentos a serem seguidos pretensamente com o objetivo final de descobrir e/ou verificar as leis e as teorias, o que conduz à falsa idéia de que as leis e as teorias podem ser provadas de forma definitiva através da observação e experimentação. A proposta de tais roteiros, cada vez mais combatida (SILVEIRA & OSTERMANN, 2002), está inspirada em uma concepção de ciência empirista-indutivista.

Buscamos um novo papel para a atividade experimental, que é servir como instrumento de mudança conceitual progressiva, na medida em que o aluno avança nas tarefas desenvolvidas no laboratório. Para tanto, propõe-se questões centrais sobre situações-problema que não são passíveis de solução meramente com as idéias pré-existentes dos alunos, e a solução de questões preparatórias mais simples servem como meio para enriquecer seus modelos conceituais. Para motivar e engajar os

¹ Apoio: CAPES.

² Este trabalho se vincula ao projeto de mestrado de L.B.M Morini junto ao Mestrado Profissional de Ensino de Física da UFRGS.

alunos no processo de aprendizagem, as questões centrais se referem a situações-problema instigantes, que façam sentido para os alunos e os motivem a tentar responder.

Para a elaboração e aplicação dos guias partimos do pressuposto que o conhecimento não é algo acabado e definitivo; sendo assim, não pode ser construído através de simples observação e/ou experimentação, sendo indispensável o suporte de concepções conceituais e formais teóricas. E como não somos partidários do ensino por descoberta, elementos teóricos são apresentados nos guias e pelo professor para que os alunos aprendam com o experimento e não meramente sobre o experimento.

2. Referencial teórico

No projeto em andamento adotamos como referencial teórico a epistemologia de Laudan (OSTERMANN & PESA, 2002) para a elaboração dos materiais instrucionais e a teoria sócio-interacionista de Vygotsky (MOREIRA, 1999), para a condução das atividades em sala de aula.

A elaboração do material foi inspirada nas associações que Villani (1992), e Duschl e Gitomer (1991) fazem entre a epistemologia de Laudan e o processo de aprendizagem. Para estes autores a mudança conceitual é progressiva e a aprendizagem efetiva e duradoura em ciências deve envolver um processo lento de mudanças, dirigindo-se não apenas para a assimilação de conceitos em um dado campo, mas também criando novos modelos, demandas epistemológicas e valores cognitivos. Sob este ponto de vista, para que as atividades experimentais propiciem melhores condições de aprendizagem, é preciso mudanças, sobretudo, na natureza das questões formuladas, nas entidades básicas envolvidas, nos métodos e na direção a ser seguida pelo ensino. Para que os alunos assimilem um novo modelo cientificamente aceito, é preciso motivá-los apresentando-lhes para serem respondidas com o novo modelo questões que sejam reconhecidas pelos alunos como problemas, e cuja solução lhes pareça interessante.

Motivados por estas idéias gerais, procuramos estabelecer uma correspondência entre a epistemologia do progresso científico de Larry Laudan e a aprendizagem, com a intenção de mudar não apenas o produto, mas também o processo e as implicações epistemológicas do trabalho experimental (OSTERMANN & PESA, 2002). Os experimentos são semelhantes aos usualmente efetivados com roteiros tradicionais. O diferencial de nossa abordagem se situa nas perguntas centrais formuladas, nas situações-problemas focadas e na conduta dos alunos na busca por resposta à questão central. Os guias têm como objetivo direcionar a atenção dos alunos para os fatos e os pressupostos teóricos relevantes, e promover o enriquecimento dos seus modelos conceituais no sentido de aproximá-los dos modelos cientificamente aceitos, evoluindo de conceitos mais básicos até conceitos mais complexos e modelos mais abstratos.

As atividades experimentais concebidas servem para incentivar atitudes próprias do “espírito científico” que permitam construir progressivamente explicações de complexidade gradual e crescente sobre os fenômenos ondulatórios (PESA; BRAVO & COLOMBO 2003).

A dinâmica proposta para as aulas com estes guias está ancorada na teoria sócio-interacionista de Vygotsky (Moreira, 1999). A escolha pela teoria de Vygotsky se deve especialmente porque ela se fundamenta na premissa de que a aprendizagem ocorre principalmente pela interação social dos alunos entre si e dos alunos com o professor e o contexto em que estão inseridos, levando a internalização de significados (op. cit.). Acredita-se que a busca de uma aprendizagem realmente significativa em Física pode ser auxiliada pela prática de laboratório, pois o trabalho cooperativo pode potencializar a compreensão e soluções de problemas que durante a aprendizagem individual não são possíveis. A interação entre os alunos e com o professor lhes permite que assumam papéis diferentes, intercambiando significados de um dado signo, confrontando seus conhecimentos prévios e a inadequação da aplicabilidade destes, desenvolvendo habilidades específicas, que só esse tipo de trabalho em grupo proporciona.

Na atividade experimental a interação entre os alunos é muito importante para promover a mudança conceitual. Para propiciar essa interação, recomenda-se que eles trabalhem em pequenos grupos (com até quatro membros), de modo a cooperarem, trocando significados e participando de

discussões que os levem a uma idéia coletiva que, a critério do grupo, melhor responda os problemas formulados sobre a situação-problema. A discussão do grupo com o professor e com os demais alunos tem grande potencial para promover a progressão conceitual. O papel do professor é o de mediação entre os alunos e desses com o conhecimento.

Vygotsky (apud MOREIRA & OSTERMANN, 1999, p. 21-32) afirma que o ensino eficiente é aquele que se adianta ao desenvolvimento do aluno atuando na região em que o desenvolvimento cognitivo ocorre, sendo esta à zona de desenvolvimento proximal. Acredita-se que através do uso de atividades experimentais pode-se alcançar mais facilmente este objetivo, pois o trabalho coletivo na consecução de uma tarefa promove a troca de informação e interação entre os envolvidos no processo.

3. Estrutura dos guias experimentais e dinâmica da aula

Os guias experimentais têm uma estrutura comum, que passamos a descrever, juntamente com a dinâmica proposta para as aulas.

Situação-problema e questão central: os guias começam com uma *questão central sobre uma situação-problema*, cujo significado um aluno é capaz de compreender sem qualquer introdução ao assunto, mas não é capaz de respondê-la somente com seus conhecimentos prévios. Não se espera que os alunos respondam a questão central nesta etapa da aula, mas passem a trabalhar em outras questões mais simples.

Perguntas preparatórias: para gradualmente enriquecer os modelos conceituais dos alunos, são apresentadas 4 ou 5 perguntas preparatórias mais simples do que a questão central, que devem ser respondidas, por escrito, individualmente com seus conhecimentos pré-existentes.

Respostas coletivas às perguntas preparatórias: os alunos trabalham, então, em pequenos grupos, confrontando suas respostas individuais para chegar a uma idéia mais apropriada e formular respostas coletivas, que, sob a orientação do professor, são discutidas no grande grupo. Nesta etapa dos trabalhos, os grupos podem chegar a respostas corretas às perguntas preparatórias, mas isto não é imprescindível, pois as atividades experimentais reais ou virtuais os ajudarão, ainda, a aprimorar seus modelos conceituais.

Atividade experimental (real e/ou virtual): execução de algumas atividades experimentais em pequenos grupos. À medida que os trabalhos prosseguem, os alunos devem responder várias perguntas.

Respostas à questão central: ao final, ocorre uma discussão com todos os integrantes da sala sobre os resultados obtidos, as respostas dadas às várias questões e os conceitos mais relevantes que foram discutidos, retomando-se a questão central, que é respondida de forma consensual pelo grande grupo.

Aprofundamento: algumas situações-problemas atraentes, mas que requerem maior elaboração conceitual, são propostas em alguns dos guias.

Em todos os momentos das discussões em grupo – pequeno ou grande – o professor procura não responder diretamente as questões, atuando como mediador e algumas vezes gerando novas discussões e relações com as atividades anteriores que não estão necessariamente indicadas ou induzidas pelos guias.

Passamos agora a apresentar o conteúdo de cada um dos cinco guias, cujas atividades estão planejadas para se estender ao longo de diversos encontros com os alunos. O primeiro guia é apresentado com maior detalhe, incluindo-se várias questões formuladas aos alunos, para dar uma

idéia mais clara do tipo de questão trabalhada. Os demais guias são apresentados sinteticamente. Quando a unidade didática sobre ondas estiver concluída, deverá fazer parte de um texto de apoio a ser publicada na série Textos de Apoio ao Professor de Física³.

4. Atividades experimentais propostas

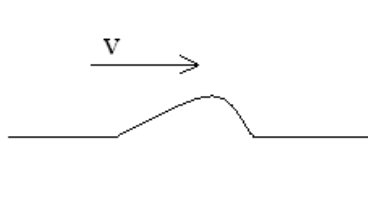
ONDAS MECÂNICAS TRANSVERSAIS

Tempo previsto para aplicação da atividade: 4h-aula.

Situação-problema e questão central: “Quando se dá apenas um toque em uma corda de violão afinada ela fica oscilando por bastante tempo. Se a corda rebenta e fica solta em um dos lados, quando damos um toque ela não oscila, e rapidamente fica em repouso. O que diferencia estas duas situações? O que ocorre com o pulso gerado em uma corda de violão que está presa pelas suas duas extremidades?”

Algumas das perguntas preparatórias

P.1) Imagine uma corda ou uma mola presa numa parede por uma de suas extremidades (veja a figura abaixo). Nesta corda ou mola é emitido um movimento brusco para cima na sua extremidade livre, gerando o que se chama de pulso de vibração perpendicular à direção de propagação, que é horizontal. O que você acredita que ocorrerá com o pulso quando chegar à extremidade que está presa na parede? E logo após ter chegado à parede o que acontecerá com este mesmo pulso? Se preferir responda a questão desenhando a corda em diferentes instantes de tempo.



P.2) Se a extremidade da corda que estava fixa for presa a um anel que pode se mover verticalmente (veja a figura a baixo), o que o correrá com o pulso quando chegar nesta extremidade? E logo após ter chegado nesta extremidade, como se comportará o pulso? Se preferir responda a questão desenhando a corda em diferentes instantes de tempo.

P.5) É possível quando há propagação de ondas em uma corda acontecer em um ou mais pontos de uma corda que eles fiquem sem oscilar? Se a resposta for afirmativa, de que forma? Pode responder através de desenhos.

Atividade experimental

Material: espirais de encadernação como molas, cordas, computador com conexão a internet, para o trabalho com animações de pulsos se propagando em corda fixa ou móvel na extremidade oposta ao oscilador, simulação de superposição de pulsos e de ondas estacionárias em cordas.

A atividade experimental consiste em i) emitir pulsos que se propagam em cordas de diferentes densidades e molas relaxadas ou alongadas e ii) oscilar constantemente (modificando a frequência

³ Editado por M. A. Moreira, e E. A. Veit. ISSN 1807-2763

de oscilação) a mola presa por uma de suas extremidades e analisar o comportamento das ondas geradas por esta oscilação.

Procedimentos experimentais e algumas questões formuladas

Prenda a corda e a mola em uma parede por uma de suas extremidades. Emita na extremidade livre um pulso de vibração transversal, ou seja, que a direção de vibração seja perpendicular à propagação do pulso na corda.

E.1) O que ocorre com o pulso quando chega à extremidade que está presa na parede? E logo após ter chegado à parede o que acontece com este mesmo pulso? Confere com suas previsões? Em caso negativo, em que se diferenciam suas previsões e observações? E em caso afirmativo, o que se confirma?

Agora a extremidade da corda e a da mola que inicialmente estavam presas, passam a estar móvel com um anel leve preso a elas nesta extremidade. Emita um pulso de vibração transversal na extremidade oposta ao anel.

E.2) O que você observa quando o pulso chega à extremidade presa ao anel? E logo após ter chegado à extremidade presa ao anel, o que acontece com este mesmo pulso? Confere com suas previsões? Em caso negativo, em que se diferenciam suas previsões e observações? E em caso afirmativo, o que se confirma?

Com a mola inicialmente mais relaxada e depois mais alongada, emita um pulso transversal em ambas as situações. Analise o comportamento do pulso quando se propaga na mola.

E.3) O estado inicial da mola (alongada ou relaxada) interfere na propagação do pulso? Se a resposta for afirmativa, em que interfere?

E.4) No que interfere a tensão do material para a propagação do pulso?

Com a mola alongada e presa por uma de suas extremidades, emita dois pulsos transversais com um intervalo de tempo entre cada pulso.

E.5) O que ocorre com os pulsos quando se encontrarem?

Observe as ilustrações apresentadas em aula, sobre um pulso se propagando em uma corda presa e outro se propagando em uma corda solta.

E.6) O comportamento é tal qual o observado no experimento com molas quando emitido um pulso nesta mola?

No endereço

http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/ondas/transversais/html/superposicao_pulsos1.html

é possível visualizar simulações referentes à superposição de pulsos de forma construtiva e destrutiva.

- clique na animação 1, inicie o processo e analise a superposição que ocorre.

- clique na animação 2, inicie o processo e analise a superposição que ocorre.

V.1) Na 1ª animação os pulsos estão em fase, na 2ª animação estão fora de fase. Em que influencia estar ou não em fase na interferência entre os pulsos quando se encontram?

V.4) O que ocorre com a amplitude do pulso quando se tem uma interferência construtiva e quando se tem uma interferência destrutiva?

Outras atividades experimentais trabalhadas⁴

Com a mola relaxada, os alunos devem agitá-la de tal maneira que se formem ondas estacionárias, sendo que a primeira onda contenha um antinodo de oscilação ao centro, a segunda um nó de oscilação no centro e a terceira dois pontos sem oscilação (dois nós) entre as extremidades. A formação de ondas estacionárias é analisada, assim como a importância da frequência para a formação deste tipo de onda. Três questões são apresentadas sobre estas experiências.

Com a simulação do endereço

http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/ondas/transversais/html/harmonico_1.html os alunos exploram a superposição de ondas, tendo a oportunidade de ver isoladamente duas ondas que se propagam em sentido contrários e o resultado de sua superposição, formando uma onda estacionária. Sete questões devem ser respondidas em relação ao visualizado nesta simulação.

Somente nesta etapa da aula os alunos discutem no grande grupo a questão central e devem chegar a uma resposta consensual.

PROPAGAÇÃO DE ONDAS MARÍTMICAS

Tempo previsto para aplicação da atividade: 2h-aula.

Situação-problema e questão central: “Um nadador no mar que ultrapassa a zona de rebentação é puxado para dentro do mar quando se encontra na calha da onda, e é empurrado para a costa quando se encontra na crista da onda. Por que a água do mar tem este comportamento quando a onda passa?”

Atividade experimental

Material: recipiente com água, uma folha, um conta-gotas, computador com conexão à internet para visualização da simulação de ondas se propagando na água.

A atividade experimental consiste em: i) analisar a simulação do comportamento de porções de água quando uma onda passa por elas, encontrada no endereço http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/ondas/transversais/onda_agua.htm; ii) gerar ondas em um recipiente contendo água analisando o movimento de uma folha quando as ondas passam por ela.

Procedimentos experimentais

Os alunos são conduzidos a:

- analisar na simulação de propagação de ondas na água qual é o tipo de movimento apresentado pelo ponto vermelho quando a onda passa por ele;

- observar no recipiente contendo água que tipo de movimento uma folha descreve quando a onda passa por ela e relacionar tal movimento como que é visto na simulação anterior;

- notar o comportamento do ponto vermelho, que representa uma porção de água, quando este está na calha (crista) da onda. Analisar a direção e o sentido do deslocamento destas porções de

⁴ Deixamos de incluir as perguntas formuladas, para não estender este artigo.

água e associá-las com o movimento do surfista que está tentando atingir a região além da rebentação.

Somente nesta etapa da aula os alunos discutem no grande grupo a questão central e devem chegar a uma resposta consensual.

Outras questões levantadas como aprofundamento

1. Em um submarino submerso suficientemente em alto mar não se percebe as ondas marítimas mesmo quando o mar na superfície está agitado. O que ocorre com as ondas em regiões de grandes profundidades?

2. Mesmo que em mar alto a direção das ondas seja bem diferente do que na costa, as ondas chegam à costa quase na direção perpendicular a ela. Por que isto acontece?

ONDAS ESTACIONÁRIAS EM TUBOS

Tempo previsto para aplicação da atividade: 4h-aula.

Situação-problema e questão central: “Muitos instrumentos musicais têm forma de um tubo, como a flauta e o saxofone, por exemplo. O que ocorre com o ar dentro do tubo quando produz as notas musicais?”.

Atividade experimental

Material: um tubo de ensaio de 15 cm, filme de PVC, pó de cortiça, apito de árbitro de futebol, flauta doce, computador com conexão à internet para visualização de simulações sobre ondas sonoras estacionárias em tubos com uma extremidade aberta e um programa computacional para análise de com (por ex., *Spectrogram* (HORNE, 2007)).

A atividade experimental consiste em: i) analisar no endereço http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/ondas/som/onda_sonora_fendt.htm o comportamento microscópico do ar quando uma onda sonora passa por ele em um tubo com uma extremidade fechada, ii) gerar ondas estacionárias dentro de um tubo de ensaio utilizando um apito como fonte sonora e iii) com uma flauta doce e um programa computacional de análise de com (p. ex., o *Spectrogram*) analisar a relação entre o comprimento do tubo sonoro e a frequência do som gerado pela flauta.

Procedimentos experimentais

Os alunos são conduzidos a:

- discutir o movimento microscópico do ar quando o som passa por ele, variando a frequência da onda estacionária na simulação que contém um tubo aberto em uma extremidade;
- montar o aparato experimental lacrando a extremidade aberta do tubo de ensaio com filme de PVC⁵ e fixando o tubo;
- soprar o apito na extremidade fechada com papel celofane e determinar a sua frequência com o *software Spectrogram*;

⁵ Como filme de PVC pode vibrar, tem-se nesta extremidade do tubo uma parede móvel, cujo efeito sobre a coluna de ar no seu interior é semelhante à situação em que não há parede, então, diz-se que esta extremidade do tubo está aberta. Já a outra extremidade do tubo está fechada por uma parede rígida, e costuma-se dizer, simplesmente, que o tubo está fechado.

- explorar as simulações sobre ondas sonoras e relacioná-las com as ondas estacionárias formadas dentro do tubo de ensaio, em particular, analisar nas animações a relação entre o comprimento do tubo e o comprimento de onda quando se estabelece uma onda estacionária, assim como a resultante variação de frequência;

- a partir da medida com uma régua da distância entre dois nós consecutivos formados no pó de cortiça, determinar o comprimento de onda e calcular a velocidade do som no ar (a frequência do apito já havia sido determinada anteriormente);

- observar, no *software Spectrogram*, o maior pico de frequência produzido quando se toca uma flauta doce com todos os orifícios fechados e compará-lo com os picos gerados, quando é reduzido o número de orifícios fechados, do pé da flauta para o bocal.

- analisar o que ocorre com a frequência à medida que os orifícios abertos estão mais próximos do bocal e relacionar com a animação onde se modificou o comprimento do tubo.

Somente nesta etapa da aula os alunos discutem no grande grupo a questão central e devem chegar a uma resposta consensual.

Outra questão levantada como aprofundamento

No endereço http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/ondas/som/onda_pressao.htm tem-se uma simulação que representa a variação de pressão quando há propagação da onda sonora em lucite. Qual é a relação entre as regiões claras e escuras com a pressão exercida neste meio? (Observe o gráfico abaixo da animação para responder). Qual é a direção em que se observa variação de pressão em relação ao gerador representado na animação?

NOTAS MUSICAIS E TIMBRES DE INSTRUMENTOS MUSICAIS

Tempo previsto para aplicação da atividade: 4h-aula.

Situação-problema e questão central: “Quando se escuta uma música consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na execução da música, mesmo quando a nota tocada pelos diferentes instrumentos é a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente?”.

Atividade experimental

Material: garrafas de diferentes tamanhos, violão, computador com o *software Spectrogram* instalado, diapásão e teclado.

A atividade experimental consiste em: i) gerar ondas sonoras dentro de garrafas de diferentes tamanhos e determinar as frequências fundamentais; ii) utilizar notas geradas por um violão para discutir as diferentes notas musicais, analisando as frequências fundamentais; iii) trocando a posição do toque em um corda do violão, analisar a intensidade dos harmônicos; iv) usar um diapásão de frequência igual a da nota Lá para comparar com a frequência fundamental da nota Lá do violão; v) com um teclado e o violão emitir as mesmas notas da mesma oitava e analisar os harmônicos estabelecidos.

Procedimentos experimentais

No que segue, sempre que o procedimento requerer análise de som, sugerimos que seja usado o *software Spectrogram*. Os alunos são orientados a:

- soprar nas garrafas de vidro de diferentes tamanhos, pronunciando a palavra tu de tal forma que a corrente de ar que sai da boca esteja aproximadamente paralela à boca das garrafas e determinar a frequência fundamental produzida em cada garrafa;

- discutir a relação entre a frequência fundamental de cada uma das cordas de um violão e os diferentes diâmetros;
 - discutir o comportamento da frequência quando, em uma mesma corda, for alterada a posição do dedo que a pressiona, encurtando o segmento vibrante;
 - obter algumas frequências produzidas quando a posição do dedo pressiona uma mesma corda nos intervalos entre os trastes e analisar os valores obtidos para a razão entre as frequências de dois consecutivos intervalos entre trastes ($\sim 1,06$);
 - observar os picos de frequência dos harmônicos produzidos por distintas notas musicais;
 - observar a escala musical entre duas oitavas consecutivas, observando seus tons e semitons;
 - modificar a posição do dedo mantendo a mesma corda pressionada no mesmo intervalo entre trastes. Aproximar o toque da ponte onde a corda está presa. Comparar o som emitido pelos toques, e os picos de intensidade das frequências dos harmônicos obtidos;
 - analisar a mesma nota musical gerada por um violão e um diapásão. Observar os picos de intensidade de frequência de uma mesma nota musical tocada no violão e no diapásão. Comparar o espectro sonoro emitido pelos dois instrumentos;
 - discutir a qualidade do som (timbre) que nos permite reconhecer sons provenientes de instrumentos diferentes quando tocam a mesma nota;
- Somente nesta etapa da aula os alunos discutem no grande grupo a questão central e devem chegar a uma resposta consensual.

Aprofundamento

Consiste na análise do timbre de diferentes instrumentos musicais com um programa de análise de som. Sugerimos, para isto, que os alunos tragam instrumentos que saibam tocar, além de violão, ou peça para algum amigo que saiba tocar um instrumento, que os acompanhem na aula trazendo este instrumento.

EFEITO DO DOPPLER E BATIMENTOS SONOROS

Tempo previsto para aplicação da atividade: 4h-aula.

Situação-problema e questão central: “O som que você escuta quando uma ambulância com a sirene ligada se aproxima é diferente do que quando ela se afasta. O que ocorre com as características do som quando a ambulância se aproxima e quando se afasta para que o som nos pareça diferente?”

Material: computador conectado à internet e *os software Spectogram* e *Batimento* instalados, microfone, caixas de som.

Atividade experimental

Os alunos são orientados a: i) analisar uma simulação de um músico executando uma nota, localizado em um trem em movimento (<http://www.seed.slb.com/pt/scictr/lab/doppler/train.htm>); ii) analisar e comparar as frentes de onda originadas em uma fonte que se aproxima e se afasta de um observador (http://www.walter-fendt.de/ph14br/dopplereff_br.htm); iii) com o programa *Batimento* selecionar duas frequências próximas e analisar o som que se escuta e com o programa *Spectrogram* analisar o gráfico do batimento; iv) modificar as frequências aumentando a diferença entre elas e calcular a frequência dos batimentos; v) selecionar apenas uma frequência em execução, aproximar e afastar da parede a caixa de som do computador e utilizar o *software Spectogram* para analisar o som resultante.

Procedimentos experimentais

Os alunos deverão:

- explorar a simulação de um músico em um trem em movimento executando uma nota, enquanto outra pessoa está no lado de fora escutando e tentando determinar que nota que está sendo tocada (<http://www.seed.slb.com/pt/scictr/lab/doppler/train.htm>). Comparar o som que se escuta quando o trem se aproxima e se afasta de um observador no referencial em repouso, localizado fora do trem;

- observar as frentes de onda originadas por uma fonte que se aproxima e se afasta de um observador, na simulação disponível em http://www.walter-fendt.de/ph14br/dopplereff_br.htm;

- desenhar as frentes de onda quando a fonte sonora se aproxima (se afasta) do observador, e analisar o que ocorre, em cada caso, com a distância entre as frentes de onda em comparação com a fonte em repouso;

- voltar à simulação do músico no trem e relacionar o som que diferentes observadores escutam, estando ou não em movimento em relação à fonte;

- utilizar a simulação do endereço

<http://phy03.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/portuguese/ondas/efeitoDoppler/Doppler.html>, onde é possível ajustar a velocidade da onda, o comprimento da onda e a velocidade da fonte. Selecionar a velocidade da onda sonora, determinar uma velocidade para a fonte sendo esta menor que a do som e iniciar o processo. Analisar as frentes de onda sonora que se propagam na frente e atrás da fonte em movimento e, com os dados fornecidos na simulação calcular a frequência do som percebida pelo observador em repouso quando a fonte se aproxima e quando a fonte se afasta.

- selecionar duas frequências próximas no programa Batimento e iniciar o processo e com as duas frequências em execução. Analisar, com o *software Spectrogram*, espectro sonoro, observando os batimentos;

- no endereço <http://www.if.ufrgs.br/fis183/applets/stationary.html> observar as animações e analisar diferenças entre batimentos sonoros e ondas estacionárias;

- com programa Batimento modificar as frequências aumentando a diferença entre elas. Discutir por que as ondas sonoras devem ter pequenas diferenças entre as frequências para se perceber os batimentos;

- aproximar e afastar da parede a caixa de som do computador, na qual foi gerada uma única frequência com o programa Batimento, e observar o efeito Doppler com o *software Spectrogram*.

Somente nesta etapa da aula os alunos discutem no grande grupo a questão central e devem chegar a uma resposta consensual.

Outras questões levantadas como aprofundamento

No endereço <http://phy03.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/portuguese/ondas/efeitoDoppler/Doppler.html> é possível observar além do efeito Doppler também as ondas de choque, como as geradas por um avião supersônico. Para observar este efeito basta elevar a velocidade da fonte de tal forma que esta se torne maior do que a velocidade do som.

1- A que se deve a formação de ondas de choque?

2- Logo após a passagem de um avião supersônico é possível ouvir um estrondo sônico. O que faz com que este estrondo aconteça?

5. Comentários finais

Cada vez é mais freqüente a existência de escolas sem laboratórios didáticos de Física ou com laboratórios em péssimas condições, com poucos equipamentos e pouco utilizados pelos professores. É verdade que faltam verbas e pessoal técnico para a manutenção dos laboratórios, assim como também é verdade que ministrar uma aula experimental nestas condições exige muito mais esforço do professor, já exausto com a grande quantidade de aulas que costuma ministrar. Porém, quer nos parecer que um dos motivos para a inexistência de atividades experimentais no ensino médio advém do fato que os professores, em sua maior parte, tiveram poucas oportunidades de vivenciar experiências positivamente marcantes no laboratório didático de Física em sua formação, quer no ensino médio, quer na graduação universitária. Muitos jamais tiveram aulas experimentais e outros tantos que as tiveram, muito provavelmente, trabalharam no sentido de “provar leis” da Física, por demais conhecidas. Obviamente que tal trabalho não é estimulante para a maior parte dos alunos e pouco contribui para uma aprendizagem significativa.

Os tempos mudaram e é consenso nos dias atuais que as atividades de laboratório não devem levar o aluno à crença empirista-indutivista de que as teorias são meramente decorrentes da observação/experimentação. Também é consenso que esforços são necessários para tornar o ensino de Física mais estimulante e a aprendizagem mais significativa. Porém, propor atividades experimentais que cumpram o papel de incentivar atitudes próprias do “espírito científico” e de propiciar mudança conceitual progressiva é uma tarefa que requer tempo e esforço. No sentido de contribuir com os professores do ensino médio interessados em inovar em suas aulas, mas sem o tempo necessário para criar novos materiais, por meio deste trabalho compartilhamos com os professores uma unidade didática para o estudo de ondas mecânicas compatível com a tendência atual sobre o papel do laboratório didático.

Conforme exposto ao longo do trabalho, procuramos instigar os alunos partindo de questões bem contextualizadas e que despertem o seu interesse. Uma de nossas premissas é que é preciso dar tempo para que os alunos progressivamente construam modelos conceituais que se aproximem dos aceitos cientificamente, dando-lhes condições de gradualmente, com muita interação com os colegas e o professor, chegarem à resposta à questão principal que lhes foi proposta. Por isto, as cinco atividades propostas estão planejadas para se estenderem por vários encontros com os alunos, nos quais eles trabalham com questões intermediárias mais simples, que lhes permitirão uma progressão conceitual no tópico em estudo.

Está em andamento uma avaliação da experiência didática realizada com este material na Escola de Ensino Médio Antônio Kanabben, Gravatal, SC, ao longo do primeiro semestre de 2006. Podemos adiantar, entretanto, que tanto o professor responsável por todas as aulas (primeiro autor deste trabalho), quanto os seus orientadores (demais autores do trabalho), testemunharam *in loco* o grande entusiasmo e empenho dos alunos no desenvolvimento das atividades, demonstrando grande interesse não somente na questão central instigadora, mas também nas questões intermediárias, bem como comportando-se muito à vontade com a metodologia de trabalho. Neste sentido, já podemos considerar esta uma experiência bem sucedida, o que nos motivou a compartilhar o material desenvolvido com a comunidade interessada.

6. Referencias Bibliográficas

DE CUDMANI, C. L. Ideas Epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. *Argentina: UNT*,1997.

DUSCHL, R.A; GITOMER, D.H.; Epistemological Perspective on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, volume único p. 839-858; 1991.

HORNE, R. Spectrogram. Disponível em: <<http://www.monumental.com.rshorne/gram.html>>. Acesso em: 17 ago. 2007.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, p. 112-116, 1999.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. *Teorias Construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999, 62 p.

OSTERMANN, F.; PESA, M. A. La ciencia como actividad de resolucion de problemas: La epistemologia de Larry Laudan y algunos apartes para las investigaciones educativas em ciencias. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 19, n. especial: p. 84-99, abr. 2002.

PESA, M.A; BRAVO, S. del V. & COLOMBO, E.M.; Investigando la luz e la vision; ed. Asoc. Coop. Fac. Cs. Exatas y Tecnologia-U.N.T, 2003, p. 3-13.

SILVA; W. P. S; SILVA, C. M. D. P. S. *Batimento*. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/ab5/extensao/batimento.html>>. Acesso em: 17 ago. 2007.

SILVEIRA, F. L. da, OSTERMANN F.; A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, edição especial: p.7-27, jun. 2002.

VILLANI, A.; Conceptual Change in Science and Science Education. *Science Education*, p. 223-237. 1992.

VILLANI, A.; et. al. Filosofia da ciência, História da ciência e psicanálise: Analogias para o ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v 14, n.1, p.35-55, abr.1997.

A SUPERCONDUTIVIDADE NO ENSINO DE FÍSICA FUNDAMENTADA NA EPISTEMOLOGIA CONTEMPORÂNEA

Carla Beatriz Spohr [carla@fahor.com.br]

*Faculdade Horizontina – FAHOR – Caixa Postal, 07
Rua Buricá, 725, 98920-000, Horizontina, RS – Brasil*

Fernanda Ostermann [fernanda.ostermann@ufrgs.br]

Paulo Pureur [ppureur@if.ufrgs.br]

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

Resumo

No presente artigo, pretendemos apresentar e discutir um material didático, em forma de página na internet, concebido e desenvolvido para ser utilizado como principal recurso pedagógico para o estudo do tema da supercondutividade por alunos do terceiro ano do ensino médio de Física. No material, abordamos os aspectos históricos da descoberta do fenômeno da supercondutividade, os Prêmios Nobel relacionados ao fenômeno, tópicos da teoria dirigida a professores e um módulo desenvolvido especialmente para alunos do ensino médio. Para o desenvolvimento do módulo dirigido ao ensino médio, enfatizamos apenas os aspectos teóricos envolvidos nessa teoria. A página serviu para mediar a interação entre colegas de classe, sob orientação da professora, sendo utilizada como principal recurso didático. Na concepção da página procuramos enfatizar convergências entre as epistemologias de Popper (1993), Kuhn (1978), Lakatos (1989) e Laudan (1977): a oposição ao empirismo-indutivismo. Durante a implementação do projeto, os alunos trabalharam em duplas, pois, de acordo com a teoria sócio-cognitivista de Vygotsky, a aprendizagem ocorre a partir da interação social. Para verificar a aprendizagem significativa dos alunos, inicialmente, identificamos o conhecimento prévio da turma sobre o tema proposto, através de um questionário inicial. Ao final das aulas, procuramos evidências de aprendizagem com a aplicação de um questionário final.

Palavras-chave: ensino de Física, supercondutividade, epistemologia

1. Introdução

O presente artigo faz parte de um projeto de dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (UFRGS). A execução de tal projeto justifica-se pela percepção que temos em relação à pobreza e semelhança dos currículos de Física nas escolas brasileiras, que se refletem na divisão em blocos tradicionais: mecânica, física térmica, ondas, óptica e eletromagnetismo, que seguem, basicamente, a seqüência dos capítulos nos livros didáticos e, dessa forma, toda a Física desenvolvida no século XX em diante está excluída desse contexto. Na prática, é comum que a Física se reduza apenas à cinemática (quase toda 1ª série do ensino médio é dedicada a ela), leis de Newton, termologia, óptica geométrica, eletricidade (basicamente direcionada ao estudo dos circuitos simples de corrente contínua).

O movimento de inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) intensificou-se aqui no Brasil a partir da década de noventa, porém ainda é reduzido o número de publicações que encaram a problemática e se propõe a atualizar os currículos existentes. A própria legislação brasileira (LDB)¹ prevê uma renovação curricular, buscando no conhecimento científico recente subsídios para o aluno entender o mundo criado pelo homem atual. Precisamos investir na possibilidade de introduzir tópicos modernos no ensino médio a partir da utilização de materiais

¹ Estudos nº 17. Revista da Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior. Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Ano 14. n. 17. Brasília, 20 de dezembro de 1996.

didáticos preparados de uma maneira mais crítica, tendo maior comprometimento com a melhoria do ensino.

Sendo assim, testamos em sala de aula a introdução de um tema de FMC, verificando, na prática, seus sucessos e fracassos.

O tema escolhido foi o da supercondutividade, pois apresenta vários atrativos que justificam sua escolha como tópico a ser ensinado no nível médio, dos quais destacamos que:

- é fundamental que os alunos aprendam os conhecimentos científicos no contexto de seu desenvolvimento histórico e que os utilizem no exercício pleno de sua cidadania;
- o fenômeno da supercondutividade está relacionado à impressionante revolução tecnológica que presenciamos neste início de século, ilustrando, portanto, uma série de aplicações potencialmente motivadoras para os alunos (como exemplo podemos citar: o funcionamento do trem Maglev, os SQUIDS – usados em equipamentos para diagnóstico médico, entre outros);
- uma atividade demonstrativa pode ser facilmente realizada: a demonstração da levitação magnética, com o uso de equipamentos relativamente simples (uma pastilha de supercondutor de alta temperatura crítica, um pequeno ímã e um pouco de nitrogênio líquido) (Rocha & Fraquelli, 2004);
- a supercondutividade insere-se, naturalmente, no tema estruturador “Matéria e Radiação” existente nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) – (MEC-SEMTEC, 2002)², nas quais é contemplada a necessidade de proporcionarmos aos estudantes uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria e os diferentes modelos de explicação;
- o tema envolve áreas da Física Clássica já trabalhadas na escola (por exemplo, Termodinâmica e Eletromagnetismo), dessa forma podendo ser articulado ao currículo escolar com grande facilidade, sendo apresentado a partir de princípios físicos já conhecidos (Ostemann&Ferreira, 2006).

Para introdução do tema, concebemos e desenvolvemos um material didático (página disponível na internet) sobre a supercondutividade, servindo de material de apoio para a inserção do tema em turmas do terceiro ano de Física. O material desenvolvido foi usado como principal recurso pedagógico para o estudo do tema proposto. No material, abordamos os aspectos históricos da descoberta do fenômeno, os Prêmios Nobel relacionados à supercondutividade através de uma linha do tempo; oferecemos um tópico das teorias da supercondutividade dirigido a professores e um módulo desenvolvido especialmente para alunos do ensino médio. Está disponível uma filmagem da levitação magnética realizada no laboratório de supercondutividade e magnetismo da UFRGS, pois sabemos que em muitas escolas não será possível a realização dessa atividade prática, embora seja de simples fabricação. O objetivo principal do presente relato é apresentar a página desenvolvida.

Procuramos enfatizar uma abordagem conceitual sobre o tema para que o aluno desse nível de ensino não esbarrasse em dificuldades matemáticas, o que faz com que a Física, frequentemente, seja inacessível a grande parte dos alunos. Inicialmente identificamos o conhecimento prévio dos alunos sobre a supercondutividade através de um questionário inicial e, a partir disso, com a interação entre colegas de classe e sob orientação da professora, pudessem evoluir conceitualmente. A página desenvolvida serviu para mediar essa interação no sentido de facilitar a aprendizagem significativa, verificada através da aplicação de um questionário final, entrevistas e observação-participante da professora.

Cabe assinalar que, no desenvolvimento e execução da página, enfatizamos a principal convergência entre a epistemologia de Popper, Kuhn, Lakatos e Laudan: a oposição ao empirismo-

² Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), MEC-SEMTEC, 2002.

indutivismo. Para introduzir os conceitos de modelo de metal e corrente elétrica, por exemplo, expomos os modelos teóricos atuais, sem partir da observação, como está previsto no primeiro passo do método científico. Os outros tópicos também foram desenvolvidos através de analogias, exemplos, fatos históricos, sem que fosse necessária a observação dos fenômenos envolvidos. Durante a implementação do projeto os alunos trabalharam em duplas, pois, de acordo com Vygotsky (1984), a aprendizagem ocorre, dentre outras formas, através da interação social.

O desenvolvimento dessa página³ foi realizado com o software Flash que é amplamente utilizado em ambientes interativos próprios para fins educativos.

2. Fundamentação Teórica

No presente trabalho, utilizamos as idéias de filósofos da ciência contemporâneos para uma fundamentação epistemológica consistente, coerente e ao mesmo tempo atual, por entendermos que em toda ciência da natureza, a exemplo da Física, o processo investigativo é imprescindível e por isso, torna-se fundamental que o professor aproprie-se da epistemologia para poder problematizar visões ingênuas sobre a natureza da ciência.

Destacamos as epistemologias de Popper (1993), Kuhn (1978), Lakatos (1989) e Laudan (1977), tendo em vista sua relevância no ensino de Física, enfatizando a principal convergência existente entre suas visões – a oposição ao empirismo-indutivismo. Nesse sentido, o ensino de um tema, como, por exemplo, o da supercondutividade deverá problematizar visões ingênuas sobre a natureza da ciência, tais como a crença na observação livre de pressupostos teóricos, na concepção de método científico, na possibilidade de se obter conhecimento por indução, entre outras concepções. Para isso evitamos deliberadamente o uso de palavras como: descoberta, acaso, entre outras, consideradas “deslizes epistemológicos”, encontradas com muita frequência em livros didáticos.

Percebemos a necessidade de aplicar um referencial adequado para uma maior compreensão do processo ensino-aprendizagem envolvido no presente projeto. Justifica-se a escolha de Vygotsky no âmbito do projeto pela hipótese de que a aprendizagem ocorre através da interação social.

A ênfase de Vygotsky está na importância da interação social na aprendizagem. Um estudante aprende com maior eficiência através da interação entre seus colegas e professores, pois isso permite uma evolução da zona de desenvolvimento proximal. Nessas condições o estudante pode optar por encontrar resultado sozinho ou com ajuda externa (Moreira e Ostermann, 1999). Na ótica vygotskiana, o sujeito se relaciona com o mundo através dos outros e por esse motivo sua teoria, muitas vezes, é dita interacionista. Através da mediação é que os processos psicológicos superiores são desenvolvidos (Vygotsky, 1984).

3. Descrição do trabalho desenvolvido

A implementação do projeto foi realizada no Colégio Frederico Jorge Logemann situado em Horizontina (região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), com alunos do 3º ano do ensino médio, no segundo semestre de 2006. O Colégio faz parte da Rede Sinodal de Educação e na estrutura física do mesmo estão instaladas a estrutura administrativa da Faculdade Horizontina – FAHOR, uma faculdade especializada em agronegócio.

O número de horas inicialmente previstas para a aplicação do projeto foi de vinte horas-aula (na prática foram utilizadas apenas 16 horas-aula). O tema da supercondutividade foi inserido ao conteúdo de Física Moderna, já presente no currículo desta série. Em séries cujo currículo não

³ O desenvolvimento da página também faz parte de um projeto maior que, entre outras coisas, visa divulgar materiais didáticos sobre supercondutividade na internet. Tal projeto conta com suporte técnico em informática e se insere no PRONEX do Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo do IF – UFRGS (coordenação: Prof. Dr. Paulo Pureur).

contempla o conteúdo de Física Moderna, a supercondutividade pode ser inserida de maneira articulada no conteúdo de Termologia, bem como no conteúdo de Eletromagnetismo.

Os conceitos abordados para o estudo do tema proposto foram os seguintes:

1. Um modelo de metal
2. Corrente elétrica
3. Resistividade elétrica
4. Supercondutor x Condutor perfeito
5. Materiais Supercondutores
6. Indução Magnética
7. Propriedades do estado supercondutor

Resistividade nula

Efeito Meissner

Levitação magnética

8. Transição do estado normal para o estado supercondutor como uma mudança de estado físico
9. Teoria BCS - Analogias
 - 9.1. Resistividade nula e pares de Cooper
 - 9.2. Efeito Colchão
10. Aplicações

Como já mencionado, a página desenvolvida na internet foi usada como principal recurso pedagógico para o estudo do tema proposto. Os alunos trabalharam em duplas, sendo que cada dupla teve à sua disposição um computador, no horário de aula.

Para demonstrar uma das aplicações do fenômeno da supercondutividade realizamos o experimento de levitação magnética, ou seja, da levitação de um ímã repelido por uma amostra de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. Embora Rocha e Fraquelli (2004) apresentem um roteiro relativamente simples para confecção do YBACO, a obtenção do material que compõe a cerâmica é de difícil acesso. Portanto, disponibilizamos na página um filme demonstrativo da levitação do ímã sobre uma amostra supercondutora.

A abordagem epistemológica contemporânea guiou a introdução dos conceitos de modelo de metal e corrente elétrica, por exemplo, ao expormos os modelos teóricos atuais, sem partir da observação, como está previsto no primeiro passo do método científico. Deixamos claro para o aluno que o cientista inicia suas investigações tendo claro seus objetivos, ou seja, sabe exatamente o que deve ser observado. Portanto, se algo saiu de forma inesperada, serão feitas várias investigações a respeito do novo comportamento, desmistificando a idéia de que a evolução do conhecimento científico acontece “por acaso”. Os outros tópicos também serão desenvolvidos através de analogias, exemplos, fatos históricos sem que haja uma suposta observação neutra dos fenômenos envolvidos.

A avaliação utilizada no desenvolvimento deste projeto foi basicamente qualitativa. Inicialmente aplicamos um questionário com questões abertas para fazer um diagnóstico do nível de familiaridade que os alunos tinham acerca do tema. Após o levantamento das respostas obtidas nos questionários, estruturamos as aulas usando como material central a página desenvolvida e disponível na *internet*. Finalizando o processo de avaliação, aplicamos um teste final, contendo questões com o objetivo exclusivo de avaliar a aprendizagem do aluno, também sendo aferida através de participação em aula, questionário de atitudes e entrevistas.

A página sobre supercondutividade estará disponível na *Internet* bem como em CD-Rom, após a conclusão deste projeto. A figura 1 mostra o *layout* da página inicial do material desenvolvido. A apresentação dessa página é o objetivo central do presente trabalho, já que as experiências em sala de aula estão sendo ainda analisadas.

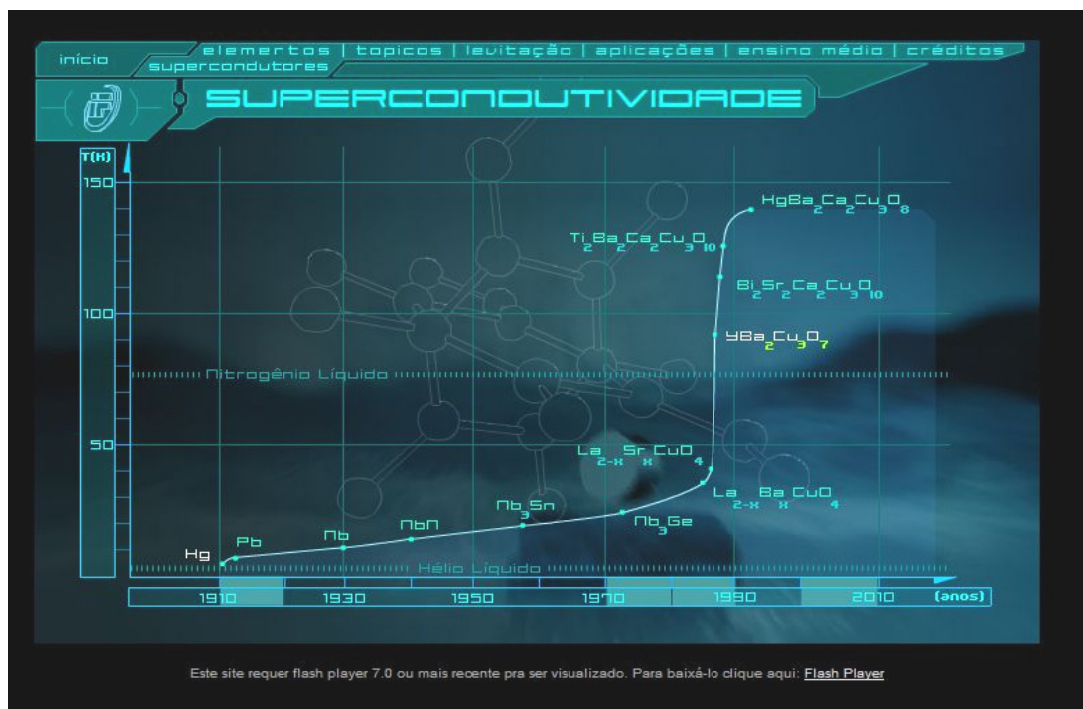


Figura 1. Página inicial do material construído para o ensino do tema da supercondutividade.

Optamos por introduzir o assunto com uma breve revisão da eletrodinâmica para que o aluno pudesse entender o fenômeno da supercondutividade sem “esbarrar” em conceitos já estudados nesse nível de ensino. Levamos ao aluno a idéia de que “modelo físico” é um exemplar que copiamos, imitamos, ou seja, a imagem daquilo que pretendemos reproduzir a partir de algumas hipóteses sobre o comportamento de um sistema físico no âmbito de uma teoria científica aceitável. A partir desse conceito já conseguimos dar ao aluno a idéia de que a evolução do conhecimento científico não ocorre sem que alguma teoria esteja envolvida (Silveira e Ostermann, 2002).

Revisamos o conceito de corrente elétrica, definindo a velocidade de arraste lançando mão de algumas analogias com situações vivenciadas pelo aluno: comparamos os elétrons livres existentes nos condutores com inúmeras pessoas que se encontram no interior de um salão de festas no instante em que toca o alarme de incêndio, sendo que no local está disponível apenas uma possível saída. Cada pessoa vai tentar chegar até a saída por caminhos diferentes, passando por obstáculos diferentes – cadeiras, mesas, pessoas (que representam a rede cristalina do condutor e também as impurezas que o mesmo apresenta). Concluimos afirmando que a movimentação das pessoas consiste na “velocidade de arraste”, assim como os elétrons livres possuem uma pequena velocidade de deriva na direção do campo elétrico, dando origem a um movimento em uma direção preferencial e a esse movimento de elétrons em uma direção preferencial chamamos de “corrente elétrica”. Possibilitamos uma animação para visualização do movimento desordenado de elétrons quando o condutor não está submetido a uma diferença de potencial, bem como do movimento ordenado de elétrons quando o condutor está submetido a uma diferença de potencial (figura 2).

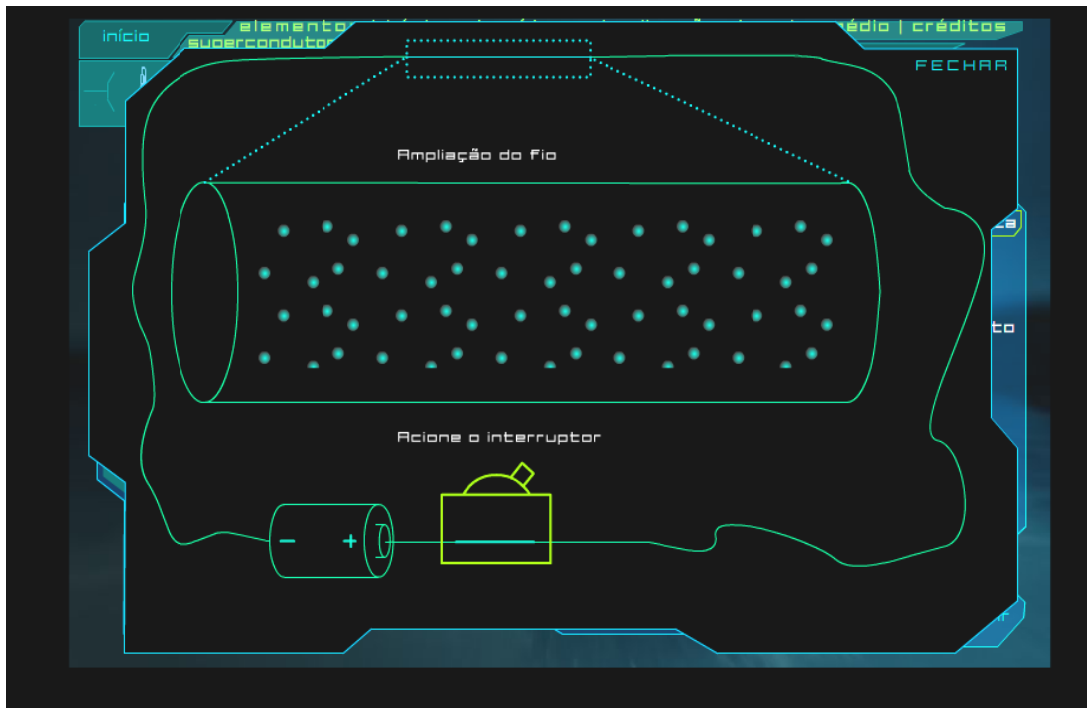


Figura 2. Animação da velocidade de arraste dos elétrons no interior de um condutor metálico quando submetido a uma diferença de potencial elétrico.

Seguimos fazendo um comparativo do comportamento da resistividade dos metais com a variação de temperatura através da análise de gráficos da resistividade em função da temperatura ($\rho \times T$) para condutores reais, perfeitamente puros, bem como para os supercondutores.

Enfatizamos a existência de materiais supercondutores na natureza apresentando a tabela periódica com os elementos supercondutores em destaque. Evidenciamos a formação de elementos supercondutores em forma de compostos intermetálicos e sólidos de cuprato, que nada mais são do que cerâmicas (boas condutoras de eletricidade e sua temperatura crítica é maior do que em outros elementos supercondutores). O YBCO é um dos materiais mais estudados atualmente, pois suas propriedades eletrônicas revelam comportamento singular, ou seja, não encontrado em outros metais convencionais (Ostemann & Pureur, 2005).

Como a turma teve apenas noções elementares de eletromagnetismo, optamos por trabalhar conceitos desse tópico iniciando com a Lei de Faraday-Lenz. Essas teorias foram trabalhadas no laboratório de Física através de atividades práticas dirigidas e posteriormente, no laboratório de informática os alunos puderam ler no hipertexto as aplicações da teoria, detalhes da Lei de Faraday-Lenz e algumas animações dos experimentos vivenciados na prática (Figura 3). Na figura 4 as linhas de campo são visualizadas, facilitando a compreensão do fenômeno.

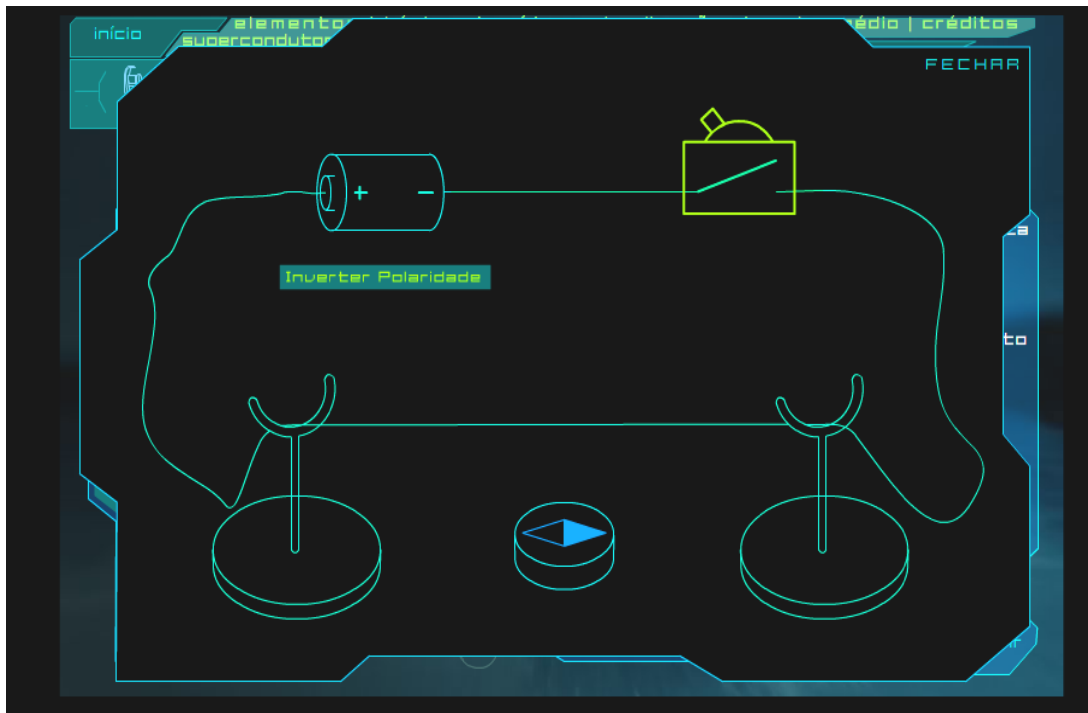


Figura 3. Animação do experimento de Oersted.

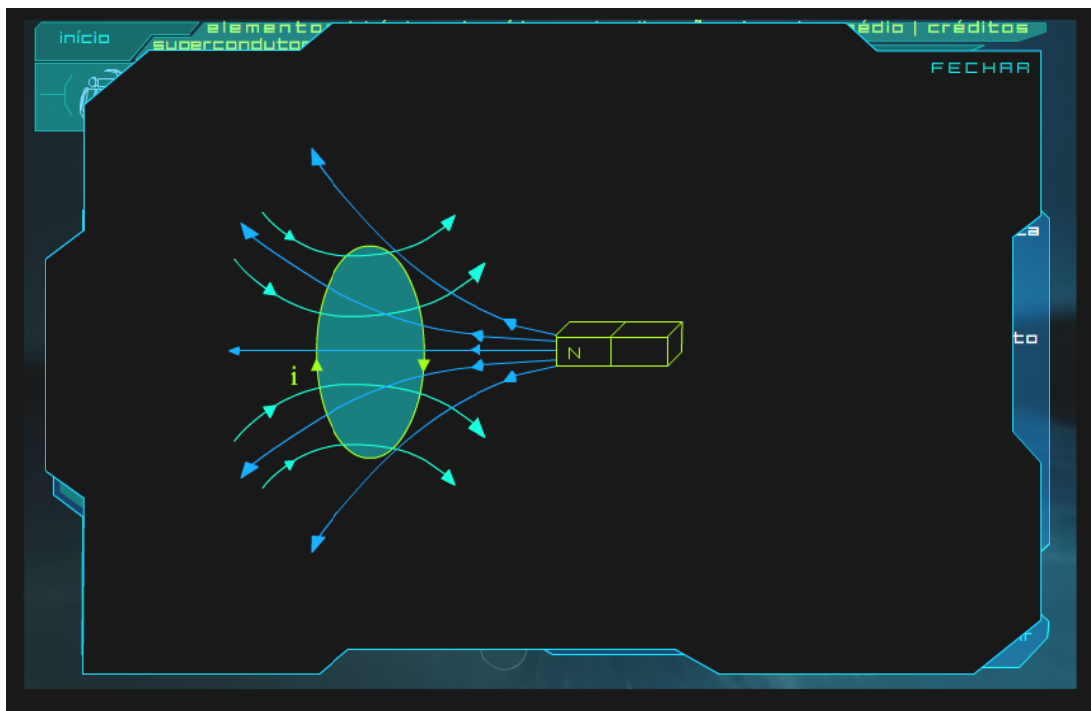


Figura 4. Linhas de campo – Lei de Lenz.

Na seqüência, apresentamos as propriedades dos elementos no estado supercondutor, enfatizando a resistividade nula e o efeito Meissner (Ostermann & Pureur, 2005). Através de uma seqüência de animações orientadas, pode-se concluir que um condutor perfeito obedece à Lei de Faraday-Lenz - resiste somente a variações de campo magnético externo (figura 5), enquanto que um supercondutor apresenta Efeito Meissner - reage à simples presença de um campo magnético externo (figura 6).

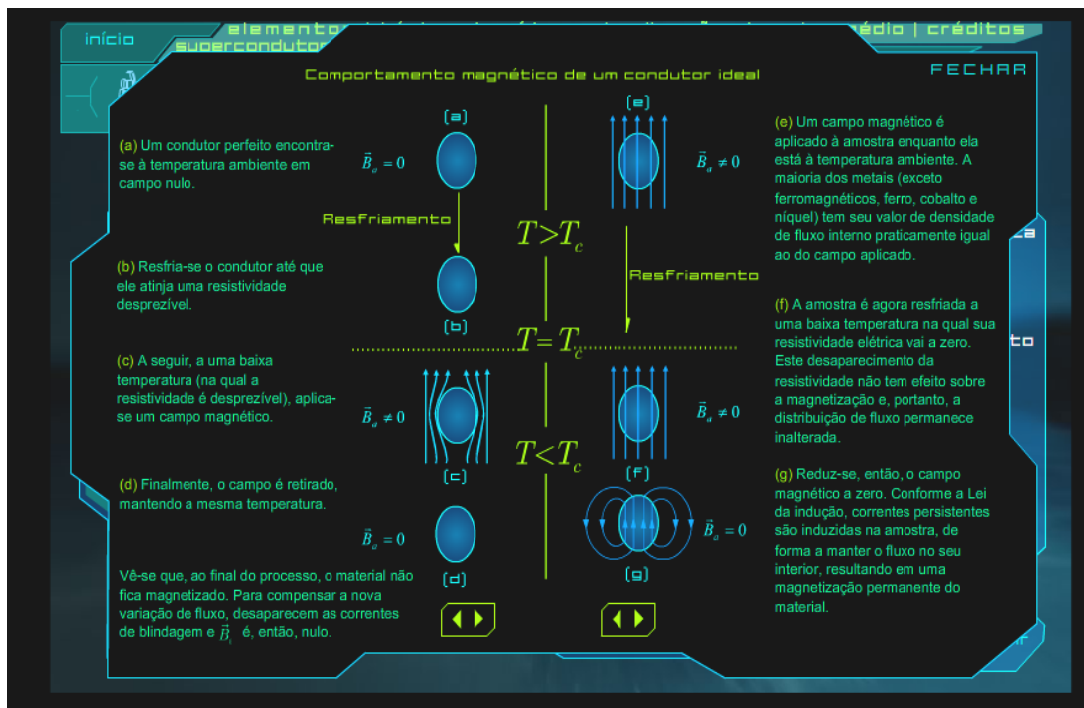


Figura 5. Comportamento magnético de um condutor perfeito.

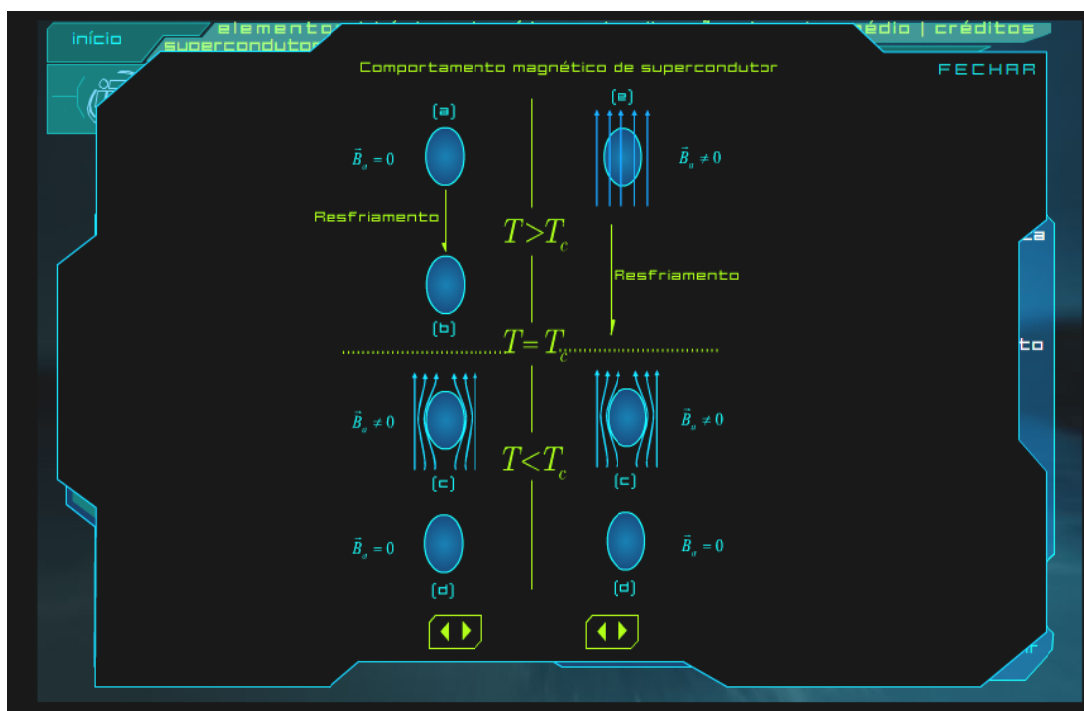


Figura 6. Comportamento magnético de supercondutor.

Demonstramos o fenômeno da levitação magnética no laboratório de Física da escola com o “kit levitação” fornecido pelo laboratório de supercondutividade e magnetismo da UFRGS. Disponibilizamos um vídeo desse fenômeno na página, considerando que grande parte das escolas de ensino médio no Brasil não apresenta condições para a realização da levitação. O fenômeno da levitação pode ser melhor ilustrado através da visualização das linhas de campo magnético que se formam na região do material supercondutor, tanto no seu estado normal quanto no seu estado supercondutor, conforme mostra a figura 7.

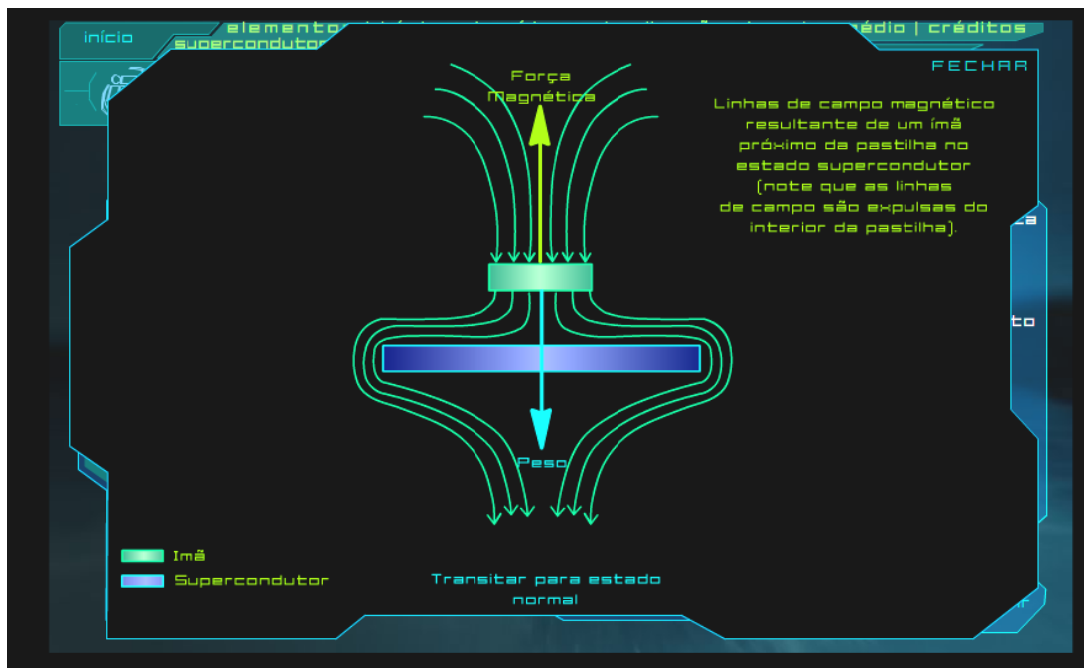


Figura 7. Linhas de campo magnético resultante de um ímã próximo da pastilha no estado supercondutor.

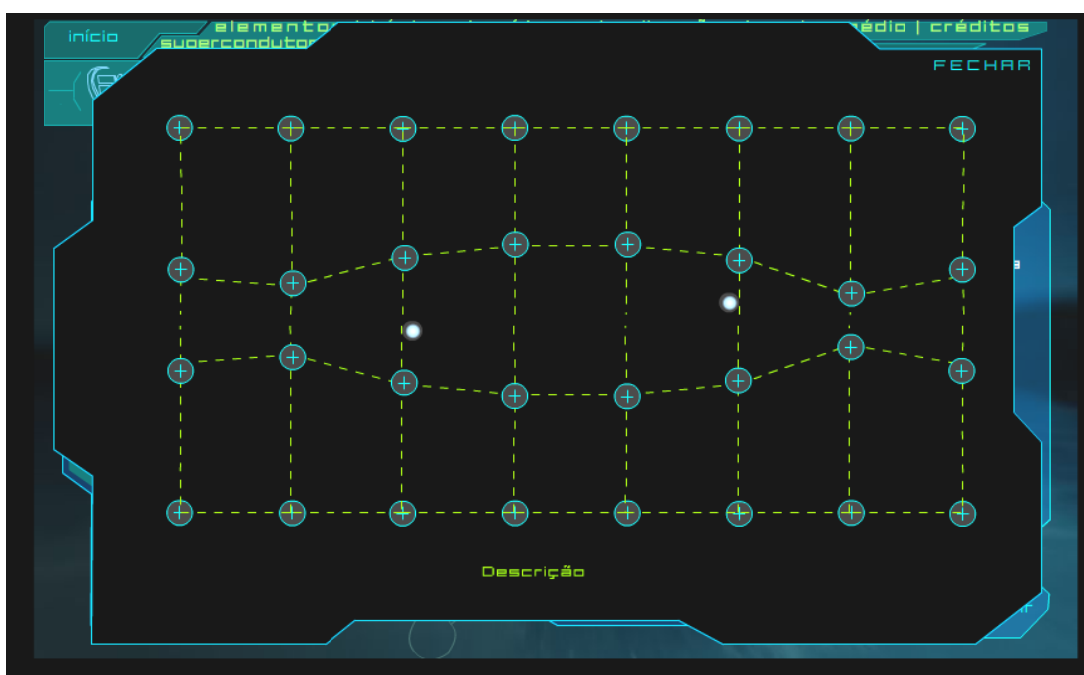


Figura 8. Animação dos pares de Cooper.

Procuramos comparar a passagem do estado normal para o estado supercondutor como uma mudança de estado físico, sendo um processo reversível como tal. Dessa maneira, a supercondutividade pode ser articulada a conteúdos já ensinados nesse nível de ensino.

Para que o aluno pudesse compreender o comportamento molecular de um condutor perfeito e de um supercondutor, comparamos com algumas situações já vivenciadas pelos alunos. Utilizamos a analogia dos dominós, fizemos a animação dos pares de Cooper (figura 8), bem como a analogia do colchão para representar a distorção que ocorre na rede cristalina (figura 9).

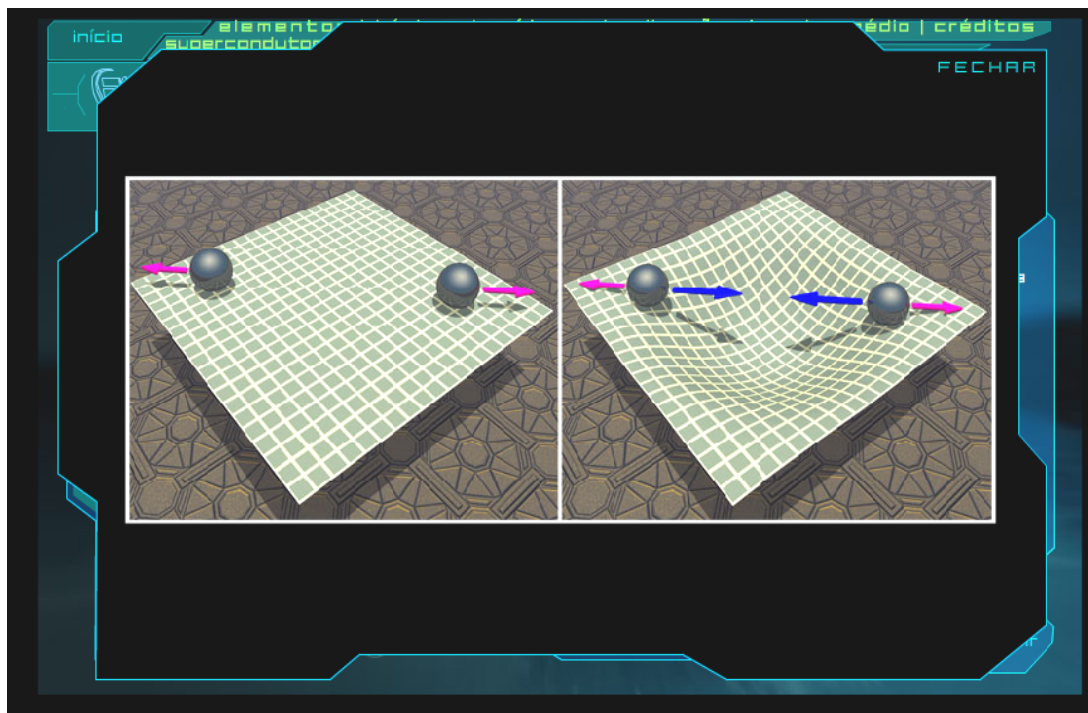


Figura 9: Analogia dos colchões.

4. Considerações Finais

Neste tópico especialmente preparado para o ensino médio procuramos apresentar um tema de Física Moderna e Contemporânea que achamos relevante pelo fato de que o fenômeno da supercondutividade está relacionado à impressionante revolução tecnológica que presenciamos neste início de século, ilustrando, portanto, inúmeras aplicações que nos servem de motivação. Este tópico da Física Moderna nos permite fazer uma atividade demonstrativa do fenômeno da levitação magnética, além de propiciar várias analogias para que se possam abstrair os conceitos fundamentais da supercondutividade a partir de fatos vivenciados no dia-a-dia. Envolvermos de maneira bem articulada vários assuntos já estudados em Física nos anos anteriores (por exemplo, Termodinâmica e Eletromagnetismo) bem como conceitos não abordados nesse nível de ensino (por exemplo, conceitos básicos de Mecânica Quântica e noções de Física do Estado Sólido). Dessa maneira, a partir de princípios físicos já trabalhados apresentamos os conceitos mais avançados, apenas de forma qualitativa e conceitual para que seja propiciada uma compreensão do fenômeno da supercondutividade, que promete revolucionar ainda mais o meio científico.

Tivemos a preocupação de elaborar o material didático “mantendo-o informado e atualizado” a respeito dos fundamentos da epistemologia contemporânea, em particular, para que seja difundida a idéia de que o método científico não se sustenta e que toda observação de um fenômeno está indissociada de pressupostos teóricos.

5. Referências Bibliográficas

KUHN, T.S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza, 1989.

LAUDAN, L. *Progress and its problems*. Berkeley: University of California Press, 1977.

MOREIRA, M. A. OSTERMANN, Fernanda. *Teorias construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999. (Textos de apoio ao professor de Física; n. 10).

OSTERMANN, F. FERREIRA, L. Preparing teachers to discuss superconductivity at high school level: a didactical approach. *Physics Education*, Bristol, v. 41, p.34-41, 2006.

OSTERMANN, F. FERREIRA, L. M. CAVALCANTI, C. J. H. *Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1998.

OSTERMANN, F. PUREUR, P. *Supercondutividade*. São Paulo: Editora Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

POPPER, K.R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 1993.

ROCHA, F. S., FRAQUELLI, H. A. Roteiro para a experiência de levitação de um ímã repelido por um supercondutor no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. V. 26, n1, 2004.

SILVEIRA, F. L, OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. especial. Florianópolis, 2002.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente – o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo, Martins Fontes, 1984.

UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA ATRAVÉS DE UM HIPERTEXTO

Felipe Damasio [profbolla@uol.com.br]

Gilberto Calloni [gilberto_call@tvdturbo.com.br]

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

Resumo

Neste trabalho será apresentado um hipertexto produzido pelos autores visando introduzir conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e Fundamental. A área da Física Moderna e Contemporânea escolhida para desempenhar este papel foi a Física de Partículas. Este hipertexto utiliza um texto especialmente produzido para esta proposta, o qual está disponível para ser copiado em versão pdf. O hipertexto serve tanto para atualização de professores de Ensino Médio e Fundamental, como elemento de interação para os próprios alunos. O mesmo encontra-se disponível na *internet* no endereço <http://www.colegiosaobento.net/fisicadeparticulas>.

Palavras-chave: hipertexto; Física Moderna e Contemporânea; Física de Partículas; internet.

1. Introdução

Um bom professor de Física deve sempre mostrar esta área de conhecimento humano como uma ciência viva e em constante construção. Combater a idéia de uma ciência acabada e pronta faz parte das atribuições do professor de Física. Logo, urge a necessidade de introduzir Física Moderna e Contemporânea pelo menos no Ensino Médio e até, quem sabe, já no Ensino Fundamental. Pode parecer um grande desafio esta tentativa, mas sempre existe uma maneira de ensinar qualquer conteúdo a qualquer aluno em qualquer idade (Bruner, 1975).

Quando o professor ensina a seus alunos que existe muito a se descobrir em Física, e que existem milhares de físicos em todo o mundo que tentam achar respostas para os mistérios da natureza ainda não explicados, sempre vem a pergunta:

– Mas o que eles estão estudando professor?

Na tentativa de responder esta pergunta é que foi produzido este hipertexto. Ele tenta dar uma introdução à Física Moderna e Contemporânea através de um passeio pela Física dos séculos XX e XXI.

O hipertexto começa com modelos iniciais da estrutura atômica e chega a assuntos de fronteira como bóson de Higgs e Teoria de Super-cordas, passando por uma introdução à Física de Partículas através de conceitos como anti-matéria, aceleradores de partículas, raios cósmicos, entre outros.

2. Texto “Receita de um bolo, fisicamente falando”

O hipertexto tem como base um texto especialmente produzido para a introdução de Física Moderna e Contemporânea. O texto intitulado “Receita de um bolo, fisicamente falando” foi pensado para servir como primeiro contato – tanto de professores como alunos – aos conceitos abordados nele, que são de Física Moderna e Contemporânea. O texto base está disponível para ser baixado no endereço <http://www.colegiosaobento.net/fisicadeparticulas>.

Ele começa com o que Ausubel chama de organizador prévio (Moreira, 1999). Para desempenhar este papel foi proposta a confecção de um bolo. O texto fornece, inclusive, uma receita que pode ser reproduzida pelo aluno em uma aula, sem que seja necessário fogão. Nesta etapa o facilitador de aprendizagem deve decidir se orienta uma aula para a confecção do bolo ou não. Apesar de não ser absolutamente indispensável, a aula para fazer o bolo é aconselhada.

Na seqüência, o texto leva à menor estrutura da matéria, o átomo, apresentando uma breve visão histórica desde a Grécia antiga até o modelo atual de orbitais. Interessantes relações são usadas para dar uma idéia da quantidade de átomos e suas dimensões. Seguindo, usa história da Física como motivação. Conta-se a vida de Murray Gell-Mann, fazendo sempre alusão ao contexto histórico em que a Física se desenvolve. Esta etapa entra em acordo com a interdisciplinaridade, tão importante para a aprendizagem significativa.

A necessidade de uma organização das partículas descobertas é discutida, utilizando como pano de fundo a construção dos primeiros aceleradores de partículas e da bomba atômica. Uma comparação com a organização dos elementos químicos feita no século anterior ao discutido no texto, por Mendeleev, é desenvolvida também. Assim, mais uma vez entra a interdisciplinaridade no texto. Uma breve apresentação sobre as quatro interações fundamentais é feita na seqüência. Questões sobre o alcance delas e a estabilidade dos átomos são levantadas ao se discutir o alcance da força nuclear forte.

A previsão do neutrino, do pión e a descoberta por acaso do múon vem logo após. Nesta parte do texto, começa a ser explorado o grande número de partículas detectadas e a necessidade de classificá-las de algum modo. O papel de César Lattes na descoberta do pión é destacado.

A teoria que previa a existência dos quarks é o próximo tópico do texto. A discussão segue com a apresentação dos tipos de quarks com suas cargas fracionadas e o motivo pelo qual nunca podem estar isolados. Uma parte desta seção é dirigida à escolha do nome quark, no qual se discute o papel da obra de James Joyce, mais uma vez buscando a interdisciplinaridade.

Para apresentar os bósons é focado o conceito de campo anteriormente. Após esta discussão, os bósons são apresentados um a um, contando parte da história de suas descobertas.

Quando o leitor já conheceu todas as partículas abordadas no texto, a classificação delas é finalmente revelada. Nomes como férmions, hádrons, léptons só então são apresentados. Um esquema, que serve de resumo, auxilia na compreensão da classificação de qualquer partícula.

A busca de uma explicação para a origem da matéria é o próximo tópico. Os conceitos de campo de Higgs e bóson de Higgs são apresentados.

Por fim, uma breve apresentação do que é a Teoria de Cordas e Super-cordas é feita, levantando a questão das dimensões espaciais extras.

No final do texto há um glossário para que os alunos consultem em qualquer momento da leitura do texto.

3. Hipertexto

O hipertexto que reproduz o texto descrito foi elaborado em linguagem HTML e está disponível no endereço já citado. A capa está reproduzida na Figura 1.

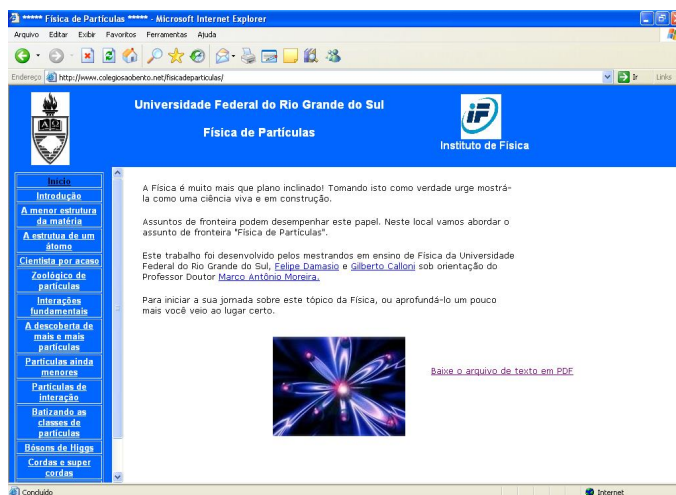


Figura 1 – Capa do hipertexto disponível na internet.

Como pode ser observado, o texto tem um *menu* que possibilita o rápido acesso às diferentes seções do texto. Esta fragmentação permite que o usuário faça a leitura em diferentes momentos, indo ao ponto em que interrompeu a leitura anteriormente. O glossário, que auxilia na leitura do texto, também está à disposição no *menu*.

No hipertexto são utilizados materiais interativos disponíveis na *internet*. Dentre eles, destacam-se a reprodução da experiência de Rutherford, uma viagem nas dimensões disponíveis no RIVED.

Jogos de perguntas e respostas foram elaborados utilizando linguagem HTML e o *software Hot Potatoes*.

O uso de *hiperlinks* foi feito para um aprofundamento dos assuntos levantados no texto e que por ventura tenham chamado à atenção dos leitores. Alguns dos *hiperlinks* foram produzidos pelos autores do hipertexto e outros foram selecionados na *internet*.

Quando um personagem do texto aparece pela primeira vez, um *hiperlink* leva à sua biografia na *internet*, onde o leitor poderá conhecê-lo melhor e ainda usar *hiperlinks* dentro da sua biografia que o levam a assuntos que tenham chamado a sua atenção.

Outros *hiperlinks* conduzem a textos produzidos pelos autores. Um exemplo é o *hiperlink* na seção da receita do bolo que leva ao texto que explica como o forno de microondas funciona.

No final, o leitor é convidado a participar de um jogo do tipo cruzadinha. As perguntas são relacionadas com o contexto abordado na leitura do hipertexto. Este jogo do tipo cruzadinha foi elaborado com o uso do *software Hot Potatoes*. No final do jogo ele fornece uma pontuação de acordo com o desempenho.

4. Exploração do Hipertexto

O material produzido tem a potencialidade de ser explorado de três maneiras diferentes.

A primeira foi pensada como ferramenta no auxílio para atualização de professores de Física com relação à Física Moderna e Contemporânea, visto que, mesmo em cursos de Licenciatura, esta área da Física não tem sido tratada com a ênfase devida. O contato com os autores para esclarecer dúvidas é indicado já na capa do hipertexto.

A segunda é servir de material multimídia para aulas expositivas a alunos da Educação Básica. Se o facilitador de aprendizagem – usa-se este termo com o sentido utilizado por Rogers (1969) – tiver à sua disposição um meio como o *Data Show*, ele poderá usar o hipertexto como recurso visual à sua aula expositiva. Mas, mesmo que o facilitador opte por esta maneira de explorar o hipertexto, o conselho é que os alunos tenham o texto impresso em suas mãos. Com o texto impresso eles poderão fazer anotações e esquemas próprios na folha de papel.

A terceira alternativa é a interação direta de alunos da Educação Básica com o hipertexto. Nesta opção, a interação pode ocorrer no próprio laboratório de informática do colégio ou mesmo na casa dos alunos. Se o facilitador escolher esta opção de interação direta dos alunos com o hipertexto, deverá ser fornecido aos alunos o texto escrito para que o aluno interaja com ele durante a sua leitura, feita no colégio ou em suas casas.

O facilitador deve procurar estar à disposição dos alunos o máximo possível para que estes esclareçam as dúvidas que surgirão. Estas perguntas devem ser estimuladas, ou mesmo serem levantadas questões para que as respostas sejam buscadas no hipertexto. O papel do facilitador é fundamental no uso do material produzido.

5. Conclusão

O material aqui apresentado tem por objetivo proporcionar ao professor de Educação Básica um material disponível na *internet*, elaborado com o rigor necessário para explorar de maneira introdutória a Física Moderna e Contemporânea.

O professor poderá fazer uso na sua própria formação continuada, como recurso visual para uma aula expositiva ou ainda orientando a interação direta de alunos da Educação Básica com o hipertexto.

Uma maneira de motivar alunos da Educação Básica para aprender Física tem sido o maior desafio que o professor tem enfrentado atualmente. Recursos pedagógicos que visem este objetivo devem estar disponíveis aos professores de Ensino Médio e Fundamental.

O hipertexto que relatamos teve por objetivo ser um objeto motivador para a aprendizagem em Física. Para tanto, se optou por material disponível na rede mundial de computadores ao alcance de alunos e professores da Educação Básica.

A área de Física que foi escolhida é uma área que, normalmente, não está tratada de maneira satisfatória nos materiais pedagógicos disponíveis aos professores. Trata-se da Física de Partículas.

Como a interdisciplinaridade é uma necessidade na educação atual, o hipertexto tenta, ao máximo, promovê-la. Durante a leitura são abordados assuntos relacionados a Química, História, Geografia, Literatura, Lingüística entre outros.

Com base na descrição feita, cremos que este recurso tem a potencialidade de desempenhar o papel para qual foi pensado, planejado, produzido e divulgado.

6. Referências Bibliográficas

BRUNER, J.S. (1975) **Uma nova teoria de aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch.

DAMASIO, F. & CALLONI, G. *Receita de um bolo, fisicamente falando*. Notas de aula para alunos do Ensino Médio elaborada pelos autores, em módulo de Partículas Elementares da disciplina Tópicos de Física Moderna e Contemporânea II, do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação do Professor Marco Antônio Moreira, 2007. Disponível em <http://www.colegiosaobento.net/fisicadeparticulas>. Acesso em 06/07/2007.

Hot Potatoes Home Page. Disponível em <http://hotpot.uvic.ca/>. Acesso em 07/04/2007.

Rede Internacional de Educação Virtual. Secretaria de Educação à distância do Ministério da Educação. Disponível em <http://rived.proinfo.mec.gov.br/>. Acesso em 07/04/2007.

GONÇALVES, L.J. et al. (2006) *Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensino médio*. In: GONÇALVES, L.J. et al. (Ed.). I ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA, Porto Alegre: 2005. **Atas...** Porto Alegre: Instituto de Física, p. 93-101.

ROGERS, C.R. (1969) **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros.

MOREIRA, M.A. (1999) **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU.

HIPERMÍDIAS: DINÂMICA DOS FLUIDOS CONTEXTUALIZADA NAS ESCOLAS TÉCNICAS.¹

Raphael Brum Werlang [portaldafisica2005@yahoo.com.br]

Ruth de Souza Schneider [ruth@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*

Resumo

Este trabalho vincula-se à Linha de Pesquisa em Novas Tecnologias no Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS. Através do uso de um hipertexto, contendo animações, textos, figuras, modelagens, experimentos reais e vídeos, procuramos construir um material didático facilitador do processo ensino/aprendizagem, fundamentado nas relações sociais entre os alunos e o professor. Essa abordagem do processo de ensino/aprendizagem facilitou a construção dos conceitos físicos de Mecânica dos Fluidos, sobretudo, no conteúdo de Dinâmica dos Fluidos. Os conteúdos foram trabalhados de forma contextualizada com o dia-a-dia rural, levando em conta as vivências dos alunos de uma escola técnica, como é o caso do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Vicente do Sul (CEFET-SVS), onde o projeto foi implementado. Faremos uma breve descrição do material didático produzido, bem como da forma de sua utilização. O hipertexto, assim como todo o material didático desenvolvido, pode ser acessado por professores e alunos na rede mundial de computadores no endereço <www.if.ufrgs.br/~werlang>.

Palavras-chave: ensino de física; novas tecnologias; hipermídia.

1. Introdução

As novas tecnologias têm sido empregadas em larga escala no processo de ensino/aprendizagem e vem sendo apontadas como uma grande revolução na educação. Na maioria das vezes, as novas tecnologias não são utilizadas de forma a potencializar o desenvolvimento de estruturas cognitivas superiores nos discentes. Apenas está ocorrendo transferência de informações do papel para a forma digital, isso quando as animações e simulações não dão uma visão distorcida ou incompleta do fenômeno a ser estudado.

Isso se deve principalmente à falta de adoção de um referencial teórico no desenvolvimento de tais materiais didáticos, à ilusão de que as animações e modelos podem substituir a interação social entre os alunos e professores e à carência da utilização de experimentos reais de forma conciliada com modelos virtuais.

Nossa proposta foi desenvolver hipermídias utilizando novas tecnologias de forma articulada e contextualizada, promovendo a interação social entre os alunos e a conseqüente troca de significados, visando um processo de ensino/aprendizagem mais efetivo que persiga a aprendizagem significativa dos conceitos físicos.

Para que os nossos objetivos fossem alcançados, desenvolvemos um hipertexto sobre a Dinâmica dos Fluidos, com animações em *flash*, vídeos, atividades práticas e de modelagem, atividade de aquisição automática de dados e *Applets Java*. Todas as atividades foram desenvolvidas para serem trabalhadas em grupo, primando pela interação entre os discentes e o docente e de forma contextualizada às vivências dos futuros técnicos em agricultura e zootecnia.

A escolha da temática abordada no material didático foi inspirada em nossa prática docente. Ao ministrarmos aulas de física nos cursos técnicos em agricultura e zootecnia do CEFET-SVS, que são simultâneos ao ensino médio, freqüentemente éramos questionados pelos alunos sobre a aplicabilidade dos conceitos de física nas disciplinas dos cursos técnicos ou nas suas vivências

¹ Parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

como profissionais. Diferentemente dos cursos de ensino médio, os discentes que procuram os cursos profissionalizantes do CEFET-SVS, não têm o intento de fazer um curso superior e estão mais preocupados com a sua formação técnica, tendo em vista a sua atuação profissional e, muitas vezes, dedicam-se mais às disciplinas técnicas do que às disciplinas do ensino médio.

Ficamos preocupados com o desinteresse dos alunos pelo ensino médio regular e começamos a questionar os alunos e os professores das áreas técnicas sobre o que levava os alunos a negligenciar as disciplinas do ensino médio e a dedicar-se mais às disciplinas técnicas. Como já desconfiávamos, os alunos achavam as aulas do ensino médio muito distantes da sua realidade, considerando-as cansativas e nada motivadoras.

Em vista dos argumentos apresentados, chegamos à conclusão de que as disciplinas do ensino médio deveriam ser contextualizadas com as disciplinas dos cursos técnicos, sempre que possível. Então começamos a investigar quais seriam os conteúdos, na área de Física, mais adequados para tal fim. Queríamos uma temática que fosse de grande utilidade para a área técnica. A partir das conversas que tivemos, e analisando a grade curricular do CEFET-SVS, chegamos à conclusão de que o conteúdo menos abordado no ensino médio e mais adequado para o nosso trabalho seria a Dinâmica dos Fluidos. Apesar de alguns conceitos de Dinâmica dos Fluidos estarem listados na grade curricular da primeira série do CEFET-SVS, esses conteúdos são ministrados na segunda série do ensino médio, seguindo a proposta curricular da Universidade Federal de Santa Maria. Entretanto, aquela proposta não aborda minimamente a teoria sobre fluidos viscosos, que julgamos importante. Em vista disso, achamos necessário acrescentar mais alguns conteúdos relacionados a fluidos viscosos.

Um outro fator que nos levou a fazer a escolha da temática Dinâmica dos Fluidos reside no fato de que esses conteúdos estão presentes nas disciplinas de Solos e de Irrigação e Drenagem, além de estarem presentes em outras disciplinas como, por exemplo, Mecanização. A Dinâmica dos Fluidos é muito útil para que esses alunos entendam o transporte de nutrientes no solo, os sistemas de aplicação de defensivos agrícolas, os sistemas de irrigação e drenagem, entre outros.

2. Referencial Teórico

O referencial teórico adotado foi a teoria de mediação de *Vygotsky*. Tal teoria diz que o desenvolvimento cognitivo superior não pode ser entendido sem fazermos referência ao contexto social, histórico e cultural, focalizando os mecanismos por meio dos quais se dá o desenvolvimento cognitivo. O desenvolvimento das funções mentais superiores passa por duas fases, uma externa, a nível social, e depois por uma intrapessoal, a nível individual. É importante ressaltar a diferença com outras abordagens teóricas, que interpretam o desenvolvimento cognitivo como sendo necessário para a aprendizagem, ao passo que na ótica *vygotskyana* a aprendizagem é que é necessária para o desenvolvimento cognitivo.

De acordo com VYGOTSKY (1998), não devemos apenas considerar o meio social como uma variável importante, mas sim como levando à conversão de relações sociais em funções mentais, que pela atividade mediada indireta, ou seja, através da mediação, permite ao sujeito reconstruir internamente uma operação externa. Essa mediação é feita através de instrumentos e signos, e as novas tecnologias são instrumentos largamente usados pelos nossos alunos nos dias atuais. De acordo com MOREIRA (1999) os signos são de três tipos: indicadores, são aqueles que têm relação de causa e efeito com aquilo que significam; icônicos, são imagens ou desenhos daquilo que representam e simbólicos, são os que têm uma relação abstrata com o que significam. Os *Appllets*, hipertextos, modelos e animações são sistemas de signos e serviram de instrumentos para a mediação e foram componentes do material didático que privilegiou a linguagem, uma vez que, ela é o mais importante sistema de signos.

Ainda de acordo com VYGOTSKY (1998) a zona de desenvolvimento proximal é região existente entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo e o seu nível de desenvolvimento potencial; portanto, o material didático foi concebido para estar justamente na zona de desenvolvimento proximal dos discentes.

VYGOTSKY (1998), usou em suas pesquisas um método experimental cuja metodologia é oferecer o máximo de oportunidades para que o aluno se mantivesse envolvido com todas as etapas da atividade em vez de simplesmente partir em busca de uma solução, ou seja, deu mais ênfase aos processos do que aos produtos. As técnicas empregadas por Vygotsky em suas pesquisas podem ser sintetizadas em apenas três: 1) introduzir obstáculos que perturbem a solução de um problema, 2) fornecer recursos externos para a solução do problema, 3) usar essas soluções de várias formas e solicitar que a pessoa resolva um problema que exceda a sua capacidade, ou seja, Vygotsky dá ênfase aos processos e não aos produtos.

Durante a implementação do projeto solicitamos que alunos resolvessem problemas que excediam suas capacidades e que se trabalhados individualmente trariam poucos benefícios para o processo de ensino aprendizagem. Porém, com a interação entre grupos de alunos e com o professor esses obstáculos eram rompidos tornando a aprendizagem bem mais significativa para o discente.

O material didático desenvolvido buscou uma ampla contextualização com os cursos técnicos, procurando fazer uso tanto de novas tecnologias como de experimentos reais, tomando como referencial teórico Vygotsky, ou seja, foram respeitadas as zonas de desenvolvimento proximal dos alunos, sendo permitida a troca de significados e signos entre os alunos pela interação social, onde o professor foi participante possuindo significados socialmente compartilhados de forma internalizada. Através do diálogo, o professor verificava se o aluno havia captado o significado compartilhado cientificamente, ficando a cargo de o aluno verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia passar. Dessa forma há uma busca pela congruência de significados e quando essa harmonia acontece o processo de aprendizagem se consuma.

3. Hipermissão

O material didático produzido consiste em um CD-rom, composto de animações, vídeos, *Applets Java*, textos e imagens cuja característica principal é o estudo qualitativo dos fenômenos físicos relacionados à Dinâmica dos Fluidos, articulando tais conceitos às vivências dos alunos dos cursos técnicos em agricultura e zootecnia.

Uma das principais dificuldades encontradas para trabalharmos a Mecânica dos Fluidos no nível médio foi a carência do conhecimento matemático necessário para a descrição dos fluidos. Embora tenhamos nos defrontado com esse problema, não poupamos esforços para a elaboração do material didático nesse nível, uma vez que seu aprendizado será de grande valia para a formação desses técnicos.

Os conteúdos, que tratavam de Fluidos Ideais e de Fluidos “Reais”, divididos em dois módulos didáticos trabalhados em 16 horas-aula, são os seguintes:

Módulo 1

- linhas de corrente;
- propriedades elásticas de um fluido;
- regimes de escoamento de um fluido;
- tubo de corrente;
- fluido ideal;
- equação da continuidade;
- vazão volumétrica de um fluido;
- equação de Bernoulli;
- teorema de Torricelli.

Módulo 2

- coeficiente de viscosidade;
- lei de Poiseuille;
- lei de Stokes;
- efeito Coanda;
- número de Reynolds.

O hipertexto foi desenvolvido na linguagem HTML (*Hiper Text Markup Language*) com a ajuda do software FrontPage. As animações foram feitas no programa *Macromedia Flash 5.0*, programa disponível para uso livre por trinta dias no endereço <<http://www.macromedia.com/software/flash>>; as imagens foram obtidas usando máquina digital, com exceção de algumas fornecidas pelo CEFET-SVS; as figuras foram desenhadas no software

PaintNet 3.01, programa de edição de imagens gratuito e disponível na rede mundial de computadores. Alguns dos menus em *flash* foram modificações de menus encontrados na rede mundial de computadores, cujas autorizações de uso estão citadas nos créditos do menu “Sobre” do hipertexto.

O hipertexto possui duas versões: uma versão para o aluno e uma versão para o professor. Na *versão professor*, além do material didático completo, são fornecidos alguns detalhes mais específicos, tais como vivências na implementação dos módulos didáticos e resoluções das atividades. Ao selecionarmos uma das opções, é solicitado o nome do aluno ou professor que utiliza a página, com o objetivo de deixar a página mais pessoal. É importante salientar ainda que a página funciona melhor nas resoluções de tela 800 x 600 e 1024 x 768 no modo tela cheia, sendo necessários os *plug-ins* para animações em *flash* e *java* e um *CODEC* para que os vídeos no formato *wmv* funcionem no navegador.

Tentamos desenvolver um hipertexto que carregue rapidamente no computador remoto e que possa ser acessado mesmo por conexão discada, mas que não deixe nada a desejar quanto ao seu visual.

Elaboramos uma série de animações com a finalidade de tornar o hipertexto mais atrativo e também de facilitar o entendimento de conceitos físicos. Algumas animações são inicializadas automaticamente quando o aluno ou o professor carrega a página, enquanto outras necessitam que o botão INICIAR seja pressionado. Além disso, algumas animações possuem o botão PARAR, propiciando que o usuário possa analisar alguns detalhes da animação. Tais animações podem ser utilizadas em diferentes momentos pelos alunos: durante as aulas expositivas, durante a leitura do hipertexto pelos alunos ou durante a resolução de atividades.

Foram produzidas um total de quinze animações. A seguir, faremos uma breve descrição das animações.

- ANIMAÇÃO 1

A animação da figura 1 tenta ilustrar a diferença entre um sólido e um líquido quando submetidos a forças de contato externas.

Essa animação ajuda o aluno a entender que um líquido, diferentemente de um sólido, quando sujeito a forças de contato externas tangenciais de quaisquer intensidades, sai do equilíbrio, ou seja, as camadas adjacentes deslizam umas sobre as outras até que as forças tangenciais (forças de cisalhamento) cessem.

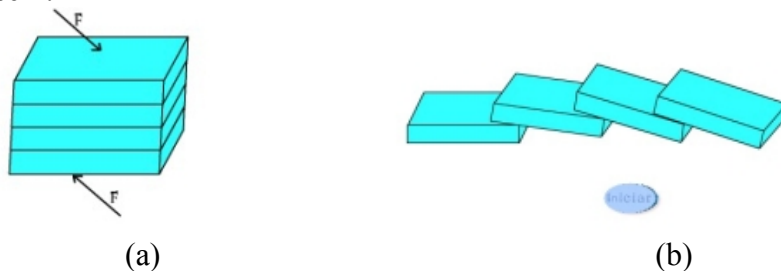


Figura 1 – Animação: (a) sólido sujeito a forças de contato externas com componentes normais e tangenciais; (b) fluido sujeito a forças de contato externas com componentes normais e tangenciais.

- ANIMAÇÃO 2

A animação da figura 2 é uma ilustração que visa facilitar o entendimento da descrição de um fluido.

O aluno deve entender que a descrição do fluido é macroscópica. Assim, dividimos o fluido em pequenos volumes que, embora diminutos a nível macroscópico, contêm um número muito grande de moléculas. Após escrevemos uma equação do movimento para cada um desses volumes de fluido. Se fizermos essa análise para todos os pontos que compõem o fluido, o movimento ficará completamente especificado.



Figura 2 – Animação: (a) movimento de algumas partículas que compõem o fluido; (b) movimento de algumas partículas que compõem o fluido, evidenciando a trajetória de uma partícula específica.

- ANIMAÇÃO 3

Nesta animação, tentamos deixar claro o conceito de linha de corrente.

O aluno, ao observar a animação da figura 3 (a), pode perceber que a velocidade de um dado volume de fluido é sempre tangente à linha de corrente.

Na verdade a definição de linha de corrente está associada à velocidade dos volumes infinitesimais, ou seja, uma linha de corrente é uma linha imaginária tal, que em cada ponto, o vetor velocidade das partículas de fluido é tangente a ela.

Ainda na animação da figura 3 (b), o aluno pode perceber que, em regiões onde há um estrangulamento da região de escoamento, as linhas de corrente se aproximam, o que indica um aumento da velocidade de escoamento do fluido.

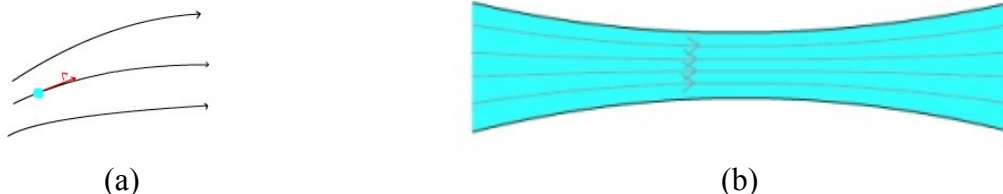


Figura 3 – Animação: (a) linhas de corrente e vetor velocidade; (b) linhas de corrente em um escoamento independente do tempo.

- ANIMAÇÃO 4

Após a compreensão do conceito de linha de corrente, o aluno, a partir da animação da figura 4, é capaz de entender o conceito de tubo de corrente.

Observando essa animação, o aluno percebe que as linhas de corrente nunca se cruzam, portanto nenhuma partícula de fluido pode escapar de um volume arbitrário determinado por linhas de corrente, o que constitui o tubo de corrente.

- ANIMAÇÃO 5

Essa animação ilustra o fato de que num escoamento laminar e incompressível através de um cano com áreas transversais diferentes, onde a área de seção for menor, a velocidade de escoamento do fluido será maior. A animação da figura 5 serve de ponto de partida para que o aluno seja conduzido à equação da continuidade.

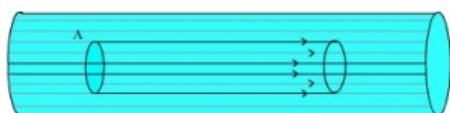


Figura 4 – Animação: tubo de corrente em um escoamento estacionário.

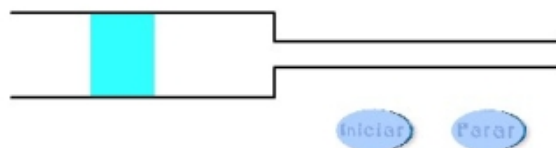


Figura 5 – Animação: fluido escoando em um cano com duas áreas de seção transversais diferentes.

- ANIMAÇÃO 6

Na animação da figura 6, é mostrado um cano com áreas transversais diferentes, no qual um fluido em escoamento laminar e incompressível esco sob a ação da gravidade. Essa animação é utilizada para a obtenção da equação de Bernoulli.

Essa figura pode ser encontrada em vários livros textos como CHAVES (2001), HALLIDAY (1996), NUSSENZVEIG (1996) e TIPLER & MOSCA (2006), porém de forma estática.

- ANIMAÇÃO 7

A partir da animação da figura 7, foi desenvolvida uma atividade para que os alunos discutissem e resolvessem em grupos, cujo objetivo foi uma aplicação prática da equação da continuidade e da equação de Bernoulli para fluidos ideais. Através dessa atividade lúdica, o aluno é questionado sobre uma situação com a qual um técnico pode se deparar nas suas atividades profissionais.

Através dessa atividade, o aluno pôde constatar a mudança da velocidade das partículas de um fluido, considerado ideal, quando ocorre a mudança da área transversal de um tubo de corrente. Também o aluno conseguiu visualizar a dependência da pressão com a velocidade do fluido, considerado ideal. Portanto, ele fez uma análise qualitativa da situação, relacionando-a com as equações aprendidas (a equação da continuidade e a equação de Bernoulli).

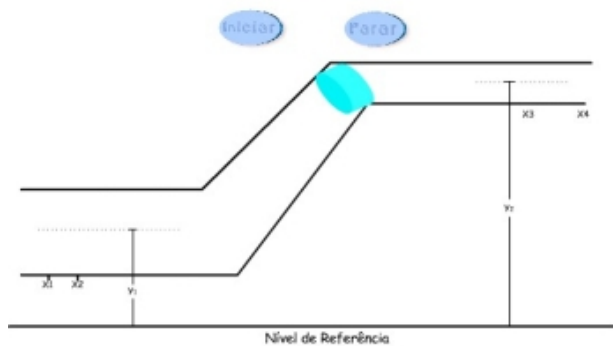


Figura 6 – Animação: fluido ideal, incompressível, sob a ação da gravidade e em escoamento laminar em um cano com elevação e áreas transversais variáveis.

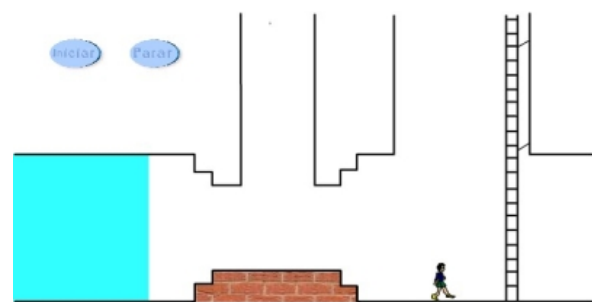


Figura 7 – Animação: técnico fugindo de um escoamento de água dentro de um sistema de irrigação.

- ANIMAÇÃO 8

Na animação da figura 8, é mostrado um equipamento utilizado por técnicos para a aplicação de defensivos agrícolas.

Os alunos discutiram entre si e realizaram uma atividade que visava explicar o funcionamento deste equipamento, desenvolvendo desta forma habilidades de contextualização de conceitos de Dinâmica dos Fluidos com os cursos técnicos.

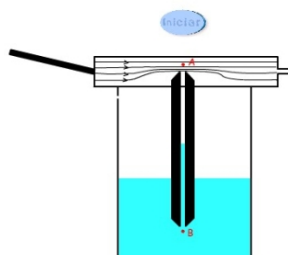


Figura 8 – Animação: pulverizador de defensivos agrícolas.

- ANIMAÇÃO 9

Na animação da figura 9, é mostrado um sistema de irrigação ao qual é acoplado um medidor de Venturi.

Os alunos foram solicitados a determinar a vazão e a velocidade de escoamento do fluido na tubulação com a ajuda de um Medidor de Venturi. Para facilitar o desenvolvimento dessa atividade, foram fornecidas dicas aos alunos, além de contarem com a colaboração dos colegas e do professor.

- ANIMAÇÃO 10

A partir da animação da figura 10, o aluno é levado a pensar que existem fluidos onde há dissipação significativa de energia devido ao atrito entre as camadas do fluido e do atrito das camadas do fluido com as paredes do recipiente que o contém, quando ele está em movimento. Essa animação serve de problematização inicial para o conceito de fluido "real".

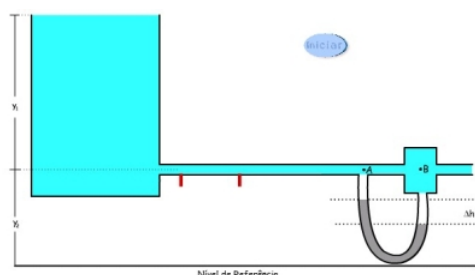


Figura 9 – Animação: sistema de irrigação com Medidor de Venturi.

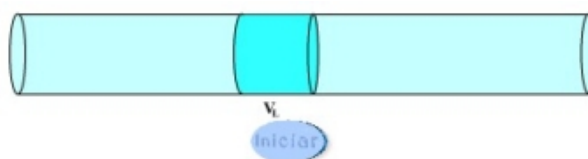


Figura 10 – Animação: porção de um fluido colocada em movimento em um cano horizontal.

- ANIMAÇÃO 11

A partir das animações das figuras 11 (a) e (b), foi proposta aos alunos uma discussão sobre a diferença entre o escoamento de um fluido ideal e o escoamento de um fluido "real".

Nessas animações, o aluno é capaz de perceber que para um fluido dito ideal não há dissipação de energia devido à viscosidade do fluido, portanto a altura da coluna de fluido será a mesma em todos os canos verticais. Já no fluido "real", devido à dissipação de energia, à medida que o fluido se movimenta, as alturas das colunas nos canos verticais serão diferentes.

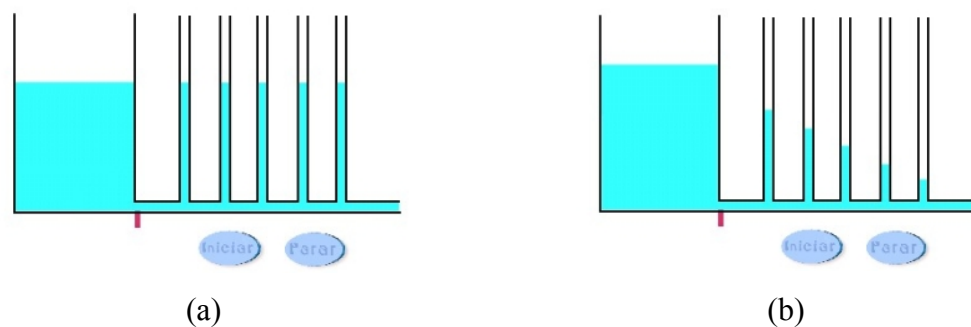


Figura 11 – Animação: (a) escoamento de um fluido ideal; (b) escoamento de um fluido "real".

- ANIMAÇÃO 12

Na animação da figura 12, o aluno percebe que as camadas adjacentes de um fluido são arrastadas devido à viscosidade.

- ANIMAÇÃO 13

A animação da figura 13 serve para ilustrar a distribuição de velocidades num fluido viscoso em movimento (lei de **Poiseuille**). Devido à viscosidade do fluido, a velocidade será maior no

centro do cano, diminuindo em direção às paredes do cano, onde a velocidade das partículas do fluido é nula.

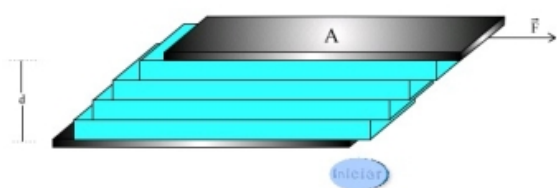


Figura 12 – Animação: porção de fluido entre duas placas planas e paralelas de área A.

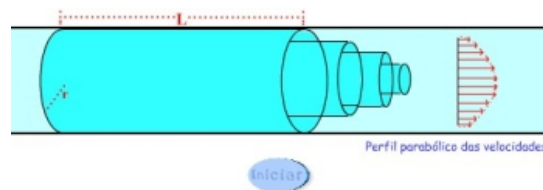


Figura 13 – Animação: escoamento viscoso em um tubo cilíndrico.

- ANIMAÇÃO 14

A animação da figura 14 visa ilustrar a distribuição das linhas de corrente em torno de um sólido em movimento em um fluido incompressível. Essa animação serve de problematização inicial para o estudo da lei de Stokes.

- ANIMAÇÃO 15

A animação da figura 15 visa ilustrar um sistema de irrigação a partir do qual são propostos alguns exercícios de revisão referentes aos dois módulos didáticos.

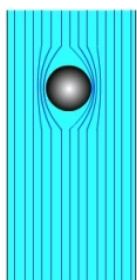


Figura 14 – Animação: linhas de corrente de um fluido, no interior do qual há uma esfera em movimento.

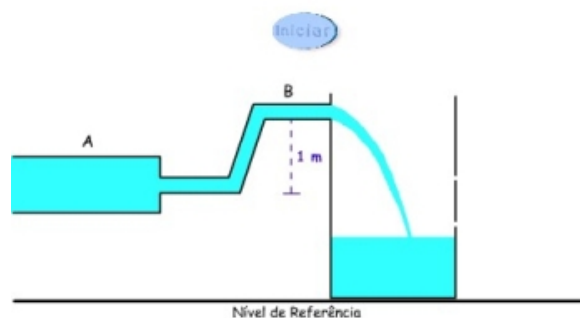


Figura 15 – Animação: sistema de irrigação.

Alguns vídeos foram inseridos no hipertexto com a finalidade de ilustrar alguns conceitos e experimentos reais, possibilitando que os alunos possam resolver atividades mesmo sem construir e realizar o procedimento experimental. Todos os vídeos foram obtidos com uma câmera digital e editados com o programa *Windows Move Maker*.

Os vídeos produzidos são os seguintes:

- VÍDEOS 1 e 2

Os vídeos 1 e 2 mostram o escoamento das águas de uma cascata e o escoamento da fumaça de um incenso respectivamente. Foram inseridos na aula 2 para ilustrar o conceito de escoamento turbulento e escoamento laminar.

- VÍDEO 3

O vídeo 3 mostra o escoamento de água de uma torneira. Foi inserido na segunda parte da aula 2 com a finalidade de estimular discussões entre os alunos a respeito da equação da continuidade para fluidos ideais.

- VÍDEO 4

Os vídeos 4 (a) e 4 (b) mostram o escoamento de água e o escoamento de mel respectivamente. Foram inseridos na aula 5 com a finalidade de problematizar o conceito de

viscosidade. A partir desses vídeos, os alunos são levados a pensar sobre o escoamento de fluidos com características distintas.

- VÍDEO 5

Os vídeos 5 (a) e 5 (b) mostram o escoamento de água junto a superfície de uma colher e o escoamento de água pela superfície externa de uma taça respectivamente. Foram inseridos na aula 6 com a finalidade de ilustrar e problematizar o efeito Coanda.

- VÍDEOS 6 e 7

Os vídeos 6 e 7 mostram a atividade prática sobre o aerofólio, possibilitando a realização de uma atividade de contextualização sem a realização prática do procedimento experimental.

Três *Applets Java* foram inseridos no hipertexto com a finalidade de torná-lo ainda mais interativo e facilitar o entendimento das relações entre as grandezas físicas. Os *Applets* 1 e 2 são de autoria de GARCIA, podem ser encontrados no endereço eletrônico <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>> e foram utilizados com a autorização do autor. O *Applet* 3 foi desenvolvido pela NASA e pode ser encontrado no endereço eletrônico de programas livres da NASA <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/freesoftware_page.htm>.

- APPLET 1

O *Applet Java* 1 foi inserido na aula 5 para que os alunos visualizassem as velocidades das partículas do fluido. Veja esse *Applet* na figura 16. Nesse *Applet*, é possível variarmos o gradiente de pressão e a viscosidade para observar as mudanças das velocidades das partículas do fluido.



Figura 16 – *Applet Java* viscosidade.

- APPLET 2

O *Applet Java* 2 ilustra um sistema no qual a água escoar por um orifício. Veja esse *Applet* na figura 17. É possível alterarmos o diâmetro do cano por onde a água escoar e a velocidade com que sai do orifício. A finalidade desse *Applet* é modificar o número de Reynolds através da modificação dessas variáveis e observar a relação entre o número de Reynolds e as mesmas. Também é possível visualizarmos se o escoamento é laminar ou turbulento, e classificar o tipo de escoamento em função do número de Reynolds.

- APPLET 3

Foi elaborado um roteiro para uma atividade que utilizava o *Applet Java* desenvolvido pela NASA. Através dessa atividade, o aluno pôde analisar as linhas de corrente, as velocidades e as pressões ao longo da superfície de um aerofólio e, assim, entender o princípio de funcionamento do aerofólio. Veja esse *Applet* na figura 18. O aluno pode relacionar a velocidade do aerofólio em relação ao ar e as dimensões do aerofólio e a densidade do ar com a força de sustentação da asa.

Através dessa atividade exploratória, os alunos interagem uns com os outros trocando e testando conceitos, para por fim, com a ajuda dos pares e do professor, chegarem ao entendimento aceito cientificamente do fenômeno.

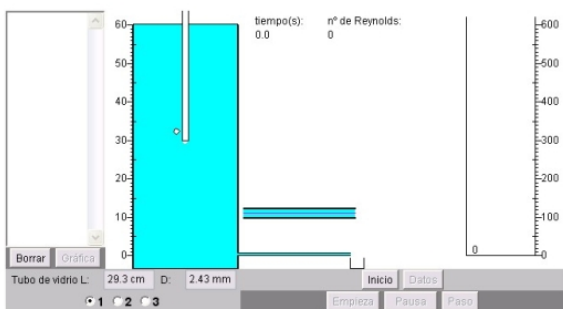


Figura 17 – Applet Java sobre o número de Reynolds.



Figura 18 – Applet Java sobre o aerofólio.

Para a construção de uma das atividades práticas, utilizamos um manômetro sensível, um sensor de pressão, uma maquete de celeiro rural e uma maquete de aerofólio, todos previamente construídos por nós. Dessa forma, os alunos puderam analisar o princípio de funcionamento de um aerofólio e o efeito Coanda em um galpão rural. Essa atividade foi baseada no trabalho de WELTNER et. al. (2001).

As atividades experimentais serviram de motivação para os alunos, que após uma análise dos fenômenos com o indicador de movimento de ar, com o manômetro e com os aerofólios, responderam algumas questões. Todas as atividades foram realizadas em grupo, novamente proporcionando interação social e troca de conceitos entre os discentes e o professor, além de servir de instrumento de avaliação.

Para realizarmos a atividade de modelagem, utilizamos o software livre Modellus 2.5, desenvolvido por TEODORO et. al. que pode ser encontrado no endereço <<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>>. Veja, na figura 19, a janela do software Modellus.

A partir dessa atividade, os alunos puderam analisar o movimento de um sólido em um fluido, relacionando a velocidade terminal do sólido (esfera) com a viscosidade do fluido e com a densidade da esfera, proporcionando assim uma reflexão a respeito da força de freamento que surge nos sólidos quando se movem em fluidos viscosos.

Uma atividade de aquisição automática de dados foi desenvolvida com um equipamento previamente montado por nós. Essa atividade teve como finalidade estudar a fórmula de Stokes para uma esfera, analisando o movimento deste sólido em um meio viscoso. Além disso, os alunos, ao se depararem com as dificuldades da realização de experimentos reais, notaram a necessidade de serem tomados certos cuidados durante a realização de um experimento, a fim de tornar os resultados mais fidedignos. Também se aperceberam da necessidade de criatividade para a construção dos aparatos experimentais e de buscar melhores modelos para descrição mais aprimorada dos fenômenos. Logo, o aluno começa a compreender a Física como uma ciência que faz uso de modelos e aproximações e não como uma disciplina detentora de respostas universais, absolutas e infalíveis. Veja, na figura 20, a realização da atividade de aquisição automática de dados.

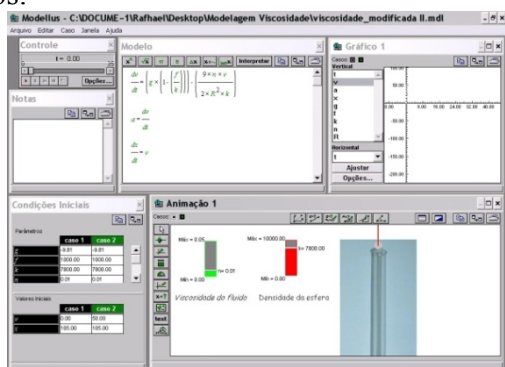


Figura 19 – Janela do software Modellus 2.5.



Figura 20 – Ilustração da atividade de aquisição automática de dados.

A seguir apresentaremos nossas primeiras conclusões a respeito da utilização do material didático produzido, bem como algumas considerações sobre a possibilidade da adaptação dos módulos didáticos para o ensino médio regular e da adequação para outros temas da Física.

4. Conclusões e considerações finais

Em meio à crise que se instala na educação do país, principalmente no ensino de Física, disciplina cada vez mais desprezada pelos estudantes e gestores, que reduzem a carga horária da disciplina em detrimento de outras, é necessário que os professores tomem providências, usando criatividade e novas metodologias de ensino.

É necessário que nós, professores de Física, encontremos uma solução para esse impasse, desenvolvendo conteúdos mais atuais como a Física Moderna e Contemporânea em sala de aula, fazendo contextualização com as tecnologias utilizadas pela sociedade, realizando a conexão dos conteúdos com as vivências dos discentes e promovendo a interdisciplinaridade.

Acreditamos que alcançar esses objetivos requer o uso de novas tecnologias no ensino, uma metodologia que visa respeitar as individualidades dos alunos e utilizar as potencialidades da tecnologia na visualização e entendimento dos fenômenos, servindo de motivação e facilitando a aprendizagem.

Diante disso, o produto educacional desenvolvido consistiu na elaboração de um hipertexto permeado de imagens, textos, animações, *Applets Java*, vídeos e outras atividades. As hiperlinks fazem uma conexão entre os conteúdos da Dinâmica dos Fluidos e as vivências dos alunos dos cursos técnicos em agricultura e zootecnia, sempre induzindo interação social e troca de conceitos de forma oral e escrita entre os discentes e entre os discentes e o docente. Teve como público alvo alunos e professores dos cursos das Escolas Agrotécnicas (EAs) e dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs). No entanto sua implementação pode ser expandida para outros recortes temáticos ou ser modificada para outros contextos.

Professores e alunos de Física do ensino médio regular podem utilizar o material didático produzido, bastando fazer alguns adendos à problematização inicial e à contextualização. Por exemplo, quando tratamos do pulverizador de defensivos agrícolas, o professor do ensino médio regular pode facilmente considerá-lo como um sistema de spray de perfume ou desodorante, que faz parte das vivências dos seus alunos. O funcionamento da asa de um avião não deixa de ser vivência de todos os alunos e atrai a curiosidade de qualquer adolescente. A atividade de animação desenvolvida em *flash* para o primeiro módulo didático, embora represente um sistema de irrigação, devido ao seu caráter lúdico, é instigante para os alunos dessa faixa etária independente do contexto em que estejam inseridos.

Tem-se comentado a substituição dos professores por novas tecnologias e que o uso de computadores, apesar da elevada comunicabilidade, diminui a afetividade e a sociabilidade entre as pessoas, isolando-as em sociedades virtuais desprovidas de envolvimento emocional.

Mostramos nesse trabalho que é possível a construção de um material didático permeado de novas tecnologias que instigue a utilização do sistema de signos mais fabuloso que possuímos, a linguagem, construindo afetividade entre os alunos e o professor, característica que facilita a aprendizagem significativa. Basta para isso que, ao desenvolver os módulos com o uso de novas tecnologias, o educador utilize um referencial teórico adequado.

A máquina em nenhum momento se mostra com esse caráter ameaçador de substituição do professor, mas sim se apresenta como uma ferramenta didática que agrega a possibilidade de visualização de fenômenos, acesso em tempo real a gráficos e análises estatísticas de dados de procedimentos experimentais. Logo, o uso de novas tecnologias facilita a utilização de experimentos com finalidade didática, uma vez que dispomos menor tempo para coletar e analisar esses dados.

É fundamental que os professores se adaptem às novas tecnologias, fazendo cursos de capacitação, a fim de poder utilizá-las com todo o seu potencial promissor sem cometer equívocos na sua utilização como ferramenta pedagógica. As novas tecnologias já fazem parte das vivências e

tornaram-se um sistema de signos dos nossos alunos, portanto cabe ao professor adequar-se a essa nova realidade e utilizá-la em favor do processo ensino/aprendizagem.

Esperamos que este trabalho possa ser utilizado por outros professores e sirva de inspiração para o desenvolvimento de outros projetos, tanto pelo autor como por outros docentes. Pretendemos fazer do uso de novas tecnologias, prática constante da nossa carreira docente, incentivando e divulgando a sua utilização, porque acreditamos ser essa uma opção para a transformação do ensino no país, sobretudo para o ensino de Física.

5. Referências Bibliográficas

CHAVES, A. S. (2001) Fluidos. **Curso básico para estudantes de ciências físicas e engenharias**. V.1-Cap.12 e V.4 Cap. 43. 2 ed., RJ, Reichmann & Affonso Ed., p. 126-147.

GARCIA, A. F. **Física con ordenador: curso interativo de física em Internet**. <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>> Acesso em 10 de jan. 2007.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. e WALKER, J.(1996) Fluidos Ideais em Movimento. **Fundamentos de Física**. V. 2, 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 90-97.

MOREIRA, M. A. (1999). **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo : EPU.

NASA <<http://www.grc.nasa.gov> > Acesso em 15 de fev. 2007.

NUSSENZVEIG, M. (1996). Noções de hidrodinâmica. **Curso de Física Básica**. V2, 3 ed., p. 12-37.

TEODORO V. D. et. al. **Modelus**. <<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>> Acesso em 11 de abr. 2007.

TIPLER, P. A. e MOSCA G. (2006). Fluidos em Movimento. **Física**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 462-471.

VYGOTSKY, L. S. (1998). **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**, São Paulo: Martins Fontes.

WELTNER, K., et. al. (2001). **A dinâmica dos Fluidos Complementada e a Sustentação da Asa**, Rev. Bras. Ens. Fís. v. 23. n.4, p.429-443.

RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA¹

Arlindo Henrique Hoch Cenne [arlindocenne@yahoo.com.br]

Colégio Santa Rosa de Lima e Colégio São José de Murialdo, 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

O ensino de Física no Brasil passa por muitas dificuldades. Cabe ao professor a tarefa de buscar novas metodologias de ensino para tornar as aulas mais interativas e atraentes para os alunos como forma de despertar maior gosto pelo ensino das ciências em geral. É imprescindível também desenvolver o poder de crítica na formação de conceitos através da socialização entre alunos e professores e da interação com o meio em que o aluno vive, sempre visando a obtenção de uma aprendizagem potencialmente significativa. Diante deste quadro, buscou-se, através da teoria de mediação e interação social de Vigotski em conjunto com a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak, desenvolver atividades em Física Térmica utilizando modelagens computacionais criadas com os programas *Modellus*² e *Excel* como recurso complementar às aulas de Física. Também foram produzidos *gifs* animados não interativos explorando algumas situações físicas e um hipertexto utilizado como recurso de pesquisa extra classe. Este projeto foi aplicado ao longo dos meses de março a agosto de 2006 em três escolas particulares de Porto Alegre: Colégio São José de Murialdo, Colégio Santa Inês e Escola Maria Goretti, envolvendo seis turmas de segundo ano do Ensino Médio num total de 182 alunos. O material elaborado abordou os tópicos sobre termometria, dilatação térmica, calorimetria, curvas de aquecimento, processos de transmissão do calor, gases e termodinâmica. Os conteúdos foram organizados em módulos didáticos, contendo um texto de apoio, as modelagens utilizadas, um guia de atividades com orientações para sua utilização e com questionamentos acerca do conteúdo. Em todos os tópicos foi incluída uma seção com questões *Física no Cotidiano*, buscando sempre relacionar os assuntos desenvolvidos no ambiente escolar e situações vivenciadas pelo aluno no seu dia-a-dia. O material instrucional, produto deste trabalho, foi disponibilizado em CD-ROM e em página da *Web* das escolas onde foi aplicado e, posteriormente será divulgado na série *Hipermídias de Apoio ao Professor de Física*³ podendo ser utilizado por outros professores com seus alunos.

Palavras-chave: Física térmica; Modelagens computacionais; Programa *Modellus* e planilha eletrônica; Teoria de aprendizagem significativa de Ausubel; Teoria da interação social de Vigotski; Física no cotidiano.

1. Introdução

No mundo todo e no Brasil, em particular, o ensino de Física está passando por inúmeras mudanças. Os professores precisam diversificar a tradicional metodologia – quadro-negro e giz – e ampliar seus saberes pedagógicos usando novas metodologias e tecnologias de ensino, fazendo uso, *e. g.*, de recursos computacionais, como modelagens, construção de hipertextos, *applets*, pesquisas

¹ Apoio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

² *Modellus* é um programa que além de possibilitar explorar modelos matemáticos e físicos já conhecidos, permite, de um modo simples, construir modelos matemáticos para o estudo de diversos sistemas. O programa permite, de forma rápida e fácil, construir gráficos e tabelas que descrevem o comportamento do modelo. Trata-se de um programa livre, disponível em: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>.

³ Série publicada pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/Hipermidias/HA.html>. Acesso em: 9 ago. 2007.

na Internet, que contribuem para tornar as aulas mais atraentes e, espera-se, levem a uma aprendizagem mais significativa. (Nogueira; Rinaldi, 2003; Araujo; Veit; Moreira, 2004)

Há praticamente 50 anos, grande parte dos professores leciona Física da mesma maneira, as aulas reproduzem o livro-texto, repetindo seus conteúdos aos alunos como verdades absolutas.

Desde os anos 60, segundo Moreira (2000), os livros didáticos sofreram pequenas alterações, ganhando ilustrações e cores, alguns sendo distorcidos pelos programas de vestibular. Mas o método de ensino pouco se alterava e o referencial da aula continuava centrado no livro-texto e listas intermináveis de exercícios. Nesta mesma época, trabalhava-se com laboratórios, mas estes eram atividades rotineiras, que reproduziam um material impresso no livro didático, tornando a aprendizagem pouco significativa.

Um grande problema enfrentado no ensino de Física nas escolas de todo o país é a dificuldade de os alunos interpretarem situações físicas e relacioná-las com o uso de recursos matemáticos, pois os alunos compreendem a Física como uma Matemática mais avançada, o que torna o ensino desestimulante, haja vista o grande despreparo destes em realizar operações básicas da Matemática. Dessa forma, muitos optam pela desistência da matéria, pelo excesso de faltas ou, em pior hipótese, podem chegar à evasão escolar.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (Brasil, 1999) e com os PCN+, que incluem orientações complementares (Brasil, 2002), os alunos de Física deverão concluir a educação básica sendo capazes de representar situações do mundo físico, compreender, investigar e comunicar-se em torno do saber científico. Ao professor cabe a tarefa de ensinar Física como construção, modelagens de significados, construindo formas de tornar a aprendizagem significativa, tornando-os ativos na sociedade, aplicando seus conhecimentos a situações reais e vivenciais.

Alem disso, os PCNEM também apontam a importância da atualização do ensino em relação à informação e incentivam e orientam o professor para a busca de novas abordagens e metodologias de ensino, visando às competências e habilidades a serem desenvolvidas pelo aluno, em cada disciplina.

Os PCNEM indicam a necessidade das tecnologias serem incorporadas no aprendizado escolar como instrumento para a cidadania, para as relações sociais e para o trabalho, explicitando que o domínio dos recursos didáticos, como as novas tecnologias, também deve ser um objetivo do ensino das Ciências, Matemáticas e suas tecnologias.

Segundo Veit e Teodoro (2002), a utilização de novas tecnologias ainda está muito defasada em relação ao seu uso científico, necessitando que, para cada área específica do conhecimento, se incorporem as tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, conforme orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

O mundo no século XXI está dominado por tecnologias em todos os setores da sociedade, desde as áreas rurais até os grandes centros urbanos, onde o principal avanço encontra-se nas telecomunicações. Celulares de última geração e Internet se tornaram elementos básicos e indispensáveis de uso comum e, até mesmo, de status social.

Nós professores precisamos trazer esta tecnologia para nossas aulas, de modo que o aluno possa interagir com a tecnologia contemporânea, utilizando recursos, tais como: Internet, modelagens computacionais, hipertextos, *applets*, ambientes virtuais de aprendizagem e grupos de discussão que atraiam a atenção dos alunos, tornando-os mais ativos na construção do saber, modificando tanto a visão, quanto a postura, que possuem das aulas de Física.

Muitas vezes as escolas não dispõem de recursos físicos e materiais para desenvolverem práticas de laboratórios e experimentos que facilitariam a aprendizagem deixam de ser realizados. Entre outros fatores prejudiciais, está a falta de tempo na realização do experimento, haja vista que o professor dispõe comumente de um único período de aula, que seria usado para os alunos se encaminharem para o laboratório, organizarem o material, colherem os dados e discutirem os resultados. Na tentativa de superar esta dificuldade, o uso de *softwares* em laboratório de informática aliado a guias de atividades adequados poderia ampliar as condições para uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos das mais diversas áreas.

O avanço do conhecimento na área tecnológica propicia aos alunos uma maior interatividade e agilidade na busca pelo saber científico. Agilidade, velocidade de comunicação e praticidade fazem parte da rotina dos estudantes, que muitas vezes não é acompanhada no meio escolar, devido à falta de recursos físicos ou, muitas vezes pela incapacidade de alguns dirigentes de estabelecimentos de ensino investir em tecnologia, tornando a aprendizagem menos atraente para os alunos.

Caso não ocorra uma adequação das escolas e dos profissionais da área de educação na produção, desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias, o mundo escolar ficará cada vez mais distante do mundo vivencial dos alunos (Gonçalves, 2005).

Cabe ao professor 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 verbal ou textualmente. (Fiolhais; Trindade, 2003)

Nos projetos de estudantes do Mestrado Profissional em Ensino de Física do Instituto de Física, UFRGS, foram ou estão sendo desenvolvidos alguns trabalhos abordando tópicos de Física Térmica. Dentre os trabalhos já concluídos um envolveu atividades experimentais demonstrativas ou na forma de simulações em FlashMX (Gonçalves, 2005) outro, atividades experimentais utilizando aquisição automática de dados (Sias, 2006).

Para facilitar a aprendizagem, quando são utilizadas novas tecnologias, é necessário que o programa computacional utilizado tenha relação com o conhecimento prévio do aluno e apresente o conteúdo com clareza, ou pelo menos em um grau de subjetividade condizente com a estrutura cognitiva do usuário aprendiz. O programa adotado deve motivar os alunos para que ocorra interação usuário-computador, de modo que favoreça a reflexão e que o conteúdo a ser desenvolvido possa ser tratado de forma crítica.

Dentre os *softwares* disponíveis para modelagem foram escolhidos neste trabalho o *Modellus*, em particular suas possibilidades no tocante às animações e à construção de gráficos, a planilha eletrônica Excel, já usada pelos alunos para cálculos e para construções gráficas; e o programa Paint Shop Pro V, utilizado para a produção de *gifs* animados representando algum fenômeno físico abordado.

O programa *Modellus* permite que professor e aluno construam experimentos conceituais utilizando modelos matemáticos definidos a partir de equações que podem ter sido trabalhadas em sala de aula. O *Modellus* possui uma interface gráfica intuitiva, o que vem a facilitar a interação dos estudantes com modelos em tempo real e a análise de suas diversas representações, permitindo também, observar múltiplas situações conceituais simultaneamente.

2. Objetivos

Os objetivos deste trabalho consistem em utilizar uma metodologia para o ensino da Física Térmica fazendo uso de tecnologias computacionais na prática docente, destacando o uso de modelagens computacionais com o programa *Modellus* e com planilha eletrônica aliadas a guias de atividades incorporadas em um hipertexto. Visando uma aprendizagem significativa que contemplasse diversas metodologias, os conteúdos foram divididos em módulos didáticos com guias de atividades, esperando que o aluno: (i) explore as simulações propostas de modo a desenvolver sua capacidade de criar e representar novas situações; (ii) discuta os conceitos subjacentes; (iii) estabeleça relações entre grandezas físicas a partir de análises gráficas; (iv) relacione os assuntos abordados com situações do seu cotidiano.

3. Desenvolvimento

Este trabalho utiliza tecnologias computacionais para complementar o ensino de Física Térmica, concomitantemente às aulas tradicionais. Para tanto, os recursos utilizados consistem no

uso de modelagens (simulações) computacionais desenvolvidas pelo professor com o programa *Modellus* e com planilha eletrônica; no acesso a *Applets* disponíveis na Internet e discussões em grupos de alunos para debater os assuntos e situações do seu cotidiano. Sempre que possível, procurou-se promover a interação social fazendo com que trabalhassem em duplas e, em alguns momentos, em grupos maiores, em conformidade com a teoria de L. Vigotski.

A aplicação do projeto se deu em seis turmas do segundo ano do Ensino Médio de três escolas particulares de Porto Alegre: Colégio São José de Murialdo, Escola Maria Goretti e Colégio Santa Inês e contou com a participação de 182 alunos, cuja faixa etária varia entre 15 e 17 anos. O projeto foi aplicado no período de março a agosto de 2006, com aproximadamente 23 horas-aula de atividades para cada turma, além do período destinado ao trabalho extra classe.

As três escolas dispõem de laboratório de informática e de monitores⁴ que trabalham em turno inverso, gerando maiores oportunidades de aprendizado e participação dos alunos que não possuem um conhecimento técnico na área de informática ou recursos tecnológicos necessários para a realização das tarefas em suas casas. Esses recursos permitem que o aluno amplie as possibilidades de interação com o objeto de estudo em Física, realizando atividades extra classe, podendo promover um maior interesse pela Física e um melhor aprendizado.

Os temas de Física Térmica, abordados com recursos computacionais, incluem tópicos distribuídos em sete módulos didáticos sobre temperatura e termometria, dilatação térmica, calorimetria, curvas de aquecimento, processos de transmissão do calor, gases e termodinâmica. Além da utilização dos recursos computacionais, foram desenvolvidos paralelamente os demais conteúdos de cada tópico exigidos no planejamento anual definido por área em cada uma das escolas.

A avaliação desta proposta se deu ao longo do desenvolvimento da mesma. Para tal, a aprendizagem adquirida pelos alunos foi analisada comparando-se os resultados obtidos em um teste⁵ aplicado como pré e pós-teste envolvendo os conteúdos de Física Térmica, assim como através da análise dos resultados obtidos pelos alunos nos demais instrumentos de avaliação utilizados. Após a aplicação do pré-teste foram feitas análises das respostas com objetivo de verificar os *subsunçores* existentes na estrutura cognitiva dos alunos, segundo a teoria de Ausubel. Procurou-se verificar a eficácia da aplicação da presente proposta na qualidade da aprendizagem dos alunos e no interesse dos mesmos pela disciplina. Foi também aplicado um questionário de opinião para verificar a aceitação da proposta pelos alunos.

Os alunos foram avaliados pela sua interação com os conteúdos de Física Térmica, através do trabalho realizado nas atividades propostas nos módulos didáticos; suas contribuições nos debates; no desenvolvimento de trabalhos e na resolução de exercícios; bem como por meio de prova individual, prevista no plano pedagógico das três escolas.

4. Material Instrucional

O desenvolvimento do material utilizado e a metodologia empregada tiveram por base os referenciais das teorias de mediação e interação social de Lev Vigotski e a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak, sendo os conteúdos distribuídos em sete módulos didáticos, contendo textos de apoio e atividades exploratórias com questionamentos envolvendo modelagens computacionais criadas com os programas *Modellus* e com planilha eletrônica, guias para utilização das mesmas, assim como uma seção com questionamentos que abordam a Física no cotidiano do aluno. Na Figura 1 é apresentada a página inicial do hipertexto e a página inicial do *Módulo 2: Dilatação térmica* que compõem o material didático desenvolvido no projeto:

⁴ Os monitores são especializados ou estagiários em pedagogia de multimeios.

⁵ Este teste já foi utilizado anteriormente por D. B. Sias, quando da aplicação de seu trabalho de mestrado (Sias, 2006), com o objetivo de averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos de Física Térmica.



Figura 1: Hipertextos que fazem parte do material instrucional desenvolvido no projeto: à esquerda, página inicial do hipertexto sobre Física Térmica e, à direita, página inicial do *Módulo 2: Dilatação térmica*.

Todos os módulos didáticos possuem a mesma estrutura. A seguir, é apresentada uma descrição de alguns componentes do material de cada um dos módulos.

Texto de apoio

Em cada um dos módulos didáticos é apresentado um texto introduzindo os conceitos referentes aos conteúdos abordados, que inclui também uma série de exemplos, de exercícios e de questões propostos com o objetivo de reforçar aspectos teóricos e fixar os conteúdos trabalhados, permitindo que os alunos possam externalizar seus conhecimentos, contextualizando-os no meio social em que estão inseridos. No *Módulo 2*, que trata da dilatação de sólidos e líquidos, também são incluídos *gifs* animados que ilustram estes fenômenos.

Guias de atividades sobre os conteúdos

Os guias das atividades foram desenvolvidos para que o aluno ou grupo de alunos possa interagir com as modelagens promovendo a interação social dos alunos e o professor atuando, então, como um mediador. Para cada um dos sete módulos didáticos foi elaborado um guia de atividades, contendo seu objetivo, o material de apoio (modelagens), uma seção, *Procedimento*, com instruções de uso das modelagens e outra seção, *Questões*, contendo questionamentos referentes ao conteúdo e a serem trabalhados interagindo com as modelagens. Na Figura 2 é apresentada a estrutura inicial do guia de atividades correspondente ao *Módulo 7*. Finalmente, em uma última seção, *Física no Cotidiano*, são apresentados questionamentos contextualizando o assunto do módulo didático com o dia-a-dia do aluno, pois através da interação com o meio em que vive ele formará seus próprios conceitos e podendo abandonar a aprendizagem mecânica, constituída por decorar conteúdos e teorias para um momento específico que seriam facilmente esquecidas após um curto período de tempo (Ausubel *apud* Moreira, ano).

Os guias de atividades têm por finalidade estruturar a forma sugerida de como a atividade pode ser trabalhada pelo professor, de modo a desenvolver no aluno seu raciocínio lógico e matemático, seu poder de crítica e análise de situações do cotidiano.

O último tópico do guia de atividades visa explorar situações já vivenciadas pelo aluno ou que estão inseridas no seu cotidiano. Chamada de *Física no Cotidiano*, esta seção contém uma série de questões de uso prático dos conceitos trabalhados e faz o aluno relacioná-los com eventos da natureza. (Como exemplo, esta seção de um dos módulos é apresentada na Figura 4).

MÓDULO 7: TERMODINÂMICA

GUIA DE ATIVIDADES SOBRE OS CONTEÚDOS DE TERMODINÂMICA

Objetivo: Análise de transformações termodinâmicas em gases ideais a partir de gráficos construídos determinando-se o trabalho realizado e verificando-se a 1ª Lei da Termodinâmica.

Material de apoio: Modelagem desenvolvida com o programa *Modellus* (trabalho_energia_termo.mdl)

ROTEIRO

I. Procedimento:

Para iniciar a modelagem pressione a tecla Iniciar da Janela "Controle".

Na Janela "Animação 1" são construídos dois gráficos da pressão (em atm) versus o volume (em L) representando dois processos termodinâmicos diferentes para uma amostra de um gás ideal

II. Questões

Acione o comando Iniciar da janela "Controle".

(1) Qual o trabalho realizado pelo gás e qual a quantidade de calor recebida em cada um dos processos?

Processo 1: Trabalho1 =J, Q =J.

Processo 2: Trabalho2 =J, Q =J.

Figura 2: É apresentada como ilustração a estrutura inicial de um dos módulos didáticos. A Janela Animação da modelagem construída para o *Módulo 7* (Caso 1) é mostrada na Figura 3.

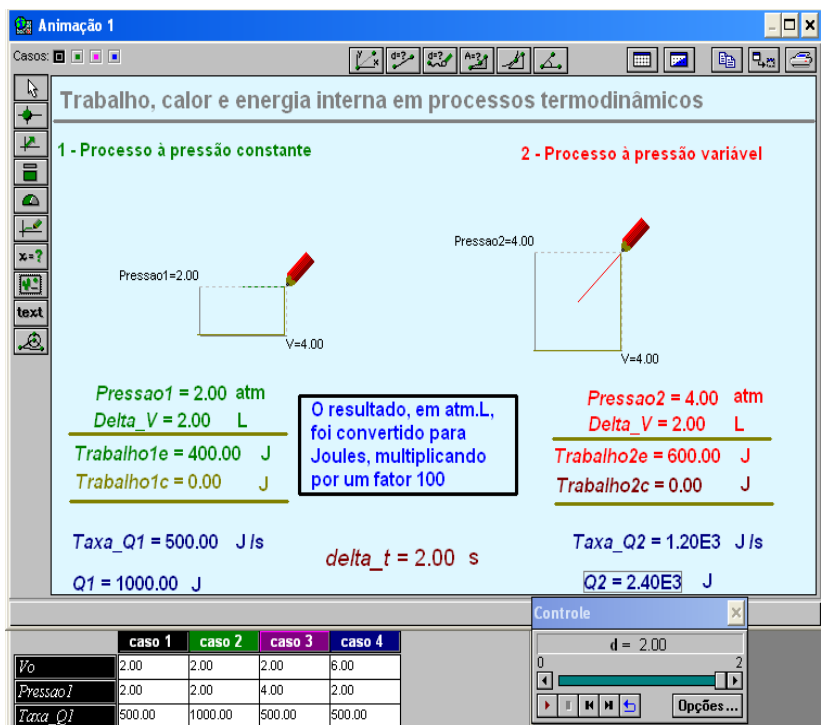


Figura 3: É apresentada como ilustração a Janela Animação da modelagem criada com o *Modellus* representando diferentes processos termodinâmicos.

Física no Cotidiano

- ✓ Diga, com suas palavras, o que você entende por "estado de equilíbrio térmico".
- ✓ Quando dois corpos são colocados em contato, qual a condição necessária para que haja fluxo de calor entre eles?
- ✓ **CERVEJA EMAGRECE!!** Ao bebermos uma lata de cerveja de 350ml, a -4°C , estamos provocando uma troca de calor do líquido ingerido com o nosso corpo. Quantas calorias nosso corpo perderá aproximadamente até atingir o equilíbrio térmico? Dica: use para o calor específico da cerveja o mesmo valor que o da água $c=1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ e considere que 1ml corresponde a 1g.
- ✓ Um grupo de amigos compra barras de gelo para um churrasco, num dia de calor. Como as barras chegam com algumas horas de antecedência, alguém sugere que sejam envolvidas num grosso cobertor para evitar que derretam demais. Essa sugestão:
 - a) é absurda, porque o cobertor vai aquecer o gelo, derretendo-o ainda mais depressa.
 - b) é absurda, porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, fazendo com que este derreta ainda mais depressa.
 - c) é inócua, pois o cobertor não fornece nem absorve calor ao gelo, não alterando a rapidez com que o gelo derrete.
 - d) faz sentido, porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando seu derretimento.
 - e) faz sentido, porque o cobertor dificulta a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando seu derretimento.
- ✓ Quando, numa noite de baixa temperatura, vamos para a cama, nós a encontramos fria, mesmo que sobre ela estejam vários cobertores de lã. Passado algum tempo, nos aquecemos porque:
 - a) o cobertor de lã impede a entrada do frio.
 - b) o cobertor de lã não é aquecedor, mas bom isolante térmico.
 - c) o cobertor de lã só produz calor quando em contato com nosso corpo.
 - d) o cobertor de lã não é um bom absorvedor de frio.
 - e) o corpo humano é um bom absorvedor de frio.
- ✓ Uma pessoa afiando uma faca em um esmeril é atingida por várias fagulhas (pedaços de metal incandescente) e não se queima. Isso acontece porque as fagulhas:
 - a) têm calor específico muito grande.
 - b) têm temperatura muito baixa.
 - c) têm capacidade térmica muito pequena.
 - d) estão em mudança de estado.
 - e) não transportam energia.

Figura 4: É apresentada como ilustração a seção *Física no Cotidiano* do *Módulo 5* sobre trocas de calor.

Antes do início das atividades propostas com as modelagens, os alunos tomaram contato com o assunto abordado no *Texto de apoio*. Através de discussões do uso e das aplicações da Física no cotidiano, começaram a formar seus próprios conceitos, em um processo de contínua construção e reconstrução, conforme as teorias de aprendizagem subjacentes à metodologia. Após a conclusão desta etapa os alunos foram levados para os laboratórios de informática, receberam o guia de atividades e as instruções sugeridas para o trabalho.

Os alunos se agruparam em duplas ou em trios de sua própria escolha, o que favoreceu a interação social e promoveu debates sobre as questões propostas, envolvendo a construção de seu próprio conhecimento. Para complementar e aprofundar a busca por conceitos, ao final da atividade, em período extra classe, se formaram grupos maiores para discussão e finalização das atividades propostas nos módulos didáticos.

Modelagens e gifs animados

As modelagens produzidas visam tratar os conceitos da Física Térmica de uma forma simples e de fácil compreensão para os alunos, permitindo que ocorra interação entre o usuário e o aplicativo, tornando a busca pelo saber mais dinâmica e atrativa. É incentivado que o aluno faça associação entre as grandezas físicas analisando os gráficos correspondentes.

Nas simulações foram sugeridos alguns casos⁶ adicionais, contendo valores predeterminados, explorando situações específicas, para manter um padrão cientificamente correto. O aluno era incentivado a explorar outras situações que mais lhe conviessem, colocando parâmetros, alternando e extrapolando valores que corroborassem suas hipóteses formuladas, sendo sempre enfatizado o cuidado que devem tomar para não representar uma situação absurda, ou seja, fora dos padrões cientificamente corretos.

Os *gifs* animados construídos não permitem interação e foram usados para dar um contexto científico complementar às modelagens trabalhadas, fazendo com que o estudante aprimore ainda mais seu conhecimento e possa pensar ou planejar alguma situação diversa. Estes *gifs* animados foram construídos utilizando o programa Paint Shop Pro V⁷. Um exemplo é apresentado na Figura 5.

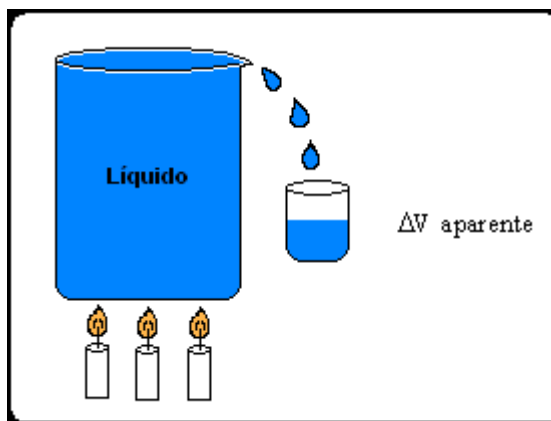


Figura 5: Um dos quadros correspondentes ao *gif* animado que ilustra a dilatação de um líquido contido em um recipiente.

As modelagens elaboradas foram planejadas dentro de um padrão que: (a) fossem atrativas, intuitivas, com imagens claras e nítidas e de fácil interação; (b) possuíssem tamanho compatível com a tela do computador, tal que o aluno pudesse observar todo intervalo de variação das grandezas; (c) os arquivos com tamanho que pudessem ser executados em computadores que os alunos encontram nas escolas ou em suas casas; (d) apresentassem claramente questões e localização inserida onde o aluno deveria alterar os parâmetros propostos; (e) relacionadas com conteúdo anteriormente trabalhado em sala de aula; (f) possibilitem o seu uso para verificar situações diversas das propostas pelo professor, p. ex., aquelas presentes em livros didáticos, como exemplos e exercícios.

5. Considerações Finais

A implementação de novas tecnologias através de recursos computacionais é uma alternativa para melhoria do ensino de Física, pois proporciona benefícios ao trabalho pedagógico por despertar o interesse do aluno para inovações tecnológicas e facilitar a compreensão dos fenômenos físicos, constituindo-se assim num instrumento de motivação do processo ensino-aprendizagem.

O uso de tecnologias computacionais no ensino de Física torna a aprendizagem mais dinâmica e, quando trabalhado de uma forma lúdica, atrai a atenção do aluno para a observação do fenômeno físico abordado promovendo a sua interação com o mesmo, podendo, com isso, desenvolver seu lado crítico e investigativo. Espera-se que o contato do aluno, através de modelagens e simulações de um sistema físico, com as grandezas físicas e suas relações possa servir

⁶ Caso no menu do programa *Modellus* permite inserir mais de um parâmetro para a mesma variável, representando situações diversas.

⁷ Paint Shop Pro V é um *software* livre que permite edição de imagens e construção de *gifs* animados.

como um instrumento facilitador na aquisição do conhecimento e na formação de conceitos cientificamente corretos.

Durante a realização das atividades, pôde-se constatar uma grande interação entre os alunos. Mesmo trabalhando em duplas ou em trios, havia interação entre os vários grupos por diversos motivos, tanto para prestar ajuda na interação com os programas quanto nas discussões acerca dos questionamentos.

Na aplicação do projeto eram trabalhadas questões explorando situações do cotidiano do aluno que, através de pesquisa extraclasse, do debate com os grupos e na própria sala de aula, percebia seu papel no meio social e, dentro da discussão de cada assunto, desenvolvia sua criatividade e capacidade de associação para relacionar uma nova situação com conceitos estudados anteriormente.

Um dos objetivos deste projeto é fazer com que os alunos adquiram maior entendimento dos fenômenos físicos permitindo que estabeleçam relações entre os conceitos teóricos e a aplicação prática de situações por eles já vivenciadas. Para isso foram confrontados com diversas situações durante a aplicação das atividades, proporcionando momentos de muitos questionamentos entre os grupos na medida em que relacionavam uma nova informação do fenômeno observado às suas concepções prévias. Ao final das atividades e através das avaliações, pôde-se notar que ocorreu evolução conceitual.

Os resultados apresentados pelos alunos das três escolas onde foi aplicado o projeto referem-se à aplicação de um teste de múltipla escolha com o intuito de verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre Física Térmica. Este questionário foi aplicado em duas oportunidades: no primeiro dia de aula, como um pré-teste e ao final da aplicação desta proposta de ensino, na forma de um pós-teste.

Na aplicação do pré e do pós-teste participaram 179 alunos⁸. Foram analisadas 16 questões com três alternativas cada, totalizando 48 itens verificados. O aluno responderia para cada alternativa: verdadeira ou falsa, podendo assim analisar e verificar o seu pensamento sobre as situações abordadas. Usando-se gráficos de barras, para análise e comparação dos resultados, verificou-se que ocorreu um ganho na aprendizagem.

Pôde-se, também, verificar que em praticamente todas as questões, os alunos demonstraram um aprendizado ao marcarem, no pós-teste, a alternativa cientificamente correta; em várias questões houve, também, redução do percentual de alunos que marcaram a alternativa incorreta.

Notou-se que alguns alunos não apresentaram progresso na formação cientificamente correta de conceitos, pois em sua mente conceitos ambíguos foram registrados como sendo corretos. Outro fator que pode tê-los levado a marcar respostas cientificamente incorretas foi a falta do poder de crítica e raciocínio de alguns deles, associado à falta de interesse ao responder o questionário, mesmo que lhes foram explicados o objetivo e a importância de suas respostas para o desenvolvimento do projeto que estava sendo aplicado.

Com relação ao questionário de opinião, a maioria dos alunos achou prazeroso realizar as atividades desenvolvidas no laboratório de informática não só pelo aprendizado, mas também como forma de diversificar a metodologia de ensino, através de aulas mais atrativas e interessantes, que despertam o interesse pela descoberta. Também pôde ser constatado que alguns alunos demonstravam bastante interesse nas aulas práticas, mas perdiam parte do interesse pela atividade quando tinham que responder as questões propostas; porém, quando trabalhavam com o tópico *Física no Cotidiano*, demonstravam novo interesse em descobrir o porquê de situações que já costumam presenciar no seu dia-a-dia. Uma pequena parcela dos alunos não manifestou gosto pelo trabalho com recursos tecnológicos.

Os guias das atividades foram reformulados para contemplar as dificuldades apresentadas pelos estudantes durante a aplicação do projeto aprimorando o material didático para que seja utilizado no ambiente escolar também por outros professores. Espera-se, assim, contribuir para melhorar o ensino de Física e difundir o uso de novas tecnologias tanto em escolas da rede privada, quanto da rede pública de ensino.

⁸ Três alunos entraram nas turmas no decorrer do ano e não participaram do questionário do pré-teste nem do pós-teste

6. Referências Bibliográficas

ARAUJO, 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, jun. 2004.

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: 9 ago. 2007.

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

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

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, abr. 2000.

NOGUEIRA, J.S.; RINALDI, C. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2003.

SIAS, D. B. *Aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na Física Térmica do Ensino Médio*. 2006. 190f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física)–Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. Disponível em: <<http://www.cefetrs.tche.br/~denise>>. Acesso em: 9 ago. 2007.

VEIT, E.A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

INVESTIGANDO ESTILOS DE APRENDIZAGEM EM DISCIPLINA INTRODUTÓRIA DE CURSO DE FÍSICA

Maria Eulália Pinto Tarragó [eulaliap@puers.br]
Sayonara Salvador Cabral da Costa [sayonara@puers.br]
Faculdade de Física – PUCRS – Caixa Postal 1429
90619-900, Porto Alegre, RS- Brasil

Resumo

Este trabalho apresenta os primeiros resultados de uma experiência vivenciada em uma disciplina introdutória do curso de Física, composta de 37 alunos na qual a metodologia de ensino adotada priorizou desenvolver as habilidades e competências preconizadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, tendo como fundamentação a teoria da aprendizagem significativa (Ausubel) e crítica (Moreira). Os resultados preliminares quanto à aprendizagem dos alunos, envolvendo o conceito de pressão, mostraram uma diversidade de estilos que reflete especialmente a idiosincrasia das representações do que lhes é ensinado.

Palavras-chave: Parâmetros Curriculares Nacionais. Pressão. Ensino de Física. Aprendizagem Significativa e Crítica.

1. Introdução

O pivô desta pesquisa foi, inicialmente, a expressiva evasão de alunos do curso de Física em uma universidade particular. Ainda que esse quadro não fosse diferente daquele em outras universidades privadas, e mesmo públicas, conforme dados divulgados no *workshop “Ensino de Física: reflexões*, realizado na Universidade de Brasília (UnB, 2005), partimos para uma ação na tentativa de revertê-lo.

Entre os argumentos apontados no referido encontro, destacam-se como possíveis causas: i) o aluno de Física é mais exigido comparado ao de outros cursos; ii) a nota mínima de entrada no curso de Física é relativamente baixa, ensejando que muitos alunos optem pelo curso sem o interesse genuíno que conduz à necessidade de desenvolvimento de um raciocínio lógico e estímulo à leitura. Foi sugerido que se diminua radicalmente a exposição oral dos professores, uma vez que as teorias, na maioria dos casos estão melhores expostas nos livros didáticos do que na fala do educador; Contra esse último argumento, levando em conta que sem debate o aluno somente reproduzirá o que leu, outra professora recomenda propiciar aos alunos uma experiência mais intensa com a Física, por meio da prática, dos experimentos, além de incentivá-los a adotarem uma visão crítica dos autores que compõem a bibliografia utilizada nas disciplinas.

Esses argumentos serviram para corroborar nossas reflexões acerca de como a disciplina vinha sendo conduzida do ponto de vista metodológico; pela relevância de sua posição no currículo, inserida no primeiro semestre do curso. Era preciso mudar drasticamente o enfoque. Foi o que fizemos, buscando na teoria da aprendizagem de Ausubel (1980; Moreira, 1999, 2000) e mais recentemente na teoria da aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2005), uma nova “arquitetura” que predispuesse os alunos a uma aprendizagem significativa.

Neste trabalho estaremos relatando os resultados preliminares oriundos da mudança promovida na disciplina Fundamentos de Física, no primeiro semestre de 2007, constituída de 37 calouros do curso de Física, incluindo licenciandos e bacharelandos. Para isso, escolhemos um dos temas trabalhados na disciplina, *Propriedades de fluidos em repouso* para descrever os resultados que obtivemos na investigação da evolução conceitual dos alunos, nos quais foram detectados alguns “estilos” de aprendizagem que serão aqui descritos.

2. A metodologia de sala de aula baseada nos PCN's e na aprendizagem significativa

Inspiradas pelas propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (KAWAMURA; HOSOUME, 2003), nossa principal mudança na disciplina foi a de se preocupar menos com a lista de conteúdos a ser ensinada e a de concentrar mais nossa atenção nas competências em Física que pretendíamos promover. Com essa perspectiva tínhamos em vista as habilidades e competências relativas à *investigação e compreensão* dos fenômenos físicos propriamente ditos, as que expressam a relação da Física com a área de linguagem e códigos, ou seja, as relativas à *representação e comunicação*, e, finalmente, as que expressam a relação da Física com as Ciências Humanas, ou seja, às relacionadas com a *contextualização sócio-cultural* dos conhecimentos científicos.

Naturalmente, essas competências e os conhecimentos a serem promovidos não poderiam estar dissociados de estratégias de ensino e de aprendizagem a serem utilizadas em sala de aula. A experiência de trabalhar sob a teoria educacional de Ausubel não era novidade para uma das autoras (COSTA, 1997, COSTA e MOREIRA, 2001; COSTA, 2005), o que propiciou discussões em encontros periódicos para constituir a proposta. Segundo Moreira:

“Sabemos que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo que é não-litera e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significado e adquire mais estabilidade.....o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem” (Moreira, 2005, p. 13)

Conforme a teoria da aprendizagem significativa (TAS), para aprender o indivíduo não pode ser um receptor passivo, pois ele é o responsável pela construção de seu conhecimento. Ao professor, cabe conhecer e aplicar os princípios programáticos facilitadores, como a *diferenciação progressiva*, a *reconciliação integradora*, a *organização seqüencial* e a *consolidação* (AUSUBEL, 1980, apud MOREIRA, 2005). Como estratégias facilitadoras, os chamados *organizadores prévios* servem de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deveria saber, sendo propostos como materiais introdutórios, primando por um nível de abstração e generalidade mais pronunciados. Mas, a todos esses aspectos não pode faltar a *pré-disposição do aluno para aprender*; sem ela, não há aprendizagem significativa.

Nosso planejamento metodológico iniciou-se prevendo esse último aspecto, com a escolha de alguns conteúdos que motivassem o interesse dos alunos, enfocando fundamentalmente os conceitos subjacentes a eles. Por exemplo, no início do semestre foram discutidos os conceitos relativos às grandezas fundamentais da Física, procurando mostrar a evolução dos mesmos ao longo da história da ciência e do desenvolvimento científico. Para isso foram usados artigos disponibilizados na internet, alguns, previamente selecionados e outros que foram sendo agregados ao longo do tempo, gerando aulas com efetiva participação dos alunos.

Pautamos nossa metodologia pelos princípios preconizados por Moreira com sua proposta de aprendizagem significativa subversiva, inspirados no ensino subversivo de Postman e Weingartner (1969, apud Moreira, 2005), entre eles: 1) o princípio da interação social e do questionamento: ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas; 2) diversidade de materiais instrucionais; 3) princípio do aluno como perceptor/representador; 4) princípio do conhecimento como linguagem; 5) princípio da consciência semântica; 6) princípio da aprendizagem pelo erro; 7) princípio da desaprendizagem; 8) princípio da incerteza do conhecimento; 9) princípio da diversidade de estratégias de ensino e da participação ativa do aluno.

A ênfase na conceitualização foi a base da disciplina, apesar de modelos matemáticos também terem sido incorporados às resoluções de problemas e atividades experimentais; essas últimas também foram constantes ao longo do desenvolvimento do semestre, gerando investigações e discussões interessantes. O tema escolhido para ser descrito nesse trabalho, relaciona-se com o

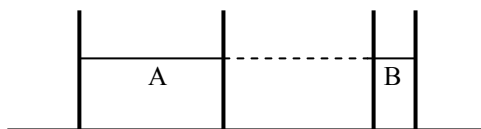
conceito de pressão. Os experimentos relacionados envolveram o princípio de Pascal, vasos comunicantes, o experimento conhecido como de Torricelli e a discussão relativa ao paradoxo hidrostático.

No início deste tema, solicitamos aos alunos que respondessem um questionário acerca de questões relativas ao comportamento de fluidos em repouso para conhecer suas concepções prévias e trabalhar em cima delas. Entre as questões, escolhemos para apresentar duas que tinham relação com o conceito recém mencionado. Incorporamos também, o mesmo tipo de questão que foram propostas em tarefas subseqüentes e que serão apresentadas juntamente com a análise das respostas dos alunos.

3. As questões propostas para os alunos

No teste preliminar (T1), foram escolhidas as seguintes questões:

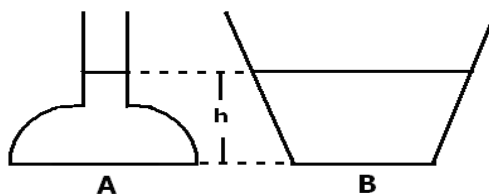
- *Diga com suas palavras o que você entende por pressão atmosférica.*
 - *Dois recipientes abertos A e B, com diâmetros da base diferentes, contêm um mesmo líquido preenchendo-os até alturas iguais.*
- a) *A pressão no fundo de A é maior, menor ou igual à pressão no fundo de B? Por quê?*
 b) *A força no fundo de A é maior, menor ou igual à força no fundo de B? Por quê?*



Em testes posteriores (T2), depois que estes temas já haviam sido discutidos, as duas questões anteriores foram retomadas, entre outras novas que lhes foram propostas.

Em outra oportunidade (T3):

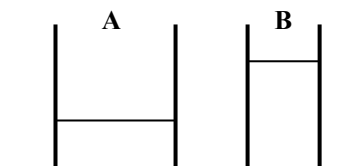
- *Dois recipientes abertos, A e B, sendo a área da base de A maior do que a de B, contêm um mesmo líquido a alturas iguais, porém o volume de líquido de B é maior do que o de A, conforme indica a figura.*



- a) *A pressão no fundo de A é maior, menor ou igual à pressão no fundo de B? Por quê?*
 b) *A força que o líquido exerce no fundo de A é maior, menor ou igual à força que o líquido exerce no fundo de B? Por quê?*

Por último (T4):

- *Dois recipientes abertos, A e B, sendo a área da base de A o dobro da área da base de B, contêm um mesmo líquido a alturas desiguais. A altura do líquido em A é a metade da altura do líquido em B, como mostra a figura abaixo. a) A pressão no fundo de A é maior, menor ou igual à pressão no fundo de B? Por quê?*



b) A força que o líquido exerce no fundo de A é maior, menor ou igual à força que o líquido exerce no fundo de B? Por quê?

As respostas que obtivemos dos alunos para essas questões foram analisadas e categorizadas. Apresentamos em seqüência os resultados dessa análise que possibilitou mostrar os estilos de aprendizagem que já nos referimos.

4. Categorização das respostas dos alunos

Quanto à primeira questão, relativa ao conceito de pressão atmosférica, os resultados no teste preliminar (T1) e no teste aplicado após a discussão em sala de aula (T2), apontaram três categorias, identificadas na Tabela 1, com seus percentuais de respostas.

Tabela 1. Categorias nas respostas sobre o conceito de pressão atmosférica em dois testes e respectivos percentuais de enquadramento.

<i>Categorias</i>	<i>Percentual (T1) N= 30</i>	<i>Percentual (T2) N= 37</i>
Pressão como “pressão”	63%	62%
Pressão como “força agindo sobre uma área”	23%	35%
Pressão como “força/área”	7%	3%
Não respondente	7%	0%

Para representar as categorias identificadas na Tabela 1, apresentamos alguns exemplos e o número de alunos respectivos.

- Categoria *pressão como “pressão”*

É a pressão que a camada de ar que envolve a Terra exerce sobre a superfície desta. (sete alunos em T1)

É a pressão que uma coluna de ar até a altura limite da atmosfera exerce em um corpo nas C.N.T.P. (Três alunos em T1).

A pressão que as moléculas de ar exercem sobre o espaço que ocupam. (dois alunos em T1)

É a pressão que a massa de ar em torno da Terra exerce sobre todo e qualquer corpo que nela estiver. (Quatorze alunos em T2).

É a pressão que as moléculas de ar exercem sobre um corpo a uma determinada altura da superfície devido à força da gravidade. (Dois alunos em T2).

Estes exemplos parecem evidenciar o princípio da incerteza do conhecimento, pois na resposta a perguntas, os indivíduos representam o mundo com o sistema de símbolos que eles têm disponível; mesmo tendo sido trabalhado este conceito após o primeiro teste, permanece a resposta de pressão como “pressão”. Como assinala Moreira (2005, p. 37), “...nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana”.

- Categoria pressão como “força agindo sobre uma área”

É a força (essa força é o peso do ar), relacionada com a área que a camada de ar exerce sobre a superfície da Terra. (Quatro alunos em T1).

Pressão atmosférica é a força que a camada de ar, que existe entre o limite da atmosfera e o nível do mar, exerce sobre a superfície da terrestre. (Três alunos em T2).

Pressão atmosférica foi testada por Torricelli com um tubo de mercúrio e o mergulhou dentro de um outro recipiente sem deixar passar ar, assim mostrando que 760 mmHg equivale a 1atm. Daí podemos retirar que a pressão atmosférica é a força que age sobre a terra. (Três alunos em T2).

Nesta categoria observa-se claramente o princípio do aprendiz como receptor/ representador: a pressão atmosférica é representada como a força que a atmosfera exerce sobre a Terra. Novamente a percepção prévia de muitos alunos parece se manter; esta definição “funciona” bem para eles.

- Categoria pressão = Força /Área

É a força por unidade de área que os gases da atmosfera exercem sobre todos os corpos ao nível do mar e a uma temperatura de 0°C. (Dois alunos em T1).

Esses dois alunos apresentaram as seguintes respostas em T2:

É uma força¹ que atua em todos os corpos e varia dependendo se o corpo encontra-se acima ou abaixo do nível do mar.

É a pressão² que a massa de ar em torno da Terra exerce sobre todo e qualquer corpo que nela estiver.

A pressão atmosférica é a pressão que a atmosfera (seus gases) exerce sobre uma superfície. A pressão atmosférica em um dado local (uma determinada área A da superfície) é o peso da coluna de ar acima da área ($P=mg$) dividido pela área A da superfície. $p=F/A$; $p=P/A$. (Um aluno em T2).

Em T1, os dois alunos parecem perceber a pressão atmosférica pela “fórmula” F/A e em T2, eles manifestam na linguagem empregada, uma evolução acompanhada, é verdade, de uma falta de precisão. Aqui, o princípio do conhecimento como linguagem pode ser exemplificado — aprender ciência requer aprender sua linguagem.

A segunda questão, que será discutida a seguir, foi requerida em três versões semelhantes, com pequenas diferenças nos enunciados, comparando pressões e forças nos fundos dos recipientes, correspondendo, respectivamente aos itens, a) e b). Na Tabela 2, registramos as dez categorias obtidas a partir das respostas dos alunos aos itens a) e os percentuais correspondentes em cada um

¹ Grifo nosso.

² Idem.

dos quatro testes nos quais foram propostas as questões; o mesmo é feito na Tabela 3, referente ao item b), contabilizando sete categorias, nem todas manifestadas nos quatro testes.

Tabela 2. Categorias nas respostas sobre a comparação do valor da pressão hidrostática em quatro testes e respectivos percentuais de enquadramento.

Categorias	T1 (N=30)	T2 (N= 37)	T3 (N = 14)	T4 (N =17)
Pressão dependente da altura	30,0%	40,5%	21,4%	52,9%
Pressão inversamente proporcional à área	20,0%	27,0%	7,1%	11,8%
Pressão dependente da pressão atmosférica	17,0%	—	7,1%	5,9%
Não respondente /sem justificativa	13,0%	—	—	11,8%
Pressão = ρgh	7,0%	13,5%	36,0%	5,9%
Pressão diretamente proporcional à área	7,0%	2,7%	—	—
Pressão = F/A	7,0%	5,4%	—	—
Pressão = ρh	—	10,8%	7,1%	—
Pressão dependente da altura e da pressão atmosférica	—	—	21,4%	—
Pensamento confuso/ambíguo	—	—	—	11,86%

Tabela 3. Categorias nas respostas sobre a comparação do valor da força no fundo de dois recipientes em quatro testes e respectivos percentuais de enquadramento.

Categorias	T1 (N = 30)	T2 (N =37)	T3 (N = 14)	T4 (N = 17)
Força confundida com a pressão	40%	8,1%	—	11,8%
Força proporcional à quantidade de líquido (massa, peso ou volume ou altura)	33%	27%	50%	5,9%
Força = pA	20%	32,4%	—	29,4%

Não respondente /sem justificativa	6,7%	5,4%	—	—
Força inversamente proporcional à área	—	18,9%	—	—
Resposta ambígua	—	5,4%	7,1%	—
Força diretamente proporcional à área	—	2,7%	42,8%	52,9%

Antes de analisarmos as duas tabelas, é conveniente que façamos um comentário a respeito dos instrumentos denominados T2, T3 e T4. T2 corresponde a uma das provas do semestre, T3, à chamada prova de recuperação ou de substituição e T4 ao exame final. As duas últimas versaram sobre todo o conteúdo do semestre. Aqui, repetimos, analisamos apenas duas questões sobre pressão envolvendo fluidos em equilíbrio.

Com relação às categorias identificadas na Tabela 2, relativas à coluna de T1:

- 30% dos alunos consideram iguais as pressões, pois evocam a *dependência da pressão com a altura*: “É igual porque a pressão num ponto depende da coluna de líquido e não do volume do líquido nesse ponto” (quatro alunos) ou, “iguais, como mostra a equação $p = \rho h$, onde ρ é o peso³ da coluna hidrostática”, conforme resposta de outro aluno, também representante dessa categoria;
- 20% atribuem valores diferentes a essas pressões pois têm como parâmetro o conceito $p = F/A$, assim interpretando-o: “Se A tiver menor⁴ diâmetro, B terá menor pressão, pois a área menor exerce maior pressão, ou $p = F/A$ ”, que exemplifica essa outra categoria;
- 17% supõem-nas iguais porque “estão sobre a mesma pressão: a atmosférica; a pressão não depende da área”;
- Apenas 7% “provam” suas estimativas de igualdade, partindo do conceito de pressão como $p = F/A$ e obtendo $p = \rho gh$

Independentemente das variáveis citadas, corretas ou equivocadas, em todas as categorias de T1 o “estilo” de justificar as proposições mostra-se predominantemente formulístico, aspecto que pode passar despercebido entre os próprios autores dessas respostas. *A consciência semântica*, nesse caso, retrata o fato de que as palavras não são aquilo ao qual elas aparentemente se referem. No mínimo, percebe-se a intensionalidade de relacionar o raciocínio com relações matemáticas. O interessante é que os alunos surpreendem-se quando se lhes pede uma explicação diferente dessas.

Se compararmos esses resultados com os das outras colunas na mesma Tabela 2, referentes às respostas nos demais testes, pode-se concluir que, apesar de este assunto ter sido discutido e trabalhado por eles, permanecem, majoritariamente, as explicações apoiadas por equações.

As categorias na Tabela 3 apresentam um resultado que, apesar de intrigante, mostra uma lógica de raciocínio com a resposta e categoria do item a):

- 40% dos alunos percebem a força com mesmo comportamento da pressão; não vêm diferenças perceptíveis entre as duas grandezas; “Igual, já que tem a mesma densidade (são mesmo líquido), aceleração da gravidade igual (se estiverem no mesmo local) e alturas iguais — $p = \rho gh$ ”, como declara um representante desta categoria;

³ Grifo nosso: representação incorreta.

⁴ Novamente, grifo nosso, ressaltando a falta de atenção do aluno à linguagem empregada.

- 33% atribuem as diferenças às propriedades do próprio líquido (massa, ou peso, ou volume, ou altura): “A força é maior em *A*. A força no fundo dos recipientes é o peso dos líquidos⁵. Se os líquidos estão no mesmo local, exerceram forças diferentes no fundo, já que têm massas diferentes” (resposta de dois alunos, classificados nesta categoria. A necessidade de buscar uma fórmula é dispensável, pois a relação da força no fundo do recipiente com a quantidade de líquido sobre a base é intuitiva. Aparentemente, é o único caso em que a relação matemática é relevada.
- 20% explicam que a força será diferente pois $F = pA$, como “Será diferente se as áreas forem diferentes, pela relação $F = pA$ ” (dois alunos em T1, para exemplificar).

Com relação às demais provas, esta última categoria foi a dominante em T2, seguido da concepção mais intuitiva que relaciona a força com as propriedades do líquido (massa, peso e volume). Na T3, as categorias foram polarizadas: 50% dos alunos apresentaram uma explicação baseada na quantidade de líquido, indevidamente nesse caso; mas, cerca de 43% responderam corretamente, relacionando a força com a área; de qualquer forma, prevalece nessa última categoria a explicação por meio de fórmulas. Se observarmos a coluna relativa a T4, perceberemos que 53% dos alunos permanecem nesta última categoria que, nesse caso, não era a representação correta, uma vez que a pressão não era a mesma no fundo dos dois recipientes. A diferença desta para a questão do teste anterior era que o aluno deveria analisar ao mesmo tempo duas variáveis. Desta vez a fórmula foi indevidamente considerada ($F \propto A$).

5. Conclusões

Nossa intenção inicial, no projeto completo, do qual apresentamos apenas resultados preliminares, era reverter as evasões ao final do primeiro semestre do nosso curso de Física de uma universidade particular, por meio de um planejamento fundamentado nos PCN's e referendado pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1980) e crítica de Moreira (2005). Nossa proposta de reformular a metodologia para formar melhor o futuro físico licenciado e/ou bacharel em Física, vem ao encontro das discussões que vêm sendo travadas acerca do ensino de Física (de BARROS et al., 2004) e do ensino universitário em geral (SBF, 2007). A experiência vivenciada foi realmente satisfatória e, se não conseguimos evitar em 100% a evasão, pelo menos, até o momento em que finalizamos esse artigo, temos informações de que, mesmo entre os alunos reprovados, 88% permanecem no curso.

O trabalho ganhou outra dimensão quando começamos a debater as respostas dos alunos e percebemos como em um grupo podemos ter concepções tão diferentes, mas muitas delas repetidas, e não exatamente aquelas que julgávamos que eles pudessem ter construído, nas tantas discussões e encontros em sala de aula. Quando nos referimos a estilos de aprendizagem queremos dizer que tivemos a oportunidade de vislumbrar modos de raciocínio que vão desde o aluno que pensa baseado em “fórmulas” até aquele que evoluiu tentando descrever o mundo como o percebe, representando-o com palavras, analogias, o que antes não era feito. Privilegiou-se a escrita em quase todas as aulas. A interação social e os questionamentos foram constantes entre os alunos que queriam aprender. A experiência nos fez aprender mais sobre os princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica. Variamos os materiais educativos, trazendo artigos recentes sobre temas atuais. Os erros passaram a ter outra conotação: sinais para o professor de que outras tentativas devem ser empregadas junto aos alunos. Tentamos sintonizar a avaliação com a nova proposta, pelo menos mudanças aconteceram, talvez tenham que ser mais enfáticas, mas o importante é que tentamos. Uma prática que se destaca é o fato de que os alunos já estão cientes da necessidade de leituras, interpretações, representações, enfim, que precisam ser comunicadas, quer oralmente, quer por escrito. Comparando o início do semestre com o final, o resultado pareceu bem proveitoso.

⁵ Grifo nosso: essa declaração é verdadeira se as paredes dos recipientes forem normais ao plano. Esse tipo de resposta pode gerar uma boa discussão em sala de aula. É o caso do princípio da aprendizagem pelo erro.

Um desafio é incentivar, nos alunos, justificativas às questões propostas que não estejam embasadas apenas em relações matemáticas. Promover essa mudança requer o engajamento de outros professores e pesquisadores, preocupados em facilitar aos estudantes uma aprendizagem significativa crítica.

Agradecemos às alunas Fernanda Cereta Bernardes e Gisele Ramires Machado que ajudaram a organizar e categorizar as respostas dos alunos aqui apresentadas.

6. Referências Bibliográficas

AUSUBEL, D.P., Novak, J.D., Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.

COSTA, S.S.C. (1997). Resolução de Problemas e Aprendizagem em Física. *Dissertação de mestrado*. Porto Alegre: Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. (2001). 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. (2005). Modelos Mentais e Resolução de Problemas em Física. *Tese de doutorado*. Porto Alegre: Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

de BARROS, J.A. et al. (2004) Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 63-69.

KAWARUMA, M.R.D; HOSOUME, Y. (2003) A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. *Física na Escola*, São Paulo, v.4, n.2, out. 2003.

MOREIRA, M.A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.

MOREIRA, M.A. (2000). La teoría del Aprendizaje Significativo. In: MOREIRA, M.A.; CABALLERO, C. (Eds.) *Actas Del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias (PIDEC)*, Universidade de Burgos, España; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, v. II, 2000, p. 31-68.

MOREIRA, M.A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica = Aprendizaje significativo crítico*. Porto Alegre. 47, 47 p. Texto em português e espanhol em direções opostas.

SBF – SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. FÓRUM DE REFORMA DO ENSINO SUPERIOR. Disponível em

- <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/forum/Reforma_do_Ensino_Superior.pdf>. Acesso em 07 ago. 2007.

UnB -UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – Assessoria de Comunicação. Disponível em: <<http://www.unb.br/acs/unbagencia/ag0805-29.htm>>. Acesso em 05 fev.2007.

O USO DO DESENHO ANIMADO SUPER CHOQUE NO ENSINO DA ELETROSTÁTICA

Priscila Andrea da Rocha Severino [priscila.severino@gmail.com]

Angela M. Jacobus Berlitz [angelab@unisinos.br]

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Avenida Unisinos, 950 - 93.022-000 - São Leopoldo - RS, Brasil

Resumo

O ensino de física no Brasil tem como proposta promover o desenvolvimento das atividades e competências dos alunos, ser atual e fornecer ao aluno as ferramentas necessárias para compreender e intervir com o mundo e suas tecnologias. Entretanto a realidade da educação não é esta, o ensino tem um avanço lento e com falta de qualificação e recurso para os professores. Estes que precisam competir, utilizando giz e quadro negro, com recursos tecnológicos atrativos e divertidos como jogos, internet e televisão. Neste trabalho utilizamos trechos de desenhos animados como recurso para o ensino de física para alunos do terceiro ano do ensino médio, especificamente no conteúdo de eletrostática. Nossos objetivos são: motivar o aluno a aplicar seu conhecimento e proporcionar um ensino mais atrativo em sala de aula. Os poderes dos super-heróis foram analisados e explicados fisicamente utilizando os conhecimentos prévios dos alunos. Nosso estudo foi baseado na teoria de desenvolvimento histórico-cultural de Vygotsky, onde o desenho foi um estímulo artificial para realizar a interação do aluno com o conceito físico, sendo que essa relação foi um facilitador na aprendizagem do aluno. Foram selecionados trechos dos desenhos e apresentados aos alunos utilizando um televisor e um aparelho de DVD. Antes e após a apresentação foi realizado um questionário do tipo aberto com a finalidade de analisar a aprendizagem e a motivação dos alunos. A metodologia usada foi basicamente qualitativa e a análise dos dados foi satisfatória, pois houve um crescimento na média dos alunos de nove pontos. A aceitação desta metodologia pelos alunos foi excelente e a motivação e o interesse pela física aumentou. Esta avaliação se deu através de uma comparação das respostas aos questionários aplicados no início e no final da apresentação dos desenhos, como também da análise dos dados coletados de observação das atitudes, das ações e do comportamento dos alunos em sala de aula.

Palavras-chave: eletrostática; ensino de física; desenho animado.

1. Introdução

O Ministério da Educação tem proposto através dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) um ensino que promova o desenvolvimento das atividades e competências dos alunos, que seja atual e forneça ao aluno as ferramentas necessárias para compreender e intervir com o mundo e suas tecnologias atuais. Entretanto há um vazio entre o que é proposto nestes documentos e a realidade da educação. Não há um roteiro a seguir, mas métodos e formas de construir esta nova fase do ensino estão sendo propostos, aplicados e discutidos, a pesar de ainda em pequena quantidade.

Neste trabalho propomos, através de uma atividade lúdica, estimular a curiosidade e o interesse dos alunos pela física. Para isto, utilizamos trechos de episódios do desenho animado 'Static Shock' (Super Choque) como recurso para aulas de eletrostática em quatro turmas no terceiro ano do ensino médio na Escola Estadual André Leão Puente, localizada em Canoas. Nosso objetivo, ao utilizar tais episódios, foi proporcionar um ensino mais atrativo aos alunos de forma que eles aplicassem os conceitos já tratados em sala de aula, analisando trechos do desenho animado em questão.

Este estudo baseia-se na teoria de desenvolvimento histórico-cultural de Vygotsky, onde o desenho será um estímulo artificial para realizar a interação do aluno com o conceito físico e essa relação será um facilitador na aprendizagem do aluno.

2. O Ensino de Física e novas metodologias

O ensino público no Brasil possui um desenvolvimento bastante lento, com falta de qualificação e recursos para os professores. Os docentes precisam competir, utilizando giz e quadro negro, com recursos tecnológicos atrativos e divertidos como jogos virtuais, internet, televisão. Além disso, nosso ensino está distorcido devido aos livros-texto de má qualidade e a grande importância dada aos programas de vestibulares, pois nas escolas ensina-se apenas o que cai nestas provas (MOREIRA, 2000).

A perspectiva para o ensino médio é de uma física construtivista, para a cidadania, com ênfase nas situações reais, nas experiências dos alunos, que proporcione uma conversão do abstrato para o concreto, atualizada, que possibilite melhor compreensão do mundo e da tecnologia (MOREIRA, 2000). O ensino de física deve ser voltado para formação de competências e habilidades, superando a prática tradicional, conforme sugerem os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 2002). A física não deve ser ensinada apenas sob um enfoque, (MOREIRA, 2000) ela deve ser dosada, utilizando exemplos do cotidiano, o processo histórico, as simulações com computadores, a interação entre professor e aluno com aulas expositivas e dialogadas, como também outros recursos que possibilitem um ensino-aprendizagem de qualidade.

Os alunos rejeitam a física porque não a compreendem, não têm motivação para aprendê-la e os professores, na maioria das vezes, não utilizam linguagens alternativas como veículo de aprendizagem. O uso da linguagem gráfica (desenho animado) é uma estratégia pedagógica para aulas mais divertidas e atrativas, que pode facilitar esta compreensão de conceitos e estimular a curiosidade dos alunos, motivando-os a estudar.

O ensino deve ganhar sentido, se referindo as situações reais (BRASIL, 2002). Por exemplo, o ensino da eletrostática deve referir-se a fatos concretos (BRASIL, 2002), como a função dos pára-raios ou como proteger-se de um choque elétrico dentro de um automóvel. O aluno deve perceber que uma fórmula matemática ou um gráfico são maneiras de expressar conceitos físicos, uma relação entre grandezas, que possuem um saber conceitual, cujo significado é mais abrangente (BRASIL, 2002). Logo ele deve possuir a habilidade de ler e traduzir uma forma de expressão em outra, aprendendo a escolher a linguagem mais adequada ao caso analisado.

Alguns trabalhos já propõem um ensino mais inovador da ciência utilizando recursos simples como trabalhar com 'tirinhas' (PENA, 2003), ou seja, criar histórias em quadrinhos que utilizem conceitos físicos para explicar acontecimentos. Outros artigos sugerem o uso de projetos que incentivem a pesquisa dos super-poderes dos super-heróis ou vilões e suas relações com a física (OLIVEIRA, 2005), ou a análise de cenas de filmes ou desenhos de uma maneira qualitativa e quantitativa para discutir fenômenos físicos (CLEBSCH, 2004). Jogos que podem ser de pergunta e resposta, de tabuleiro, individual ou equipe ou, ainda, jogos de RPG¹ (JUNIOR & PIETROCOLA, 2005) muito conhecido entre os alunos do ensino médio ou, são utilizados para atrair a atenção do aluno nas aulas de física. Teatro ou a literatura (PIASSI & OLIVEIRA, 2005) também são grandes fontes para incentivar o aluno ou, ainda, uma visita ao parque de diversão e a análise do funcionamento dos brinquedos com a aquisição de dados (VICENTE et al, 2005).

3. A teoria de Vygotsky - Mediação

Em sua teoria construtivista, chamada histórico-cultural ou sócio-interacionista, Vygotsky estudou o desenvolvimento cognitivo do indivíduo (MOREIRA & OSTERMANN, 1999) a partir do tema central que estabelecia a relação entre pensamento e linguagem.

¹ RPG 'Role-Playing Game' traduzido para nossa língua como 'Jogo de Interpretação de Personagens' é um jogo de ficção que aborda temas e situações fictícias em cenários imaginários, é uma literatura interativa onde seus participantes são personagens que constroem histórias de forma cooperativa. Em literatura estrangeira existe material com conteúdo dedicado a tópicos de física.

Segundo Vygotsky, o meio cultural e histórico são essenciais para a formação de funções psicológicas superiores ou processos complexos² como a linguagem, o pensamento, o comportamento, a atenção voluntária, a memória lógica, a abstração e os processos dialéticos. Para ele, o desenvolvimento humano é um processo de interação social que utiliza signos e instrumentos como mediadores e devido, à capacidade humana de internalização (reconstruir internamente uma operação externa) vão se construindo os processos complexos.

As funções complexas têm origem em processos sociais e, em especial as voluntárias, decorrem da combinação entre o instrumento e o signo (FREITAS, 2005) que são os elementos básicos para mediar a relação homem-natureza e o desenvolvimento do indivíduo.

No desenvolvimento cultural as funções psicológicas aparecem duas vezes: a primeira, a nível social entre pessoas (interpessoal) e, a segunda, em nível individual, no interior do indivíduo (intrapessoal). O processo de transformação de inter para intrapessoal é um processo de reconstrução interna, chamada de interiorização. Esta capacidade de ver o mundo não simplesmente em cor e forma, mas com um sentido e significado (VYGOTSKY, 1994) é o que diferencia o ser humano dos outros animais. Em sua análise, Vygotsky (apud MOREIRA & OSTERMANN, 1999) não focaliza o indivíduo nem o contexto, mas a interação que ocorre entre eles. A interação social é o meio fundamental para a transmissão dinâmica do conhecimento (de inter para intrapessoal), é a forma que o indivíduo capta significados e certifica-se de que os estes significados captados são os mesmos compartilhados socialmente (MOREIRA & OSTERMANN, 1999).

Segundo Vygotsky, o aprendizado inicia muito antes dos aprendizes frequentarem a escola. Para estudar aritmética, por exemplo, muito antes já tiveram experiências com quantidades (somar, subtrair, divisão de tamanho). Consequentemente os aprendizes tem sua própria aritmética pré-escolar (VYGOTSKY, 1994). Por isso a aprendizagem deve ser combinada de alguma maneira com o nível de desenvolvimento do aprendiz (VYGOTSKY, 1994) e existem, pelo menos, dois níveis de desenvolvimento:

- o real, a chamada zona de desenvolvimento real (ZDR), onde as funções psicológicas já foram adquiridas ou formadas, resultado de ciclos de desenvolvimentos já completados que determinam o que o aprendiz já é capaz de fazer por si próprio. É aquilo que ele conhece e domina.
- o proximal, a chamada zona de desenvolvimento proximal (ZDP) é onde existe a capacidade de aprender com outra pessoa.

Na ZDP as funções ainda não amadureceram, mas estão em processo de maturação. Para Vygotsky (1994), essas funções poderiam ser chamadas de flores ou brotos do desenvolvimento ao invés de frutos do desenvolvimento. O nível real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivo e a zona proximal o desenvolvimento prospectivo.

O desenvolvimento ou a maturação são pré-condições para o aprendizado, mas não são resultado dele (VYGOTSKY, 1994). O aprendizado não é o desenvolvimento, eles estão inter-relacionados. O processo de desenvolvimento progride de maneira mais lenta, atrás do processo de aprendizado. O aprendizado desperta processos internos de desenvolvimento que operam quando há interação entre pessoas. Ao serem internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento (VYGOTSKY, 1994), logo o processo se constrói de fora para dentro (ROSA & ROSA, 2004). A aprendizagem é criadora da ZDP (MOREIRA & OSTERMANN, 1999), ou seja, o aprendizado é convertido em desenvolvimento.

Para Vygotsky, o processo de construção do conhecimento na escola ocorre em uma dinâmica interativa, da qual participam três elementos essenciais: o aluno, como sujeito do conhecimento; os conteúdos e os significados; o professor que atua como mediador (FREITAS, 2005).

² Os processos psicológicos superiores são de origem cultural, por exemplo a atenção voluntária, já os processos psicológicos elementares são de origem biológica, como os reflexos involuntários.

Discussões entre professor-aluno e aluno-professor em torno dos conceitos proporcionam desenvolvimentos mentais que instigam a ZDP, que é a responsável pela aprendizagem (ROSA & ROSA, 2004). Desta forma o professor permite que o aluno se relacione com o mundo, se desenvolva (ROSA & ROSA, 2004) e ocorra a troca de conhecimentos do aluno, consigo próprio e com os outros, e o resultado é a internalização e formação dos conceitos. Logo, este processo de formação de conceitos ocorre de uma forma social (interpessoal) para o plano individual interno (intrapessoal) e a escola é o lugar onde é desencadeado o processo de ensino-aprendizagem. Assim, o desenvolvimento mental se realizará por intermédio do aprendizado (ROSA & ROSA, 2004). O professor interfere diretamente no processo de ensino-aprendizagem. É o mediador entre a cultura e o indivíduo. Portanto, é papel do docente provocar avanços nos alunos e isso se torna possível com sua interferência e participação na ZDP (ROSA & ROSA, 2004).

As disciplinas escolares devem estabelecer uma relação própria com o desenvolvimento do aluno, mostrando que as atividades devem ultrapassar a visão de almejar apenas o domínio do conceito (VYGOTSKY, 1994), mas uma definição funcional de conceitos. Os conceitos espontâneos ou cotidianos são desenvolvidos a partir de interações sociais, da vivência. Já, os científicos (aprendizado formal), adquiridos pelo ensino, partem de um sistema estruturado e sistematizado de conhecimentos (MOREIRA & OSTERMANN, 1999). A brincadeira fornece um estágio de transição em direção a este domínio, podendo ser um pivô da separação entre um significado e um objeto real (VYGOTSKY, 1994).

4. A proposta de trabalho

O presente trabalho apresenta os seguintes objetivos:

- Promover, com um recurso acessível às escolas públicas, aulas mais atrativas, incentivando a participação e envolvimento do aluno;
- Através da abordagem lúdica, minimizar a dificuldade encontrada pelos alunos com os conceitos abstratos da eletrostática;
- Relacionar as aplicações do conteúdo com o cotidiano do aluno.

O super-herói utilizado, na presente pesquisa, para auxiliar na abordagem do conteúdo de eletrostática foi o ‘Super Choque’ (‘Static Shock’) da DC Comics³. Super Choque é um herói com muito bom humor, excelente aluno, ótimo filho e, é claro, como qualquer adolescente com algumas dúvidas e contradições que acompanhado dos outros personagens proporciona um desenho divertido e ao mesmo tempo repleto de lições.

O faz de conta promove a ligação entre percepção e significado. Os jogos ou os desenhos infantis unem os gestos e a linguagem (FREITAS, 2005) e podem ser utilizados como objeto na brincadeira, adquirindo a função de signo, pois as imagens são importantes, já que constituem a memória visual. A brincadeira fornece para a criança uma estrutura para mudanças da necessidade e da consciência, desenvolvendo um novo tipo de atitude em relação ao real onde aparecem a ação na imaginação, a criação das intenções voluntárias e a formação dos planos da vida real e das motivações volitivas (vontade própria) (FREITAS, 2005).

Ao invés de empregar o faz de conta dos brinquedos, como relata Vygotsky (VYGOTSKY, 1994), para instigar a ZDP, este trabalho utiliza a ficção como mediadora. A fim de incentivar a imaginação e a memória visual dos alunos, os desenhos animados assumem a função de signo e o professor de mediador.

Ao assistirem as cenas dos desenhos e discutirem os fenômenos físicos que estão inseridos no contexto, os alunos e o professor realizam uma troca de conhecimentos. Neste processo social,

³ DC Comics é uma das maiores companhias de quadrinhos e mídia relacionadas dos EUA a produção do desenho animado é da Warner Bros em parceria com o Cartoon Network.

em sala de aula, os alunos realizam a internalização dos conceitos envolvidos, a formação de seus conceitos e certificam-se de que os conceitos formados são mesmo corretos.

Logo, os conteúdos abstratos e de difícil compreensão iniciam um processo de concretização com o auxílio da imagem e provém uma aprendizagem e um desenvolvimento mais efetivos.

5. Metodologia

Os assuntos abordados, no desenvolvimento da pesquisa, são os relativos ao conteúdo de eletrostática, já vistos pelos alunos: Carga Elétrica, Condutores e Isolantes, Processos de Eletrização, Lei de Coulomb, Campo Elétrico, Blindagem Eletrostática, Rigidez Dielétrica, O poder das pontas, Raio: Relâmpago e Trovão.

As aulas, com o conteúdo de eletrostática, foram ministradas de forma tradicional pela proponente do trabalho, que é a professora das turmas. Para estas aulas foram utilizadas dezesseis horas-aula⁴, tendo como material de apoio um texto confeccionado pela proponente do trabalho.

Não foi objetivo deste trabalho avaliar os erros relacionados aos fenômenos físicos apresentados no desenho, mas sim, considerar o super-herói (Super Choque) como uma carga elétrica e analisar tais fenômenos, relacionando-os com os conceitos construídos e aprendidos em sala aula.

Para a elaboração do DVD as cenas dos episódios do desenho ‘Static Shock’ (Super Choque) foram recortadas e editadas, formando um filme de aproximadamente 25 minutos, separado em blocos:

- Bloco de cenas I: trata das cargas elétricas e eletrização dos corpos;
- Bloco de cenas II: está relacionado com a classificação de materiais em condutores e isolantes.
- Bloco de cenas III: aborda conteúdos relacionados ao campo elétrico, como blindagem eletrostática, rigidez dielétrica e força elétrica.

Este projeto foi aplicado em quatro turmas de 3º ano do ensino médio na Escola Estadual de Ensino Médio André Leão Puentes, em Canoas, no turno da manhã, com um total de 113 alunos.

O questionário respondido pelos alunos é composto por doze questões objetivas com três alternativas (a, b, c) onde somente uma é correta e uma questão de verdadeiro ou falso, com cinco alternativas. Este questionário foi aplicado nas turmas após a conclusão dos conteúdos de eletrostática e imediatamente após a apresentação do DVD.

A análise dos dados foi baseada no resultado total das quatro turmas e enfoca o crescimento percentual no índice de acertos de cada questão.

6. Bloco de cenas I

Na primeira cena deste bloco, retirada do episódio ‘Shock to the System’, Virgil ainda não se tornou um ‘meta-humano’ com seus super-poderes, ou seja, é um ser humano comum. Ele se prepara para ir à escola e ao descer pelo corrimão da escada caminha sobre o carpete e se descarrega ao tocar o boné (Figura 1). O objetivo desta cena foi descobrir o tipo da eletrização de Virgil e como ela foi realizada. Em conjunto, professora (proponente do presente trabalho) e alunos, concluíram que a eletrização ocorreu pelo atrito com o carpete e houve uma descarga elétrica sobre o boné. ao ser tocado. Relacionamos com nosso dia-a-dia, quando retiramos casacos de lã, quando tocamos outras pessoas ou o interruptor onde ocorre o mesmo processo.

⁴ Cada hora-aula foi de 45 min.



Figura1: Virgil se descarregando ao tocar o boné.
Fonte: Cena do episódio ‘Shock to the System’.

Nas cenas seguintes deste bloco, Virgil já possui super-poderes, ou seja, é o ‘Super Choque’ e os episódios utilizados foram ‘After Shock’, ‘Sunspots’ e ‘Fallen Hero’, respectivamente.

Na segunda cena ele acorda eletrizado e atrai o cobertor que ‘gruda’ em seu corpo (Figura 2). Então evidenciamos, professora e alunos, a eletrização por indução. O corpo carregado (‘Super-Choque’) induz a separação das cargas no corpo neutro (‘cobertor’) e ocorre a atração dos corpos devido às das cargas serem de sinais opostos e relembramos que corpos neutros possuem cargas elétricas positivas e negativas em igual número.



Figura 2: Virgil atraindo o cobertor.
Fonte: Cena do episódio ‘After the Shock’

Na cena seguinte nosso super-herói está muito carregado, ou seja, é uma carga de grande intensidade. Portanto seu campo elétrico também é maior e por este motivo atrai corpos neutros que estão ao seu redor no quarto, enquanto dorme (Figura 3). As conclusões para esta cena são as mesmas utilizadas na cena anterior para a eletrização por indução.



Figura 3: Virgil atraindo os objetos do quarto.
Fonte: Cena do episódio ‘Sunspot’

Na última cena, o herói está em ação e tenta combater um vilão que está fingindo ser o Lanterna Verde⁵. O objetivo nesta cena foi enfatizar as palavras do vilão ao dizer que deu uma carga oposta a do ‘Super Choque’ nos micro chips (Figura 5.4). Logo os alunos concluíram que cargas opostas se atraem e por isto os micro chips foram ao encontro do herói (Figura 4).

⁵ Lanterna Verde: Herói da Liga da Justiça que tem um anel com poderes.



Figura 4: Chips sendo carregados e Virgil atraindo os chips.
Fonte: Cena do episódio ‘Fallen Hero’

7. Bloco de cenas II

Na primeira cena, do episódio ‘After Shock’, o vilão ‘Raio de Fogo’ tenta impedir os poderes do ‘Super Choque’ levando-o para um parque com somente árvores ao redor, ou seja, materiais isolantes, mas ele atrai um cano de esgoto feito de metal, que é um condutor.

Na cena seguinte o vilão está atacando um cantor famoso e ele tem o poder de se transformar em monstros de vários materiais e, para isolar os poderes do ‘Super Choque’, se transforma em um homem de madeira. Logo, seus poderes não funcionaram, pois ele havia se modificado para um material isolante. Esta cena foi retirada do episódio ‘Duped’.

Na última cena, do episódio ‘Toys in the Hood’, há a participação especial do ‘Super-Homem’⁶ e eles combatem um vilão chamado ‘Homem Brinquedo’⁷ que criou soldadinhos feitos de plástico que impediriam o poder do ‘Super Choque’, mas como eles eram comandados por controle remoto tinham um chip na sua estrutura e o herói os destruiu.

Ao analisarem as cenas os alunos reconheceram os isolantes e condutores (Figura 5). Ao mesmo tempo da análise foi feita uma revisão deste conteúdo mostrando mais uma vez que os isolantes não possuem elétrons livres e que os condutores possuem elétrons livres dando a liberdade para conduzir a corrente elétrica. Foi, também, reforçado, neste bloco, que entre os corpos há troca, somente, de elétrons.



Figura 5: Montagem das três cenas: plástico e madeira isolantes e metal condutor.
Fonte: Cena dos episódios: ‘Toys in the Hood’, ‘Duped’ e ‘After the Shock’

8. Bloco de cenas III

Neste bloco são utilizados episódios: ‘Sunspots’, ‘They are Playing my Song’ e ‘Power Play’, abrangendo praticamente todo o conteúdo de campo elétrico.

Na primeira cena ‘Super Choque’ está muito carregado e, portanto, sua força elétrica está mais intensa. Ele menciona que adora metais e, assim relacionamos imediatamente a preferência por serem bons condutores. Mas, o ponto principal deste episódio é a blindagem eletrostática que é enfocada quando ele realiza uma descarga elétrica sobre um carro (Figura 6) e o motorista nada sofre. Então relembramos que isto acontece, pois o campo elétrico é nulo no interior de um condutor já que as cargas elétricas se distribuem na sua superfície externa.

⁶ O Superman também é um herói da Liga da Justiça e possui uma incrível força.

⁷ O Homem Brinquedo desenvolve brinquedos que são armas.



Figura 6: Carro sofrendo a descarga elétrica.
Fonte: Cena do episódio ‘Sunspot’

Na cena seguinte o assunto sobre blindagem é retomado e possui as mesmas características e explicações da primeira cena. Mas, além disso, nosso herói enfrenta o ‘Homem Borracha’, que, como o nome diz, é feito de borracha. Como era de se esperar, seus poderes não funcionam sobre ele, material isolante. Mas Virgil lembra-se de suas aulas de física e fala que uma carga grande o suficiente pode fazer um isolante conduzir corrente elétrica, ou seja, está falando da rigidez dielétrica do material. Sua carga não foi forte o suficiente para fazer a borracha conduzir, ou seja, não foi grande o suficiente para ultrapassar o valor limite (Figura 7), mas a sua explicação estava correta.



Figura 7: Super Choque tentando ultrapassar a rigidez dielétrica da borracha.
Fonte: Cena do episódio ‘They are Playing my Song’.

Na terceira cena Ritchie, amigo e companheiro do ‘Super Choque’, recebe poderes que são parecidos com o dele. Na cena analisada ele cria um campo elétrico ao seu redor que repele os raios do ‘Super Choque’ (Figura 8). Então falamos sobre sinais das cargas, atração e repulsão e sobre o foco principal da cena, que é o campo elétrico. Relembramos o que é campo elétrico, que ele gera uma força elétrica sobre uma carga, da sua intensidade e relação com a distância e carga criadora.



Figura 8: Campo gerado por Ritchie.
Fonte: Cena do episódio ‘Power Play’.

Na ultima cena o objetivo foi analisar a descarga elétrica (Figura 9) que o ‘Super Choque’ realiza com o raio e desta forma relembrar a rigidez dielétrica e o poder das pontas e como acontece um raio e a função dos pára-raios.



Figura 9: Descarga elétrica realizada por Super Choque.
Fonte: Cena do episódio 'Sunspot'.

9. Considerações Finais

Durante a construção deste trabalho buscamos um recurso acessível às escolas públicas e por esse motivo optamos por utilizar o DVD. Selecionamos trechos do desenho Super Choque que foram apresentados aos alunos utilizando recursos audiovisuais disponíveis na escola. O conteúdo escolhido foi eletrostática pela dificuldade que os alunos encontram com os conceitos abstratos deste assunto e por não terem, muitas vezes, aplicações diretas nos livros com o cotidiano. Além disso, não encontramos nenhum trabalho que enfatizasse diretamente a eletricidade estática.

O resultado de nosso trabalho em sala de aula foi, além de muito agradável e recompensador, satisfatório, pois houve um crescimento no índice de acertos total dos alunos. A média dos alunos na primeira fase da avaliação foi de 5,6 pontos e na fase posterior a média aumentou para 6,5 pontos, ou seja, tivemos um crescimento de nove pontos. Na Escola a média é 6,0 pontos. Os alunos receberam a idéia de aplicar os conceitos vistos em aula em desenhos animados com muito entusiasmo. Durante as apresentações, nas quatro turmas, os alunos participaram, responderam, relacionaram as cenas com o conteúdo e concluíram as explicações dos fenômenos juntos com a professora da turma, que é a proponente do presente trabalho. Os alunos perceberam que a física faz parte de seu mundo, que ela está nos jogos, nos filmes, nos desenhos e que pode explicar fenômenos do dia-a-dia. Sabemos que na ficção os conceitos físicos não são, necessariamente, seguidos a rigor, mas levam, quando conduzidos de forma correta, a conclusões com base na ciência e foi desta forma que trabalhamos com o desenho em sala de aula.

Para um avanço no ensino de física é fundamental esta motivação para aumentar o interesse do aluno por esta disciplina. Eles precisam ir para a sala de aula com vontade de descobrir e questionar. O pensamento educacional definindo por Einstein (apud MEDEIROS; MEDEIROS, 2005) descreve perfeitamente o sentido distorcido da educação e demonstra que o problema se alastra por décadas:

Na verdade, é quase um milagre que os métodos modernos de instrução não tenham exterminado completamente a sagrada sede de saber, pois essa planta frágil da curiosidade científica necessita, além de estímulo, especialmente de liberdade: sem ela, fenece e morre.

Portanto, precisamos de um ensino relacionado com o meio sócio-cultural do aluno trazendo questões do interesse dele e que permita a construção dos conceitos, através de uma aprendizagem significativa.

10. Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Educação: 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. p.59.

CLEBSCH, Angelisa Benetti. **‘Realidade ou Ficção?’** A Análise de Desenhos Animados e Filmes Motivando a Física na Sala de Aula. 2004. 129f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

FREITAS, Neli Klix. Representações mentais, imagens visuais e conhecimento no pensamento de Vygotsky. **Ciência e Cognição**, v. 06, p. 109-112, 2005.

Disponível em: < <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v06/m24566.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2007.

JUNIOR, Francisco de Assis Nascimento; PIETROCOLA, Mauricio. Tópicos de Física para RPGistas. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-4, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0563-1.pdf>> Acesso em: 03 fev. 2007.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Einstein, a Física dos Brinquedos e o Princípio da Equivalência. **Caderno Brasileiro de Física**, v. 22, n.3 p. 299-2315, dez 2005. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/22-3/artpdf/a1.pdf>> Acesso em: 03 fev. 2007.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94-99, Março 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/Vol22/Num1/v22_94.pdf>. Acessado em: 03 fev. 2007.

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias de Aprendizagem**. Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.

OLIVEIRA, Leonardo Denardin de. A Super-Física dos Super-Heróis: Projetos, Física e Super-Poderes. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-4, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0281-1.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

PENA, Fabio Luís Alves. Como Trabalhar com ‘Tirinhas’. **Física na Escola**, v.4 , n.2, p. 20-21, 2003. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/v4n2a08.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

PIASSI, Luís Paulo de Carvalho; OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto de. Ficção Científica no Ensino de Física: Utilizando um Romance para Desenvolver Conceitos. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-4, 2005. Disponível em:

<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0325-1.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. Ensino Experimental de Física na Universidade de Passo Fundo. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, p. 1-11, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/posteres/T0055-1.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

SEVERINO, Priscila A. da Rocha. **‘Ensinando Eletrostática com o Auxílio do Desenho Animado Super Choque’**. 2007. 68f. Monografia (Licenciatura em Física) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, [2007].

VICENTE, Célio; et al. A Física no Parque de Diversões. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-4, 2005. Disponível em:
<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0324-2.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

VYGOTSKY, Lev S. **A Formação Social da Mente**. 5.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

UTILIZANDO QUADRINHOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE FÍSICA

Paulo Roberto Bairros da Silva [paulo_bairros@yahoo.com.br]
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM.
Santa Maria, RS - Brasil.

Resumo

Acreditando que devemos buscar estratégias mais eficazes de ensino que contribuam para a construção de elementos necessários a construção de conhecimento por parte de nossos alunos proponho a realização de procedimentos lúdicos, em sala de aula, mediante a utilização de Atividades Didáticas (AD) que tenham como elemento auxiliar Histórias em Quadrinhos (HQ).

Utilizando um conjunto de passos, dispostos numa seqüência flexível, planejei o uso de AD em sala de aula tendo como recurso auxiliar HQ, de modo a possibilitar aos alunos a realização de processos que incluem a capacitação para: tomar decisões, classificar, inferir, predizer e comunicar-se. De certa forma, podemos dizer que, quando os estudantes realizam estas atividades, estão pondo em 'jogo' alguns dos procedimentos que formam parte da Resolução de Problemas.

A sistematização dessas AD bem como papel da utilização de HQ em sala de aula visando propiciar a construção de conhecimentos por parte dos alunos de forma mais acessível será discutida neste trabalho.

Palavras-chave: Ensino de Física, Atividades Didáticas, Histórias em Quadrinhos

1. Introdução

As atuais normativas oficiais para a Educação brasileira propõem que o Ensino de Física, na Escola Média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação de fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Nessa concepção o Ensino de Física deve promover mais de que a fixação dos termos científicos; e sim privilegiar situações de aprendizagem que possibilitem aos alunos a formação de uma bagagem cognitiva.

Na visão de Zanela (1999) de maneira geral e em qualquer autor que se busque uma conceituação do termo aprendizagem, aparecem de forma mais ou menos evidente os termos de mudança que, de alguma forma, permanece, e comportamento que pode ser observado.

No entanto a prática tradicional de Ensino de Física limita-se a apresentação de conceitos, leis e fórmulas em situações artificiais, distanciadas do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado que enfatizam um caráter propedêutico de ensino.

Nesta perspectiva o Ensino de Física orienta-se numa prática transmissivo receptiva segundo a qual o professor, dominador de conhecimentos, transmite o conteúdo a seus alunos mediante a apresentação dessas na lousa, enquanto que ao aluno, cabe a tarefa de assistir passivamente os conhecimentos expostos pelo professor. A prática de ensino neste formato tende a supor que os alunos ao terem acesso ao conhecimento científico, aprendem-no sem a necessidade de demais interações.

Acreditando que devemos buscar estratégias mais eficazes de ensino que contribuam para a construção de elementos necessários a construção de conhecimento por parte de nossos alunos, como ressaltam os PCN+ (Brasil, 2002, p.84):

O ensino de Física tem enfatizado a expressão do conhecimento aprendido através da resolução de problemas e da linguagem matemática. No entanto, para o desenvolvimento das competências sinalizadas, esses instrumentos

seriam insuficientes e limitados, devendo ser buscadas novas e diferentes formas de expressão do saber da Física, desde a escrita, com a elaboração de textos ou jornais, ao uso de esquemas, fotos, recortes ou vídeos, até a linguagem corporal e artística.

Proponho a realização de procedimentos lúdicos, em sala de aula, mediante a utilização de Atividades Didáticas (AD) que tenham como elemento auxiliar Histórias em Quadrinhos (HQ). A sistematização dessas AD bem como papel da utilização de HQ em sala de aula visando propiciar a construção de conhecimentos por parte dos alunos de forma mais acessível será discutida neste trabalho.

Segundo Novello (2002) os Quadrinhos vem ocupar um espaço vazio em nossa literatura de divulgação científica com uma surpreendente vantagem: acoplando a leveza lúdica das histórias em quadrinhos com o saber científico. A primeira vista o leitor entra em um jogo delicioso envolvendo toda a brincadeira que os quadrinhos oferecem e aos poucos ela começa por instigar o leitor a querer penetrar em uma segunda leitura que o aspecto do divertimento esconde mas que, no mesmo movimento cria a suspeita de sua existência

Kamel & Rocque (2005) destacam os resultados de um artigo publicado na Revista Nova Escola em 1998 sobre preferência de gênero de leitura entre crianças e jovens entre 5 e 16 anos de idade, que confirmou que 100% dos alunos entrevistados gostam mais de ler quadrinhos do que qualquer outro tipo de publicação. O resultado dessa pesquisa confirma o que todo professor conhece na sua prática de sala de aula: as histórias em quadrinhos proporcionam uma leitura prazerosa e espontânea.

2. Objetivos

Como docente em formação, resolvi seguir a nossa atual legislação (LDB, Resoluções CNE/CP nº 01, de 18.02.2002 e CNE/CP nº 02, de 19.02.2002) que propõem uma atuação mais abrangente dos professores, como pesquisadores de sua própria prática. Pretendo com a presente investigação mostrar, entre outras coisas:

1. Traçar um paralelo entre o Ensino de Física e a Arte, utilizando as HQ no ensino médio para proporcionar a construção de assuntos relativos ao estudo de Física;
2. Propiciar a alunos de Ensino Médio o contato com diferentes formas de expressão possibilitando manifestações do imaginário destes estudantes; explorando as possibilidades de inserção das HQ como atrativo para o estudo de Física, mesmo para aqueles que, através da abordagem tradicional, sentem-se afastados dela.
3. Avaliar em que medida os Quadrinhos propiciam aos alunos o estabelecimento de relações entre fenômenos/fatos do cotidiano e os assuntos abordados em sala de aula;

3. Metodologia

Segundo Chassot (1994) a atual imagem que temos da ciência começou a ser traçada no século XVII, por Francis Bacon ao propor um método para a produção da ciência. Na visão de Bacon, para se conhecer a natureza era preciso observar (acumular fatos), classificar e determinar suas causas, tal metodologia ficou conhecida como Método Científico.

Contudo, nos últimos anos, alguns historiadores divergem da postura de considerar que o desenvolvimento científico se deu através de uma única metodologia específica. Segundo Kuhn (1997) a ciência se desenvolve racionalmente através de sucessivos períodos de ciência normal, quando a teoria ampliada, interrompidos por revoluções onde essa teoria é então substituída por outra inteiramente diferente, que trás novos problemas a serem investigados pela pesquisa.

Na literatura de Educação em Ciências alguns autores como Gil Pérez et al (1992) afirmam que existe um consenso entre os pesquisadores em considerar *problemas* aquelas situações que apresentam dificuldades, e para quais não se tem respostas prontas.

Utilizando um conjunto de passos, dispostos numa seqüência flexível, planejei o uso de AD em sala de aula tendo como recurso auxiliar HQ, de modo a possibilitar aos alunos a realização de processos que incluem a capacitação para: tomar decisões, classificar, inferir, predizer e comunicar-se. De certa forma, podemos dizer que, quando os estudantes realizam estas atividades, estão pondo em ‘jogo’ alguns dos procedimentos que formam parte da Resolução de Problemas.

Os espaços utilizados para esta Investigação foram o de uma turma de Segundo Ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Manuel Ribas (Santa Maria/RS-2006) e a ‘Turma 02’ do Projeto de Extensão Pré-Vestibular Popular Alternativa (PVPA) vinculado a Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal de Santa Maria (Santa Maria/RS-2007).

O Colégio Estadual Manuel Ribas oferece, nos seus três turnos de funcionamento, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos atendendo a aproximadamente 2000 alunos. O colégio conta com uma infra-estrutura composta por Laboratórios de Ciências (Física, Química e Biologia), Laboratório de Informática, ginásio de esportes, sala de ginástica, quadras de esportes, refeitório, biblioteca munida livros, revistas e jornais, todas as salas de aula são equipadas com aparelhos de TV e Vídeo-Cassete e telas de projeção. A turma do Segundo ano do Ensino Médio, onde desenvolvi atividades de estágio curricular no turno da manhã, era composta por 28 alunos, sendo 10 meninos e 18 meninas, cuja faixa etária varia dos 15 aos 17 anos.

O PVPA não tem fins lucrativos, é gratuito. Isso justifica o seu fim que é atender um público alvo de pessoas comprovadamente carentes com dificuldades de ingresso no mercado de trabalho, a preparação para o ingresso no Ensino Superior, buscando oferecer a estes alunos um crescimento cultural, crítico e reflexivo, que passam por um processo de seleção veiculado em edital público nos meios de comunicação local. Atualmente o PVPA atende cento e cinquenta (150) alunos, distribuídos em quatro (04) turmas, com faixas etárias variando dos 17 aos 45 anos e suas atividades estão alocadas no Centro de Ciências Sociais e Humanas da UFSM.

Para a coleta de informações para esta pesquisa estamos utilizando Diários da Prática Pedagógica dos estagiários, as videogravação das implementações em sala de aula e as sínteses produzidas pelos alunos durante as aulas.

Segundo Porlan (1997) a utilização periódica do Diário da Prática Pedagógica permite refletir o ponto de vista do autor sobre o processos mais significativos da dinâmica em que está imerso. É um guia para a reflexão sobre a prática, favorecendo a tomada de consciência do professor sobre seus modelos de referencia e seu processo de evolução pessoal.

Na procura de um modo melhor de descrever o que se passa em sala de aula, introduzimos o vídeo para a nossa coleta de dados. Segundo Carvalho (1996) a análise desse material permite-nos selecionar seqüências de ensino que a autora denomina de Episódios de Ensino que são os momentos nos quais fica evidente a situação que queremos investigar.

A análise das sínteses produzidas pelos alunos permite a identificação e caracterização de alguns elementos de referencia aos recursos e estratégias utilizado, entre outras coisas, no sentido de isolar os fatos e focalizá-los progressivamente.

Parte de minhas ações de trabalho consistiam na elaboração/implementação de Atividades Didáticas de diferentes naturezas visando possibilitar o avanço conceitual dos alunos, mediante a promoção de um conflito cognitivo entre suas Concepções Espontâneas, que são suas construções representativas de mundo, e o conhecimento cientificamente aceito sobre assuntos de Física.

Para Dos Santos (1991), hoje as Concepções Espontâneas dos alunos são apontadas, por teóricos e investigadores, como uma das variáveis mais significativas do ensino das ciências. Situa-nas no centro do problema da aprendizagem e sustentam que ignorar tais concepções é uma das principais causas da ineficácia da ação educativa.

Utilizei as HQ na construção de AD de Questões Prévias que consistem na apresentação de questões e/ou situações para discussão com os alunos. Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, essa atividade visa à ligação desse conteúdo com situações reais

que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completamente ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes, a saber:

Exemplo I

Analise o Quadrinho e responda a questão apresentada abaixo:

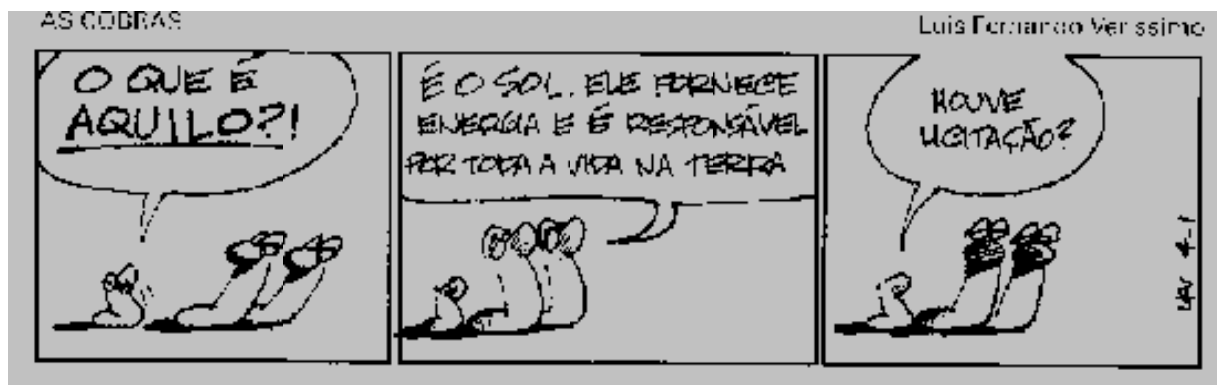
MÔNICA Maurício



Em sua opinião Cascão está correto? Porque ele afirmou estar parado?

Exemplo II

Analise o Quadrinho e responda a questão apresentada abaixo:

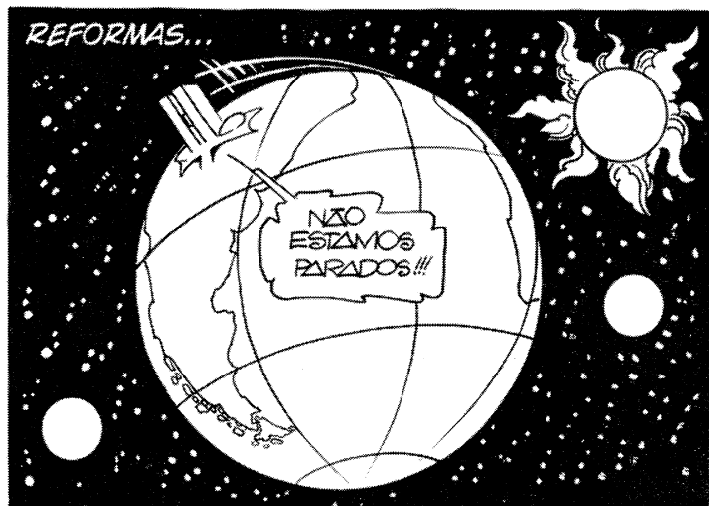


Em sua opinião como a energia vinda do Sol chega até nós e porque ela é indispensável para a manutenção da vida na Terra?

Exemplo III

Analise o Quadrinho e responda a questão apresentada abaixo:

AMORIM



Há muito tempo à imprensa brasileira noticia o ‘descaso’ dos senadores e deputados, no que diz respeito a sua atuação profissional na apresentação de projetos e votação de emendas, no entanto, estes justificam-se mediante a seguinte alegação: “*Não estamos Parados*”.

Explique como a Charge acima pode ajudar os deputados e senadores a justificar seu discurso?

Este formato de questionamento tem o intuito de despertar a curiosidade suficiente para que todos os estudantes estejam em condições de refletir sobre o que foi questionado, permitindo a emergência de suas idéias sobre o assunto que será abordado em sala de aula. Trata-se, portanto de proporcionar aos alunos a oportunidade de expressar livremente as suas opiniões para debatê-las com seus colegas de turma.

Segundo Caruso (2000) um desafio no trabalho com quadrinhos é fugir de qualquer tipo de memorização e buscar utilizar um material que não apenas desperte a curiosidade do aluno, mas que seja também capaz de permitir que ela reflita e aprenda o assunto abordado através da ajuda de seu professor.

Acreditando que mediante a utilização Textos de Divulgação Científica para a realização de uma abordagem qualitativa de assuntos de Física poderia propiciar aos alunos a construção de suas próprias HQ, já que estes textos usualmente apresentam os assuntos numa linguagem flexível e próxima da utilizada no cotidiano das pessoas. Textos de Divulgação Científica podem enriquecer o ensino, ampliando a visão de ciência e de Mundo do aluno, possibilitando a articulação do conteúdo abordado com informações que permeiam o cotidiano.

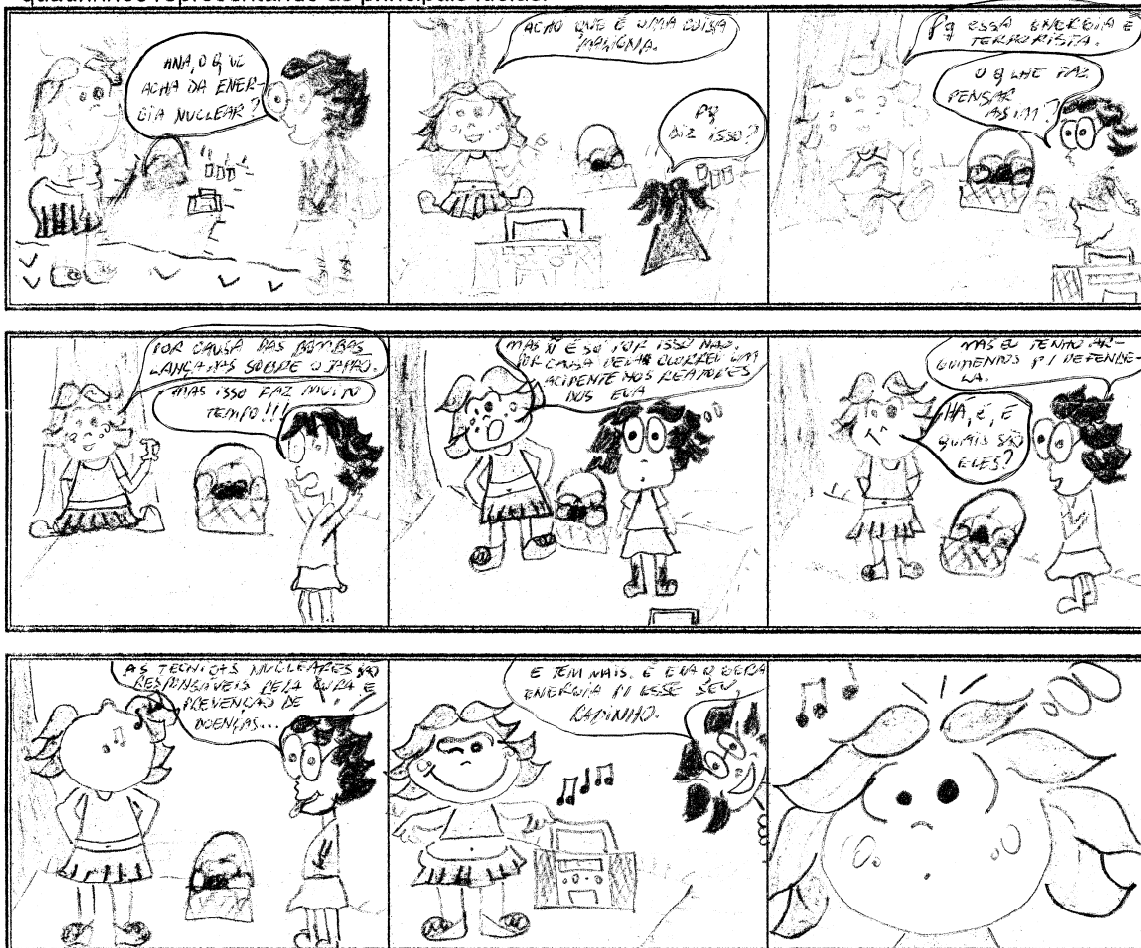
Para a implementação desta AD utilizei o texto ‘A Energia Nuclear e Seus Usos na Sociedade’ escrito por Odair Gonçalves e Ivan Salati de Almeida para a revista Ciência Hoje em outubro de 2005. O texto busca promover um debate informativo sobre o uso da Energia Nuclear, tentando desmistificar o papel a de ‘vilão’, atribuído ao seu uso e ressaltando a importância social dos estudos sobre este assunto.

Inicialmente solicitei aos alunos que realizassem uma leitura do texto orientada por alguns questionamentos que realizava durante o processo. No passo final da abordagem desta atividade

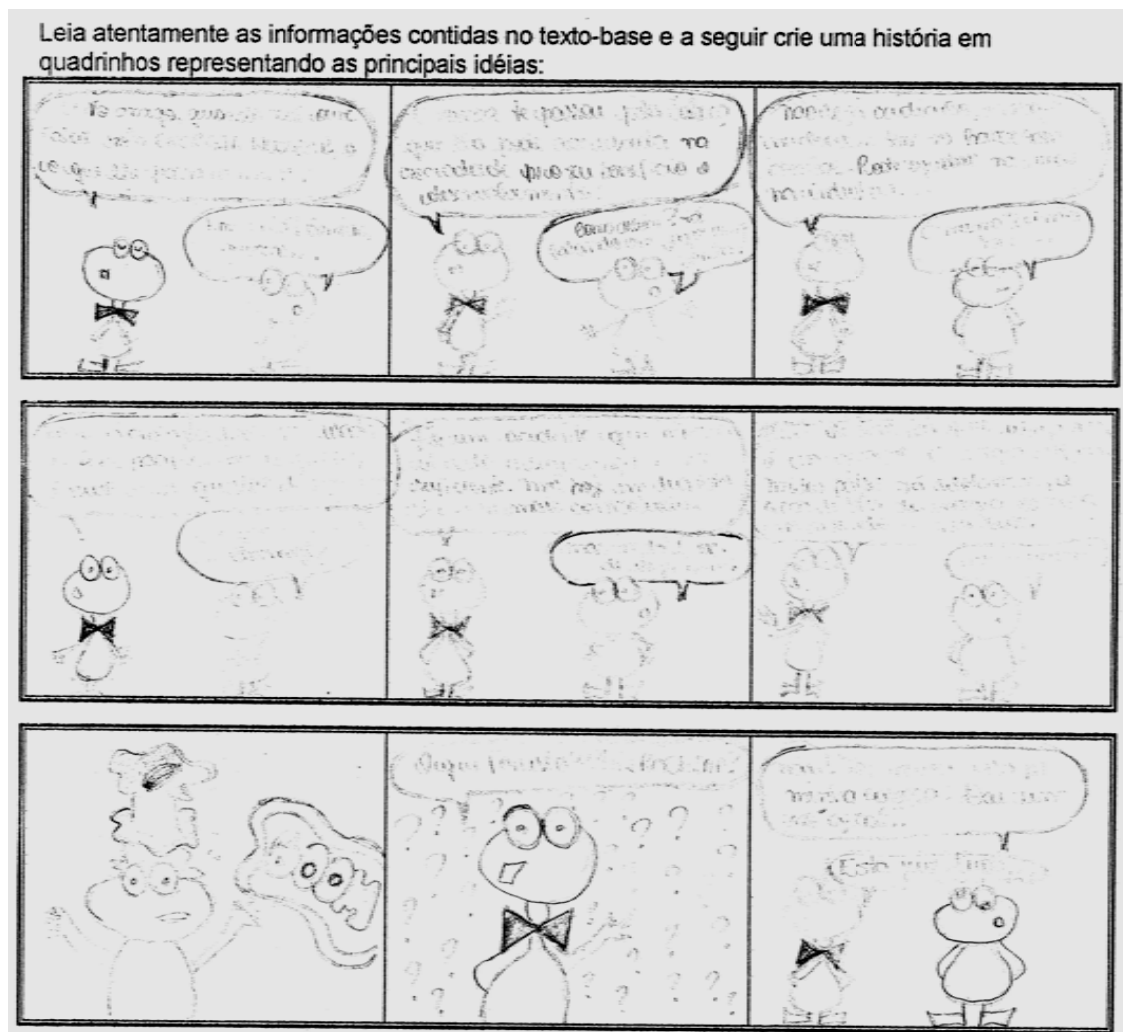
solicitei aos alunos que elaborem seus próprios Quadrinhos de maneira a traduzir as idéias contidas no texto para a linguagem dos Quadrinhos, a saber:

Exemplo I

Leia atentamente as informações contidas no texto-base e a seguir crie uma história em quadrinhos representando as principais idéias:



Exemplo II



Este modelo de atividade permite que o aluno realize a interpretação textual decodificando-a e transcrevendo-a para a linguagem escrita/desenhada dos quadrinhos, ativando sua capacidade de síntese e representação.

4. Resultados

A apresentação de situações-problema utilizando como recurso auxiliar os Quadrinhos possibilita uma facilitação na interpretação do questionamento já que estes apresentam uma linguagem de fácil compreensão que encontra-se aliada a interpretação de situações cotidianas e divertidas. Isso aparece nos seguintes dizeres:

“Creio que os quadrinhos quebram aquela formalidade comum em questionamentos de trabalhos e provas. É muito mais divertido fazer um trabalho com quadrinhos” (CSC).

“Bom acho que assim é mais interessante. Os quadrinhos brincam, mas ensinam. Não são monótonos e por haver imagens fica mais fácil de lembrar” (YHR).

“Porque é mais direto e fácil de se entender, é melhor para o nosso aprendizado utilizar recursos simples em vez daqueles textos com uma linguagem mais intelectual e muito complicada. Eu achei muito bom este tipo de questão” (JCMC)

“Eu acho que o uso dos quadrinhos é bom para avaliarmos a física de modo cotidiano e divertido, nas histórias em quadrinhos avaliamos situações divertidas e que acontecem no nosso dia-a-dia, isso facilita a interpretação” (KCSL).

O processo de decodificação da linguagem textual para a linguagem em quadrinhos possibilita a utilização de estratégias mais efetivas de interpretação textual, além de propiciar aos alunos a exposição de suas idéias pessoais na expressão das informações do texto. Esse aspecto aparece nos seguintes trechos:

“O ponto que é mais interessante é que este tipo de atividade faz com que o aluno se prenda na matéria descobrindo os conceitos, sem dar-se por conta” (RHB).

“Gostei deste modo de ensino. É mais divertido e o uso de desenho facilita o entendimento do assunto. Assim, a memória é ativada por diversos recursos: o desenho, o texto, etc...” (YHR).

“Esta atividade faz com que o aluno leia com atenção, pense e consiga expressar de um jeito fácil o que foi lido e aprendido” (ADPF)

“É interessante a atividade apresentada, pois apesar de dar um trabalho considerável para fazer os desenhos nos faz ler o texto com mais atenção para que possamos desenhar” (VB).

5. Considerações Finais

Devemos ter em conta que a análise das observações e interpretações dos alunos constituem um enfoque extremamente útil de ensino, pois permite que os estudantes exponham suas idéias em forma verbal, escrita e desenhada permitindo considerar a interpretação alternativa dos alunos sobre os assuntos de sala de aula.

As HQ constituem uma poderosa linguagem para o ensino de ciências. Um recurso auxiliar que pode ser utilizado em sala de aula vinculado a um principal de diversas maneiras tornando agradável o processo de construção de conhecimento pelo aluno.

6. Referências Bibliográficas

ARQUES, JUAN JOSÉ GARCIA. (2002). Viñetas de Cómic en la Enseñanza de la Física. **Revista Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales**, Barcelona, n.32, p.101-108.

BRASIL, MEC – Ministério da Educação e Cultura, SEMTEC – Secretaria de Educação Média e Tecnológica: (1999). **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília/DF.

BRASIL, Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação: (2002). **Resolução CNE/CP nº 1, de 18 de fevereiro de 2002**. Disponível em: < <http://www.mec.gov.br/cne/pdf/cp012002.pdf>> Acesso em 03 novembro de 2004.

BRASIL, Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação: (2002). **Resolução CNE/CP nº2, de 19 de fevereiro de 2002**. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/cne/pdf/cp012002pdf>>. Acesso em 03 novembro de 2004.

CARNEIRO, MARIA CAROLINA. (2000). ‘A História em Quadrinho como Atividade Pedagógica para Ampliação da Leitura’. In: **Revista Pátio**. n.12. Porto Alegre/RS: Editora Artimed.

- CARUSO, FRANCISCO; CARVALHO, MIRIAN DE; SILVEIRA, MARIA CRISTINA. (2000). Uma proposta de Ensino e Divulgação de Ciências através dos Quadrinhos. Rio de Janeiro.
- CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE (1996). O uso do vídeo na tomada de dados: pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. **Pro-Posições**.Campinas, v.07, n. 01, p.05-13.
- CHASSOT, ATTICO. (1994). *A Ciência Através dos Tempos*. São Paulo/ BRA: Moderna. ISBN 85-16-010953 (coleção Polêmica).
- DOS SANTOS, MARIA EDUARDA VAZ MONIZ. (1991). **Mudança Conceitual na Sala de Aula - Um Desafio Pedagógico**. Lisboa/POT: Editora Livros Horizonte. ISBN 972 - 24 - 0794 – 5.
- GIL PÉREZ, DANIEL; MARTÍNEZ-TORREGROSA, JOAQUÍN; RAMIREZ, LORENZO; DUMAS CARRÉE, ANDRÉE; GOFARD, MONIQUE; CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE. (1992). 'Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo'. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, UFSC, 9(1), 7-19.
- KAMEL, CLÁUDIA; DE LA ROCQUE, LÚCIA (2005). Quadrinhos Como Recurso Didático em tópicos de Biociências e Saúde.**Enseñanza de las Ciencias**. Madri, Numero Extra, VII Congresso.
- KNELLER, G. F.: (1980). Das Conjecturas aos Paradigmas. **A Ciência Como Atividade Humana**. Tradução de Antonio José de Souza. São Paulo.
- KUHN, THOMAS S.: (1997). **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo/BRA: Editora Perspectiva ISBN 85-273-0111-3.
- NOVELLO, MÁRIO.(2002). Tirinhas da física.**Física na Escola**.Rio de Janeiro, V.03, n.02, p.36.
- PORLÁN, RAFAEL; MARTÍN, JOSÉ. (1997). El Diario del Profesor: Um recurso para la investigación en el aula. Sevilla.
- ZANELA, LIANE. (1999). 'Aprendizagem: uma Introdução'. In: **Psicologia e Educação: O Significado de Aprender**. 3 ed. Porto Alegre/BRA: EdiPuc. ISBN 85 - 7430 - 094 – 2.

A CONSTRUÇÃO DE UM PERFIL CONCEITUAL DE REFERENCIAL NA APRENDIZAGEM DA TEORIA DA RELATIVIDADE.

Álvaro Leonardi Ayala Filho [ayalafilho@gmail.com]

Junior Saccon Frezza [junior.frezza@yahoo.com.br]

*Departamento de Física, Instituto de Física e Matemática UFPel – Caixa postal 354, Campus
Universitário, CEP 96010-900, Pelotas, RS.*

Resumo

Neste trabalho, utilizamos a noção de perfil conceitual como instrumento para investigar os obstáculos epistemológicos à compreensão da Teoria da Relatividade Restrita (TRR). Em particular, procuramos estabelecer as regiões do perfil conceitual de referencial a partir de resultados apresentados na literatura, dos resultados da nossa pesquisa exploratória e da própria evolução histórica da noção de referencial. Os nossos resultados indicam a existência de três regiões: a região caracterizada pelo senso comum, onde os conceitos de observador e referencial se confundem com o próprio sujeito; a região pela Física Newtoniana, e a região associada à TRR. Concluímos que a associação dos alunos à região do senso comum estabelece um obstáculo epistemológico à compreensão da TRR.

Palavras-chave: perfil conceitual; obstáculo epistemológico; relatividade restrita.

1. Introdução

O advento da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) (Einstein, 2001a, 2001b) caracterizou-se por uma revolução científica que modificou profundamente as categorias básicas usadas na descrição da natureza não só da Mecânica Newtoniana, mas em toda a Física, tendo reflexos significativos em toda cultura ocidental. As modificações nas relações entre os conceitos de espaço, tempo, energia, massa, momento, força foram de tal envergadura que a própria significação de cada um destes foi modificada. Os novos conceitos daí gerados, apesar de guardarem os mesmos nomes, são completamente incompatíveis com a sua versão original. Estas teorias passam a ser, na linguagem de Thomas Kuhn (Kuhn, 2003), incomensuráveis e também epistemologicamente e ontologicamente diferenciadas.

Esta origem revolucionária característica da TRR e de outras teorias, como, por exemplo, a Mecânica Quântica, propõe um desafio quando nos debruçamos sobre o seu processo de aprendizagem (Ostermann, 2000). Isto porque a estrutura cognitiva de um aprendiz que supostamente domine a Física Newtoniana não terá condições de ancorar conceitos da nova física, eclipsando a possibilidade da aprendizagem significativa. Assim, a compreensão do processo de aprendizagem de uma teoria revolucionária passa necessariamente pela compreensão da forma como são criadas novas regiões da estrutura cognitiva de um aprendiz.

Nesta perspectiva, iniciamos uma investigação exploratória sobre a aprendizagem da TRR em alunos de uma disciplina de introdução a este tema. Esta disciplina está localizada no sétimo semestre do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pelotas. Neste estágio do curso, os alunos já desenvolveram estudos avançados, em nível de graduação, de Mecânica Newtoniana, Mecânica Quântica, Termodinâmica e Eletromagnetismo.

Para esta investigação, partimos do pressuposto de que a aprendizagem significativa da TRR só é possível a partir do desenvolvimento de uma nova região na estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, consideramos conveniente usarmos como referencial teórico a concepção de perfil conceitual. Esta concepção foi desenvolvida por Mortimer(2000) em resposta a evidência de que a aprendizagem científica se dá a partir do desenvolvimento e aquisição de novos conceitos sem que os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz sejam eliminados. Em particular, nos concentraremos, neste trabalho, na tentativa de estabelecer as regiões (ou zonas) do perfil conceitual

da noção de sistema de referencia. Nossos resultados indicam que o não desenvolvimento da noção de referencial característica da TRR constitui-se em um dos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996) a compreensão desta teoria.

Este trabalho está dividido como segue. Na próxima seção, revisamos as características básicas da noção de perfil conceitual. Na terceira seção, partindo da evolução histórica, dos resultados da literatura e do nosso estudo exploratório, propomos uma distribuição de regiões para o perfil conceitual de referencial. Na quarta seção, revisamos os resultados a luz do perfil estabelecido e na última seção apresentamos nossas conclusões.

2. O Perfil Conceitual

A noção de perfil conceitual foi proposta por Mortimer (1996) como uma nova forma de análise da evolução conceitual em sala de aula e um referencial para a elaboração de novas estratégias para construção do conhecimento.

Inicialmente, o autor retomou a noção de perfil epistemológico de Bachelard (1984). Esta noção considera que um determinado conceito presente na mente de um sujeito cognicente não poder ser completamente compreendido a partir de um único sistema epistemológico. O exemplo clássico de Bachelard é o conceito de massa, que aceita, do ponto de vista epistemológico, diferentes significações em diferentes contextos, de tal maneira a formar um perfil com diferentes regiões. Bachelard descreve seu próprio perfil relativo ao conceito de massa em cinco regiões distintas: a região do senso comum, associado ao uso diário do conceito em termos de quantidade ou volume; a região positivista, associada a medidas de massa em laboratório; a região Newtoniana, que descreve a massa como a razão matemática entre força e aceleração; a região relativística, onde a massa passa a ser dependente da velocidade e uma medida da energia de um corpo; e a região quântica, onde a massa perde já seu caráter corpuscular estrito, características das outras regiões do perfil. As diferentes regiões do perfil são epistemologicamente diferenciadas e independentes.

Retomando a noção de perfil epistemológico, Mortimer (2000) considera que cada região do perfil não é apenas epistemologicamente diferenciada, mas também ontologicamente diferenciada, ou seja, corresponde a uma visão de mundo, uma perspectiva de universo completamente diferente. Assim, em cada região do perfil o significado do conceito é construído com referencia a uma determinada teoria. Considerando que cada uma destas teorias é, como salientamos anteriormente, incomensurável, então as próprias regiões do perfil também o são. Na análise da construção dos conceitos de átomo e da estrutura da matéria, são propostas três regiões diferenciadas para o perfil conceitual. A primeira região é aquela associada à negação da possibilidade do vazio e do próprio conceito de átomo. Esta concepção ontológica está associada a uma “epistemologia sensorialista”, onde a definição do “estado físico [da matéria está] intimamente ligado às aparências externas e aspectos sensoriais dos materiais”. A segunda região do perfil é aquela chamada de atomismo sensorialista, onde “apesar de estarem usando [a noção de] partículas, os estudantes pensam tais partículas como grãos de matéria que podem dilatar-se, contrair-se, mudar de estado, etc.” (Mortimer, 2000, p.128-129). No substancialismo, os grãos de matéria guardam as mesmas propriedades da matéria macroscópica. No entanto, os alunos já admitem a existência do vácuo entre as partículas. À esta região está associada uma epistemologia realista. A terceira região do perfil é aquela associada à química “clássica”, onde o átomo é a unidade fundamental na constituição da matéria e conserva sua unidade nas reações químicas. As próprias reações são descritas como recombinações microscópicas dos átomos.

3. A investigação das regiões do perfil conceitual de referencial

Neste trabalho, utilizamos a noção de perfil conceitual como instrumento para investigar os obstáculos epistemológicos à compreensão da Teoria da Relatividade Restrita. Em particular, propomos estabelecer o perfil conceitual da noção de referencial, considerando que esta noção é epistemologicamente e ontologicamente diferenciada quando a examinamos na perspectiva do

senso comum, da Física Newtoniana e da Teoria da Relatividade Restrita. Em particular, consideramos, a partir dos nossos resultados preliminares e da bibliografia examinada, que a criação da noção relativística de referencial é condição necessária para a compreensão da TRR e a não elaboração desta região do perfil define um obstáculo epistemológico para a apropriação desta teoria.

A atenção dada a noção de referencial tem origem na percepção da dificuldade dos alunos de descrever, para um par de eventos, os efeitos de dilatação do tempo, contração da distância e a relatividade da simultaneidade do ponto de vista de observadores em diferentes referenciais. Apesar de resolverem os respectivos problemas analíticos e numéricos com facilidade, os alunos tendem a ter dificuldade de apresentar uma análise conceitual do problema quando solicitados.

Procuramos estabelecer as regiões do perfil conceitual de referencial a partir de resultados apresentados na literatura, dos resultados da nossa pesquisa exploratória e da própria evolução histórica da noção de referencial. Podemos adiantar que a noção de referencial absoluto, característico da obra de Isaac Newton, apresentado no “Principia” (Newton, 2002) e a noção relativística de referencial, apresentada no artigo original de Einstein de 1905 (Einstein, 2001a,b), são regiões deste perfil conceitual.

A noção de referencial segundo a TRR.

Na perspectiva da TRR, um referencial é representado por eixos cartesianos infinitos que se comportam como réguas rígidas. A cada ponto do referencial está associado um observador com um relógio. Todos os observadores do referencial possuem um procedimento operacional para garantir a sincronização de seus relógios, ou seja, um procedimento que garanta uma escala única de tempo para o referencial. Um evento na TRR é qualquer ocorrência a qual podemos associar uma posição no espaço e um instante de tempo bem definido. Este instante é definido pelo relógio localizado na posição onde ocorre o evento. É suposto também que o observador distante é capaz de determinar o tempo de ocorrência do evento considerando a correção associada ao tempo de viagem do sinal emitido pelo mesmo. Todos os observadores em repouso relativo e que possuam uma escala de tempo comum fazem parte do mesmo sistema de referenciais. Assim, a diferenciação dos referenciais se dá pela velocidade relativa dos mesmos. As grandezas físicas são definidas em relação a um referencial, mas não existe um referencial absoluto, pois as leis da Física são as mesmas para qualquer referencial.

A noção de referencial segundo a Física Newtoniana.

Na perspectiva da Física Newtoniana, também as grandezas físicas e, em particular, o movimento são sempre definidas em relação a um determinado referencial. Apesar da crença consensual da validade do Princípio da Relatividade Galileano, ou seja, que as leis da Mecânica são as mesmas em qualquer referencial inercial, concebe-se a existência de um referencial em repouso absoluto e uma escala única de tempo para todos os referenciais. Em outras palavras, as noções de tempo e espaço absolutos estão presentes.

A noção de referencial apresentada pelos alunos.

Como salientamos anteriormente, nossa experiência diária como ministrante da disciplina introdutória a TRR tem nos levado a perceber a dificuldade dos alunos em construir e articular corretamente a noção de referencial subjacente a esta teoria. Desta forma, com o objetivo de realizar uma investigação exploratória para explicitar a concepção de referencial utilizada pelos alunos, examinamos as respostas dadas a uma questão sobre cinemática relativística por 13 alunos graduandos. Esta questão foi apresentada como um item da primeira avaliação da disciplina no primeiro semestre de 2005. A questão formulada é

“Um múon possui um tempo de vida próprio de $2 \mu s$. Após ser produzido por uma reação de alta energia, o múon viaja, no referencial de laboratório, uma distância de 900 metros.”

“(a) Considerando a dilatação do tempo de vida do múon no referencial de laboratório, calcule a velocidade do múon neste referencial.”

“(b) Calcule a distância percorrida pelo laboratório no referencial do múon. Explique a contradição aparente entre as distâncias medidas nos dois referenciais.”

Para responder esta questão, o aluno deve perceber que tempo e distância são dados em referenciais distintos e que a interpretação solicitada no item (b) também deve se valer das diferenças na descrição dos dois eventos (surgimento e decaimento do múon) no referencial de repouso do múon e no referencial do laboratório. Centramos nossa atenção nas respostas ao item (b). A resposta considerada correta deveria levar em conta que, no referencial do múon, os dois eventos ocorrem no mesmo ponto do referencial, de tal forma que o tempo medido é o tempo próprio. No referencial do laboratório, a produção e o decaimento do múon ocorrem em pontos distintos do referencial, o que implica a necessidade de dois observadores (dois relógios sincronizados) para determinar o tempo de vida do múon. Nestas condições, os observadores no laboratório medirão um intervalo de tempo maior do que o observador associado ao múon. O observador solidário ao múon determinará que o laboratório percorreu uma distância menor que 900m. Dos treze alunos que realizaram a prova, dois erraram completamente a questão, três acertaram completamente e oito identificaram que a discrepância estava associada a dilatação do tempo/ contração da distância. Destes oito alunos, dois apenas afirmaram categoricamente a existência deste fenômeno e seis (46%) apresentaram uma justificativa que evidencia a dificuldade de descrever os dois eventos em referenciais distintos, como podemos exemplificar nas respostas abaixo:

“A contradição aparente é devido à discrepância entre os valores da distância percorrida pelo múon quando observado no referencial do laboratório e no referencial do múon.”

“No problema dado, a distância no referencial do múon é menor em virtude do múon estar se movendo com uma velocidade da ordem de grandeza de c.”

“Como o múon viaja com uma velocidade próxima a da luz, ele ‘vê’ as distâncias que percorre contraída em relação ao referencial do laboratório.”

As expressões sublinhadas nos exemplares acima indicam a dificuldade de distinguir a descrição dos eventos nos dois referenciais. Estas respostas podem ser interpretadas considerando que na estrutura cognitiva do estudante predomina a noção de referencial absoluto. No entanto, esta não é uma noção Newtoniana, pois o referencial absoluto está associado ao próprio sujeito cognicente. Parece estar presente não só a noção de referencial absoluto, mas sim a noção de movimento absoluto. É relevante notar ainda que nenhum dos alunos se valeu do fato de que no referencial da Terra são necessários dois observadores para determinar o tempo de vida do múon e, no referencial do múon, apenas um. Isto indica que a noção de referencial da TRR não foi completamente explorada nem mesmo pelos alunos que responderam corretamente.

Resultados bastante similares foram obtidos quando os alunos da turma de 2006 foram solicitados a responder a seguinte questão

“A partir de colisões de partículas de raios cósmicos ocorre a produção de múons na atmosfera a uma altura de 9000m. Considerando que estes possuem velocidade de, aproximadamente, $0,998c$ e tempo de vida igual a 2×10^{-6} s, os múons poderiam deslocar-se apenas 600m e não poderiam atingir a superfície da Terra. No entanto, estes múons são detectados na superfície. Explique esta situação a partir

(a) de um referencial onde a Terra está em repouso;

(b) de um referencial onde o múon está em repouso.”

Dos treze alunos que responderam esta questão, cinco não responderam ou deram respostas indistinguíveis, três responderam corretamente e cinco apresentaram resposta que pode ser interpretada de acordo com a noção de referencial apresentada acima. Vejamos alguns exemplares:

[item (a)] No referencial da Terra, o tempo de queda do múon é dilatado, sendo que assim ele consegue percorrer a distância até a superfície.

[item (b)] No referencial do múon, a distância que ele tem que percorrer é contraída, sendo que seu tempo de vida é suficiente para que ele chegue até a superfície.

Em uma outra resposta, lemos:

[item(b)] Porém, quando o referencial é colocado no múon, seu tempo de vida próprio é cerca de 2×10^{-6} s e ele acaba deslocando-se apenas 600 aproximadamente.

E ainda

[item(b)] Neste caso ocorre, segundo a Teoria da Relatividade Restrita, um ‘encurtamento’ da distância a ser percorrida pelo múon, ou seja, mesmo que o tempo em relação ao referencial adotado (múon em repouso) seja menor que o tempo em relação a Terra, a distância a ser percorrida também é menor.

Também este grupo de alunos não utiliza o argumento de que são necessários dois observadores para determinar o tempo de vida do múon referencial da Terra, o que é consistente com a interpretação de a noção relativística de referencial não está sendo utilizada.

Podemos interpretar os resultados acima considerando que a noção de referencial utilizada está associada a um referencial absoluto que funde observador, referencial e sujeito cognicente, não sendo um “referencial absoluto” no sentido dado pela Física Newtoniana. É importante salientar que esta noção de referencial e movimento está muito próxima daquela evidenciada por Saltiel & Malgrange (1980) obtida a partir da investigação dos modos ‘espontâneos’ de pensar a cinemática elementar. Segundo os autores, a noção de velocidade está muito pouco vinculada a noção de referencial, o que

“... provavelmente corresponde ao fato de que, na vida diária, um referencial particular é favorecido por razões práticas. ...A necessidade de se referir a um referencial desaparece... Assim a velocidade, no lugar de aparecer como uma propriedade de um par (corpo em movimento + referencial), naturalmente torna-se propriedade do corpo sozinho em movimento, [tornando-se] uma característica intrínseca [do corpo] entre outras.”

Ou seja, a noção de referencial presente acima e nas respostas está muito próxima do senso comum, ainda contendo elementos de cinemática “pré-galileana”. Esta noção de referencial também é consistente com os resultados obtidos por SCHERR, SHAFFER & VOKOS (2001) ao examinar as noções de relatividade da simultaneidade e de sistemas de referência em alunos em diversos estágios do curso de graduação e em alunos graduados da Universidade de Washington. Entre outros resultados, os autores identificaram que os alunos apresentavam a “*tendência de tomar o observador como dependente apenas do seu ou sua experiência sensorial pessoal*”. Os autores também identificaram “*a noção de que cada observador constitui um sistema de referência distinto*”.

4. O perfil conceitual de referencial

A partir dos resultados acima, propomos uma configuração de perfil conceitual associado a noção de referencial. A primeira região do perfil é caracterizada pelo senso comum, onde existe a noção de movimento absoluto e os conceitos de observador e referencial se confundem com o próprio sujeito. A segunda zona do perfil é aquela definida pela Física Newtoniana, onde as grandezas físicas são sempre associadas a referenciais, mas existe a noção de tempo e espaço absolutos, sendo que o tempo é uma grandeza universal para todos os referenciais. A terceira região do perfil é aquela definida pela TRR, onde a cada ponto de um referencial está associado um observador com uma régua rígida e um relógio e só é possível estabelecer uma escala única de tempo para observadores de um mesmo referencial. É significativo o fato de que as três regiões do perfil são epistemologicamente e ontologicamente bastante diferenciadas, pois estão associadas a representações do mundo completamente incomensuráveis.

Definidas as regiões do perfil, podemos reexaminar os resultados exploratórios que obtivemos, procurando englobar outros os resultados presentes na literatura. Apesar dos alunos terem desenvolvido a habilidade de resolver problemas numéricos e analíticos no contexto da TRR, estes alunos permanecem vinculados ainda à região do senso comum do perfil conceitual de referencial. Nesta perspectiva, a aprendizagem da TRR fica restrita a uma aprendizagem literal, pois toda iniciativa de ancorar conceitos desta teoria em a região do senso comum levará ao surgimento de um obstáculo epistemológico. Por exemplo, Scherr, Shaffer & Vokos (2001) mostraram que um dos obstáculos a compreensão da relatividade da simultaneidade está no fato de que

“...muitos estudantes associam fortemente o tempo [de ocorrência] de um evento com o tempo no qual um observador recebe o sinal [de luz] proveniente deste evento”.

Assim ao examinar a simultaneidade de eventos, o ordenamento destes é confundido com o ordenamento do recebimento de sinais por um observador. A determinação da simultaneidade ou não de dois eventos fica vinculada à ordem do recebimento dos sinais pelo observador. Implicitamente temos a fusão entre observador e referencial. Atitude mental compatível com a primeira região do perfil.

5. Conclusões

Neste trabalho, apresentamos os resultados de uma investigação exploratória sobre o perfil conceitual de referencial em alunos de uma disciplina introdutória a TRR. Caracterizamos este perfil como tendo três regiões epistemológica e ontologicamente diferenciadas: a região do senso comum, a região newtoniana e a região associada à TRR. Concluimos que uma percentagem significativa dos alunos se encontra ainda na região do senso comum, mantendo a noção de espaço absoluto e uma noção de referencial que funde observador, referencial e sujeito cognicente. Este resultado parece indicar que os alunos não desenvolveram completamente nem mesmo as concepções de movimento e referencial da Física Newtoniana. Esta interpretação sinaliza para necessidade de se formular estratégias para o desenvolvimento e consolidação da região associada à TRR deste perfil. Alguns resultados nesta direção já foram relatados (SCHERR, SHAFFER & VOKOS, 2002), mas os resultados ainda são bastante incipientes.

6. Referências Bibliográficas

BACHELARD, G. (1984). **A Filosofia do Não**; In: OS PENSADORES. São Paulo: Abril Cultural, p. 01-87.

BACHELARD, G. (1996). **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Editora Contraponto.

- EINSTEIN, A. (2001a). Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento. In: STACHEL, J. (Ed.) **O ano miraculoso de Einstein**. Rio de Janeiro: editora da UFRJ, p117-141.
- EINSTEIN, A. (2001b). A inércia de um corpo depende do seu conteúdo de energia? In: STACHEL, J. (Ed.) **O ano miraculoso de Einstein**. Rio de Janeiro: editora da UFRJ, p183-186.
- KUHN, T.S.(2003) **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva.
- MOREIRA, M. A. (2003) **Aprendizaje significativo: fundamentación teórica e estratégias facilitadoras**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS.
- MORTIMER, E. F. (1996) Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1.
<<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo.htm>> Acesso em 10 jul. 2007.
- MORTIMER, E. F. (2000) **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: editora da UFMG.
- NEWTON, I. (2002) **Princípios matemáticos da filosofia natural**. São Paulo: Edusp.
- OSTERMAN, F., MOREIRA, M. A.(2000) Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1.
<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm> Acesso em 12 jul. 2007.
- SATIEL, E. MALGRANGE, J. L. (1980) ‘Spontaneous’ ways of reasoning in elementary kinematics. **European Journal of Physics**, Northern Ireland, v. 1, p.73-80.
- SCHERR, R. E. SHAFFER, P. S. & VOKOS, S. (2001) Student understanding of time: special relativity: simultaneity and reference frames **Phys. Edu. Res. Am. J. Phys. Suppl.**v.69, n.24, p. S24-S35..
- SCHERR, R. E. SHAFFER, P. S. & VOKOS, S. (2002) The challenge of changing deeply held student beliefs about the relativity of simultaneity. **Am. J. Phys. Suppl.**v.70, n.12, p. 1238-1248.

DISCUTINDO AS CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS A PARTIR DA METODOLOGIA UTILIZADA NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA

Cleci Werner da Rosa [cwerner@upf.br]

Área de Física – Universidade de Passo Fundo

Campus I, Bairro São José, 99001-970, Passo Fundo, RS - Brasil

Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC

Campus Universitário, Trindade, 88040-900, Florianópolis, SC – Brasil

Álvaro Becker da Rosa [alvaro@upf.br]

Área de Física – Universidade de Passo Fundo

Campus I, Bairro São José, 99001-970, Passo Fundo, RS - Brasil

Resumo

O trabalho apresentado neste texto refere-se a um estudo no qual se buscou identificar as concepções epistemológicas dos professores da disciplina de Física na Universidade de Passo Fundo, a partir de suas escolhas metodológicas nas aulas de laboratório. O objetivo é discutir as concepções epistemológicas subjacentes às concepções metodológicas, possibilitando uma reflexão nas atividades experimentais desenvolvidas pelo universo pesquisado. O estudo buscou responder aos questionamentos sobre as concepções de natureza do conhecimento científico presentes na ação pedagógica do grupo de professores investigados. Estariam eles enfatizando em sua prática docente uma concepção de sujeito neutro ou estariam perpassando a idéia de que o sujeito é não-neutro e, portanto, elemento presente na apropriação do conhecimento? Ou seja, qual o papel do sujeito nas atividades experimentais desenvolvidas na disciplina de Física? A análise nas categorias destacadas na concepção teórico-metodológica permitiu identificar que o laboratório caminha para uma concepção construtivista, entretanto, encontra-se fortemente arraigada a pressupostos do empirismo baconiano.

Palavras-chave: epistemologia; laboratório didático; física.

1. Introdução

De acordo com Acevedo (2005), é cada vez maior, em didática das ciências, o consenso em considerar que um dos objetivos mais importantes da educação científica é que os estudantes do ensino básico/ensino secundário cheguem a adquirir uma melhor compreensão da natureza da ciência. Essa afirmativa aponta na direção de um ensino que ultrapasse a visão de ciência como acúmulo de fatos e, principalmente, como conjunto de verdades absolutas, conforme destacado por Harres (2003). Para o autor, um ensino de ciências que se preocupe com a natureza da ciência permite a superação de uma visão distorcida, presente no ensino dessa disciplina, na qual tem prevalecido a visão da ciência como validade intrínseca, da ciência como social, política e economicamente neutra; da ciência como apresentando por si só um critério de verdade; e, ainda, da ciência entendida como apartada de qualquer sentimento que não seja lógico, frio e racional.

O ensino de ciência vem historicamente consolidando um modelo no qual o conhecimento representa um conjunto de fatos “descobertos” pelos cientistas e acumulados pela humanidade, dentro de um processo a-histórico, descontextualizado e sem relação entre a concepção da natureza do conhecimento científico do cientista e a produção desse conhecimento. A concepção sobre a natureza da ciência subjacente ao processo ensino-aprendizagem decorre, em grande parte, da visão de ciência do professor, não apenas das concepções imbricadas nas estruturas organizacionais que direcionam a educação.

Na análise de pesquisas sobre as concepções da natureza da ciência em professores, Ledermam (1992) menciona que tais pesquisas apresentam como pressuposto que a compreensão desses professores tem relação direta com a dos estudantes e com a imagem que eles adquirem

sobre a ciência, influenciando significativamente na forma como se dá o ensino de Ciências. Essa observação não se limita à ação pedagógica dos professores na educação básica, mas acaba influenciando o entendimento da ciência nos cursos superiores de formação de professores, conforme apontou Borges (1991). A pesquisadora estudou as relações entre a natureza do conhecimento científico e a educação em Ciências nos cursos de formação de professores. Neste estudo, ela investigou a concepção de ciência presente nos cursos de licenciatura em Ciências, Química, Física e Biologia das instituições de ensino superior no estado do Rio Grande do Sul e a concepção dos estudantes (formandos) desses cursos. O estudo mostrou que, em termos da concepção de ciência presente nos estudantes das licenciaturas gaúchas, há uma predominância na concepção empirista (49%) em comparação com a visão construtivista (19%). Todavia, como destaca a autora, assumiram posição intermediária, nem construtivista, nem empirista, um percentual significativo de estudantes (32%), dentre os quais em muitos não foi possível identificar o posicionamento. Na contrapartida da concepção dos estudantes, foram investigados os currículos como forma de confrontar tais concepções sobre a natureza da ciência. Nesse sentido, observou-se que, de acordo com o número de disciplinas presentes nos currículos relacionado à epistemologia e à história da ciência, assim como nos referenciais bibliográficos, os cursos investigados apresentam uma predominância da visão empirista-indutivista, o que acaba por suscitar a relação entre o posicionamento dos estudantes, futuros professores, e a visão de ciência presente nos cursos de licenciatura. Para a autora, essas investigações mostram que “as concepções que temos quanto ao desenvolvimento das ciências, incluindo questões metodológicas e epistemológicas, influenciam nossa ação docente” (BORGES, 1991, p.180).

Harres (1999a), ao realizar uma pesquisa para identificar as concepções dos professores sobre a natureza da ciência, constatou que os professores apresentam uma visão compartilhada de que a ciência segue uma seqüência de passos rígidos, iniciando pela observação e culminando numa descoberta. Em outro trabalho Harres (1999b) fez uma avaliação do estado atual das pesquisas relacionado às concepções dos professores sobre a natureza da ciência fora do contexto brasileiro. Sua conclusão mencionou que é possível afirmar que os resultados analisados nos artigos são pouco conclusivos, uma vez que alguns trabalhos identificaram uma epistemologia pessoal permeando a ação docente, ao passo que outros não encontraram evidências significativas dessa influência.

Para Rosa e Rosa (2005), há possibilidade de identificar a presença das crenças dos professores sobre a construção do conhecimento no momento da elaboração e da seleção dos conteúdos de Física para o ensino médio. Neste estudo, os autores analisaram a influência do sistema social, econômico e político, através dos pais e dirigentes escolares no momento da organização das ações pedagógicas. De maneira semelhante, Arruda e Laburú (2001) relatam num artigo a relação entre as questões epistemológicas e os aspectos pedagógicos presentes na fala dos professores no momento de se referirem às prováveis causas nas dificuldades de aprendizagem dos estudantes em Física, as quais decorrem, em grande parte, da falta de atividades experimentais, para os pesquisados. A justificativa de que as dificuldades na compreensão da Física no ensino médio são decorrentes da falta de atividades experimentais, é comum entre os professores dessa disciplina, conforme destacado Arruda e Laburú (2001).

“Em todos os cursos de capacitação/atualização para professores da rede estadual do Paraná que temos participado há vários anos, a ausência de atividades experimentais, as chamadas aulas práticas, é freqüentemente apontada pelos professores como uma das principais deficiências no ensino das disciplinas científicas no ensino fundamental e médio, por diversas e bem conhecidas razões.” (2001, p. 53)

Para os autores as razões que os professores vêm apontando para a necessidade de incluir em suas atividades docentes aulas experimentais apóiam-se majoritariamente, numa concepção de ciência ultrapassada e há muito criticada pelos filósofos da ciência. Assim, Arruda e Laburú mencionam que os pressupostos epistemológicos que o professor adota, muitas vezes de forma

implícita, têm reflexos em suas atividades didáticas e na imagem de ciência apreendido pelo estudante. Para eles, a imagem de ciência veiculada nos livros didáticos ou entre os professores de ciência, ou mesmo entre cientistas ou profissionais com formação científica, é uma visão tradicional ou popular, a qual se fundamenta, dentre outros pressupostos em: (i) as leis ou teorias científicas existem na natureza e podem ser descobertas pela investigação científica, ou seja, através da observação sistemática. A partir da experimentação ou mediação as leis e teorias são criadas; (ii) a função do experimento na ciência é comprovar as hipóteses ou teorias levantadas, as quais podem, então, ser chamadas de “leis” e consideradas verdadeiras. Portanto, são científicas somente as afirmações comprovadas experimentalmente. (2001, p.54-55)

Para Pinho Alves (2000), as atividades experimentais desempenham um importante papel no processo ensino-aprendizagem em Física, uma vez que representam atividades historicamente construídas pelos investigadores para uso exclusivo na construção do conhecimento científico. A experimentação, de cunho científico, e a experiência, construída no senso comum, são objetos/ferramentas utilizados para construir conhecimentos, sejam estes de senso comum, sejam científicos. Assim, se o objetivo da ciência é possibilitar que os estudantes construam uma imagem sobre a natureza da ciência, é necessário que as atividades experimentais estejam presentes no ideário pedagógico do professor.

Da relevância apontada na literatura sobre a relação entre as concepções dos professores sobre a natureza do conhecimento científico e as suas opções metodológicas no processo ensino-aprendizagem, bem como a necessidade de incluir nas ações pedagógicas, atividades experimentais, surgiu o objeto de investigação deste texto, no qual se busca discutir as concepções epistemológicas dos professores ao utilizarem o laboratório didático de Física na sua prática pedagógica. Esta investigação tem como referencial um estudo anterior que identificou as concepções teórico-metodológicas desse mesmo universo de professores (ROSA, 2001). Para esta análise são retomadas as categorias metodológicas discutidas no trabalho anterior e investigada a concepção de ciência subjacente ao trabalho desenvolvido por esse grupo de professores nas atividades experimentais de Física na Universidade de Passo Fundo. A identificação dessa concepção foi discutida com base nos estudos de Moraes (1998), o qual destaca que a experimentação pode ser desenvolvida segundo diferentes concepções: demonstrativa, empirista-indutivista, dedutivista-racionalista ou construtivista. A essas concepções anunciadas por Moraes foram adicionadas reflexões e discussões de outros autores pertinentes ao estudo investigado.

2. Referencial Teórico

Conforme anunciado anteriormente, a análise epistemológica nas categorias identificadas nas concepções teórico-metodológicas terá por referência os estudos de Moraes (1998), sendo acrescidas de comentários segundo autores da área. Com base nas concepções apontadas pelo autor, foram realizadas as reflexões presentes em cada uma, bem como suas implicações para o ensino de ciências. A saber:

a) *Demonstrativa*: A demonstração em ciência é atrelada à concepção do conhecimento como verdade estabelecida. Sua base filosófica está fortemente arraigada no empirismo, no qual a observação representa a fonte de conhecimento. O berço do empirismo está em Aristóteles, que postulava serem as sensações o início do processo do conhecimento, admitindo que as primeiras interações do homem com o mundo físico tinham significado e, de certa forma, informavam sobre uma realidade concreta (PINHO ALVES, 2000). A demonstração encontra-se apoiada nessa concepção sobre a natureza do conhecimento, elegendo os órgãos do sentido como fonte desse conhecimento.

A origem da concepção demonstrativa no ensino de Ciências, conforme Pinho Alves, “deve se perder no tempo, mas é possível inferir, pela denominação, que faz parte de há muito no processo escolar” (2000, p.64). Entretanto, seu uso foi mais difundido no ensino de Ciências nas escolas entre a metade do século XIX e a metade do século XX, época em que os equipamentos

experimentais tinham alto custo e costumavam ser apresentados pelo professor em laboratórios didáticos de Física, que pouco lembram os de hoje. Para Gaspar e Monteiro (2005), essas atividades desenvolvidas no contexto escolar valorizam o uso de demonstração no processo de ensino e aprendizagem, enfatizando seu caráter motivacional. Embora a motivação seja um aspecto importante pelo interesse que a demonstração experimental desperta nos alunos, não há indícios de que a sua utilização proporcionasse uma melhoria no ensino e na aprendizagem em sala de aula.

Araújo e Abib (2003) destacam que a importância das atividades de demonstração, para muitos autores, está na possibilidade de ilustrar e tornar menos abstratos os conceitos físicos abordados, ao mesmo tempo em que torna mais interessante, fácil e agradável o seu aprendizado, motivando a participação dos alunos.

Pinho Alves (2000), ao investigar os tipos de laboratório utilizados no ensino de Física no Brasil, menciona que o laboratório de demonstração está intimamente ligado ao *magister dixit*, no qual é atribuído ao professor o papel magistral e formal de senhor absoluto do conhecimento e domínio na manipulação dos equipamentos e dispositivos. O aluno, por sua vez, não tem participação ativa, sendo-lhe delegada a tarefa de ouvinte e observador passivo. Continua o autor mencionando que nesta concepção o laboratório é facultativo, apresentando o papel de acessório para o ensino. (2000, p.64-65).

b) *Empirista-indutivista*: concepção originada no paradigma positivista, tem suas bases apoiadas no empirismo aristotélico, enfatizando a observação e a experimentação como fonte de conhecimento. Para Silveira e Ostermann (2002), “segundo os empiristas, as proposições científicas com alto nível de generalidade – as leis, os princípios, as teorias – são obtidas a partir de resultados observacionais dos enunciados que descrevem algo observado (enunciados singulares) até os enunciados universais” (2002, p. 12)

Nesta concepção as atividades experimentais são organizadas de modo a buscar generalizações num movimento que vai do particular para o geral. O conhecimento deriva da observação, sendo esta a origem do conhecimento. As atividades desenvolvidas segundo essa concepção seguem as regras estabelecidas pelo método científico, apresentando uma seqüência que inicia na coleta dos dados, passando a observação rigorosa, à experimentação, à análise dos dados, com a posterior formulação das leis e teorias.

As aprendizagens por descoberta, presentes a partir da metade do século XX, são exemplos da visão empirista-indutivista na ensino de Ciências, apresentando como tese que a experimentação e a observação, quando bem conduzidas representam as bases na qual o conhecimento é construído.

Segundo Gil-Pérez (1996), o ensino com orientação epistemológica empirista-indutivista, desvalorizou a criatividade do trabalho científico, levando os alunos a compreenderem o conhecimento científico como verdades inquestionáveis, apresentando uma rigidez e intolerância a opiniões diferentes.

c) *Dedutivista-racionalista*: nesta orientação as atividades experimentais partem de hipóteses derivadas de uma teoria, ou seja, estão impregnadas de pressupostos teóricos. A experimentação e a observação, por si só, não são suficientes para produzir conhecimento. O conhecimento prévio influencia como observamos os acontecimentos, sendo estes construídos pelos sujeitos. Enquanto construção humana, o conhecimento científico busca descrever, compreender e agir sobre a realidade, não sendo considerado uma verdade definitiva; é provisório e sujeito à transformações e a reconstruções.

Tais orientações não foram isentas de críticas, mas representaram um avanço no sentido de propiciar uma metodologia científica dotada de coerência interna. É interessante notar que algumas limitações inerentes ao indutivismo, e que propiciaram o aparecimento de conclusões ingênuas, são aqui substituídas por uma impossibilidade. Nesse aspecto, o dedutivismo não solucionou o problema, mas, simplesmente, reduziu a possibilidade de que se cometessem determinados raciocínios ingênuos.

d) *Construtivistas*: as atividades são organizadas a partir de conhecimentos prévios dos estudantes, sendo os experimentos desenvolvidos na forma de problemas ou testagem de hipóteses. Nessa concepção, o conhecimento é entendido como construído ou reconstruído pela estrutura de conceitos já existentes. Desse modo, a discussão e o diálogo assumem um papel importante e as atividades experimentais combinam, intensamente, ação e reflexão (ROSITO, 2003, p. 201).

Pinho Alves (2000) enfatiza que as atividades experimentais na perspectiva construtivistas buscam superar as demais visões epistemológicas, considerando o aluno como alguém com uma história de vida recheada de experiências pessoais e portador de um conjunto de explicações construídas, que procura dar conta de suas relações com o mundo em que vive. (p. 251). Continua o autor dizendo que, por mais próximo que pareçam estar as atividades desenvolvidas no laboratório tradicional (fortemente identificado com a visão empirista) e as desenvolvidas no laboratório de concepção construtivista, este último apresenta uma epistemologia norteadora que se faz explícita, na qual são valorizados aspectos diferentes daqueles envolvidos na concepção empirista. (2000, p.258)

3. Refletindo as categorias metodológicas

Diante do exposto, destaca-se que o presente estudo está apoiado nos resultados encontrados na investigação já desenvolvida (ROSA, 2001), na qual foram identificadas as concepções teórico-metodológicas. O referencial teórico escolhido para a análise das categorias emergidas dessa investigação, apresentou como destaque às contribuições da teoria histórico-cultural e da didática das ciências para o ensino da Física. Tais categorias permitiram uma reflexão em torno de aspectos como: o desenvolvimento das aulas experimentais; o objetivo das atividades; o tipo de abordagem adotada pelos professores; e, os equipamentos utilizados nas aulas. À luz do referencial adotado, procedeu-se à análise, sendo acrescentadas a esse referencial questões referentes a história desse laboratório e os diferentes tipos de abordagens utilizadas no ensino de Física em laboratório didático no Brasil nos últimos anos.

Como resultado deste estudo, alguns elementos foram identificados na perspectiva da caracterização das atividades desenvolvidas, tais como: o laboratório foi classificado como um laboratório didático, visto que seu objetivo é o processo ensino-aprendizagem; as aulas apresentam uma organização de forma a valorizar o desenvolvimento de atividades experimentais com os alunos, individualmente ou em pequenos grupos, baseadas em roteiros-guia, os quais devem ser seguidos pelos estudantes de modo a encontrar um resultado já previsto pelo professor; a abordagem principal utilizada está centrada na demonstração de conceitos e fenômenos discutidos anteriormente nas aulas expositivas (teóricas); o objetivo de desenvolver atividades experimentais foi identificado em aspectos como o desenvolvimento das capacidades científicas (domínio dos conceitos e de fenômenos físicos) e o de habilidades, como de análise, observação e interpretação dos fenômenos. Ainda foi acrescentado ao estudo o caráter motivacional do laboratório, com o qual é buscado, pela aproximação entre o aluno e o objeto de estudo, um modo de atraí-lo para o estudo da Física.

Na continuidade do estudo foram apontadas questões que mereceriam uma maior atenção por parte dos entrevistados como forma de qualificação das atividades docentes desenvolvidas por eles no laboratório. São apontadas na pesquisa questões vinculadas à explicitação, nas atividades desenvolvidas, dos objetivos buscados em cada atividade; a necessidade de discutir de forma mais profícua a utilização do termo “desenvolvimento de habilidades cognitivas” no laboratório didático; uma investigação sobre diferentes tipos de laboratório; e, ainda, a possibilidade de realizar estudos adicionais na busca por uma identificação em termos de referenciais teóricos para o trabalho desenvolvido. Essas são as questões postas para reflexão do grupo de professores e a todos os envolvidos com o ensino experimental de Física. Tais reflexões têm implicações na formação inicial ou continuada dos educandos, objeto principal do trabalho desenvolvido pelos professores integrantes desse laboratório, conforme salientado por eles.

Através da síntese na investigação anterior, é possível perceber a ausência de categorias epistemológicas na análise dos dados coletados. Assim, surge o questionamento sobre as concepções de natureza do conhecimento científico presentes na ação pedagógica do grupo de professores sujeitos da pesquisa. Estariam eles enfatizando em sua prática docente uma concepção de sujeito neutro ou estariam perpassando a idéia de que o sujeito é não-neutro e, portanto, elemento presente na apropriação do conhecimento? Ou seja, qual o papel do sujeito nas atividades experimentais desenvolvidas na disciplina de Física?

4. Análise epistemológica

Com o objetivo de responder aos questionamentos anteriores, procedeu-se a análise das concepções epistemológicas desse grupo de professores, tendo por base suas concepções teórico-metodológicas. Após a releitura das categorias metodológicas, foi possível identificar elementos de concepções epistemológicas presentes na ação docente desses professores, conforme destacado a seguir:

✓ *Atividades experimentais voltadas a demonstrações dos conceitos e fenômenos abordados teoricamente:* o laboratório é entendido como um espaço destinado a demonstrar os tópicos discutidos teoricamente, remetendo à idéia de que os conhecimentos científicos necessitam de comprovações experimentais. O conhecimento assume *status* de verdades estabelecidas. Entretanto, essa visão não pode ser identificada com a descrição sobre a concepção de laboratório *demonstrativo*, uma vez que é destacada pelos professores a importância da participação dos alunos no desenvolvimento das atividades, descaracterizando a demonstração na forma como foi exposta anteriormente. Entretanto, numa análise com referência à concepção *empírico-indutivista*, é possível identificar algumas características comuns, como a ênfase na observação e na experimentação como fonte de conhecimento. Além disso, as atividades são organizadas de modo a buscar generalizações, partindo do fato particular estudado chegando-se à generalização. As atividades também são regidas por uma seqüência de regras estabelecidas pelo método científico, iniciando pela coleta dos dados, passando pela observação e experimentação, finalizando com a análise dos dados e a formulação das leis e teorias. Tais características são possíveis de serem identificadas nas categorias metodológicas, porque nas atividades desenvolvidas pelo grupo investigado estão presentes roteiros-guia organizados de forma altamente estruturada, assim como as atividades desenvolvidas buscam resultados previamente determinados pelo professor, oferecendo pouco grau de liberdade aos estudantes.

✓ *Participação ativa dos estudantes:* as atividades são desenvolvidas de modo a envolver a participação ativa dos estudantes. Essa participação prioriza a ação do sujeito sobre o objeto, ou seja, os estudantes desenvolvem suas atividades de modo a manusear os experimentos em pequenos grupos de trabalho. Essa característica aponta indícios de que o laboratório didático está sendo entendido numa concepção construtivista. Entretanto, é preciso ter cautela nessa afirmação, uma vez que o envolvimento ativo, por si só, não representa garantia de que o conhecimento esteja sendo tratado de forma diferente daqueles envolvidos na concepção empirista. A participação ativa é condição *sine qua non* para o desenvolvimento de um laboratório na concepção construtivista, mas não é condição única. Assim, é preciso atentar para outras características, como, por exemplo, a forma de organização dos roteiros-guia, ou, mesmo, analisar o tratamento que é dado aos resultados obtidos nos experimentos, a amplitude das discussões efetuadas ao final de cada atividade, entre outros elementos. Nesse sentido, diante dos dados considerados para este estudo, o laboratório na concepção construtivista aponta como uma possibilidade futura, sendo necessário, para tal, uma reorientação quanto à organização das atividades.

✓ *Utilização de roteiros-guia estruturados na orientação das atividades experimentais:* Os roteiros-guia utilizados apresentam uma seqüência de passos que devem ser rigorosamente

cumpridos pelos estudantes no desenvolvimento das atividades experimentais. Além disso, apresentam itens que deverão ser preenchidos à medida que forem sendo desenvolvidos, com o objetivo de constituírem o relatório final. Essa metodologia, segundo a qual os estudantes recebem passos que deverão orientar suas atividades, permite-lhes pouca liberdade, ao mesmo tempo em que trazem ao professor o delineamento da conclusão, que deverá ser o mesmo para todos, ou seja, a utilização de roteiros-guia, na forma estruturada (receita-de-bolo), aponta para um resultado único, já previsto pelo professor. Do ponto de vista epistemológico, o uso dos roteiros-guia no desenvolvimento das atividades experimentais remete à identificação do conhecimento como resultado de um método. De acordo com Pernambuco (1985), essa situação presente no ensino brasileiro decorre da implementação da lei 5692/71 no sistema educacional brasileiro, que favoreceu a pedagogia da Escola Nova e do tecnicismo, destacando uma orientação epistemológica empirista. Nessas orientações pedagógicas, o conteúdo era legado a um segundo plano, assim como o papel do professor. A prioridade estava na aquisição dos métodos, atribuindo ao professor o papel de “aplicador de programas elaborados por outros” (PERNAMBUCO, 1985). Conforme Borges (1996), o tecnicismo enfatiza a metodologia de modo rígido e dá grande importância aos instrumentos utilizados. Continua a autora destacando que essa concepção epistemológica estava identificada com o empirista indutivista baconiano o qual enfatizava uma metodologia científica tradicional, que seguia os passos da observação-problema-hipóteses-experimentação-conclusão.

O descrito acima vai ao encontro do trabalho desenvolvido no laboratório didático, objeto desta investigação, uma vez que a existência de roteiros-guia, pouco flexíveis, denota a imagem de um método rígido. E, ainda, a análise desses roteiros permite identificar que a seqüência de passos adotados é a descrita por Borges (1996), identificada com o empirismo baconiano. Pinho Alves (2000) menciona que a concepção empirista começou a ser alvo de críticas nos últimos anos, uma vez que caracterizava o aluno como “tabula rasa”. Ao defender um laboratório didático na perspectiva construtivista, o autor menciona que, por mais que pareçam próximas ou parecidas tais concepções (tradicional e construtivista), as suas epistemologias norteadoras as distinguem. Enquanto no laboratório tradicional está implícita tal epistemologia, no construtivista ela se faz explícita, valorizando aspectos diferentes daqueles que envolvem a concepção empirista e sua prática.

Quanto à questão específica dos roteiros-guia no desenvolvimento das atividades experimentais na concepção construtivista Pinho Alves menciona que “qualquer tipo de receita prescritiva que venha a se pensar, irá barrar a espontaneidade do processo, fazendo-o retomar o dogmatismo tradicional” (2000, p.266). Continua o autor destacando que nessa concepção a figura tradicional do relatório não tem mais significado, que as atividades experimentais não são alvo de um roteiro prescrito passo a passo, mas estão ligadas às dinâmicas do diálogo construtivista da sala de aula. Os registros experimentais devem substituir a receita dos antigos relatórios, podendo contemplar com maior destaque o relato do estudante, na tentativa de expressar por escrito como entende o evento físico que está sendo estudando.

5. Considerações Finais

Utilizar referenciais epistemológicos para refletir sobre o processo ensino-aprendizagem pressupõe uma valorização da importância que a compreensão da natureza da ciência tem na ação pedagógica. Essa compreensão parte do entendimento de que a ciência é processo antes de ser produto, e isso requer um olhar sobre o ensino dessa ciência de modo diferente daquele conhecimento fragmentado, recortado e descontextualizado apresentado nos programas de ensino e consolidado pelos livros didáticos, ou, mesmo, das estratégias utilizadas no desenvolvimento das atividades pedagógicas.

A consciência de que o fazer docente traz consigo um pressuposto recheado de crenças e valores e que se faz presente no contexto da sala de aula é outro ponto importante a ser considerado nas razões que subsidiam a necessidade da compreensão das concepções epistemológicas que perpassam a ação docente.

Ramos (2003), ao discutir as razões de um tratamento dos conteúdos de ciências numa perspectiva epistemológica, afirma que o ensino de Ciências, Física, Química e Biologia tem pouco sentido se for trabalhado sem as suas implicações históricas. Destacando que é importante o desenvolvimento da consciência dos alunos sobre o aspecto histórico, complementa o autor: “A crítica, cerne da epistemologia, só será desenvolvida pelos alunos se tiverem oportunidade efetiva de experimentar, testar, pôr a prova, tentar convencer pelo argumento, que é o que um ensino experimental efetivo proporciona. E neste processo de construção o professor é um ‘epistemólogo auxiliar’ dos seus alunos, que pela crítica também vai mostrando caminhos como possibilidades” (2003, p. 32)

Na direção de enfatizar a necessidade de serem consideradas no ensino de Ciências questões de cunho epistemológico, encontramos Köhmlin e Peduzzi (2005) mencionando que, para a educação científica subsidiar o aluno no exercício de uma cidadania consciente e atuante, deve ir além do simples ensino-aprendizagem de fatos, leis e teorias científicas, devendo proporcionar aos alunos uma compreensão crítica da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico.

Quanto à orientação epistemológica presente no laboratório didático, Carroscosa et al (2006) mostram que o trabalho experimental, não somente tem uma pobre presença no ensino de Ciências, como também a orientação dessas escassas práticas realizadas contribui para uma visão distorcida e empobrecida da atividade experimental. No entender desses autores, é preciso proceder a uma profunda reorientação nessas atividades.

O exposto por Carroscosa et al, pode ser evidenciado pelo estudo relatado neste texto, uma vez que é possível perceber que, apesar de todas as pesquisas relacionadas às concepções dos professores sobre a natureza do conhecimento científico, o entendimento de que o conhecimento é definitivo e verdadeiro, assim como a concepção empirista, na qual a observação e a experimentação são as fontes do conhecimento, vem se mostrando presente e fortemente arraigada as atividades docentes. Conforme destaca Harres (1999b), “uma clareza maior sobre esta questão somente poderá ser obtida com trabalhos que acompanhem a prática do professor em seu dia-a-dia, enriquecendo com detalhes este processo e complementando estas investigações com procedimentos que descrevam, com maior profundidade e de maneira contextualizada, as concepções epistemológicas dos professores”. (HARRES, 1999b)

Porlán e Rivero (apud HARRES, 1999b), destacam que as concepções dos professores devem ser vistas de forma complexa, visto que vários fatores, de ordem organizacional, motivacional, institucional e experiencial, podem, ao mesmo tempo, de forma interdependente e através de uma intrincada interação entre as concepções da natureza da ciência individuais e aspectos pedagógicos da formação, caracterizar a epistemologia dos professores. Continuam os autores destacando que a mera justaposição entre saberes disciplinares e psicopedagógicos deve ser superada. É necessária uma integração genuína, permeada por uma reflexão epistemológica profunda, que leve o futuro professor a questionar o seu modelo didático pessoal e a sua concepção da natureza da ciência, isto é, a sua epistemologia pessoal, contrastando-a com as hipóteses evolutivas estabelecidas na programação curricular.

Para finalizar, transcrevemos as palavras de Pinho Alves (2000) em sua reflexão sobre a importância das atividades experimentais construtivistas como alternativa importante, mas não única, na busca pela eficiência do ensino de Física:

“O laboratório didático é realmente um elemento necessário, mas não suficiente, no ensino de Física. Trata-se, no entanto, de um laboratório não mais na concepção tradicional, mas 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.” (PINHO ALVES, 2000, p. 293)

6. Referências Bibliográficas

ACEVEDO DÍAZ, J. A. et al.(2005) Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.11, n.1, p. 1-15.

ARAÚJO, Mauro S. T. & ABIB, Maria Lucia V. S. (2003) Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n.2, jun.

ARRUDA, Sérgio de Mello & LABURÚ, Carlos Eduardo. (1998) Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, Roberto (Org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras Editora.

BORGES, Regina M. H. R. (1991) **A natureza do conhecimento científico e a educação em ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação). Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.

_____. (1996) **Em debate: científicidade e educação em ciências**. Porto Alegre, SE/CECIRS.

CARROSCA, Jaime; et al. (2006) Papel da lê actividade experimental em la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, V.23, n.2, p.157-181.

CHALMERS, Alan F. (1993) **O que é ciência, afinal?** Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense.

GALIAZZI, Maria do Carmo; et al.(2001) Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência e Educação**. V.7, n.2, p. 249 – 263.

GASPAR, Alberto & MONTEIRO, Isabel C. C. (2005) Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, v.10, n.2, ago.

GIL-PÉREZ, Daniel. (1996) La metodología y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciências**. V.4, n.2, p. 111-121.

HARRES, João Batista S. (1999a) **Concepções de professores sobre a natureza da ciência**. Tese (Doutorado em Educação). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

_____. (1999b) Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, v.4, n.3, dez.

_____. (2003) Natureza da Ciência e implicações para a educação científica. In: MORAES, Roque (Org). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 37-68.

HODSON, D. (1985) Philosophy of science, science and science education. **Studies in Science Education**. V. 12, p. 25 - 57.

KÖHMLEIN; Janete F. K. & PEDUZZI, Orlando de Q. (2005) Uma proposta de abordagem histórico-filosófica da teoria da relatividade restrita no ensino médio. In: IV ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE COLETIVOS ESCOLARES E REDES DE PROFESSORES QUE FAZEM

INVESTIGAÇÃO NA ESCOLA, Lajeado: 2005. **Anais do IV Encontro Ibero-americano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que fazem Investigação na Escola**. Lajeado-RS: Editora UNIVATES.

LEDERMAN, N. G.(1992) Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, V. 4, n. 29, p. 331-359.

MORAES, Roque. (1998) O significado da experimentação numa abordagem construtivista: o caso do ensino de Ciências. In: BORGES, Regina Maria Rabello; MORAES, Roque. **Educação em ciências nas séries iniciais**. Porto Alegre: Sagra-Luzatto, p.29-45.

MEDEIROS, Alexandre & BEZERRA FILHO, S. (2000) A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino de física. **Ciência e Educação**, V.6, n.2, p.107-117.

PERNAMBUCO, Marta M. (1985) Uma retomada histórica do ensino de ciências. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA , Niterói: 1985. **Atas do VI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Niterói.

PINHO ALVES, José de. (2000) **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese de Doutorado. CED/UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RAMOS, Maurivan G. (2003) Epistemologia e Ensino de Ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, Roque (Org). **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 13-35.

ROSA, Cleci T. W. (2001) **Laboratório didático de Física da Universidade de Passo Fundo**: concepções teórico-metodológicas. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Passo Fundo.

ROSA, Cleci T. W. & ROSA, Álvaro Becker.(2005) Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electronica Enseñanza de las Ciencias**, Espanha. v. 4, n. 1, 2005. Disponível em http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf. Acesso em jun. 2006.

ROSITO, Berenice A. (2003) O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, Roque (Org). **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 195-208.

SILVEIRA, Fernando Lang & OSTERMANN, Fernanda. (2002) A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis: Departamento de Física da UFSC, v.19, n.1, p.7-27, jun.

ZENETIC, J. (1991) Ciência, seu desenvolvimento histórico e social: implicações para o ensino. In: **Ciências na escola de 1º grau**: textos de apoio à proposta curricular. 2. ed. São Paulo. SE/CENP, p.7-19.

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA PARA ALUNOS SURDOS CENTRADA NA EXPERIÊNCIA VISUAL

Salete de Souza [saletedaleves@yahoo.com.br]

Instituto de Ciências Exatas e Geociências – UPF – Passo Fundo, RS – Brasil
Áreas de Ciências Naturais e Tecnológicas – UNIFRA – Santa Maria, RS – Brasil

Tatiana Bolivar Lebedeff [lebedeff@upf.br]

Faculdade de Educação – UPF – Passo Fundo, RS – Brasil

Vania Elisabeth Barlette [vebarlette@gmail.com]

Área de Ciências Naturais e Tecnológicas – UNIFRA – Santa Maria, RS – Brasil

Resumo

Este trabalho se refere à apresentação de uma proposta de ensino de Física para surdos, centrada na experiência visual, e à análise de alguns aspectos da condução desta proposta em sala de aula, no âmbito de uma dissertação de Mestrado. A proposta combina uma seqüência de atividades de Hidrostática, ao nível introdutório, com as estratégias da experimentação, grupos de aprendizagem e comunicação bilíngüe assistida por uma intérprete, e foi elaborada e conduzida em uma concepção pedagógica construtivista de desenvolvimento humano, fundamentada na teoria sócio-cultural de Vygotsky e na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Os participantes deste estudo foram jovens e adultos surdos, integrantes da Associação de Pais e Amigos dos Surdos (APAS) da cidade de Passo Fundo, RS. As atividades foram desenvolvidas na modalidade de oficina oferecida pela APAS. Os instrumentos para coleta de dados ao longo da condução da proposta constituíram de diário de campo do professor-pesquisador, caderno de atividades dos alunos participantes, e imagens vídeo filmadas de episódios da sala de aula. Para as análises dos conteúdos dos relatos, os jovens e adultos foram categorizados em dois grupos, Grupo 1 (G1) e Grupo 2 (G2), conforme suas características de formação escolar. Os resultados obtidos neste estudo indicam que é possível uma educação científica para surdos por meio de métodos diferenciados que privilegiem a visão para o desenvolvimento de conceitos e habilidades.

Palavras-chave: educação científica para surdos; experiência visual; ensino de Física.

1. Introdução

No Brasil, segundo o censo de 2000 publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 14,5% da população têm algum tipo de deficiência (IBGE, 2000). Em 2000, eram 24,6 milhões de brasileiros com alguma deficiência buscando a inclusão no mundo do conhecimento, na vida em sociedade e no mundo do trabalho. Contudo, o IBGE ainda não conseguiu precisar o número de surdos do Brasil. Estima-se que o número de surdos brasileiros é de 5,7 milhões (surdos profundos e deficientes auditivos). A surdez é uma deficiência considerada como um distúrbio orgânico funcional, cujo grau de comprometimento na compreensão da comunicação oral varia, principalmente, quando a surdez está presente desde os primeiros anos de vida. Como um dos principais instrumentos de comunicação do homem é a língua oral, e sendo a língua oral um elemento de integração social, o indivíduo que nasce surdo encontrará dificuldades na aprendizagem em qualquer área cuja transmissão se dá pelo canal auditivo. A falta da audição não prejudica intelectualmente o surdo, mas dificulta sua aprendizagem em um ambiente onde as estratégias em sua grande maioria são elaboradas para ouvintes. Pensando na necessidade de proporcionar uma aprendizagem significativa de conteúdos científicos, especificamente de Física, para esta minoria cultural, propomos um trabalho pedagógico com fortes características visuais, por ser a visão o elo de comunicação do surdo com o mundo que o rodeia.

Pesquisadores na área da surdez enfatizam que o acesso ao conhecimento e a conquista da cidadania pelo surdo é possível com o reconhecimento e a convivência compartilhada com os demais de sua cultura e identidade como uma diferença e não como uma deficiência. Segundo

Lebedeff (2005, p.59), ser surdo significa “pertencer a uma minoria lingüística e cultural que possui uma língua cuja recepção e produção são diferentes da língua oral. Ser surdo significa depender da língua de sinais para se comunicar e para ter acesso ao conhecimento”. Segundo essa autora, incluir o aluno surdo em um meio educacional representa mais do que integração física de sujeitos, significa integração social e reconhecimento das diferenças culturais e lingüísticas que devem ser reveladas em ações concretas por parte de educadores e de políticas públicas; enfatiza, também, que incluir o aluno surdo na escola regular requer, antes de tudo, usar de estratégias e recursos pedagógicos adequados, professores capacitados para o uso da língua de sinais, e o fomento de ambientes de pessoas solidárias e cooperativas, que, juntas, respeitam e convivem igualmente com diferentes culturas e modos lingüísticos, e que buscam, na escola, um caminho para o conhecimento e um futuro melhor (LEBEDEFF, 2005).

A maioria dos surdos não tem acesso a uma educação especializada, e, como encontram dificuldades na aprendizagem com métodos que são elaborados para alunos ouvintes, é comum, ainda hoje, surdos jovens e adultos freqüentarem as séries iniciais (QUADROS; PERLIN, 2007). Ainda, segundo essas autoras, muitos surdos não possuem conhecimentos compatíveis com a série que cursam. Uma leitura desses fatos, a partir da perspectiva teórica de desenvolvimento humano baseada em Vygotsky (1998), permite fazer conjecturas acerca da relação entre eles e a linguagem, a qual, segundo este autor, possui, além da função comunicativa, a função de organizar o pensamento. Para Vygotsky (opus cit.), o processo pelo qual a criança adquire a linguagem, e o significado das coisas e do mundo que a cerca, segue o sentido do exterior para o interior, do meio social para o individual. No caso dos surdos, a grande maioria são filhos de pais ouvintes, sendo o contacto com a sua cultura e a sua língua feitos tardiamente. Com o aporte teórico vygotskyano, pode-se dizer que o contato tardio do surdo com os seus pares e a sua cultura por meio da comunicação em língua de sinais, pode ser um dos motivos que dificulta o surdo a ter um desenvolvimento cognitivo em tempo semelhante aos ouvintes. Ainda, na maioria das escolas inclusivas que os surdos freqüentam, as metodologias e o currículo são elaborados para alunos ouvintes, não sendo considerados métodos diferenciados para o ensino de surdos. Analisando todos esses aspectos, tendo-se a teoria de Vygotsky como referência, pode-se dizer que os problemas comunicativos e cognitivos dos surdos podem não ter origem no surdo, mas no meio social e cultural em que ele está inserido, inadequado em termos de linguagem e comunicação para uma aprendizagem eficiente.

Neste trabalho, apresentamos uma proposta de ensino diferenciada para o aluno surdo por meio de materiais e estratégias com características visuais que visam a sua inclusão ao conhecimento, e fazemos uma análise de alguns aspectos da condução desta proposta em sala de aula. Os sujeitos e o espaço de representação para o estudo é um grupo de jovens e adultos surdos da cidade de Passo Fundo e região, RS; e o tema envolve o ensino de Física, especificamente a Hidrostática, ao nível introdutório, para o aluno surdo. Os seguintes assuntos foram abordados nas atividades: sólido e líquido, relação entre pressão e área, pressão hidrostática, pressão atmosférica, densidade, princípio de Pascal, princípio de Arquimedes, e empuxo. Neste trabalho, apresentamos e discutimos resultados apenas de episódios de sala de aula relacionados aos dois primeiros assuntos: sólido e líquido, e relação entre pressão e área. No entanto, as considerações finais também apresentam conclusões gerais obtidas a partir da aplicação da proposta.

A proposta, em suas características visuais, combina a estratégia de grupo de aprendizagem com a estratégia da experimentação, a qual envolve o manuseio dos materiais, a execução dos experimentos e a observação visual dos fenômenos envolvidos, com o uso da língua de sinais pelo grupo de participantes para reflexão e troca de idéias e saberes, a presença da intérprete, e o material impresso contendo a seqüência de atividades que explora a visão do aluno, com muitas figuras coloridas apresentadas dentro do contexto do assunto a ser estudado. Ainda, a comunicação proposta entre os participantes é do tipo bilíngüe, com o uso da língua de sinais e do português.

Na sua concepção, entendemos que a presente proposta tem suas bases na filosofia construtivista de desenvolvimento humano, tendo como referenciais a teoria sócio-cultural de Vygotsky e a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel.

Não temos conhecimento de estudos reportando metodologias voltadas ao ensino de surdos que considerem todas as características visuais aqui propostas para o ensino de Física.

2. A proposta no seu conjunto de estratégias

Segundo Campos et al. (1998), o construtivismo se caracteriza pela ênfase dada à argumentação, à discussão e ao debate, que poderão possibilitar ao aluno a construção e uma representação interna do conhecimento. Essa internalização pressupõe mudanças na estrutura cognitiva do aluno e associações com conhecimentos já elaborados anteriormente.

Para vários autores, o trabalho com um grupo promove o debate de idéias em que o aluno é protagonista de seu próprio processo de ensino-aprendizagem, é uma forma de socializar saberes específicos, de desenvolver habilidades específicas e de comunicação, bem como de desenvolver atitudes de cooperação. Segundo Gaspar e Monteiro (2005), as experiências têm sentido quando compartilhadas com um grupo, uma comunidade, uma cultura, pois há a possibilidade da troca saberes, bem como de compartilhar observações, criando significados e explicações para o que é experimentado, e tendo a possibilidade de preencher lacunas cognitivas e aprimorar o universo sócio-cultural em que os alunos vivem. Mas a estratégia de trabalho com grupos não é nova. Muitos pesquisadores da área de Ensino de Ciências e de Educação Matemática consideram que o trabalho em grupo possibilita mais facilmente soluções de problemas que se tornariam mais difíceis na aprendizagem individual. No trabalho em grupo são criadas oportunidades de discussão e de argumentação; outros autores, como Driver, Newton e Osborne (apud BARROS; LEHFELD, 1990), mostram a importância da argumentação no Ensino de Ciências, e indicam como ela pode auxiliar os alunos no processo de tomada de decisão envolvendo aspectos sócio-científicos, além de possibilitar o confronto entre conhecimentos prévios e novos, e ainda, estimular a percepção de estratégias de raciocínio. Ainda, conforme Barros e Lehfeld (1990), o trabalho em grupo possui muita relevância para a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Para Coll (apud BARROS; LEHFELD, 1990), favorecer o trabalho cooperativo por meio da organização sistemática dos alunos em equipes é papel da escola, contribuindo, assim, para o respeito e a valorização dos sujeitos e de suas diferenças.

O desenvolvimento cognitivo, segundo Vygotsky (1998), é facilitado pela interação com os adultos ou parceiros mais capazes. O trabalho experimental em um grupo de aprendizagem possibilita ao aluno compartilhar idéias, a partir do manuseio dos materiais, da execução do experimento e da visualização dos fenômenos envolvidos no experimento; sentem-se criadores e não meros repetidores da idéia do professor. Vigotsky (opus cit.) assinala a importância da intermediação do outro no contato do sujeito com o mundo dos objetos, e a experimentação em um grupo pode possibilitar uma maior aproximação entre professor e aluno, e entre aluno e aluno, por meio do diálogo. No entanto, para o sucesso da prática pedagógica, é importante que a metodologia experimental adotada seja selecionada tendo em vista quais são os principais objetivos a serem alcançados com a mesma. Segundo Ausubel (2003), é essencial que o número, a distribuição, a seqüência e a organização de experiências práticas estejam em consonância com uma aprendizagem significativa, uma vez que as diferentes modalidades de experimentação tendem a priorizar e facilitar o alcance de diferentes objetivos educacionais; cabe ao professor escolher os materiais e a metodologia mais adequados, pois é importante que a tarefa de experimentação seja significativa, considerando o momento, o contexto, e as características do grupo de alunos para quem se destina a prática. Cabe, ainda, ao professor, segundo Ausubel (apud MOREIRA, 1999), descobrir os conhecimentos prévios dos alunos aos quais serão ancorados os novos conhecimentos para melhor ensiná-los. Gaspar e Monteiro (opus cit.) citam algumas características do trabalho experimental, como por exemplo, que todos os parceiros podem ser levados a discutir as mesmas idéias e tentar responder as mesmas perguntas, oportunizando a interação social, e que esta situação de ensino promove o envolvimento de praticamente a totalidade dos alunos, os quais ficam motivados pela observação direta que a experimentação possibilita como uma resposta direta da natureza, que pode não ser tão boa como a dos livros, mas onde os alunos reconhecem os fatores que interferem no

processo. Para esses autores, a atividade experimental garante o desencadeamento de uma interação social mais rica e que predispõe à aprendizagem.

Outra estratégia incorporada na presente proposta é a utilização da comunicação bilíngüe. Segundo Goldfeld (1997), o bilingüismo foi adotado porque este método educacional tem como pressuposto básico que o surdo deve ser bilíngüe, ou seja, deve adquirir a língua de sinais como língua materna, que é considerada a língua natural dos surdos, e, a língua oficial de seu país como segunda língua. Para esta autora, no bilingüismo o surdo é percebido de forma diferenciada, em que este não precisa almejar uma vida semelhante ao ouvinte, podendo aceitar e assumir sua surdez. O conceito mais importante que a filosofia bilíngüe traz é de que os surdos formam uma comunidade, com cultura e língua próprias. Diferentemente de práticas oralistas e da comunicação total, o bilingüismo é uma proposta de ensino praticada por escolas que se propõem a tornar acessível à criança duas línguas no contexto escolar, considerando a língua de sinais como língua natural, e, partindo deste pressuposto, prosseguindo para o ensino da língua portuguesa escrita (no Brasil). Atualmente, segundo Goldfeld (opus cit.), o bilingüismo está ocupando um grande espaço no cenário mundial; em países como EUA, Canadá, Suécia, Venezuela, Israel, entre outros, existem diversas universidades pesquisando a surdez e a língua de sinais sob a ótica da filosofia bilíngüe.

3. Procedimentos metodológicos

- *Participantes e local da pesquisa*

A proposta foi desenvolvida com a participação voluntária de cinco (5) alunos surdos jovens e adultos, integrantes da Associação dos Surdos de Passo Fundo (ASPF) e da Associação de Pais e Amigos dos Surdos (APAS), da cidade de Passo Fundo, RS.

Para a realização da pesquisa, os cinco alunos surdos constituíram um grupo de aprendizagem, e foram atendidos na modalidade de oficina oferecida pela APAS, às sextas-feiras, das 15h30min às 17h30min, nas dependências da ASPF.

Os participantes tiveram a assistência de uma intérprete de LIBRAS-português.

Não houve participação de alunos ouvintes.

- *Instrumentos de coleta de dados*

Ao longo da aplicação da proposta, os dados foram coletados por meio de: registros escritos da professora-pesquisadora em seu diário de campo contendo observações diretas de eventos da sala de aula, e incluindo transcrições discursivas entre professor, intérprete e alunos; registros escritos nos cadernos de atividades dos alunos; e, gravações em vídeo realizadas de episódios da sala de aula, com transcrições para o português das falas entre a professora-pesquisadora e a intérprete, e com transcrições para o português dos sinais feitos em língua de sinais com o auxílio da intérprete.

- *Análise dos dados*

A análise do conteúdo dos dados envolveu identificar a estrutura e os elementos do conteúdo das mensagens para esclarecer características e significados dos mesmos (BARDIN, 2000). Para as análises, os jovens e adultos foram categorizados em dois grupos, conforme suas características de formação escolar:

Grupo 1 (G1): formado pelos alunos G11 (26 anos), G12 (22 anos), e G13 (34 anos), os quais tiveram sua formação sempre em classes inclusivas (classes com alunos ouvintes e surdos), com professores sem conhecimento de LIBRAS e sem a assistência de intérprete, e em escolas cujos alunos são ouvintes e surdos. Os alunos G11 e G12 são alunos considerados oralizados (com bom conhecimento de português) e com bom conhecimento de LIBRAS. A aluna G13 apresenta conhecimento de LIBRAS e de português apenas parcialmente.

Grupo 2 (G2): formado pelos alunos G21 (39 anos) e G23 (26 anos), os quais tiveram sua

formação com vivências de experiências escolares tanto em classes só de surdos como em classes inclusivas (de alunos ouvintes e surdos), com professores com conhecimento de LIBRAS e com a assistência de intérprete, e em escolas cujos alunos são ouvintes e surdos. Os alunos G21 e G23 são alunos considerados pouco oralizados (com pouco conhecimento de português) e com conhecimento de LIBRAS.

Quanto ao diário de campo da professora-pesquisadora, a categoria de análise identificada foi a mobilização de atitudes, cujos elementos destacados foram participação, envolvimento, realização das experiências, troca de idéias em LIBRAS, desenvolvimento de tarefas no caderno de atividades, e disposição para auxiliar os colegas do grupo.

Com relação às filmagens, as categorias identificadas e os elementos correspondentes, foram: mobilização de atitudes, cujos elementos identificados foram participação, envolvimento, comunicação, socialização e disposição para auxiliar o grupo; desenvolvimento de conceitos, cujo elemento identificado foi entendimentos dos alunos sobre os conceitos tratados e relatados em LIBRAS para o grupo; e, desenvolvimento de procedimentos, cujos elementos identificados foram manuseio dos materiais, e realização das experiências, incluindo as medições.

A partir dos registros feitos pelos alunos nos seus cadernos de atividades, foram retiradas as seguintes categorias e elementos de análise: desenvolvimento de conceitos e procedimentos identificados em termos de entendimentos acerca de questões discutidas e da realização de tarefas experimentais, cujos relatos foram feitos em português nos seus cadernos.

4. Resultados e discussão

Apresentaremos e discutiremos aqui resultados de apenas dois episódios de sala de aula, a saber, “Conceituando Sólido e Líquido” e “Fazendo a Relação entre Pressão e Área”.

- *Diário de campo da professora-pesquisadora*

Episódio 1: Conceituando sólidos e líquidos

Nesta aula, é sugerido aos alunos que descubram através do tato o que existe dentro de dois sacos fechados, para instigar a curiosidade, e descrevam o comportamento dos corpos existentes no interior dos sacos. A professora-pesquisadora solicita aos alunos que façam o manuseio dos materiais, que relatem suas percepções para o grupo em LIBRAS, que abram os sacos (no saco 1 há uma garrafa pet com água e no saco 2 um tijolo), que observem como os corpos se comportam quando colocados, um a um, no interior de três potes de formas diferentes (retangular, quadrado e redondo), e que construam suas hipóteses sobre semelhanças e diferenças entre os mesmos. Os alunos demonstram interesse e entusiasmo na realização das tarefas, atuam com desenvoltura, são curiosos, porém inicialmente encontram dificuldades para responder sobre o que lhes é solicitado, o que pode revelar dificuldades conceituais e/ou relacionais. São necessárias várias explicações, e o experimento de colocar um tijolo dentro de três potes de formas diferentes é repetido várias vezes para que eles possam observar a invariância na sua forma (se respeitada a integridade física do tijolo) e fazer comparações com a variação na forma que a água assume quando inserida no interior dos mesmos potes. Para elucidar possíveis dúvidas, é solicitado a G11, o qual demonstra ter entendido o experimento, para fazer o relato de sua compreensão para o grupo, o que faz com bom humor. Nas discussões e relatos em LIBRAS todos participam com satisfação. Os relatos são ricos em detalhes, porém quando escrevem os resultados das discussões nos seus cadernos de atividades, em português, ficam dúvidas se realmente compreenderam os assuntos tratados ou se há outras dificuldades.

Episódio 2: Fazendo a relação entre pressão e área (1ª e 2ª Experiências)

Os alunos iniciam a 1ª Experiência. Nesta experiência, os alunos utilizam três tijolos (com três faces de áreas diferentes) e três potes contendo farinha de trigo no seu interior. Os alunos são estimulados a colocar, no interior de cada pote contendo a farinha, um tijolo com uma das faces selecionadas para o contato com a farinha. Essa experiência é utilizada para compreender o significado de área e a sua medição, e o afundamento produzido pelo tijolo (conforme a face colocada sobre a farinha). Os alunos participam, perguntam, discutem, fazem relatos do que entendem, respondem aos questionamentos, e a maioria manuseia o material do experimento. Observam com atenção a figura produzida sobre a farinha pelo tijolo, verificam as medidas desta figura e comparam com a altura do afundamento. Desenham o tijolo no caderno de atividades e colocam sobre a figura (no caderno de atividades) as medidas encontradas para possibilitar o cálculo de área, e com este resultado, poder comparar a área da face do tijolo e o afundamento produzido na farinha. Demonstram dificuldades para entender as explicações, as quais são repetidas várias vezes. A experiência também é realizada diversas vezes, até que os alunos demonstrem entendimento e satisfação, e não solicitem nem explicações nem repetição da experiência. Outra forma utilizada para tentar esclarecer dúvidas foi solicitar a um aluno, que pareceu ter melhor compreendido o experimento, para que explicasse aos demais. Nesta aula, G12 explica com muita propriedade o que entendeu e demonstra ser esta uma tarefa prazerosa para ele. As perguntas, no entanto, são sempre feitas à intérprete, em situação que os alunos direcionam suas faces para a intérprete, e é ela quem pergunta à professora-pesquisadora. Somente G12 solicita que as perguntas sejam feitas à professora-pesquisadora, e que ela mesma responda diretamente para ele, mesmo que G12 precise ficar atento à interpretação. Depois da discussão sobre a importância das medidas de área no cotidiano, com auxílio da intérprete, em que foi exemplificada a área da mesa, a área de um terreno, a área da casa dos alunos e da sala onde se realiza a oficina, deu-se início ao cálculo da área das três faces do tijolo. Com as medidas obtidas na figura formada pelo tijolo sobre a farinha, é realizado o cálculo da área destas figuras para depois comparar com o afundamento ocasionado devido a cada face do tijolo, e então poder confirmar ou negar as hipóteses que os alunos já haviam previsto. Eles realizam os cálculos com bastante concentração e com certa facilidade. Porém G13 efetua as operações de forma concreta, utilizando riscos, sem abstrair. A dificuldade ficou por conta da relação entre a área da face do tijolo com a altura do afundamento produzido na farinha. Parece-nos que entendem as demonstrações feitas com o material concreto, mas não com facilidade, porém quando necessitam escrever uma relação em termos proposicionais demonstram dificuldade. G23 e G13 fazem muitas perguntas. G23 vai para o quadro e questiona, e depois tenta explicar para o grupo, em LIBRAS, mas sua explicação não é clara; diríamos que não entendeu. Em virtude disso, a experiência é feita novamente, em que os alunos observam os resultados dos cálculos para a área de uma face e o afundamento produzido pelo tijolo na farinha com esta face; pareceu-nos, então, que a relação entre a área da face com afundamento foi compreendida. Os resultados da 1ª experiência são colocados no quadro-negro, em português. A partir desses resultados, os alunos elaboram as suas conclusões, em LIBRAS, e a seguir anotam suas conclusões, em português, em seus cadernos de atividades.

Os alunos iniciam a 2ª Experiência. Nesta experiência, os alunos entram primeiramente no interior de uma bacia com areia utilizando os dois pés, e em seguida, no interior de outra bacia com areia, com somente um pé, e observam o afundamento ocasionado na areia em cada uma das bacias. Essa experiência é utilizada para relacionar pressão e área. Repete-se a experiência de pisar com um único pé na areia, e a marca deixada pelo pé na areia é, então, “circulada” com um barbante; depois, com este barbante, os alunos constroem um retângulo, e o fazem com cuidado e interesse. Medem seus lados e calculam matematicamente a área sem apresentar dificuldade. Na balança, medem as suas próprias massas (de seus corpos); explicamos, então, a diferença entre peso e massa. Revelam surpresa ao saber que com a balança medem a quantidade de massa. Foi, então, introduzida uma equação matemática para representar a força peso em termos do campo gravitacional terrestre. Demonstram satisfação e surpresa quando fazemos a diferença entre peso e massa. Como exemplo, é calculado o peso e a massa de G12 na Terra e na Lua. Parece-nos que entenderam a diferença entre massa e peso. O resultado para a intensidade da força peso (P) de seus corpos, exercida sobre

uma área delimitada pelos seus pés (A), é utilizada para encontrar a pressão (p) que seus próprios corpos exercem sobre o solo por meio da razão entre estas duas grandezas, P e A ($p = P/A$). Para determinar qual é a pressão que seus corpos exercem sobre o solo, a dificuldade ficou por conta da operação da divisão entre o valor de P e de A. G13 continua fazendo as operações utilizando riscos, não abstraindo; G12 explica no quadro por meio de exemplos de operações de divisão. Afirmam entender, mas quando necessitam fazer outro cálculo a dificuldade torna a aparecer; tentamos ajudar ensinando individualmente, já que o cálculo é diferente para cada aluno, pois calculam a pressão que seu próprio corpo exerce sobre o solo. Ao final da aula, G12 relata que para ele a Física é perfeita; ele inferiu que com os dois pés no solo a pressão ficaria reduzida pela metade, e com a realização do cálculo matemático confirmou sua hipótese.

- *Filmagens*

Episódio 1: Conceituando sólidos e líquidos

Nas filmagens desta aula pode ser observado que alguns alunos fazem o relato do que pensam ser corpo sólido e corpo líquido. É sugerido aos alunos que descubram através do tato o que existe dentro de sacos fechados e relatem suas percepções para o grupo em LIBRAS, e isto eles fazem com muito interesse. Durante a realização das atividades, suas expressões demonstram tranquilidade e satisfação, apenas G23 parece estar constrangida, penso que está pouco à vontade em virtude da filmagem. Durante as discussões, G11 explica para o grupo suas percepções. Analisando as expressões de seus rostos, registradas na filmagem, durante as anotações no caderno de atividades sobre suas conclusões acerca do trabalho realizado, há indícios de que G11 compreendeu sobre sólidos e líquidos a partir das características destes corpos, pois sua expressão é tranquila e satisfeita; G13 demonstra tranquilidade, enquanto G21 e G23 parecem inseguros; G12 está ausente.

Episódio 2: Fazendo a relação entre pressão e área (1ª e 2ª Experiências)

Nas filmagens, observa-se que na introdução do assunto, em que é feita a relação com situações do cotidiano, alguns alunos fazem colocações que demonstram já ter observado as situações que são discutidas. Outras situações relacionadas com o conteúdo em estudo são mencionadas; os alunos relatam, discutem e percebe-se que se sentem satisfeitos. A aula transcorre em um ambiente de descontração. Iniciamos a experiência colocando farinha de trigo em três potes iguais; as quantidades de farinha são iguais, e dentro de cada pote é colocado um tijolo, todos eles semelhantes. No interior de cada pote, é colocado um tijolo com uma de suas faces em repouso sobre a farinha. Para esclarecer o que é face, G11 relaciona a face do tijolo com o rosto. Segurando um tijolo, em uma das mãos, G12 explica para o grupo a relação entre pressão e área tendo como enfoque o afundamento ocasionado pelos tijolos na farinha. G13 relata para o grupo a relação entre a base do tijolo e o afundamento produzido na farinha, dizendo “área maior, profundidade baixa, área média profundidade leve, e área menos profundidade maior, pesado” (G13) (este relato foi transcrito a partir da mensagem viso-gestual em LIBRAS contida na filmagem). Esta aluna (G13), porém, quando escreve sobre este evento no caderno de atividades, só faz a relação obtida a partir da face do tijolo de maior área, escrevendo “área maior, afundamento menor”, ou seja, considerou apenas uma das faces. As explicações e a experiência são repetidas algumas vezes. Em um primeiro momento, fazem a medida do afundamento ocasionado na farinha pelo tijolo para concluir sobre qual face do tijolo provoca maior afundamento na farinha. Em seguida, eles obtêm as medidas dos lados do tijolo a partir das marcas deixadas na farinha, o que realizam com bastante atenção. Percebe-se, na filmagem, muita atenção e preocupação com o que escrevem e com os cálculos que

realizam. Na expressão de seus rostos, é possível identificar preocupação enquanto realizam os cálculos e respondem aos questionamentos, bem como satisfação, quando fazem os relatos, e entusiasmo durante a experimentação. Nas filmagens, percebe-se que os alunos ensinam os sinais de LIBRAS para a professora-pesquisadora.

- *Caderno de atividades dos alunos*

Episódio 1: Conceituando sólidos e líquidos

Quanto às características de sólidos e de líquidos

Do Grupo 1, G11 cita uma característica de líquido e sua utilização, e caracteriza sólido; G13 cita uma característica de líquido, sua utilização, faz referência de onde a água é encontrada e a relaciona com os benefícios para a saúde, e cita uma característica para sólidos; G12 está ausente. Do Grupo 2, G21 cita uma característica de líquido, sua utilização, e ainda onde a água pode ser encontrada, e cita uma característica para sólidos; G23 relata uma característica de líquido e situações onde o líquido é utilizado, e uma característica de sólido. Não houve registro da generalização das características de corpo sólido e líquido; os alunos fazem seus relatos tendo como referência os corpos que foram levados como exemplo.

Quanto às semelhanças e diferenças entre sólidos e líquidos

É solicitado aos alunos que façam registros sobre semelhanças e diferenças dos corpos a partir da observação atenta do comportamento destes corpos em situação experimental da sala de aula em que a professora-pesquisadora realiza o experimento. Nas condições experimentais apresentadas, é esperado que os alunos percebam que os corpos (sólido e líquido) são semelhantes na invariância dos seus volumes; o que pode ser facilmente observado manipulando-se os corpos e inserindo-os no interior dos potes (quadrado, retangular e redondo). Os volumes dos corpos são mantidos os mesmos, independente da forma do recipiente em que ele é inserido, desde que se mantenha a integridade de quantidade de matéria e densidade dos corpos. Para o tijolo (sólido), a invariância no seu volume com a variação da forma do pote pode ser facilmente percebida; no entanto, para o caso da água (líquido), é exigida uma observação atenta do aluno para que ele possa perceber que o volume do líquido não é alterado independente da forma do pote utilizado (mantendo-se a integridade do corpo, como já discutido). As duas variáveis aqui a serem utilizadas para as observações relacionais são: *volume do corpo* e *forma do pote*. Assim, a observação atenta e a percepção das regularidades encontradas no comportamento da variável macroscópica *volume do corpo* em relação à *forma do pote*, nas situações experimentais da sala de aula, serão a base para o aluno formular um conceito inicial (e ainda provisório) de sólido e de líquido. Os corpos são, então, conceituados por meio dos comportamentos que eles expressam sob certas condições experimentais. Os conceitos de sólido e de líquido ganham mais abrangência quando inserimos mais aspectos que caracterizam estes corpos. Observando diferenças comportamentais entre duas outras variáveis macroscópicas (pelo menos uma variável nova em relação aquelas já estudadas), os conceitos de sólido e de líquido podem ser enriquecidos. Como principal diferença que pode ser atribuída a sólidos e líquidos, a partir dos seus comportamentos macroscópicos, tem-se a forma dos mesmos; a forma (retangular neste experimento) do tijolo é invariante, independente de ele estar no interior do pote quadrado, retangular, ou redondo, e, portanto, sua forma não varia com a forma do pote. No caso da água, a invariância da forma não é mantida, tendo-se que a água assume a forma do pote o qual ela é inserida. Assim, as duas variáveis que podem ser utilizadas para observações relacionais

que diferenciam os corpos são: *forma do corpo* e *forma do pote*. A observação atenta e a percepção das regularidades encontradas no comportamento das variáveis selecionadas *forma do corpo* em relação à *forma do pote*, nas situações experimentais da sala de aula, contribuirão para o aluno enriquecer os conceitos de sólido e de líquido até então formulado. Observar, analisar, selecionar e relacionar variáveis, e observar regularidades nestas variáveis, são conteúdos procedimentais que podem ser desenvolvidos com atividades desta natureza, e necessários em ciência para a formulação de conceitos científicos.

Os registros dos alunos do Grupo 1, em seus cadernos de atividades, sobre semelhanças e diferenças entre os corpos são assim descritos: G11 escreve que são diferentes, ao corpo líquido atribui à forma dos potes e ao corpo sólido atribui forma própria, indicando ter percebido diferença entre eles; G13 não relata semelhança, mas conclui que os corpos são diferentes, em que a água assume a forma dos potes e que o corpo sólido tem forma própria, percebe-se que distingue os corpos neste exemplo; G12 está ausente. Para o Grupo 2, G21 relata que os corpos são diferentes, que o líquido assume a forma dos potes e que o sólido tem forma própria; G23 também percebe a diferença e reconhece corpo líquido como dependente da forma do recipiente e corpo sólido como tendo forma própria.

Quanto ao conceito de sólidos e de líquidos

G11 registra “Corpo sólido é tem a mesma forma, volume mesma.” e “Corpo líquido é assume a forma do pote. Volume igual” quando estes corpos são colocados em potes de formas variadas. Percebe-se que G11, na conceituação que faz sobre sólido e líquido, registra no seu caderno corretamente a relação mental que ela construiu acerca da variável volume do corpo com a variável forma do pote (no caso de sólido), e da variável forma do corpo com a variável forma do pote (no caso de líquido), revelando construção dos conceitos solicitados. G13 conceitua os corpos por meio de exemplos “corpo sólido é todo telefone, mesa, etc coisa sólido. Igual”, em que a palavra “Igual” pode estar indicando que o volume do sólido é o mesmo. Para líquido, G13 faz a colocação “Corpo líquido é todo água, leite, suco, vários saúde. Igual”, em que a palavra “Igual” pode estar se referindo ao volume invariante dos corpos. Percebe-se, nos relatos de G13, que ela não desenvolveu, com estas atividades e no tempo da sala de aula, os conteúdos procedimentais necessários para formular os conceitos científicos solicitados, embora pareça ter compreendido os conceitos ao nível de reconhecê-los e diferenciá-los em outras aplicações; G12 ausente.

G21 relata “Corpo sólido é tem carne dentro coração batendo. Leve. Igual” e “Corpo líquido é toma beber água gás leve. Igual”. Esses relatos indicam que G21 compreendeu apenas em parte o que estava sendo solicitado. Quando cita coração, pode estar se referindo a figura onde foi sugerido que anotasse o conceito de corpo sólido; já, a palavra “Igual” pode fazer referência aos volumes dos corpos. G21 ainda se refere apenas aos exemplos dados em aula, indicando que pode ter havido apenas alguma aprendizagem mecânica, sem assimilação dos conceitos e sua diferenciação, uma vez que houve confusão do conceito de líquido com o conceito de gás. Com isso, G21 demonstra que não desenvolveu os conteúdos procedimentais para formular os conceitos científicos solicitados, com as atividades realizadas e no tempo da sala de aula. G23 relata “Eu acho jeito que coração parede nunca vive mas igual mesmo continuar batendo dói. Volume igual”, e para líquido escreve “Telefone, volume igual”. Esses relatos indicam que este aluno também não compreendeu o que estava sendo solicitado, e que não diferencia líquido de sólido quando exemplifica líquido com “Telefone”. A referência ao coração pode ter sido motivada pela figura onde deveria ser anotado o conceito. G23, nos seus relatos, também demonstra que não desenvolveu os conteúdos procedimentais para formular os conceitos científicos solicitados, com as atividades realizadas e no tempo da sala de aula.

Episódio 2: Fazendo a relação entre pressão e área (1ª e 2ª Experiências)

A Tabela 1 apresenta alguns dos resultados obtidos a partir dos registros dos alunos nos seus cadernos de atividades sobre a relação entre pressão e área.

Tabela 1: Resultados obtidos para a relação entre pressão e área.

	G11	G12	G13	G21	G23
Relação entre o afundamento e a área da face do tijolo	Relaciona corretamente as <i>três</i> faces com o afundamento	Relaciona corretamente as <i>três</i> faces com o afundamento	Relaciona apenas <i>uma</i> face com o afundamento	Relaciona apenas <i>uma</i> face com o afundamento	Relaciona apenas <i>uma</i> face com o afundamento
Conclusão sobre a 1ª experiência	Pouca clareza no relato	Não fez a conclusão	Conclui corretamente	Conclui corretamente	Pouca clareza no relato
Semelhança entre 1ª experiência e 2ª experiência	Faz relação de semelhança	Não responde	Faz relação de semelhança	Faz relação de semelhança	Faz relação de semelhança

5. Considerações finais

Segundo Fernandes (2006), o contexto educacional está organizado de forma que todas as interações são realizadas pela oralidade, o que coloca o aluno surdo em extrema desvantagem nas relações de poderes e saberes, relegando-os a ocupar o eterno “lugar” do desconhecimento, do erro, da ignorância, e da ineficiência. E o surdo, nesse contexto, segundo essa autora, passa a simular o papel de aprendiz, a reproduzir os rituais escolares para ocupar o lugar de aluno em sala de aula: copia da lousa, copia do colega, copia do seu próprio caderno, sem entender o real significado do que copia. Na tentativa de provocar reflexão e possíveis mudanças nesse quadro, elaboramos uma proposta de ensino diferenciada e dirigida para o aluno surdo, com fortes características visuais, e desvinculada de propostas de um ensino para ouvintes.

A partir da análise dos dados coletados do diário de campo da professora-pesquisadora e da filmagem, pode-se dizer que, no relato em LIBRAS, os alunos indicam terem se apropriado do conhecimento, porém, quando analisamos suas anotações no caderno de atividade, estas deixam dúvidas se eles realmente entenderam. Para ilustrar, citamos a relação feita por G13, falando em LIBRAS, quanto à face do tijolo e o afundamento causado na farinha: na filmagem G13 relata a relação correta das três faces do tijolo com o afundamento ocasionado na farinha, porém quando escreve em português, só relaciona uma das faces com o afundamento. Esta constatação pode indicar falta de recursos lingüísticos para expressar suas idéias na representação viso-gestual em idéias na representação oral-auditiva. Segundo Vygotsky (1998), o pensamento não é somente expresso em palavras, mas também é por meio delas que ele passa a existir. Tratando-se de alunos surdos podemos entender que a falta de linguagem pode estar prejudicando a representação do pensamento na forma escrita, porém na forma oral a relação feita por G13 foi correta.

A experimentação é uma tarefa que exige a organização de operações mentais e procedimentais. Ao realizar as experiências, o que foi verificado por meio das filmagens e nos relatos do diário de campo, foi que os alunos se mostraram curiosos, manusearam o material, efetuaram medições, fizeram comparações e relatos sobre o que observaram e perceberam, tais como: “por meio da experiência consegui confirmar a hipótese que eu tinha de que com um único pé na areia o afundamento causado seria o dobro do que com os dois pés” (G12) (traduzida para o

português pela intérprete), “Assim eu gosto de trabalhar porque vejo o que tenho que estudar” (G23) (traduzida para o português pela intérprete, no episódio que se referiu à pressão atmosférica).

Percebeu-se, em algumas situações, que os subsunçores de alguns alunos pesquisados parecem frágeis; por exemplo, as quatro operações (soma, subtração, multiplicação e divisão) causam dificuldades para resolução de problemas. No entanto, em situações práticas, eles demonstram ter alguns conhecimentos prévios, o que foi evidenciado quando se discutia situações do cotidiano onde a pressão estava envolvida. Porém, para que os alunos entendam o conteúdo trabalhado, a presença da intérprete foi de suma importância, o que é revelado tanto no diário de campo da professora-pesquisadora como nas filmagens. A intérprete transmite segurança aos participantes; com ela a comunicação é facilitada, ela é o porto seguro dos alunos pesquisados, a ela são solicitados os esclarecimentos sobre as dúvidas pela maioria dos alunos. Um exemplo disso, é que existem termos em Física que não tem sinal em LIBRAS, e durante o desenvolvimento da proposta a intérprete procurava dar exemplos, fazer relações no intuito de facilitar o entendimento. Também observamos que a intérprete repetiu, em LIBRAS, por várias vezes, o que estava sendo dito pela professora-pesquisadora. Isto pode indicar que os surdos tiveram dificuldades no que pareceu ser alguns termos físicos desconhecidos para eles, ou mesmo por não ter entendido algum sinal da língua de sinais. Em virtude desses fatos, durante as aulas, foram criados sinais para identificar termos físicos, tais como aceleração, aceleração da gravidade, pressão, pressão atmosférica, força, entre outros.

A análise da filmagem também revelou a mobilização de algumas atitudes nos alunos durante as aulas, tais como a solidariedade e a cooperação. Os alunos explicam os conteúdos para os colegas, sempre no intuito de proporcionar uma melhor compreensão para todo o grupo, até mesmo quando da leitura do caderno de atividades, que é escrito em português, e o aluno discute em LIBRAS, são feitos comentários em que o aluno explica para o colega como é a estrutura da língua em LIBRAS. A troca de saberes entre o grupo aconteceu naturalmente. Parece-nos que eles entendem quando o colega explica, e demonstram satisfação tanto quando explicam como quando assistem à explicação do colega. Todos os alunos explicaram voluntariamente seus entendimentos, porém G12 destacou-se nesta tarefa, e demonstrou ser para ele uma tarefa prazerosa. Algumas vezes, mesmo não fazendo referência diretamente à Hidrostática, essas discussões foram importantes, pois lhes despertou o interesse em conhecer, e podem lhes ter despertado o espírito científico, pois os levou a buscar outros conhecimentos além dos propostos pelas atividades. Segundo Moreira (1999) não é o conhecimento em si que será de utilidade, mas a atitude de busca constante do conhecimento.

Conforme Vygotsky (1998), os alunos necessitam de uma oportunidade para adquirir conceitos, o ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero; um professor que tentar fazer isso, diz ele, geralmente não obtém qualquer resultado, exceto o verbalismo vazio, uma repetição de palavras semelhante à de um papagaio, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade oculta um vazio. Neste estudo, foram propostas situações de experimentação, gerando reflexão, questionamento e discussão para culminar com elaboração de conceitos científicos. Quanto aos conceitos de sólido e de líquido, as análises feitas a partir do caderno de atividades dos alunos indicam que alguns demonstraram compreensão ao elaborar os conceitos solicitados, sendo que a maioria não alcançou as conceituações desejadas, com as situações apresentadas e no tempo da sala de aula, restringindo-se às características presentes nos objetos ou situações em estudo no momento da elaboração dos conceitos, não fazendo generalizações a respeito do discutido. Aqui vale ressaltar que este foi o primeiro conceito solicitado, em que os alunos não estavam familiarizados com a metodologia de trabalho. Em geral, para esse episódio, os alunos forneceram respostas curtas e definições baseadas no que foi discutido em aula, sendo que alguns parecem não ter entendido sobre o que estavam sendo questionados. Quanto ao conceito de pressão, nos parece que tanto os alunos do Grupo 1 como os alunos do Grupo 2 elaboraram um conceito para esta grandeza física. A maioria dos alunos do Grupo 1 conseguiu formular o conceito para pressão atmosférica, trabalhado em outro episódio não reportado neste trabalho, fazendo, também, relação da pressão atmosférica com a vida no planeta; e

os alunos do Grupo 2, mesmo utilizando poucas palavras, elaboram o conceito para a pressão atmosférica.

Por fim, ao longo da condução da proposta foi possível observar o bom desempenho da maioria dos alunos do Grupo 1 na realização das atividades, bem como na compreensão dos conteúdos, e ainda, na prontidão em auxiliar e compartilhar os conhecimentos entre os pares. Os alunos do Grupo 2, embora também envolvidos e participantes, demonstraram certas dificuldades em conhecimentos prévios, mas no decorrer das aulas percebeu-se mais desenvoltura, bem como melhor desempenho, deste grupo, o que pode estar indicando que a familiarização com a metodologia permitiu uma melhor aprendizagem.

6. Referências Bibliográficas

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Tradução de Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 2000.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de; LEHFELD, Neide aparecida de Souza. **Projeto de pesquisa:** proposta metodológica. Petrópolis: Vozes, 1990.

CAMPOS, Fernanda C. A.; ROCHA, Ana Regina C. da; CAMPOS Gilda H. B. de; **Desing instrucional e construtivismo:** em busca de modelos para o desenvolvimento de softwares. IV Congresso RIBIE. Brasília, 1998. Disponível em: www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/250M.html. Acesso em: 10 set. 2006.

FERNANDES, Eulália. **Surdez e bilingüismo:** leitura de mundo e mundo da leitura. Disponível em: www.ines.org.br/ines_livros/13/13_PRINCIPAL.HTM. Acesso em: 15 nov. 2006.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula:** uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n2/v10_n2_a5.htm. São Paulo, 2005. Acesso em: 10 set. 2006.

GOLDFELD, Márcia. **A criança surda:** linguagem e cognição numa perspectiva sócio interacionista. São Paulo: Plexus, 1997.

IBGE - Censo Demográfico 2000. **Deficiência.** Disponível em: www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27062003censo.shtm. Acesso em: 15 nov. 2006.

LEBEDEFF, Tatiana Bolivar. Aluno Surdo: desvelando mitos e revelando desafios. In: Ocsana Sônia Danyluk; Hercílio Fraga de Quevedo; Mara Beatriz Pucci de Mattos (Orgs.). **Conhecimento sem fronteira.** v.2. Passo Fundo: Editora Universitária, 2005, p.56-61.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

QUADROS, Ronice M. de ; PERLIN, Gládis Terezinha. Educação de Surdos em Escola Inclusiva? **Revista Espaço.** Informe técnico científico do INES. Rio de Janeiro, n.7 p. 35- 40, 1997.

REGO, Tereza Cristina. **Vigotski:** uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.

SILVA, Maria da Piedade Marinho. **A construção de sentidos na escrita do aluno surdo**. São Paulo: Plexus Editora, 2001.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e linguagem**. 2. ed. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1998.

ENSINO DE CIÊNCIAS NA 5ª SÉRIE ATRAVÉS DE SOFTWARE EDUCACIONAL: O DESPERTAR PARA A FÍSICA

Zilk Herzog Meure [zilkh@ig.com.br]

Maria Helena Steffani [helena.steffani@ufrgs.br]

Mestrado Profissional em Ensino de Física – Instituto de Física – UFRGS

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

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

Resumo

O presente trabalho apresenta objetos educacionais interativos e informatizados desenvolvidos com o objetivo de resgatar o aprendizado prazeroso em Física. Contemplando conteúdos previstos para a quinta série do Ensino Fundamental procura-se, através dos objetos educacionais, desenvolver estruturas mentais capazes de “ancorar” conhecimentos posteriores com aprendizagem significativa dos conteúdos de Física no Ensino Médio.

Foram confeccionados objetos próprios para práticas pedagógicas em que o lúdico se torne instrumento na construção do conhecimento e desenvolvimento cognitivo. Para escolas que não possuem laboratório de informática, são discutidas e apresentadas adaptações desses objetos.

Palavras-chave: objetos educacionais - estruturas mentais - aprendizagem significativa.

1. Introdução

Observação e reflexão sobre a prática educativa indicam que uma aprendizagem significativa em Física é uma tarefa difícil e algumas indagações de como fazê-la de forma adequada levaram-nos a desenvolver este trabalho.

A construção do conhecimento de maneira mais efetiva e autônoma por parte do aluno tem sido um desafio. Pensamos que uma das questões relevantes para promover esta aprendizagem significativa relaciona-se ao conteúdo programático de quinta série do Ensino Fundamental. Acreditamos que, se o enfoque dado ao conteúdo programático de quinta série privilegiasse um pouco mais a Física, formar-se-iam subsunçores para os conceitos físicos mais aprofundados na fase adolescente, tornando-os de mais fácil compreensão.

É certo que para uma aprendizagem se transformar em significativa o aluno deveria ter introjetado em sua estrutura cognitiva conceitos que, ao serem trabalhados, servissem de “âncora” ao novo conhecimento apresentado (MOREIRA, 1999). Assim, quanto mais cedo a criança for introduzida aos conceitos físicos com metodologia e técnica apropriadas, mais facilmente poderá formar subsunçores que sirvam de embasamento ao novo conhecimento transformando a aprendizagem mecânica, tão comum no conteúdo de Física, em aprendizagem significativa. O desafio para estimular e oportunizar meios que promovam o desenvolvimento cognitivo da criança necessariamente deve contemplar material didático potencialmente significativo.

Estamos em uma época onde a criança convive diariamente com as novas tecnologias. Desde bem pequena habitua-se aos controles-remotos, aos videogames, aos aparelhos digitais e até mesmo ao computador. Computador e televisão usam imagens dinâmicas para atrair a atenção da criança. Então, objetos educacionais interativos, semelhantes a jogos lógicos, capazes de associar o lúdico à construção do conhecimento podem promover o desenvolvimento cognitivo.

São apresentados neste trabalho quatro objetos educacionais interativos computadorizados para o desenvolvimento do conteúdo programático de quinta série do Ensino Fundamental em escolas informatizadas. Foram realizadas adaptações dos objetos educacionais para escolas que não dispõem de sala de informática.

2. Objetos educacionais

Apesar de não existir uma definição universal, são considerados objetos educacionais pela maioria dos estudiosos no assunto, os jogos lógicos, vídeos, simulações, hipertextos, mapas, gráficos e até mesmo jogos como memória, caça-palavras, dama e forca. Todo material didático instrucional com interação, utilizando ou não multimídia onde a aprendizagem torna-se efetiva, caracteriza um objeto educacional (TAROUÇO,2005).

Objetos educacionais auxiliam a auto-aprendizagem e a construção do conhecimento através da interação. O embasamento teórico deve ser priorizado e as teorias de aprendizagem eleitas para o desenvolvimento dos objetos educacionais devem ser claras, objetivas e coerentes com o recurso instrucional produzido.

Uma das vantagens na produção dos objetos educacionais pelo próprio professor constitui que ao ser elaborado considera as potencialidades do público-alvo em questão: suas vivências, cultura local, conhecimentos prévios, desenvolvimento cognitivo, enfim são objetos produzidos especialmente para aquela população.

Ademais, a reusabilidade dos objetos educacionais transforma-se em uma poderosa ferramenta para o educador. Uma vez produzido poderá ser adaptado, aperfeiçoado, modificado, reutilizado com outros temas ou por outras disciplinas e em outras populações-alvo, o que o torna versátil e prático.

Os objetos educacionais devem prever estágios de aprendizado, sendo assim, o nível de exigência e aprofundamento teórico é crescente o que proporciona uma aprendizagem significativa subordinada.

Outra situação a ser considerada são as formações de equipes multidisciplinares para a elaboração de objetos educacionais. Objetos produzidos em equipes multidisciplinares tornam-se mais produtivos já que proporcionam uma abordagem mais rica e inter-relacionada dos conteúdos. São desafios que a escola atual deve considerar para o desenvolvimento cognitivo do aluno.

O design atrativo, a facilidade de reutilização e a adaptação às potencialidades do público considerado tornam o objeto educacional mais eficiente pedagogicamente. Sons e animações divertem enquanto instruem tornando o ambiente de aprendizagem mais descontraído, quando utilizados de maneira correta.

A escola atual informatizada, não deve se ater a consultas em sites previamente selecionados pelo professor. Deve proporcionar a este profissional condições para o desenvolvimento de seu próprio ambiente virtual e material instrucional. Este momento poderá integrar a formação continuada para os professores da escola.

3. O referencial teórico

As Teorias do Desenvolvimento Cognitivo de Piaget (PIAGET, 1998) e Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (MOREIRA,1999) são norteadoras deste trabalho onde o aluno através da interação com o meio, estimulado pelos objetos educacionais interativos, promove um aprendizado baseado na sua capacidade criativa, interpretativa e representativa do mundo que o cerca.

O aspecto psicopedagógico enfoca o aluno como construtor de seu próprio conhecimento, tendo o professor como um condutor sensível na busca do aprendizado. O educador deverá estar aberto ao entendimento das necessidades de seu aluno quando da interação com os objetos que lhe forem oferecidos para proporcionar seu crescimento cultural, induzindo-o e auxiliando-o na busca de soluções para seus problemas.

As relações estabelecidas com o meio determinam o desenvolvimento do raciocínio lógico da criança. O processo de assimilação a partir do que vê, ouve, vive e interage com o meio, promovem o desenvolvimento do conhecimento físico. Assim, pensamos que ao interagir, a criança está construindo seu conhecimento e desenvolvendo estruturas lógicas que contribuirão na organização deste conhecimento.

Segundo Piaget os jogos de exercício sensório motor, como basquete e vôlei, ou mesmo intelectuais, como xadrez, impõe regras essenciais ao desenvolvimento cognitivo, conferindo ainda um caráter social pela existência de companheiros e obrigações para com estes e consigo mesmo.

Na fase das operações concretas, conforme Piaget, a criança está em condições favoráveis ao desenvolvimento de regras e relacionamento afetivo-sociais e o erro consiste num processo de crescimento interno. A interação social proporcionada pelos jogos e objetos educacionais favorece a aprendizagem tornando-as mais autônomas e capazes de tomar decisões por elas mesmas ou em grupos.

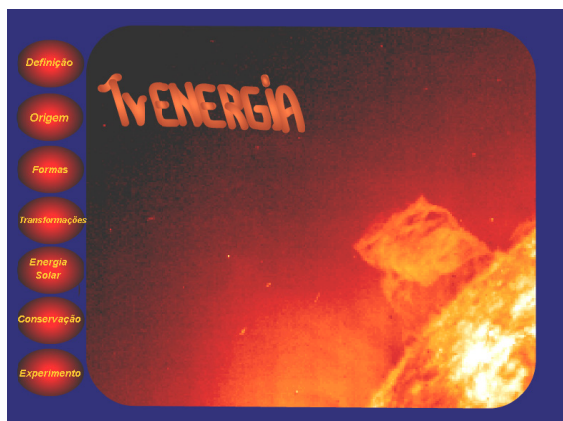
O desenvolvimento cognitivo do público-alvo determina o tipo de objeto educacional a ser produzido, já que o educador deverá estar atento às manifestações intelectuais e comportamentais de seus alunos.

Estão previstas atividades lúdicas como representação teatral, elaboração de textos e histórias, roda de discussão dos assuntos tratados, entre outras propostas. A criança, nesta fase de seu desenvolvimento cognitivo, conhece os objetos a partir do uso que faz e a representação de uma atividade manifesta seu simbolismo. Esta é a melhor forma de socializá-la e auxiliá-la a organizar-se.

4. Os objetos educacionais

Os objetos educacionais apresentados neste trabalho foram desenvolvidos utilizando Flash 8.0 – software de baixo grau de complexibilidade e flexibilidade que se constitui em aliado para ao desenvolvimento de jogos e objetos educacionais. São apresentados textos, animações e simulações interativas.

I - TV Energia



O objeto intitulado TV Energia aborda, de forma qualitativa, as diversas formas de energia. O conteúdo é apresentado de forma seqüencial, distribuído em *frames* acessados através de botões interativos. Os botões, identificados pelos nomes **Definição**, **Origem**, **Forma**, **Transformações**, **Energia solar**, **Conservação** e **Utilidades** permitem a seleção do *frame* a ser visitado pelo próprio aluno de acordo com o interesse e curiosidade a respeito do conteúdo desenvolvido no objeto educacional. Cabe ressaltar que o aluno deve ser orientado a seguir a seqüência indicada pelos botões devido ao aprofundamento do conteúdo em questão, porém, nada impede que seja aleatória sua navegação nos quadros do objeto educacional.

Quando chamado o quadro-chave correspondente **Utilidades** o aluno terá acesso a uma parte de maior interatividade onde questões do tipo verdadeiro/falso são acompanhadas de textos explicativos e animações dos conteúdos relacionados ao assunto.

Procura-se introduzir, sem formalismo matemático, conceitos como os de energia cinética e potencial, visando o entendimento posterior em conteúdos como energia potencial gravitacional, energia elétrica e conceitos físicos correlatos.

Animações abordam temas do cotidiano como a energia potencial química – energia proveniente dos alimentos, energia térmica dissipada em brinquedos como o escorregador, energia potencial elástica associada a brinquedos e esportes radicais e transformações de energia cinética em outras formas de energia. São mostradas e discutidas animações de explosões solares, exemplificando o processo de produção de energia solar.

II - Astronomia



O objeto educacional Astronomia foi montado a partir de um jogo de forca onde é permitido ao aluno cinco tentativas de acerto. Caso não obtenha sucesso poderá recomeçar. Sucesso obtido é feito a chamada para o *frame* que contém a descrição do planeta acertado. Barras de rolagem permitem a visualização do texto descritivo relacionado com as características do planeta, isto permite ao aluno um controle do tempo de leitura do conteúdo de acordo com suas necessidades.

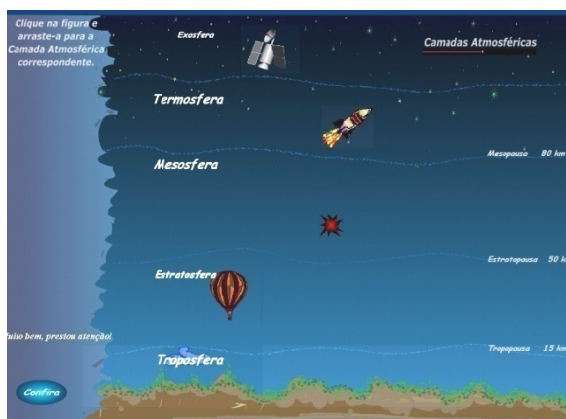
São discutidos conceitos como massa, peso, força gravitacional, movimentos de rotação e translação, unidade astronômica, escalas de tamanho e distância bem como as principais características de cada astro.

As condições para a classificação de um objeto como planeta estão contempladas considerando o rebaixamento de Plutão pela União Astronômica Internacional.

O objeto permite estabelecer um comparativo entre as atmosferas de cada planeta, suas dimensões e número de satélites naturais.

Este objeto permite sua utilização, inclusive, na disciplina de Geografia uma vez que os conteúdos programáticos contemplam o estudo do Sistema Solar.

III - Atmosfera



A construção do objeto educacional Atmosfera observou as camadas, suas respectivas características e fenômenos físicos.

A interface do objeto apresenta figuras que devem ser encaixadas na camada atmosférica correspondente. Caso o aluno não consiga encaixá-las corretamente surge uma mensagem que o convida a tentar novamente. O encaixe correto é o acesso ao conteúdo do objeto, podendo ser seqüencial ou aleatória.

Conceitos como pressão atmosférica, empuxo, densidade, cargas elétricas e processos de transmissão de calor são abordados de forma simples e objetiva oportunizando a formação de subsunçores para conhecimentos posteriores sobre tais conteúdos.

Assuntos que despertam a curiosidade dos alunos como o vôo dos aviões e balões dirigíveis, satélites artificiais, relâmpagos, ar comprimido e rarefeito e plasma são abordados, através de *links*, com a intenção de relacionar os conceitos físicos com a vivência diária da criança.

Um estudo divertido e prazeroso associando sons, imagens e conteúdos potencialmente significativos sobre conceitos físicos tenta resgatar a vontade de aprender e construir conhecimento tanto em Atmosfera como nos outros objetos educacionais.

IV - Hidrosfera



A construção deste objeto considerou efeitos de *mouse* e outros efeitos próprios do programa Flash. A chamada aos *frames* relativos ao conteúdo acontece por botões inseridos na própria imagem da interface da tela inicial. O aluno poderá acessar seqüencialmente ou aleatoriamente o conteúdo como nos demais objetos construídos sem implicações à construção de seu conhecimento.

A Hidrosfera é um dos conteúdos de quinta série do Ensino Fundamental onde o aluno pode entender vários conceitos físicos relacionados ao seu dia-a-dia. O princípio dos vasos comunicantes é um bom exemplo de distribuição da água nas cidades e explica de maneira simples o nivelamento em recipientes de formas, diâmetros e posições diferentes interligados.

Os conceitos de densidade e empuxo já abordados no objeto Atmosfera são novamente retomados com o objetivo de que o aluno perceba que fluidos possuem princípios físicos iguais. Tensão superficial, estados físicos e mudanças de fase são conceitos discutidos a partir de exemplos cotidianos.

A partir do objeto Hidrosfera e Atmosfera, textos e histórias em quadrinhos são elaborados pelos alunos evidenciando a responsabilidade social do uso racional da água. Levar o aluno a refletir sobre as conseqüências de seus atos e entender-se como parte integrante da natureza é um dos objetivos do projeto.

Nos quatro objetos educacionais é possível tanto a impressão como a cópia do conteúdo desenvolvido permitindo ao aluno como e ao educador a facilidade de consulta mesmo não estando em ambiente informatizado.

5. As Adaptações

Textos de apoio ao professor e aluno, evidenciando e relacionando conceitos físicos e cotidiano, foram elaborados para este projeto. As práticas que acompanham os textos proporcionam reflexão e conclusões a respeito do assunto abordado sendo reforçados através de exercícios propostos a partir da atividade.

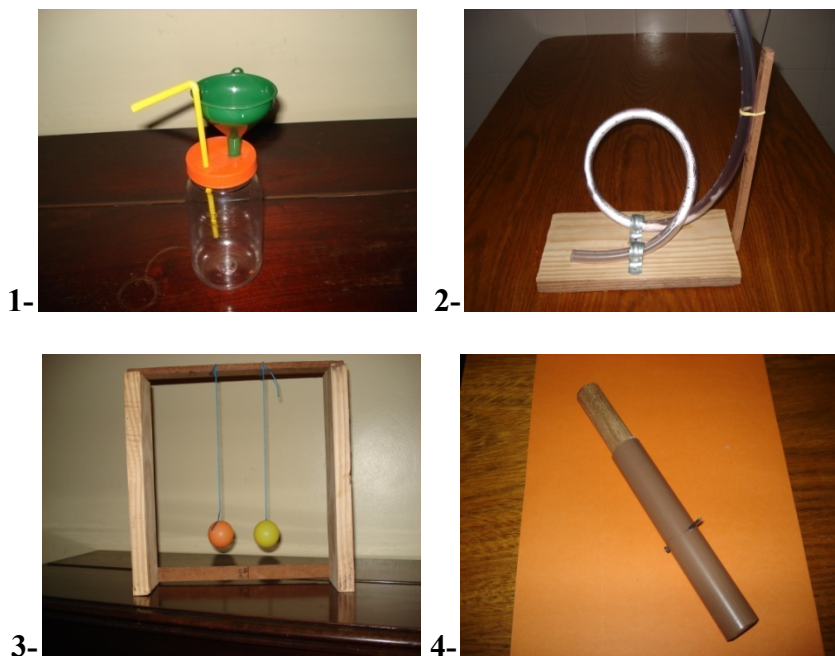
Momentos de descontração e alegria são demonstrados na realização das atividades. Vídeos, textos e outras produções dos alunos confirmam a aquisição do conhecimento.

Representações teatrais demonstram a necessidade de partir do concreto para abstração, principalmente no conteúdo de Astronomia.

Os conceitos físicos abordados estão relacionados não só com os objetos educacionais informatizados como também com os não informatizados.

Instrumentos confeccionados para práticas possuem princípios físicos explicados de maneira simples, mas relacionados a brinquedos ou esportes, no geral. Desta forma a criança aprende brincando e não é necessário separar o lúdico da aprendizagem.

Práticas simples explicam conceitos básicos como:



1- Propriedades do ar.

2- Transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

3- Comprovação da variação de pressão devido à variação de velocidade do ar. Diferenciação entre ar comprimido e rarefeito

4- Transformação de energia potencial elástica em outras formas de energia. Associação de tais transformações aos brinquedos e esportes radicais.

O embasamento teórico priorizando a construção do conhecimento está presente tanto nos objetos educacionais como nos textos de apoio.

6. Considerações finais

Os objetos educacionais construídos, informatizados ou não, priorizam a construção do conhecimento através do lúdico. Despertar a curiosidade, o prazer e o entusiasmo pela Física também é uma forma de construir conhecimento significativo formando estruturas mentais capazes de auxiliar a compreensão dos conteúdos posteriores nesta disciplina.

O ensino de Física deve ser explicativo e problematizador para questões relevantes do cotidiano do aluno. Os conflitos cognitivos são importantes para o desenvolvimento de competências no domínio do processo de aprendizagem e formação do senso crítico.

Ao proporcionar acesso às novas tecnologias aliadas ao conteúdo procuramos, neste trabalho, oportunizar ao aluno a construção de seus objetos como textos, histórias em quadrinhos e blogs. Esta oportunidade permitiu verificar a necessidade que o aluno possui de elaborar seu próprio material instrucional a partir do modelo apresentado pelo educador. A construção de seu próprio material perpassa e demonstra o estágio cognitivo em que se encontra, sendo assim, um aspecto relevante a ser considerado pelo educador na construção do material a ser utilizado em sala de aula.

Aliar tecnologias e práticas ao ensino de Física proporciona uma aprendizagem significativa no momento que o aluno está predisposto ao aprendizado dos conceitos relevantes.

Neste trabalho os objetos educacionais construídos permitem através da interação do aluno, verificar a formação de estruturas mentais importantes para aquisição de conhecimentos posteriores. A construção do conhecimento, mesmo individualizada e consoante ao estágio cognitivo do aluno, acontece de forma bem mais ativa do que no ensino tradicional.

O enfoque físico dado ao conteúdo confirmou uma “abertura”, por parte do aluno, em lidar com a disciplina. Despojado das resistências apresentadas pelos adolescentes, de maneira geral, mostrou-se receptivo e comprovou que, mesmo na quinta série do Ensino Fundamental, o conteúdo de Física é um aliado na resolução e compreensão de seus problemas diários.

7. Referências Bibliográficas

AUSUBEL, D. P. Psicologia educativa – Um ponto de vista cognitivo. México: Editoria, 1998

AUSUBEL, D.P. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva, 1963, revisão científica Vitor Duarte Theodoro, gabinete técnico da Didática Editora.

BATTAIOLA, A. L.; GOYOS, C.; ARAUJO, R. B. Aplicação e avaliação do uso integrado das tecnologias de realidade virtual e hipermídia em sistema de aprendizado. Disponível em <www.design.ufpr.br/lai/Publicacoes/Artigos/EaD-1998> Acesso em: 20 de jun. 2006.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998 v.4.

DUCKWORTH, Eleanor. Idéias: Maravilha em Educação. Instituto Piaget.1991. Lisboa.

FERREIRA, M. C.; CARVALHO, L.M.O A evolução dos jogos de Física, a avaliação formativa e a prática reflexiva do professor, Revista Brasileira de Ensino de Física, V 26, nº 1, p 57-61,2004

Lei Nº 9394 de 20 de dezembro de 1996 – LDB da Educação Nacional.

MATHEWS, M. Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 17, nº 3, p. 270-294, dez. 2000.

MENEZES,L.C. Mais paixão no ensino de ciências, Nova Escola. São Paulo, v. 18, nº 159, p. 19-21, jan./fev. 2003.

MORATORI, P. B. Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem? Disponível em:

<<http://www.nce.ufrj.br/ginape/publicacoes/trabalhos/PatrickMaterial/TrabfinalPatrick2003>>

Acesso em 20 jun. 2006

MOREIRA, M.A. ; OSTERMANN, F. Teorias construtivistas. Porto Alegre; Instituto de Física-UFRGS, 1999. (Textos de apoio ao professor de Física; nº 10).

MOREIRA, M.A. Teorias de aprendizagem. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2003.

PIAGET, J. O raciocínio na criança. Rio de Janeiro: Real, 1967.

TAROUCO, L.M.R; KONRATH,M.L.P; FALKEMBACH,G.A.M. Utilização de jogos na sala de aula: Aprendendo através de atividades digitais; CINTED – UFRGS, V3, Nº1, maio 2005

METODOLOGIA REVERSA PARA O ENSINO DA FÍSICA: DA TECNOLOGIA AO CONCEITO FÍSICO¹

Ivo Mai [ivomai@gmail.com]

Naira Maria Balzaretto [naira@if.ufrgs.br]

João Edgar Schmidt [schmidt@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS– Caixa Postal, 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Rio Grande, RS – Brasil.

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta para o Ensino de Física partindo de suas aplicações tecnológicas, e está formatada à luz da pedagogia construtivista de Piaget, Vygotsky e Ausubel. Pretende-se despertar a curiosidade e o interesse dos professores e, como consequência, dos alunos pelos temas da Física, desmistificando equipamentos que utilizamos no cotidiano. A presente proposta consiste na realização de oficinas para professores focalizadas no estudo de Fenômenos Ondulatórios, Eletromagnetismo e Tópicos de Física Moderna que explicam o funcionamento do forno de microondas e do disco rígido de computador, com o objetivo de preencher lacunas existentes na formação continuada de professores. As oficinas foram oferecidas para professores de Física em seis localidades diferentes do Estado, e consistiram de uma série de atividades, como a desmontagem de um forno de microondas e do disco rígido de computador, e atividades interativas e experimentais. A realização destas atividades estão de acordo com a proposta de Piaget, segundo a qual, as ações humanas são a base do comportamento. As atividades são desenvolvidas em pequenos grupos, seguidas por momentos de discussão no grande grupo, pois, conforme Vygotski, o desenvolvimento cognitivo tem como origem a conversão de relações sociais em funções mentais. Através do conjunto de atividades, seja através das ações ou interações humanas, os *conhecimentos prévios* dos indivíduos são constantemente confrontadas com novos conhecimentos, criando condições para uma *aprendizagem significativa*, conforme Ausubel. O trabalho foi submetido à avaliação com a aplicação de um pré-teste, antes do início das atividades propostas, e de um pós-teste, aplicado após o encerramento das atividades. Os resultados das avaliações mostraram que novos conceitos foram aprendidos pelos participantes, mostrando que a proposta é eficiente e indicada para promover a melhoria da qualidade do Ensino de Física.

Palavras-chave: metodologia reversa; ensino de Física; tecnologia; conceito Físico

1. Introdução

Considerando que o ser humano, em geral, entende muito pouco sobre o funcionamento e sobre a aplicação de conhecimentos científicos nos produtos da tecnologia utilizados no cotidiano, e conhecendo a realidade do Ensino Médio, tanto do ponto de vista da formação e capacitação do corpo docente, quanto do desinteresse dos discentes em estudar Física, propomos uma alternativa mais atraente de ensinar Física, de fácil acesso, e que pode contribuir para a construção de um cenário mais animador.

No presente trabalho, propomos explorar aplicações tecnológicas para ensinar conhecimentos científicos, fazendo uso de recursos de mídia, que geralmente despertam interesse, tanto nos professores como nos alunos, sendo potencialmente significativos. A gama de novos conhecimentos científicos associada à rapidez da evolução tecnológica impõe um desafio às escolas e aos professores no sentido de tornar o ensino de ciências em geral, e de Física em particular, mais atraente e vinculado à realidade.

¹Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

A proposta está formatada à luz da pedagogia construtivista de Piaget, Vygotsky e Ausubel.

Para Piaget as ações humanas são as bases do seu comportamento. Tudo no comportamento parte da ação. Assim, as atividades propostas neste projeto têm como intenção promover a ação do sujeito mediante a interação direta com o objeto de estudo.

Segundo Vygotski, o desenvolvimento cognitivo tem como origem a conversão de relações sociais em funções mentais, e não o inverso. A conversão de relações sociais em funções mentais é “mediada” pelo uso de *instrumentos e signos*. Os instrumentos são os objetos ou ferramentas sociais; os signos são a linguagem, a escrita e todas as formas de comunicação humana, que são resultado de uma construção sócio-histórica e cultural. “*Através da apropriação (internalização) destas construções, via interação social, o sujeito se desenvolve cognitivamente*” (MOREIRA, 1999, p.111).

Segundo a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, o que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, o que ele chama de “*conhecimentos prévios*”. A partir de uma abordagem baseada nos conhecimentos prévios e usando materiais potencialmente significativos, é possível formar novos conceitos e/ou reforçar os conhecimentos prévios. Para que isso ocorra é necessário criar condições através de conceitos relevantes e inclusivos para que uma pré-disposição para aprender esteja disponível na estrutura cognitiva do indivíduo. O conceito central da teoria de Ausubel é o da “*aprendizagem significativa*”, que para ele é um processo de interação entre a nova informação e aspectos específicos dos conhecimentos prévios, o que ele chama de “*subsunção*”. “*A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz*” (MOREIRA, 1999, p. 153).

2. Explorando a Física aplicada à tecnologia

A Física é um pilar fundamental para a economia e a cultura da civilização moderna. O desenvolvimento tecnológico utiliza descobertas científicas para gerar novos produtos tecnológicos que provocam mudanças na cultura, nos costumes e no bem estar, e pode determinar o domínio de algumas nações sobre as outras. Historicamente, o desenvolvimento tecnológico está vinculado ao domínio de conhecimentos científicos.

O lançamento e o uso de novas tecnologias pela sociedade atual vêm crescendo vertiginosamente nos últimos anos. A cada ano que passa inúmeros novos produtos tecnológicos são lançados para o consumo da população.

Estas tecnologias são produtos do conhecimento humano adquirido através de descobertas e invenções da ciência que são aplicadas em novas máquinas e equipamentos utilizados nas mais diversas áreas de atividade humana, como: trabalho, saúde, educação, lazer e outras. Para explorar a Física aplicada nos equipamentos ou produtos da tecnologia é necessário que se tenha um pouco de conhecimento técnico sobre os mesmos. É importante saber o nome e a função desempenhada por cada um dos seus componentes para fazer uma associação aos fenômenos físicos que explicam o seu funcionamento. Essas informações podem ser encontradas em manuais técnicos ou manuais de instrução de uso dos equipamentos.

Numa revisão bibliográfica constatamos a precariedade de publicações didáticas sobre uso e aplicações dos conhecimentos da Física nos produtos tecnológicos que utilizamos no cotidiano. Nos livros texto mais utilizados no Ensino Médio, as informações geralmente são superficiais ou estão ausentes. Portanto, justifica-se a elaboração de materiais de apoio e didáticos que explorem a aplicação da Física nos produtos da tecnologia presentes nas nossas casas, nos locais de trabalho, estudo e lazer.

Porém, encontramos publicações muito interessantes, que exploram a Física de equipamentos tecnológicos, publicados pela SBF (Sociedade Brasileira de Física), pela Editora do Brasil e periódicos como a revista Física na Escola e a Revista Brasileira de Ensino de Física. Em especial, destacam-se trabalhos desenvolvidos no Mestrado Profissional em Ensino de Física (MPEF) do Instituto de Física da UFRGS, divulgados no endereço eletrônico www.if.ufrgs.br/.

A experiência do trabalho já desenvolvido nas escolas, aliada aos conhecimentos adquiridos durante o curso do MPEF, possibilitou desenvolver o presente trabalho com a finalidade de oferecer aos professores das escolas de nível médio e, através deles, aos alunos, conhecimentos relativos a alguns avanços e aplicações da Física nos produtos da tecnologia. Propomos uma educação para a cidadania, colaborando ativamente na formação de uma *sociedade com conhecimento científico consciente*. Assim contribuímos para ampliar o conhecimento dos docentes relativo à aplicação da Física na tecnologia, e através deles, despertar o interesse dos estudantes pela Física. A capacitação de professores em exercício e de estudantes do Ensino Médio por meio de *kits* montados especificamente para esta finalidade, poderá contribuir decisivamente para a mudança dos rumos da educação do Ensino Médio.

A presente proposta foi inspirada no projeto do Laboratório Itinerante Tecnologia com Ciência do Instituto de Física da UFRGS, levando a idéia para fora da Universidade, através de cursos de formação para professores realizados em parceria com quatro Coordenadorias Regionais de Educação do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A proposta está elaborada para explorar conceitos de ondas, eletromagnetismo e tópicos da Física Moderna que explicam o funcionamento do forno de microondas e do disco rígido de computador.

O presente trabalho tem como pressuposto, somar esforços com as iniciativas já existentes, oferecendo mais uma opção de proposta pedagógica para melhorar a qualidade das aulas, despertando o interesse dos estudantes pela Física através de suas aplicações tecnológicas.

Em paralelo, pretendemos encorajar os docentes a introduzir e desenvolver os temas da Física através do uso de equipamentos tecnológicos em suas aulas como motivadores para explorar conceitos Físicos aplicados no seu funcionamento.

3. Metodologia

A metodologia utilizada baseou-se na realização de oficinas práticas com professores, o que exigiu uma seqüência de etapas lógicas e progressivas, sempre levando em consideração as teorias construtivistas de Piaget, Vygotski e Ausubel. A seguir estão descritas as etapas desenvolvidas durante as oficinas com professores do Ensino Médio.

a) Iniciamos com a aplicação de dois pré-testes de quinze questões cada um. O primeiro tem como objetivo avaliar os conhecimentos sobre os temas magnetismo, eletromagnetismo e ondas aplicadas no funcionamento do forno de microondas; e o segundo pré-teste também explora conhecimentos de eletromagnetismo e tópicos de Física Moderna, que explicam o funcionamento do disco rígido de computador. Através destes procuramos avaliar os conhecimentos prévios dos participantes e seus resultados serviram como referência para avaliar o progresso na aprendizagem e a eficiência da proposta.

b) Uma aula à luz da Teoria de Piaget deve ser ativa, com métodos ativos, tendo o cuidado para que as iniciativas sejam tanto do aluno como do professor. *Segundo ele, enquanto que o diretivismo puro leva ao conformismo, o não-diretividade puro leva à desorganização, insegurança ou mera repetição.* (MOREIRA, 1999, p. 104).

Assim, a segunda etapa consistiu em desmontar um forno de microondas e um disco rígido de computador, com o objetivo de desmistificar os equipamentos, tomar conhecimento das suas partes, seus principais componentes e discutir sobre suas funções, como funcionam, discutir a ciência abordada e as leis físicas utilizadas no seu funcionamento. O papel do professor nas práticas é provocar a desequilíbrio que levam à equilíbrio majorante. Ou seja, o professor deve desempenhar o papel de coordenador, fazer questionamentos, sem dar a resposta definitiva, mas que levem o aluno buscar a resposta através de atividades propostas no projeto, ou através de leituras dos textos preparados para esse fim. Para facilitar os trabalhos da desmontagem e identificação das suas partes foi elaborado um manual para cada um dos equipamentos que são objetos de estudo deste projeto. Assim, entendemos que a metodologia reversa está de acordo com a teoria de Piaget, que defende a idéia que toda mudança de comportamento tem origem nas ações humanas.

Simultaneamente esta metodologia é uma maneira capaz de desencadear um processo de aprendizagem significativa, conforme Ausubel.



Figura 1. Grupo de professores de Santa Rosa desmontando um forno de microondas.

Esta atividade é um processo de desmistificação e familiarização do educador com os objetos tecnológicos em estudo, servindo de estímulo para novos projetos de exploração da Física em outros equipamentos.

Na terceira etapa são realizadas discussões em grupo com a finalidade de promover a troca de conhecimentos no grande grupo, acompanhadas de leitura dos textos, interação com as simulações preparadas especialmente para este momento e realização de atividades interativas preparadas com o “*software Hot Potatoes*”.

Na quarta etapa são realizadas as atividades experimentais que contemplam dois experimentos convencionais utilizando materiais alternativos de fácil montagem e quatro experimentos desenvolvidos com a utilização do computador como instrumento de medida para coleta e análise de dados e gráficos.

Os experimentos convencionais visam explorar os fenômenos de ressonância que auxiliam na compreensão do funcionamento do forno de microondas, e os processos de magnetização de fios de aço, que ajudam na compreensão do processo de gravação magnética.

Para a realização das atividades experimentais que utilizam o computador como instrumento de medida, foi desenvolvido um conversor analógico/digital que transforma sinais analógicos em digitais, e o “*software PicoScope*” que converte o computador num osciloscópio. Com a ajuda destes equipamentos são realizadas quatro atividades:

a) a primeira tem como objetivo medir a frequência e fazer uma análise do espectro de sinais de áudio gerados com o auxílio da placa de som do computador munido com o *software Sine Wave*. A medida da frequência é feita com o *software PicoScope*;

b) a segunda tem como objetivo explorar o fenômeno da ressonância entre duas cordas de uma caixa de ressonância. Para medir as frequências de ressonância é utilizado um microfone ligado a um amplificador incorporado no conversor analógico-digital, que converte sinais analógicos em sinais digitais, e estes por sua vez são convertidos em dados e gráficos pelo computador, através do *software PicoScope*;

c) a terceira atividade com computador consistiu em entender, através de aquisição de dados, como ocorre a carga e descarga de um capacitor em um circuito RC em série e paralelo, e através do conversor AD obter dados que permitem visualizações gráficas da situação em estudo com auxílio do *software PicoScope*. Com estas atividades pretendemos familiarizar os participantes com a montagem de circuitos elétricos e a utilização de novas tecnologias na prática pedagógica, fazendo uma analogia entre o tempo de carga e descarga de capacitores com a função de circuitos ressonantes utilizados para gerar ondas eletromagnéticas;

d) a quarta atividade experimental que utiliza o computador como instrumento de medida e coleta de dados é um experimento que, com o auxílio do osciloscópio *PicoScope*, tem como objetivo fazer medidas de voltagem induzida por um ímã que se move através de uma bobina. Assim, pretende-se identificar as grandezas físicas que influenciam na indução de voltagem e entender a lei de Faraday sobre indução eletromagnética ainda utilizada na gravação de fitas magnéticas. Veja a figura 2.

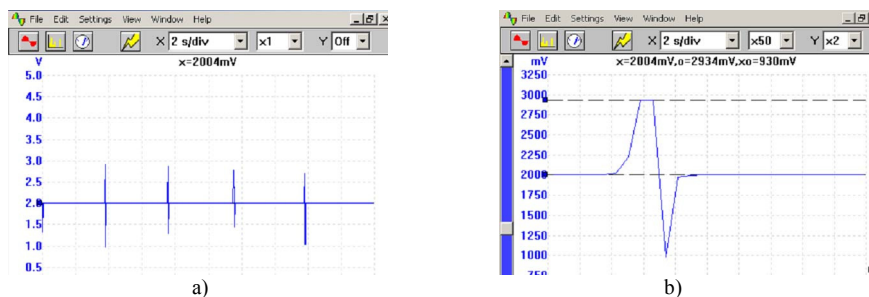


Figura 2. a) Janelas do PicoScope mostrando o fenômeno da indução eletromagnética. b) A janela ampliada 50 vezes, mostrando um evento em detalhes.

e) Após a realização das atividades, foi aplicado o pós-teste (as mesmas questões do pré-teste com pequenas alterações) para avaliar a aprendizagem adquirida durante a oficina.

As atividades realizadas neste trabalho têm como objetivo principal evidenciar o vínculo existente entre a teoria eletromagnética e algumas aplicações nas tecnologias presentes no cotidiano, e propiciar uma visão mais atual da Física. Assim pretendemos contribuir para criar situações que despertem competências e habilidades que *“permitam ao educando compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade”* (MEC, 1999).

A utilização do computador nas escolas, como instrumento de ensino, nos últimos anos vem crescendo progressivamente em todo o mundo. Existem inúmeros estudos e propostas quanto à forma como esta máquina é utilizada para atividades vinculadas ao ensino.

No presente trabalho optamos por utilizar o computador como instrumento de medida para coleta e análise de dados experimentais, pois a Física é uma ciência afinada com atividades experimentais dependentes de medidas, coleta e análise de dados. O osciloscópio é um instrumento de medida imprescindível para um laboratório de Física pela sua versatilidade e precisão nas medidas de tensão, tempo, frequência e observação de formas de onda de sinais eletrônicos. Porém, pelo seu elevado preço ele se torna inacessível para a maioria das escolas de nível médio, em especial para escolas públicas. Como alternativa apresentamos atividades elaboradas para explorar fenômenos de ressonância, indução eletromagnética, carga e descarga de capacitores e análise espectral que utiliza sensores e um conversor de sinal analógico/digital de baixo custo e o *software PicoScope* elaborado pela *Pico Technology*, disponível na rede mundial de computadores. Este conjunto de recursos transforma o computador num osciloscópio didático de baixo custo e acessível para qualquer escola que tenha laboratório de informática.

“No que concerne ao ensino da Física, todas as séries apresentam tópicos que envolvem conceitos técnicos e cálculos, onde as situações virtuais criadas no computador oferecem importante auxílio à aprendizagem de tais conceitos. Nada melhor, por exemplo, que estudar no computador, passo a passo, a trajetória de uma bola no caso do lançamento oblíquo (lançamento de projéteis), o que o experimento convencional em laboratório não permite.” (NOGUEIRA, RINALDI, FERREIRA e de PAULO, 2000)

Como exemplo, podemos citar uma das atividades experimentais do presente trabalho, na qual o computador é utilizado para medir passo a passo a carga e descarga de um capacitor. Assim, é possível visualizar esse processo com detalhes que dificilmente são observados com a utilização de um multímetro e assim fazer a relação com o processo de carga e descarga de um capacitor. Esse processo pode ser relacionado com o funcionamento do magnetron do forno de microondas e no processo de gravação magnética de um disco rígido. Durante a carga e descarga de um capacitor, elétrons são acelerados, gerando a emissão de ondas eletromagnéticas, como ocorre no magnetron.

4. Resultados

Apresentamos a seguir os resultados obtidos nos pré e pós-testes aplicados nas diversas localidades em que ocorreram as oficinas. A tabela mostra o número de participantes, a média de acertos no pré e pós-teste e o nível de significância estatística. O nível de significância é a probabilidade de ocorrência uma diferença entre as médias tão grande ou maior do que a observada por acaso. A rejeição da hipótese de que a diferença observada tenha ocorrido por acaso usualmente se dá quando o nível de significância estatística é menor ou inferior a 0,05 (5%); adotaremos aqui esse nível de significância estatística.

Os resultados totais são apresentados na tabela a seguir:

TESTES SOBRE MICROONDAS E DISCO RÍGIDO (30 Questões)

Oficinas	Número de Participantes	Média de Acertos		Nível de Significância Estatística
		Pré-teste	Pós-teste	
Todas	49	14,69	25,71	0,000

A média geral obtida nos pré-testes com 30 questões, é de 14,69, enquanto que no pós-teste essa média subiu para 25,71 acertos, mostrando que houve uma contribuição decisiva da metodologia utilizada na mudança dos resultados.

Os resultados obtidos mostram que ocorreu um grande aumento da média de acertos, uma significativa diminuição da variância de distribuição de escores revelando uma menor dispersão das respostas. Também podemos observar que o nível de significância estatística equivalente a 0,000. Ou seja, a probabilidade de que a diferença observada seja obra do acaso é zero com um grau de certeza muito grande.

Os gráficos da figura 3 mostram a diferença entre os resultados obtidos nos pré-testes e os pós-testes e a variação na distribuição dos escores.

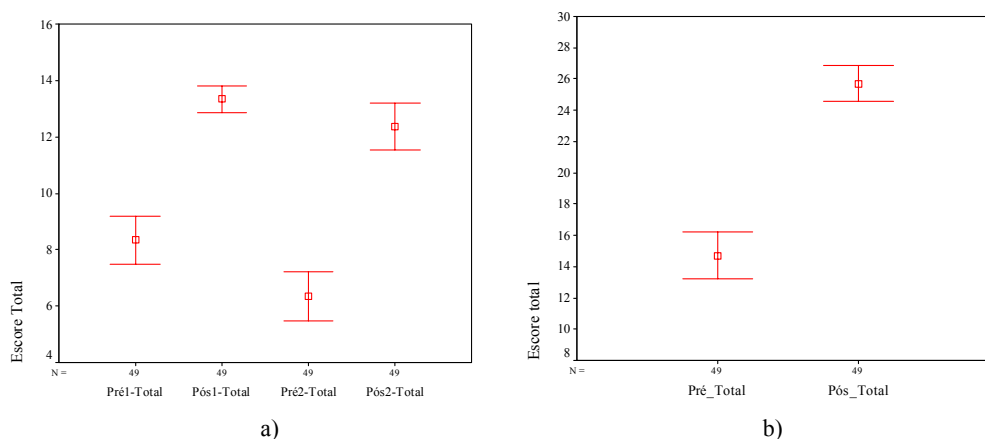


Figura 3.a) Resultados do pré-teste 1 e pós-teste 1 sobre microondas, e o pré-teste 2 e pós-teste 2 sobre disco rígido; b) resultados dos totais gerais dos pré-testes e pós-testes.

5. Conclusão

Compreender a Física através da sua utilização e aplicações tecnológicas, dar significado aos conceitos e suas leis, derrubar crenças populares, modificar ou reforçar conhecimentos prévios são os pilares sobre os quais construímos a presente proposta.

Porém, a Física é bem mais do que somente compreender o funcionamento de equipamentos tecnológicos através de suas leis e conceitos, compreender a relação entre as grandezas Físicas e transformar unidades de medida. É preciso discutir o seu uso social e suas implicações no campo da saúde, impactos ambientais e econômicos. Nesse sentido, ela passa a ser mais um instrumento para a compreensão do mundo, tornando-se uma ferramenta a mais para o cidadão pensar e agir. A proposta foi elaborada para atender estes requisitos mostrando-se muito eficiente.

Como se trata de uma proposta de formação de professores, esperávamos uma pequena diferença entre os resultados dos testes aplicados. Porém, a análise estatística dos dados coletados durante as oficinas, mostra que a uma diferença é muito maior do que a esperada. Os resultados obtidos mostram que a metodologia utilizada contribuiu de maneira decisiva na melhoria do conhecimento dos participantes.

Portanto, estamos contribuindo com mais uma proposta que se mostra eficiente, e pode melhorar a qualidade de Ensino de Física e ajudar a derrubar obstáculos e minimizar dificuldades encontradas pelos estudantes, tornando-se numa disciplina importante, interessante e atraente.

6. Referências Bibliográficas

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível no site <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> Acessado em 13/06/2007.

MOREIRA, Marco Antonio. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.

NOGUEIRA, José de Souza, RINALDI, Carlos, FERREIRA, Josimar M., PAULO Sérgio R. de. Utilização do Computador como Instrumento de Ensino: Uma Perspectiva de Aprendizagem Significativa – Revista Brasileira de Física, vol. 22 nº 4, Dezembro, 2000.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO CAÓTICO DE UM PÊNULO MAGNÉTICO

César Martins [maildocesar@gmail.com]
Victor Carlos Magno [wictor@unisin.br]
Ciências Exatas e Tecnológicas – UNISINOS
93022-000, São Leopoldo, RS – Brasil.

Resumo

Analisamos neste trabalho um sistema dinâmico não linear formado por um pêndulo magnético movendo-se sobre um plano contendo diferentes tipos de magnetos. Este sistema apresenta comportamento caótico em função das condições iniciais do problema mecânico. Construímos um pêndulo magnético com materiais de baixo custo e fizemos uma comparação entre o movimento real observado e uma simulação computacional. Observamos boa concordância dos dados experimentais e do modelo teórico.

Palavras-chave: caos, pêndulo magnético, simulação computacional.

1. Introdução

O fenômeno do caos aparece em várias áreas do conhecimento. Em Física podemos observar comportamento caótico em uma grande classe de sistemas, como em circuitos elétricos não lineares, lasers, sistemas magnéticos interagentes, sistemas mecânicos como osciladores acoplados, pêndulos, previsão do tempo e meteorologia, dentre outros. Em todos os casos existe alguma componente de não linearidade nas equações que governam a dinâmica dos sistemas, sendo este um dos requisitos essenciais para a ocorrência do caos.

Uma das formas clássicas de observação do caos refere-se à rota de *Feigenbaum*, também conhecida como dobramentos de períodos e bifurcações no mapa logístico de um sistema físico, fenômenos estes muito comuns em circuitos elétricos não lineares simples que utilizam diodos e outros componentes eletrônicos não lineares [1-3]. Uma forma mais simples de demonstrar a ocorrência do caos em sala de aula pode ser através da análise do comportamento de um pêndulo físico forçado e amortecido. Na referência [4] é apresentada uma simulação computacional do movimento de um pêndulo caótico utilizando um software (Applet Java). Um pêndulo magnético é outro sistema simples que exhibe facilmente o fenômeno do caos. Este pêndulo esférico é formado por uma massa imantada que está próxima de outros ímãs fixos em uma base [5]. O estudo deste pêndulo caótico é particularmente útil para os estudantes iniciais com poucas habilidades em eletrônica.

Apresentamos neste trabalho um sistema mecânico simples destinado à introdução do conceito de complexidade em sistemas dinâmicos, como uma alternativa aos sistemas habituais que empregam apenas circuitos eletrônicos não lineares para observação do fenômeno do caos. Apresentamos na seção 2 a montagem experimental de um pêndulo magnético de baixo custo. Com o objetivo de melhor entender o comportamento complexo observado do sistema, discutimos na seção 3 a realização de uma simulação computacional do movimento do pêndulo físico construído utilizando o software *Mathematica*. Os resultados teóricos das simulações e as comparações com as observações experimentais são apresentados na seção 4 e finalmente na seção 5 segue uma breve conclusão deste trabalho.

2. Montagem do sistema experimental

O pêndulo magnético pode ser encontrado comercialmente como um brinquedo de movimento aleatório. O sistema experimental do pêndulo construído pode ser visto na figura 1, o qual consiste de uma base de madeira e 6 ímãs especiais de terra rara do tipo Neodímio - Ferro - Boro (NdFeB) da Oximag [6]. Os ímãs utilizados possuem formatos cilíndricos e dimensões de 22

mm de diâmetro e 10 mm de altura. As características magnéticas dos ímãs empregados no pêndulo são: $B_r = 12.800$ Gauss (remanência) e $H_C = 11.500$ Oersted (coercividade). Utilizamos um gancho e um pedaço de fio elétrico de cobre rígido de 1mm de área transversal para fazer o suporte do pêndulo. Dois ímãs foram presos no fio com auxílio de massa epóxi, pois foram construídos dois pêndulos, sendo que cada um com um pólo magnético diferente voltado para baixo.

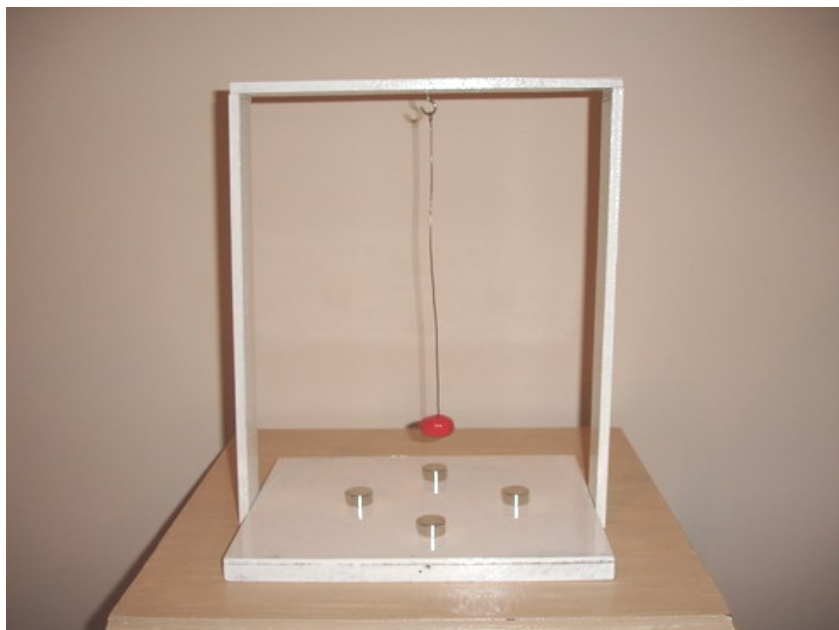


Figura 1 – Foto da montagem do pêndulo magnético.

Foram usados na montagem os seguintes materiais: 1 sarrafo de madeira com dimensões: 1 m x 4 cm x 1 cm, cortado em duas partes de 35 cm e uma de 30 cm, 1 chapa de madeira de 28 cm x 22 cm, aproximadamente 1 m de fio elétrico de 1 mm, 1 gancho, massa epóxi, tinta branca para o suporte e tinta vermelha para os pêndulos. Na figura 1 vemos quatro ímãs presos simetricamente na base de madeira, todos com o mesmo pólo magnético voltado para cima, e um ímã suspenso pelo fio. Quando o quinto ímã suspenso usado como pêndulo tem o mesmo pólo magnético dos ímãs da base, teremos o pêndulo magnético repulsivo, enquanto que o sexto ímã, ao ser preso com seu pólo magnético contrário aos pólos dos ímãs da base, teremos o pêndulo magnético atrativo. Com isso podemos testar as duas situações: o caso repulsivo e o atrativo, podendo-se facilmente alternar entre os dois casos somente substituindo o pêndulo suspenso.

A figura 2 mostra fotos com alto tempo de exposição do pêndulo magnético em movimento. Para permitir uma melhor visualização do movimento complexo obtido com o pêndulo construído, introduzimos um pequeno LED vermelho (diodo emissor de luz) no ímã suspenso pelo fio metálico, e utilizamos uma câmera fotográfica com um diafragma aberto em um ambiente completamente escuro, de forma a capturar apenas o movimento real do sistema mecânico, de forma acumulada. A fotografia dos ímãs da base foi então sobreposta com a fotografia de alto tempo de exposição do ímã do pêndulo em movimento. Na figura 2(a) vemos a foto de alta exposição da configuração atrativa, onde podemos notar nitidamente o ponto de equilíbrio sobre um dos ímãs da base na parte superior da foto. Na figura 2(b), vemos o caso repulsivo, onde se percebe agora que o pêndulo suspenso tende a se afastar dos ímãs da base.

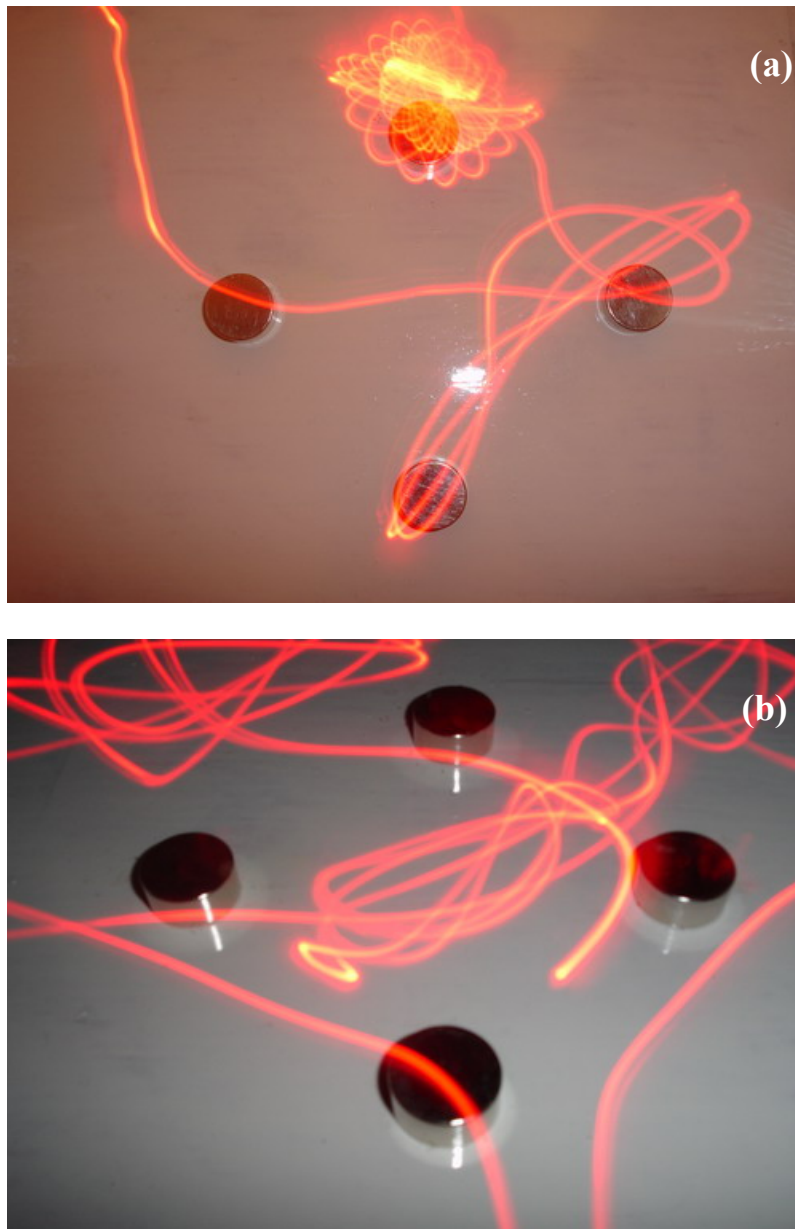


Figura 2 – Foto de alta exposição do caso (a) atrativo e (b) repulsivo.

Observamos experimentalmente um comportamento caótico na trajetória do pêndulo devido a não linearidade da interação magnética entre os ímãs do sistema. Para entender o comportamento complexo observado, realizamos algumas simulações computacionais para modelar teoricamente o comportamento real observado deste sistema físico.

3. Simulação computacional

Para modelarmos matematicamente a interação magnética entre os ímãs do sistema, vamos assumir que cada ímã utilizado é um ímã permanente, e como tal pode ser tratado como um dipolo magnético m_i . Considerando, portanto, que haverá uma interação magnética do tipo dipolo-dipolo entre o ímã suspenso e os ímãs fixos, temos que o módulo da força de interação entre os dois dipolos magnéticos [7] será:

$$F_z(r) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left(\frac{3(r \cdot m_0)(r \cdot m_i)}{r^5} - \frac{m_0 m_i}{r^3} \right), \quad (1)$$

onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (H/m) é a permeabilidade magnética do vácuo, enquanto m_0 e m_i são respectivamente os dipolos magnéticos do ímã do pêndulo e de um dos ímãs fixos ($i = 1, 2, 3, 4$). A distância relativa entre os dipolos m_0 e m_i é representada por r . A equação acima fornece a componente da força magnética entre apenas um ímã fixo e o pêndulo. É necessário ainda realizar o somatório das forças de interação entre os quatro magnetos da base com o ímã suspenso para obter o módulo da força magnética resultante.

Utilizamos o modelo teórico de um pêndulo amortecido forçado, ou seja, um pêndulo onde em geral podem existir forças de atrito e uma força externa magnética agindo sobre o ímã do pêndulo [5]. O sistema de equações diferenciais para descrever a dinâmica do pêndulo amortecido forçado pode ser escrito de forma simplificada como:

$$\ddot{x}(t) + R\dot{x}(t) + Cx(t) = KF_x(t), \quad (2)$$

$$\ddot{y}(t) + R\dot{y}(t) + Cy(t) = KF_y(t), \quad (3)$$

onde $x(t)$, $y(t)$ são as componentes cartesianas horizontais do vetor posição $r(t)$ do pêndulo, R é um fator de amortecimento ou atrito, enquanto C é um coeficiente proporcional ao quadrado da frequência natural de oscilação do sistema, $\omega_0 = \sqrt{C/b}$. O comprimento da haste do pêndulo é dado pela distância b .

Como estamos interessados em analisar apenas o movimento bidimensional (2D) do pêndulo, evoluindo erratically sobre os ímãs da base, é suficiente resolver o sistema de equações diferenciais para as coordenadas horizontais $x(t)$ e $y(t)$, estando a coordenada vertical $z(t)$ do pêndulo vinculada as duas coordenadas livres do sistema. As componentes horizontais da força magnética externa são dadas por [5]:

$$F_x(t) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i - x(t)}{\left(\sqrt{(x_i - x(t))^2 + (y_i - y(t))^2 + d^2} \right)^3}, \quad (4)$$

$$F_y(t) = \sum_{i=1}^n \frac{y_i - y(t)}{\left(\sqrt{(x_i - x(t))^2 + (y_i - y(t))^2 + d^2} \right)^3}, \quad (5)$$

onde x_i , y_i e z_i especificam as coordenadas cartesianas das posições fixas dos ímãs da base ($i = 1, 2, 3, 4$).

A distância do ímã suspenso até os ímãs fixos da base é representada por d . Considerando que os ímãs fixos estão no plano X-Y ($z_i = 0$), temos que a distância d pode ser vista como a coordenada no eixo Z e escrita como: $d = z = A - \sqrt{b^2 - x^2 - y^2}$ (ver figura 3). Para usarmos a parte positiva do eixo Z, determinamos o parâmetro A , que é a altura no eixo Z onde está fixado o pêndulo e b o comprimento do pêndulo, sendo $A > b$, como pode ser visto na figura 3.

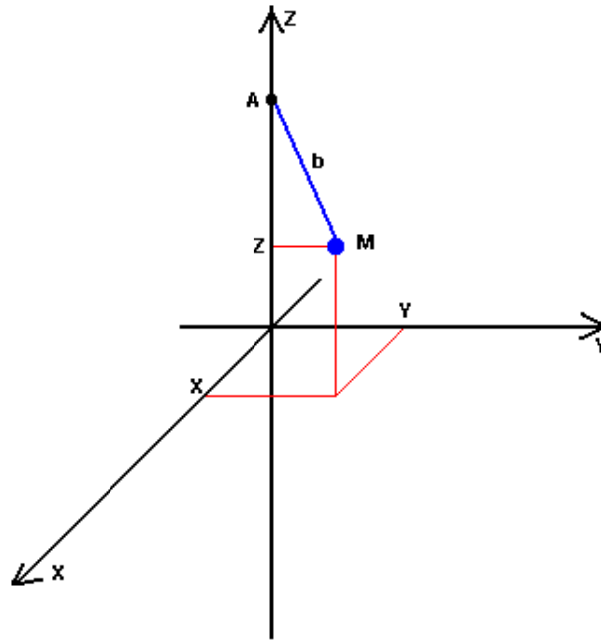


Figura 3 – Sistema de coordenadas do pêndulo magnético.

Como as coordenadas horizontais $x(t)$ e $y(t)$ do pêndulo variam no tempo, teremos um sistema de três equações, uma para cada eixo:

$$\ddot{x}(t) + R\dot{x}(t) + Cx(t) = K \sum_{i=1}^n \frac{x_i - x(t)}{\left(\sqrt{(x_i - x(t))^2 + (y_i - y(t))^2 + \left(A - \sqrt{b^2 - x(t)^2 - y(t)^2} \right)^2} \right)^3}, \quad (6)$$

$$\ddot{y}(t) + R\dot{y}(t) + Cy(t) = K \sum_{i=1}^n \frac{y_i - y(t)}{\left(\sqrt{(x_i - x(t))^2 + (y_i - y(t))^2 + \left(A - \sqrt{b^2 - x(t)^2 - y(t)^2} \right)^2} \right)^3}, \quad (7)$$

$$z(t) = A - \sqrt{b^2 - x(t)^2 - y(t)^2}, \quad (8)$$

onde a constante k contém o produto dos dipolos magnéticos dos ímãs e representa fisicamente a intensidade da interação magnética entre os magnetos do sistema. No caso atrativo esta constante será positiva ($k > 0$), enquanto que no caso repulsivo o parâmetro k deve ser negativo ($k < 0$).

Para determinarmos o comportamento dinâmico do sistema, é necessário resolver este sistema de equações, o que fizemos utilizando um software matemático para obter uma solução numérica do sistema de equações. Optamos por utilizar o software comercial *Mathematica*, usando seu comando *NDSolve*. Na referência [8] encontramos um breve tutorial sobre o uso do software *Mathematica* para computação científica. Definimos uma função no programa matemático para desenhar os gráficos no plano X-Y dos movimentos do pêndulo a partir de variáveis de entrada, chamada *grafico2D*, como se fosse uma vista de cima do sistema físico.

As variáveis de entrada das funções são:

R = fator de amortecimento (atrito);
 C = fator da frequência natural de oscilação do sistema;
 K = fator de multiplicação da força magnética;
 A = posição Z onde está fixado o pêndulo;
 b = comprimento do pêndulo;
 t = tempo de simulação;
 x_0 = posição X inicial;
 y_0 = posição Y inicial;
 v_{x0} = velocidade X inicial;
 v_{y0} = velocidade Y inicial;
 Δx = variação na posição X entre as simulações;
 Δy = variação na posição Y entre as simulações;
 Δv_x = variação na velocidade X entre as simulações;
 Δv_y = variação na velocidade Y entre as simulações;
 N = número de simulações impressas em um mesmo gráfico.

O objetivo destas simulações é mostrar que, para parâmetros de entrada muito próximos, teremos resultados bastante diferentes. Nesse caso o resultado será a trajetória do pêndulo sobre os ímãs. Para demonstrar isso, as funções foram criadas com variáveis de entrada que gerarão pequenas diferenças nos parâmetros do sistema e nas condições iniciais do problema. São elas: Δx , Δy , Δv_x , Δv_y e N . O parâmetro N visa poder imprimir várias simulações no mesmo gráfico, para ser possível comparar as trajetórias de acordo com a variação dos parâmetros iniciais. Os parâmetros Δx e Δy representarão respectivamente as variações nas coordenadas das posições iniciais em x e y , entre as simulações. Já Δv_x e Δv_y serão as variações nas componentes horizontais da velocidade do pêndulo entre as simulações. Vale destacar que as N simulações são independentes, ou seja, uma não influencia a outra. Elas somente serão impressas simultaneamente. Por exemplo, se foram fornecidos os valores iniciais $x_0 = 1$, $y_0 = 1$, $\Delta x = 0.1$, $\Delta y = 0.1$ e $N = 3$, na primeira simulação teremos $x_0[1] = y_0[1] = 1$, na segunda teremos $x_0[2] = y_0[2] = 1.1$ e por último, na terceira simulação, teremos $x_0[3] = y_0[3] = 1.2$. Ou seja, serão desenhados três gráficos sobrepostos, considerando que nas três situações o pêndulo partiu de posições muito próximas: $(1.0, 1.0)$, $(1.1, 1.1)$ e $(1.2, 1.2)$.

4. Resultados e discussões

Com o objetivo de simular computacionalmente o comportamento caótico observado na montagem experimental do pêndulo magnético, realizamos as simulações dispoendo quatro ímãs fixos no plano horizontal, em posições cartesianas (x_i, y_i) equidistantes: $(-2, 0)$, $(2, 0)$, $(0, -2)$ e $(0, 2)$.

(a) - Caso Atrativo

Vemos na figura 4 o resultado da simulação computacional do caso atrativo, com duas simulações superpostas com variação na posição inicial. Os parâmetros utilizados nos cálculos foram: $R = 0.12$, $C = 0.17$, $k = +1$, $A = 10.25$, $b = 10$, $t = 100$, $x_0[1] = 3.0$ e $x_0[2] = 3.1$, $y_0 = 1$, $v_{x0} = -2$, $v_{y0} = -0.5$, $\Delta x = 0.1$, $\Delta y = 0$, $\Delta v_x = 0$, $\Delta v_y = 0$ e $N = 2$. Na primeira simulação, o pêndulo

partiu da posição (3.0,1) e na segunda do ponto (3.1,1) com velocidades iniciais iguais. Ao final da primeira simulação o pêndulo estabilizou em cima de um dos ímãs localizado em (-2,0), enquanto que na segunda simulação ficou em equilíbrio no ponto (0,-2) sobre outro ímã.

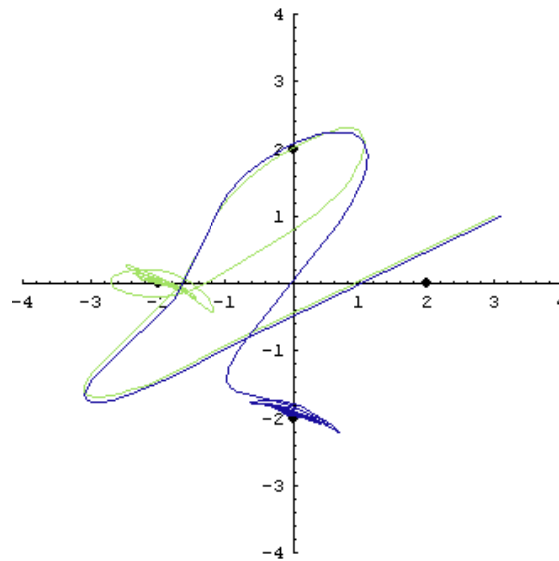


Figura 4 – Primeira simulação computacional do caso atrativo do pêndulo magnético.

Na figura 5 mostramos outro resultado do caso atrativo, sendo agora realizadas quatro simulações computacionais simultâneas, novamente com pequenas mudanças nas posições iniciais nas quais o pêndulo foi solto. Os parâmetros utilizados nos cálculos foram: $R = 0.12$, $C = 0.13$, $k = +1$, $A = 10.25$, $b = 10$, $t = 100$, $x_0[1] = 3.00$, $x_0[2] = 3.05$, $x_0[3] = 3.10$ e $x_0[4] = 3.15$, $y_0 = -3.00$, $vx_0 = -1$, $vy_0 = 1$, $\Delta x = 0.05$, $\Delta y = 0$, $\Delta vx = 0$, $\Delta vy = 0$, $N = 4$. São quatro simulações independentes, variando um pouco a variável x em intervalos $\Delta x = 0.05$ entre as coordenadas. Mesmo com uma pequena diferença na coordenada inicial x , o resultado fica completamente diferente, sendo que o pêndulo estabiliza em cada uma das simulações em apenas um ímã por vez.

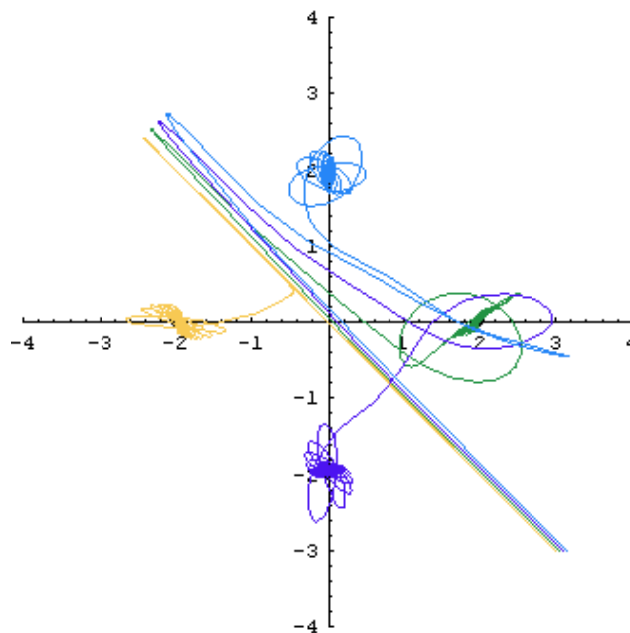


Figura 5 – Segunda simulação computacional do caso atrativo do pêndulo magnético.

Os resultados mostrados nas figuras 4 e 5 evidenciam a sensibilidade do sistema às pequenas mudanças nas condições iniciais dos parâmetros de controle, o que é típico de sistemas complexos que exibem comportamento caótico.

(b) - Caso Repulsivo

Apresentamos na figura 6 o resultado da simulação computacional do caso repulsivo, com três simulações com variação apenas na componente horizontal x da velocidade inicial do pêndulo. Os parâmetros utilizados nos cálculos foram: $R = 0.12$, $C = 0.17$, $k = -1$, $A = 10.25$, $b = 10$, $t = 100$, $x_0 = 1$, $y_0 = 1$, $vx_0[1] = 0.0$, $vx_0[2] = 0.1$ e $vx_0[3] = 0.2$, $vy_0 = -2.0$, $\Delta x = 0$, $\Delta y = 0$, $\Delta vx = 0.1$, $\Delta vy = 0$, $N = 3$. São três situações ligeiramente diferentes, com o pêndulo partindo de posições iguais e com pequenas variações na componente x da velocidade inicial do pêndulo. Em cada simulação o pêndulo encontra uma posição de equilíbrio diferente, sendo duas delas fora do quadrado formado pelos ímãs e uma vez dentro do quadrado e próximo da origem, minimizando a repulsão magnética dos ímãs da base. Novamente este resultado evidencia a sensibilidade do sistema às pequenas mudanças nas condições iniciais, caracterizando o comportamento complexo deste sistema físico.

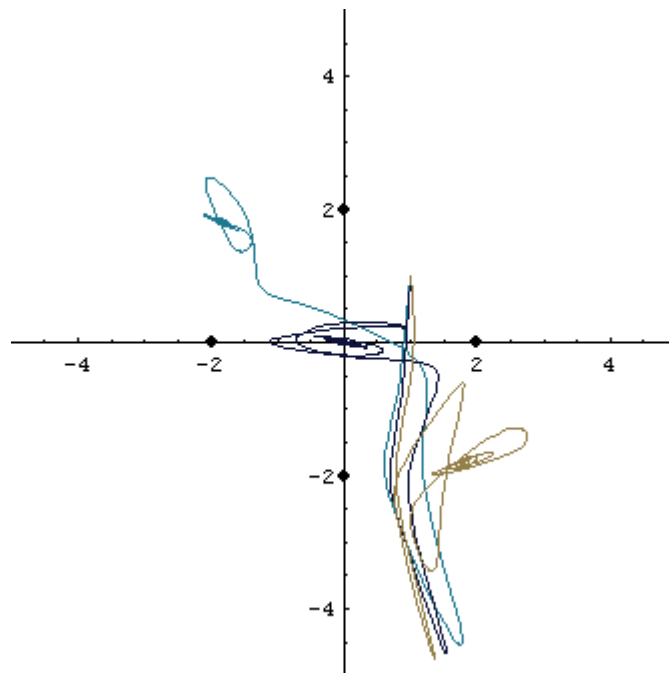


Figura 6 – Simulação computacional do caso repulsivo do pêndulo magnético.

Observando as figuras 4, 5 e 6, vemos que existe muito boa concordância dos resultados teóricos obtidos das simulações computacionais com o resultado experimental mostrado nas figuras 2(a) e 2(b), sendo que os casos atrativos e repulsivos simulados computacionalmente mostraram resultados qualitativamente muito próximos do movimento real do pêndulo magnético caótico construído neste trabalho.

5. Conclusões

Apresentamos neste trabalho a construção de um pêndulo magnético com materiais de baixo custo para evidenciar experimentalmente o fenômeno do caos. Duas configurações do pêndulo magnético foram construídas: uma atrativa e outra repulsiva. Com um sistema de fotografia com longo tempo de exposição foi possível observar e registrar o movimento aleatório e errático do pêndulo físico, mostrando-se uma ferramenta didática útil para introduzir o conceito de caos e complexidade em sala de aula. Realizamos uma simulação computacional do movimento do pêndulo magnético, assumindo uma interação dipolo-dipolo entre os magnetos do pêndulo físico. Os resultados dos cálculos computacionais evidenciaram a forte sensibilidade do sistema às condições iniciais do problema e concordaram muito bem, de forma qualitativa, com as observações experimentais do pêndulo físico construído.

6. Referências Bibliográficas

[1] P.S. Linsay, *Period doubling and chaotic behavior in a driven anharmonic oscillator*, Phys. Rev. Lett. **19**, 1349-1352 (1981)

[2] T.L. Carroll, *A Simple Circuit for Demonstrating Regular and Synchronized Chaos*, Am. J. Phys. **63**, 377-379 (1995).

[3] P. R. Hobson and A. N. Lansbury, *A simple electronic circuit to demonstrate bifurcation and chaos*, Physics Education **31**, 39-43 (1996).

[4] Chaotic Pendulum
<http://www.myphysicslab.com/pendulum2.html>
Acesso em 05/03/2007.

[5] Magnetic Pendulum Fractal. Disponível em:
www.inf.ethz.ch/personal/muellren/pendulum
Acesso em 05/03/2007.

[6] Oximag Web Site. Disponível em: www.oximag.com
Acesso em 05/03/2007.

[7] REITZ, John R.; MILFORD, Frederick J.; CHRISTY, Robert W. Fundamentos da Teoria Eletromagnética. Rio de Janeiro: Campus, 1982. 516p.

[8] Essential Mathematica for Students of Science. Disponível em:
www.physics.umd.edu/courses/CourseWare/EssentialMathematica

APRESENTAÇÕES EM PÔSTER (resumos)

A ABORDAGEM HISTÓRICA DA MECÂNICA DOS FLUIDOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Luciano Denardin de Oliveira [denardin@cpovo.net]

Colégio Monteiro Lobato

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

Instituto de Física UFRGS

Campus do Vale, Porto Alegre, RS – Brasil

Neste trabalho apresentamos os resultados obtidos na análise de 10 livros didáticos usualmente empregados no Ensino Médio, no que diz respeito às suas abordagens históricas da Mecânica dos Fluidos. Das obras investigadas, apenas três dedicam espaço para a Hidrodinâmica. Uma delas apenas apresenta o conceito de vazão e a equação da continuidade, enquanto nas outras duas um estudo sistemático e adequado da Hidrodinâmica é realizado.

A maioria das obras apresenta registros históricos no capítulo referente à Hidrostática. Geralmente as citações são feitas na forma de notas de rodapé ou no final do capítulo, como leituras complementares. Entendemos esta abordagem segmentada como prejudicial para o aluno, que pode passar a ver a Ciência e a História como *coisas* distintas. Além disso, a História da Ciência é associada a um pequeno número de protagonistas (Arquimedes, Pascal, Torricelli e, com menos frequência, Stevin). O experimento dos hemisférios de Magdeburgo é pouco citado e outros cientistas que deram contribuições científicas importantes à evolução das idéias da Mecânica dos Fluidos não são mencionados. Geralmente, os experimentos realizados são apenas descritos, sem se fornecer detalhes, nem mesmo as motivações que levaram seus protagonistas a realizá-los. A maioria dos autores apresenta uma História da Ciência distorcida. O episódio de Arquimedes e a coroa do rei Hieron é contado na forma de anedota, e pouquíssimos discutem os fatores técnico-práticos que não permitiriam que a versão mais difundida dessa história¹ fornecesse resultados fidedignos. O local do banho de Arquimedes também varia muito, uns afirmando ter sido em banheira pública (às vezes são citadas as termas), outros em sua casa. Outro descuido muito comum é afirmar que o experimento da montanha que contribuiria para verificar a influência da altitude na pressão atmosférica foi realizado por Pascal. Este fato não é verdadeiro. Pascal (possivelmente motivado por Descartes), solicitou que seu cunhado, que morava perto de uma montanha, o realizasse.

De forma geral, a maioria das obras apresenta enxertos históricos superficiais totalmente dissociados de fatores sociais, econômicos e tecnológicos, não relacionando, assim, as descobertas realizadas com a realidade das respectivas épocas. Algumas informações são imprecisas e equivocadas. Os experimentos são apenas apresentados, sem que ocorra nenhuma discussão sobre suas motivações, seus resultados e suas conseqüências. Os livros apresentam as descobertas como realizadas por grandes “gênios”, geralmente ocorridas por influências fortuitas (por exemplo, o cair de uma maçã ou o ato de tomar um banho), o que distancia ainda mais o aluno (um humano normal) do excêntrico e caricaturado cientista que os livros teimam em apresentar.

Palavras-chave: Mecânica dos Fluidos, História da Ciência, livro didático

¹ A versão mais comum desse episódio foi retratada por Vitruvius e dá conta de que Arquimedes teria chegado à solução do problema mergulhando, em água, o adorno, ouro puro e prata pura, todos com a mesma massa.

RECONSTRUINDO EXPERIMENTOS HISTÓRICOS NO ENSINO MÉDIO: O BARÔMETRO DE ÁGUA DE GASPARO BERTI

Luciano Denardin de Oliveira [denardin@cpovo.net]

Colégio Monteiro Lobato

Porto Alegre, RS – Brasil.

No início do século XVII alguns eventos observados motivariam uma revolução na idéia de vácuo e de pressão atmosférica. Em 1615, Salomon de Caus verificou que bombas aspirantes são capazes de elevar água até um limite máximo de altura. Em 1630 Baliani tentou, utilizando um sifão, passar água de um vale para outro, onde no meio do percurso havia uma colina de 20 m de altura. Baliani verificou que isso não era possível, mesmo o vale onde estava localizada a fonte de água encontrando-se num nível mais elevado. Ele trocou correspondências com Galileu, que, já conhecendo a altura limite de bombas aspirantes, estabeleceu que a “força do vácuo” só podia produzir efeitos até um certo ponto. Esta idéia foi apresentada em seu livro *Discursos sobre duas novas ciências*. As idéias expostas na obra de Galileu motivaram algumas pessoas a realizarem experimentos sobre o vácuo. Entre 1640 e 1644 Gasparo Berti realizou algumas experiências muito interessantes, entre elas a instalação, na fachada de sua casa em Roma, de um tubo de 11m de altura cheio de água emborcado num recipiente de vidro. Este experimento nada mais é do que o que hoje chamamos de barômetro. Berti constatou que o nível da água era o mesmo do obtido com bombas aspirantes, ou seja, 10 metros. Além disso, ele realizou investigações sobre o que existiria acima do nível de água no tubo: vácuo, ar ou o *éter*. Este experimento é particularmente interessante, e relativamente simples de ser reproduzido. Assim, foi construído no colégio Monteiro Lobato (Porto Alegre-RS) um barômetro de água. Como os objetivos de Berti eram diferentes dos buscados em sala de aula, o aparato foi adaptado para que outros tópicos da Hidrostática pudessem ser explorados. Com este objetivo, foi fixada uma estrutura metálica no prédio da escola, numa altura de 14 m. Esta estrutura possui uma roldana que pode ser deslocada horizontalmente por uma distância de 4 m. Duas mangueiras de 13,8 m de comprimento e de diâmetros distintos (2,5 cm e 1 cm) foram vedadas numa das extremidades e presas a uma corda. Quando as mangueiras estão completamente cheias d’água, ergue-se a parte vedada até o topo do prédio, tomando-se cuidado para que as extremidades opostas fiquem tapadas. As pontas das mangueiras são então mergulhadas num recipiente contendo água e, quando destapadas, verifica-se que o nível de água desce até a altura de 10 m. A partir daí, muitas questões podem ser exploradas. É possível discutir que a pressão atmosférica é responsável pelo equilíbrio das colunas de água, bem como que esta pressão tem um valor finito. É possível verificar ainda que a pressão não depende do volume de água, daí o nível do líquido nas duas mangueiras ser o mesmo. Deslocando-se a roldana horizontalmente, pode-se deixar as mangueiras inclinadas e, assim, observar que o nível da água na mangueira muda, porém mantendo-se a uma distância na vertical de 10 m. Uma outra questão interessante é que a mangueira de maior diâmetro sofre um *esmagamento lateral*. Isto ocorre devido a eventuais variações de pressão que geram este efeito interessante e didático.

Acreditamos que reproduzir experimentos históricos e dar-lhes novas dimensões contribui significativamente para o aprendizado do aluno, uma vez que a abordagem histórica de conteúdos pode ajudar o estudante a construir seus conhecimentos com propriedade.

Palavras-chave: Mecânica dos Fluidos, História da Ciência

ENSINANDO DIFRAÇÃO PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Scheila Vicenzi [svicenzi@pop.com.br]

*Escola Estadual de Ensino Médio Apolinário Alves dos Santos, Caxias do Sul, RS e
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, UFRGS*

Silvio L. S. Cunha [slsc@if.ufrgs.br]

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

Helena Libardi [hlibardi@terra.com.br]

*Departamento de Física e Química, UCS
Francisco Getúlio Vargas, 1130, 95070-560, Caxias do Sul, RS - Brasil*

Os fenômenos ondulatórios têm um papel destacado na natureza. São inúmeros os fenômenos da natureza que podem ou necessitam serem descritos por modelos ondulatórios. Algumas categorias de fenômenos ondulatórios foram e são essenciais para a evolução e sustentação da vida sobre a terra e estão presentes na maioria das modernas tecnologias. Entre estes se destacam todos aqueles que se relacionam com a transmissão de informação ou de energia, como o som, a luz, bem como todas as formas de ondas eletromagnéticas. A mecânica quântica tem uma das suas representações fundamentais baseada em um modelo ondulatório. A principal assinatura dos sistemas ondulatórios resulta da propriedade de superposição das ondas, da qual resultam dois dos seus fenômenos mais característicos, a interferência e a difração. Através destes fenômenos é possível entender algumas das propriedades dos instrumentos ópticos, em especial o poder de resolução destes instrumentos. Na pintura podemos destacar a técnica neo-impressionista do final do século XIX conhecida como pontilhismo, um movimento pós-impressionista surgido na França, que levou os conceitos e os princípios físicos relacionados à formação de imagens ao extremo. Sua característica central é a decomposição tonal mediante minúsculas pinceladas de cores distintas nitidamente separadas [Pitoresco - 2006]. As bases do pontilhismo encontram-se tanto nas idéias de vários físicos do Século XIX, especialmente de Thomas Young (1773 – 1829) e de Hermann von Helmholtz (1821 – 1894), ambos médicos e físicos, que estudaram intensivamente a fisiologia do olho e os processos de formação das imagens e das cores [DÜCHTING – 2000]. Nas mídias modernas também podemos constatar facilmente uma característica semelhante ao observar de perto, com auxílio de uma lupa, as imagens geradas nas telas dos tubos de raios catódicos, de cristal líquido ou de plasma. Um aspecto em comum a todas estas imagens, que quando vista em condições normais nos produz a sensação de continuidade ao longo de toda a sua superfície, é a sua constituição *pontilhista*, ou seja, quando vista em detalhe observamos uma justaposição de pontos claros e escuros, em imagens preto e branco, ou de pontos formados pelas cores básicas, no caso de imagens coloridas. O fenômeno físico que faz com que estas imagens pareçam contínuas quando vistas de longe é a difração, uma consequência do caráter ondulatório da luz. A difração, por sua vez, também tem um papel fundamental na formação das imagens geradas em qualquer das mídias modernas. Porém, 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. Neste trabalho discutimos esta situação e mostramos que o estudo da difração é viável em qualquer escola de ensino médio com apoio de demonstrações preparadas com componetes de baixo custo encontrados no nosso dia a dia, como o tecido de uma cortina ou uma simples tampinha de frasco de remédio ou tubos de filmes fotográficos. A popularização dos lasers de diodo de baixo custo, aumenta em muito a variedade de experimentos de difração que podem ser desenvolvidos para o ensino médio. Ao introduzirmos demonstrações dentro da sala de aula, estamos favorecendo a aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

Apoios: CAPES, UFRGS, CREF e MPEF.

INTEGRAÇÃO TEORIA-EXPERIMENTO NO ENSINO DE FÍSICA DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO ¹

Elisângela Brauner [elisangela@mail.ufsm.br]²

Paulo Roberto Magnago [pmagnago@smail.ufsm.br]³

*Departamento de Física – UFSM – Campus da UFSM
Santa Maria, RS – Brasil.*

O objetivo do projeto é integrar o ensino teórico ao experimental com alunos de uma escola de ensino médio da rede pública, com as aulas sendo ministradas no laboratório de ciência viva (UFSM), para facilitar o aprendizado do tema “corrente elétrica” procurando despertar o interesse dos alunos do ensino médio pela física, pois grande parte dos alunos não tem interesse pela física devido a maneira como é dado o conteúdo em sala de aula na maioria das escolas, procuramos mostrar que a física esta em nosso dia-a-dia; que temos que buscar aproximar a física dada na escola para o cotidiano de cada um . O projeto também antecipa o contato do acadêmico com o exercício da futura profissão, trazendo novas experiências que irão lhe trazer amadurecimento. Na primeira etapa em maio de 2006, fez-se análise das bibliografias mais usadas nas escolas do ensino médio da região de Santa Maria. Na Segunda etapa entre os meses de junho e julho foi planejado e elaborado o texto que faz parte do módulo didático sobre “corrente elétrica”. Na terceira etapa nos meses de agosto, setembro e outubro foi preparado as aulas. Na última etapa foram ministradas as aulas expositivas integradas com aulas experimentais, constituindo o módulo didático. Na aplicação deste projeto constatou-se o interesse dos alunos quanto há integração de atividades experimentais á teorias em sala de aula. Observou-se grande interesse dos alunos dos alunos e participação na aula.

¹Trabalho apresentado no Seminário Prolicem 2006, Santa Maria - RS

² Coordenador.

³ Bolsista.

SOFTWARES LIVRES PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA NA REGIÃO CARBONÍFERA

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

Departamento de Matemática – ULBRA.

Campus São Jerônimo, Rua Antônio de Cravalho,

Centro, 96700-000, São Jerônimo, RS – Brasil.

Educar em uma Sociedade da Informação é muito mais do que preparar indivíduos para o uso de novas tecnologias, trata-se de formá-los para que possam acompanhar a contínua e acelerada transformação do conhecimento tecnológico.

O uso de computadores no trabalho e o crescimento cada vez mais rápido das funções relacionadas ao uso de tecnologia fazem com que a alfabetização Científica e Tecnológica se torne uma necessidade para o cidadão contemporâneo.

Dentro dessa visão de formarmos cidadãos alfabetizados Científicos e Tecnologicamente, é necessário que os professores tenham a habilidade e conhecimento para trabalhar as novas tecnologias em seu fazer pedagógico.

Podemos citar Ernest, que afirma que a escola, em particular a sala de aula de Física, é o lugar no quais os alunos precisam ser preparados para o mundo de amanhã, especialmente nos aspectos tecnológicos.

Mas para a implantação do computador na educação são necessários basicamente quatro ingredientes: o computador, o software educativo, o professor capacitado para usar o computador como meio educacional e o aluno. Logo, não há um processo de educação se estes quatro ingredientes não estiverem alinhados.

Muitas escolas da região carbonífera possuem laboratório de informática que estão desativados, ou apenas utilizados para digitar textos. Isto se deve em especial a dois fatores principais: primeiro o professor não está atualizado o suficiente para a utilização das novas tecnologias e em segundo aos altos custos dos softwares educativos.

Várias experiências têm sido implementadas em instituições de Ensino Superior quanto ao uso de *softwares* para o ensino de Física e Matemática, principalmente nos cursos específicos de licenciatura e bacharelado de Física e Matemática. É comum encontrar nos programas das disciplinas a utilização de *softwares* ótimos, mas com licenças comerciais.

Contudo, a transposição didática da utilização de tais recursos, quando o aluno dos cursos de licenciatura se torna o professor nas escolas, principalmente às públicas, é dificultada não pela falta de computadores, mas pela inexistência de licenças dos *softwares* utilizados anteriormente, pois estes possuem um custo muito elevado.

O que estamos proporcionando na Universidade Luterana do Brasil Campus São Jerônimo, em especial aos alunos da graduação do curso de Matemática e professores de Física e Matemática da região Carbonífera, que tenham acesso e capacitação para a utilização de software livres para o ensino e aprendizado de Física e Matemática.

Dessa forma estamos formando um banco com os mais diversos softwares livres existentes para o ensino e aprendizagem de Física e Matemática, bem como material instrucional para a utilização destes. Além disso, estão sendo oferecidas oficinas no Campus da Ulbra São Jerônimo, aos alunos da licenciatura de Matemática e professores de Física e Matemática da região, para que possam utilizar os mais variados recursos que estes softwares possuem.

Pretendemos juntamente com o material instrucional, disponibilizar os software livres em CD.

Palavras-chave: Física, ensino e software livre.

MAPA CONCEITUAL DE ENERGIA

Joecir Palandi [joecir@ccne.ufsm.br]

Dartanhan Baldez Figueiredo [dartanhanbf@via-rs.net]

Departamento de Física – UFSM

Cidade Universitária (Camobi), 97105-900, Santa Maria, RS-Brasil.

Carla Moraes [carlamoraes86@bol.com.br]

Silvana Maldaner [silvana.maldaner@gmail.com]

O conceito de energia é fundamental para a Física porque está associado a um princípio de conservação. Além disso, uma abordagem dos fenômenos a partir desse conceito permite integrar conhecimentos de áreas distintas dentro da própria Física bem como conhecimentos desta com os de outras áreas do saber científico. Esta última característica em particular permite considerar a energia como um conceito unificador quando se pensa no ensino de Física. Os livros didáticos e os currículos das escolas de ensino médio e das universidades não estão estruturados de modo a refletir esse caráter integrador do conceito de energia. Os professores da escola de ensino médio, em particular, na sua prática efetiva procuram, em geral, não apenas trabalhar com o livro didático, mas o livro didático. Em outras palavras, procuram incorporar, no planejamento e na execução das suas atividades didáticas, a seqüência de conteúdos, os exercícios propostos e o ritmo ditado pelo livro didático. Além disso, na maioria dos casos, o planejamento efetivo, aquele que orienta e define as atividades do dia a dia, não avança mais do que uma ou duas semanas na direção do futuro, sobre a linha de tempo definida pelo calendário escolar, fazendo com que o professor tenha uma visão fragmentária da disciplina que leciona. O mapa conceitual que estamos apresentando foi construído para englobar os conteúdos associados ao conceito de energia usualmente trabalhados nos dois primeiros anos do ensino médio. Contudo, como já existe consenso quanto à necessidade de uma reformulação dos currículos, inclusive com a inserção de conhecimentos de Física Moderna, o mapa inclui as seguintes possibilidades nesse sentido: quantização da energia, relação entre massa e energia, curvas de energia potencial, tunelamento quântico e ligações químicas. De qualquer modo, o mapa foi construído com os seguintes objetivos imediatos:

- Permitir ao professor da escola de ensino médio uma visão geral do campo conceitual associado à energia, para que possa localizar os conteúdos com os quais trabalha dentro de um esquema ordenador mais amplo e refletir sobre a possibilidade ou a necessidade da inclusão de um ou outro conteúdo ou de alguma mudança na seqüência com que eles são trabalhados.
- Propor relações dos conteúdos que já estão sendo trabalhados com outros conhecimentos da Física Clássica e da Física Moderna.
- Distinguir trabalho e calor, considerados como processos de transferência ou de mudança de energia, da própria energia ou da quantidade de energia que passa de uma parte do sistema a outra ou que se transforma de um tipo em outro.

Palavras-chave: energia, mapa conceitual, ensino médio.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ESTUDO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO

Filipe Cantelli Kroeff [filipe.kroeff@hotmail.com]

Colégio Monteiro Lobato

Porto Alegre, RS – Brasil.

Este trabalho relata o uso do software de geometria *Cabri Geometre II Plus* para a confecção de animações de óptica para o Ensino Médio. O Colégio Monteiro Lobato (Porto Alegre- RS) oferece oficinas pedagógicas para os alunos do Ensino Médio no turno inverso e uma das oficinas semanais é organizada pelo prof. de Matemática com o objetivo de instrumentar os estudantes no uso deste software. Nos primeiros encontros os recursos e potencialidades do aplicativo foram apresentados e apenas objetos simples, como uma casa, foram criados. Nas semanas seguintes começamos a desenvolver objetos mais complexos que podiam ser manipulados pelo usuário. Após alguns meses trabalhando com este programa, notamos que ele seria muito útil para demonstrar e explicar fenômenos físicos; logo, simulações foram desenvolvidas baseadas nos tópicos de física estudados na época. A primeira simulação mostrava o que ocorre com os raios luminosos depois de serem refletidos por espelhos esféricos. Com o programa criamos uma simulação na qual era possível afastar ou aproximar horizontalmente um objeto, representado por um vetor, de um espelho côncavo ou de um espelho convexo e observar as respectivas imagens formadas em função da posição do objeto. As simulações foram mostradas para o professor de Física da escola que as achou interessantes e solicitou a confecção de outras simulações que contemplassem o fenômeno da refração da luz. Pelo fato de poder ajudar na aprendizagem dos colegas, houve muita motivação na confecção dos arquivos. Além disso, seria um modo de aprender mais sobre os conteúdos, uma vez que encontros periódicos com o prof. de Física foram realizados, visando discutir algumas outras características do conteúdo e se aprofundar no mesmo. Com esse objetivo em mãos, criamos uma simulação onde se é possível manipular o ângulo de incidência de um raio luminoso quando este muda para um meio de maior índice de refração ou de menor. Além da refração, esta simulação também permite demonstrar o fenômeno da reflexão interna total, a fim de explicar o que ocorre dentro de um fio de fibra óptica. Com uma data pré-estabelecida, nos preparamos para exibir as simulações para a turma. Houve muito entusiasmo por parte dos colegas, pois o que seria apresentado a seguir era um tanto inovador, já que foi um aluno o responsável por todo o desenvolvimento das simulações. Com o uso dessas três simulações desenvolvidas com o programa *Cabri Geometre II Plus* foi possível observar, em sala de aula, maior interesse de parte dos alunos pelos fenômenos da Física, já que isso é um modo diferente de aprender os conteúdos. É possível verificar também que os estudantes podem aprender com os colegas. O projeto está tendo continuidade com a confecção de outras simulações de ótica (como a decomposição da luz branca num prisma e a formação de imagens em lentes), bem como se pretende estende-lo para outras áreas da Física. As animações continuarão sendo utilizadas nos anos seguintes.

AVALIAÇÃO DE ALUNOS COM NECESSIDADES EDUCACIONAIS ESPECIAIS NA DISCIPLINA DE FÍSICA: INTERAÇÕES E INTERVENÇÕES NECESSÁRIAS NESSE PROCESSO DE INCLUSÃO

Tadiane Rodrigues [tadiane@uol.com.br]
ULBRA/RS

O presente estudo busca tecer algumas reflexões sobre o processo de avaliação existente na escola, a partir de uma pesquisa bibliográfica, analisando as concepções de alguns autores e analisando como ocorre a avaliação de alunos portadores de necessidades especiais (PNEs) na disciplina de Física. Mostra o processo avaliativo como parte integrante do ato pedagógico e aponta distanciamentos e aproximações da prática docente com as reais necessidades e possibilidades dos alunos PNEs, tentando encontrar respostas à pergunta: será que o modo como esses alunos são avaliados ainda é o mesmo desde a estruturação das escolas? Aponta, também, que muitas vezes reformular os currículos e propor conteúdos novos não é o suficiente para favorecer a aprendizagem por parte dos alunos, sugerindo que o que temos que rever é a maneira como eles estão sendo avaliados. Enfatiza a necessidade de um repensar sobre a avaliação existente na disciplina de Física trazendo a importância de uma docência sensível, inovadora e aberta a novas estratégias e aos recursos tecnológicos que possam contribuir na dimensão de inserção de alunos portadores de necessidades educacionais na escola que queremos para todos.

Palavras-chave: Portadores de Necessidades Especiais; avaliação e Física.

PRODUZINDO ONDAS TRANSVERSAIS EM CORDAS DE NYLON

Giovane Iribarem de Mello [giovane@if.ufrgs.br]
Laboratório Itinerante de Ciência e Tecnologia
Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil.
Colégio La Salle São João
R. Honório Silveira Dias, 90550-150, Porto Alegre, RS

O trabalho descrito tem o objetivo de mostrar como é simples desenvolver uma atividade experimental envolvendo a propagação de ondas mecânicas transversais com materiais de baixo custo. A maioria dos experimentos que envolvem ondas em cordas possuem um aparato bem complexo e de difícil elaboração pelo professor, com esta proposta o próprio professor pode montar um experimento bem simples usando apenas um computador (que a maioria das escolas públicas possui), um auto-falante de uma caixa de som do próprio computador, um lápis e uma corda de nylon. A montagem do experimento se resume em colar num auto-falante um lápis no seu cone, de modo que este fique tocando a linha de nylon que está presa em uma das extremidades, e na outra a corda passa por uma roldana onde sustenta uma massa para tensionar a linha de nylon. Usando um software que simula um gerador de sinais podemos controlar as frequências na porta de saída de áudio do computador, assim o professor pode medir com uma régua os comprimentos de onda dos modos de vibração da corda e com isso determinar a velocidade da onda e a densidade linear da corda de nylon. Lembrando que esta atividade proporciona ao professor e aos alunos a visualização das ondas, a introdução de um conceito (densidade linear) raramente trabalhando no ensino médio.

Palavras-chave: Ensino de física, ondas transversais e ondas em cordas.

CINEMÁTICA INTEGRANDO TEORIA E EXPERIMENTO

Joecir Palandi [joecir@ccne.ufsm.br]

Dartanhan Baldez Figueiredo [dartanhanbf@via-rs.net]

Departamento de Física – UFSM

Cidade Universitária (Camobi), 97105-900, Santa Maria, RS-Brasil.

Darla Vanessa Fortunato [darlafisica@gmail.com]

Danusa do Carmo [danusafisica@mail.ufsm.br]

Lucas Ramos Vieira [lucasfisico@yahoo.com.br]

Os conteúdos de Física usualmente trabalhados no primeiro ano da escola de ensino médio são os de Cinemática, Leis de Newton, Conservação da Energia e Conservação da Quantidade de Movimento. Os livros didáticos, de modo geral, dedicam grande número de páginas à Cinemática, não refletindo a importância relativa desse conteúdo frente aos demais. A maioria dos professores de Física da escola de ensino médio aceita a forma como cada conteúdo é trabalhado e a seqüência em que eles aparecem no livro didático e mais, tomam isso como base para o planejamento das suas atividades didáticas. Desse modo, terminam por não explorar com a profundidade necessária os conteúdos mais importantes. Não são poucos os que são surpreendidos pelo término do calendário escolar sem ter abordado os princípios de conservação. Por outro lado, a construção dos conhecimentos científicos, como atualmente se concebe, envolve atividades experimentais e teóricas interligadas. Dessa forma, uma prática docente baseada apenas na teoria ou que conduz a atividade experimental em momento e lugar próprio (o laboratório) apenas para reproduzir algum fenômeno ou comprovar o valor numérico de uma ou outra constante física, apresenta a disciplina científica que procura ensinar de modo parcial e incompleto. Embora a importância das atividades experimentais seja mais ou menos reconhecida, é ainda pequeno o número de professores que as integram as suas atividades didáticas de modo sistemático e coerente. De qualquer modo, ainda é bastante disseminada a idéia de que a aprendizagem significativa dos conceitos, princípios e leis fundamentais pode vir pela aplicação coerente das expressões matemáticas que representam essas leis e princípios. Para trabalhar os conteúdos essenciais da Cinemática unidimensional, elaboramos um texto de apoio e uma estratégia de ensino-aprendizagem com os seguintes objetivos:

- Mostrar aos professores do ensino médio, através de um exemplo concreto, que o livro didático deve servir de apoio às atividades didáticas sem se constituir num guia absoluto.
- Diminuir o tempo em que são trabalhados os conteúdos de Cinemática em sala de aula.
- Introduzir atividades experimentais no ensino para não desfígurar o paradigma da Física.
- Mostrar que as atividades experimentais podem ser conduzidas de modo a se tornar instrumentos úteis no processo ensino-aprendizagem, desde que integradas à seqüência lógica dos conteúdos.

Essa estratégia foi executada em 20 horas/aula com mais 4 horas/aula para as avaliações da aprendizagem como uma das atividades na disciplina Estágio Supervisionado em Ensino de Física IV, do curso de Licenciatura em Física da UFSM. Ela está centrada na montagem experimental em que um volante percorre uma calha metálica que serve como plano inclinado. A inserção do experimento permitiu trabalhar os conceitos de idealização, medida, erros experimentais e valores médios. Além disso, a construção de gráficos a partir dos dados experimentais ou a partir de dados retirados desses gráficos permitiu discutir modelos. A estratégia se revelou adequada para a aprendizagem dos conteúdos planejados.

Palavras-chave: cinemática, integração teoria-experimento, ensino médio.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS VIA PORTA PARALELA PARA ESTUDO DO MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO¹

Claodomir Antonio Martinazzo [mclao@uri.com.br]

Depto. de Ciências Exatas e da Terra – URI

Campus de Erechim, Caixa Postal, 743.

Av. Sete de Setembro, 1621, 99700-000 – Erechim, RS – Brasil.

Há muitos anos o computador está se difundindo em nossa sociedade. O número de crianças e adolescentes que tem acesso ao computador cresce rapidamente com o decréscimo do valor destes equipamentos. Em geral as crianças e os adolescentes têm facilidades no aprendizado do uso do computador, o que facilita a utilização do mesmo como um aliado no ensino como um todo. A rede mundial de computadores faz parte do cotidiano de milhões de pessoas, principalmente crianças e adolescentes em idade escolar. O computador já está disponível em muitas Instituições de Ensino, no entanto, ela praticamente inexistente em laboratórios escolares de Ciências das Instituições de Ensino de Educação Básica ou mesmo em muitas das Instituições de Ensino Superior do Brasil.

O uso didático do computador no Ensino de Física vem sendo estudado em várias Universidades Federais como as do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Norte, Rio de Janeiro, Pernambuco, entre outras, mas a difusão destes conhecimentos para as Instituições de Ensino Médio ou mesmo Superior ainda é lenta. O trabalho aqui apresentado é resultado de um minicurso na área de aquisição de dados realizado UFRGS em 2001. Desde então este autor estuda formas de aquisição de dados via porta de jogos, microfone e mais recentemente porta paralela do computador. O Sistema desenvolvido para o estudo do Movimento Uniformemente Variado consiste em um trilho de alumínio (3/8”) por onde se desloca um móvel (esfera de aço); um eletroímã fixado na extremidade superior do trilho; 4 sensores, constituídos basicamente de foto-transistores iluminados por diodos emissores de luz (LED) que detectam a passagem de um móvel permitindo ao computador o registro desse instante; um circuito eletrônico (baseado no CI SN74LS244N), ligado à porta paralela, para transformar o sinal analógico em digital e, o software, para leitura e processamento dos dados além de cabos, fontes de energia e suportes de madeira. O software de leitura e processamento inicial dos dados foi desenvolvido em Visual Basic 6.0. A análise numérica final e gráfica é feita em planilha eletrônica. Futuramente o programa será convertido em macro para o software Microsoft Excel.

Os resultados obtidos pelo protótipo que pode ter ângulo de inclinação entre 0° e 90° são muito bons permitindo o cálculo da aceleração para qualquer um dos ângulos escolhidos, inclusive para a aceleração da gravidade. O erro padrão da média das medidas, para n igual a 7 (sete), é da ordem de 10⁻³ s.

Este sistema está baseado na porta paralela do computador, mas pode ser também ligado à porta de jogos, entretanto, com a perda da possibilidade de comandar o início do movimento (com eletroímã) pelo computador.

Uma aula, com o protótipo, foi desenvolvida para um grupo de alunos de Ensino Superior gerando comentários muito positivos e animados com os resultados obtidos, não somente com os resultados em si, mas também pelo uso da planilha eletrônica para a realização dos cálculos e apresentação dos gráficos.

Apoio: PIIC - URI.

Palavras-chave: Aquisição de Dados; Ensino de Física; Informática no Ensino.

¹ Este trabalho faz parte de uma orientação de Iniciação Científica financiada pelo Programa Institucional de Iniciação Científica da URI, tendo como bolsista a aluna de graduação Nelma Fátima Betiolo.

MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DA DIFRAÇÃO E DA INTERFERÊNCIA¹

Scheila Vicenzi [svicenzi@pop.com.br]

Sílvio L. S. Cunha [slsc@ufrgs.br]

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

Nesse trabalho, relatamos a experiência do uso de mapas conceituais como recurso no ensino/aprendizagem da interferência e da difração, com estudantes do terceiro ano do ensino médio. Os mapas conceituais foram um importante recurso, juntamente com demonstrações experimentais e as simulações computacionais, durante a aplicação do projeto de mestrado: *Difração e Interferência para Professores do Ensino Médio*. Os estudantes fizeram uso dos mapas conceituais na maioria das aulas para relacionar os assuntos: ondas, difração e interferência. Gradualmente, nas demais aulas, os estudantes refaziam o mapa acrescentando o novo conteúdo aprendido, assim os conceitos anteriores poderiam sofrer modificações nos mapas seguintes conforme os estudantes iam revendo o material de aula e avançando na compreensão dos conceitos. Baseados nas aulas e na consulta aos materiais didáticos (tanto livros como o CD disponibilizado pela professora), os estudantes traçaram os mapas conceituais individualmente após, trocavam idéias com os colegas a respeito dos conceitos envolvidos no seu mapa, esse processo onde havia troca de idéias não alterava a forma do mapa inicialmente construído pelo estudante, este apenas acrescentava ou complementava a relação entre os conceitos.

Na primeira aula realizada na escola, relativo ao nosso projeto, antes mesmo das primeiras instruções, os alunos foram solicitados a construir um mapa conceitual sobre ondas, através do qual eles registrariam o que pensavam e o que relacionavam com “ondas”. Nesse primeiro mapa a maioria dos estudantes lembrou das ondas do mar, enquanto que alguns também relacionaram ondas com calor, celular, rádio, microondas. A análise dos mapas deixa evidente que a maioria dos alunos já tinham uma percepção sobre o que são ondas, ainda que não as soubessem definir de maneira precisa, ou descrever corretamente as suas características.

Após a construção desse primeiro mapa, os alunos assistiram ao vídeo “O que é uma onda?” da TV Escola. Após o vídeo os estudantes participaram de atividades (demonstrações) no laboratório onde utilizaram alguns materiais como: mola “slink”, corda e cuba de ondas para demonstrar as principais características das ondas. Seguiu-se uma discussão para adequar as informações do vídeo e das demonstrações para a linguagem da Física. Depois da instrução, nessa mesma aula, os alunos voltaram a traçar o mapa conceitual, com o mesmo assunto “Ondas”. A proposta da construção dos mapas conceituais era que no final de cada aula, os alunos recebessem os livros, se reunissem em grupos para pesquisar e discutir os novos conceitos tratados na aula, fizessem as anotações e em seguida, iniciassem a elaboração individual dos seus mapas, concluindo-os ainda durante a aula. Com o passar das aulas, os alunos foram adquirindo segurança na construção dos mapas.

Dos alunos que fizeram todos os mapas propostos no projeto (um total de 12 alunos) percebe-se claramente sua evolução comparando a forma de relacionar os conceitos. Todos estes alunos tiveram um bom desempenho durante as atividades realizadas em aula.

Palavras-chave: Mapas Conceituais, Difração, Interferência e Ensino de Física.

O USO DO MODELLUS COMO FERRAMENTA COGNITIVA PARA O ENSINO- APRENDIZAGEM DE ESPELHOS ESFÉRICOS

Ariane Braga Oliveira [anie_braga@yahoo.com.br]
Jesuína Lopes de Almeida Pacca [jesuina@if.usp.br]
José Luciano Miranda Duarte [jlduarte@if.usp.br]
Interunidades em Ensino de Ciências – IF – USP
Rua do Matão, Travessa R, 187
Cidade Universitária, São Paulo – Brasil

A proposta deste trabalho de pesquisa é investigar como o emprego de atividades com simulações computacionais, utilizando o *software* Modellus, no estudo de Espelhos Esféricos auxiliam no desempenho de alunos dos anos iniciais de Licenciatura em Física. Os referenciais teóricos que sustentam este projeto são o da aprendizagem significativa sob ótica piagetiana onde o aluno durante o processo educacional tem o desenvolvimento cognitivo progressivo com a aquisição e análise do próprio conhecimento e a sócio-interacionista segundo Vygostsky na qual o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto-social, onde estão definidos seus signos e instrumentos de acesso à realidade. Essas simulações serão incorporadas aos contextos das aulas teóricas, em cinco turmas de Licenciatura em Física da Universidade Bandeirante de São Paulo sendo duas turmas de primeiro ano, duas de segundo ano e uma de terceiro ano. O trabalho de pesquisa está dividido em três fases. Na primeira fase foi feito um teste preliminar que questionava a localização da imagem em um espelho côncavo e onde deveria estar o observador para enxergar esta imagem. Esta etapa teve como objetivo obter os conhecimentos prévios a respeito de espelhos esféricos, cujos resultados a seguir orientaram as simulações. Como resultados relevantes verificamos que os alunos têm dificuldades para compreender esse fenômeno no que se refere à localização da imagem e à posição do observador; um terço dos alunos desenhou a imagem na superfície do espelho e nenhum aluno conseguiu localizar adequadamente a posição do observador. Na segunda fase, as atividades de simulações com os espelhos côncavos levaram em conta essas concepções prévias para o desenvolvimento deste conteúdo. A terceira fase terá como objetivo levantar algumas informações através de um questionário e entrevistas para avaliar a aprendizagem e o trabalho dos alunos com o programa desenvolvido a partir do *software*. A segunda fase está concluída numa versão preliminar. No segundo semestre de 2007 o programa será aplicado e passaremos à terceira fase e à reelaboração do programa que se fizer necessária.

Palavras-chave: modelagem; construtivismo no ensino; espelhos esféricos.

O SISTEMA ELÉTRICO CARDÍACO HUMANO – A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Franciela Scariot Orsatto [franci.orsatto@yahoo.com.br]

Tadeu Clair Fagundes de Souza [tcfs@upf.br]

Física – ICEG – UPF Caixa Postal, 611

Campus I, 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil

O corpo humano é a mais perfeita, fascinante e complexa máquina viva existente na Terra. Para entendermos sua complexidade e o funcionamento precisamos de conhecimentos da física, química e biologia. Os conhecimentos de física permitem-nos, por exemplo, analisar o papel da eletricidade em uma única célula, que é capaz de gerar uma corrente elétrica com duração de milissegundos, pelos íons de diferentes substâncias. Também entender o sistema elétrico cardíaco humano responsável pela ritmicidade do coração, como sendo gerada por um grupo de células, o nodo sinoatrial, chamado de marca-passo, que gera em torno de 72 bpm (TORTORA, 2000). Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), (BRASIL, 1999) que são a base para a elaboração dos currículos nas escolas do Brasil, priorizam um currículo interdisciplinar. Tendo como base os PCNs e com o objetivo de contribuir, principalmente, para o ensino médio está sendo apresentado um trabalho que poderá ser aproveitado por professores das áreas de ciências, como forma de enriquecer suas aulas e trabalhar a interdisciplinaridade, podendo tornar a aprendizagem mais significativa. O trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica, sobre o sistema elétrico cardíaco humano mostrando a inter-relação entre química, física e biologia. Na pesquisa, está sendo enfocada a eletricidade nos organismos vivos e nas células, o sistema cardíaco humano, o sistema elétrico cardíaco e finalmente o marca-passo cardíaco artificial, que é o recurso apresentado e utilizado para substituir ou auxiliar as atividades elétricas do coração. Para que o marca-passo execute perfeitamente tal função precisa estar livre de interferências eletromagnéticas, sendo as principais: os aparelhos dotados de ímãs, microondas e choque elétricos. Tais interferências serão analisadas no ambiente doméstico (rádio, televisão, telefones, chuveiros, geladeiras, computadores), já no ambiente de trabalho, serão analisadas nas Indústrias Mecânicas, Eletro-eletrônica, Empresas de Telecomunicações, Prestação de serviço (eletricista, mecânico, rádio técnico) e no ambiente social, as escadas rolantes, elevadores, transporte coletivo, telefonia celular e práticas de esportes, também serão analisadas. Trabalhando de forma contextualizada, mostrando a importância do conteúdo aprendido em aula, para conhecimentos, do seu dia-a-dia, o professor tornará as suas aulas atrativas e interessantes. O presente estudo permitiu verificar que o organismo humano executa suas atividades utilizando princípios físicos e em grande parte baseados na eletricidade. Assim através da aplicação de conceitos interdisciplinares pode-se levar a compreensão do funcionamento do corpo humano e fazer com que a aprendizagem seja mais significativa para os alunos.

Referência Bibliográfica

TORTORA, Gerard J. *Corpo Humano: Fundamentos de Anatomia e fisiologia*. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio, ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, 1999.

UMA ABORDAGEM DA DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA NA FORMAÇÃO DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA MÉDICA

Jader da Silva Neto [jadern@gmail.com]

Colégio Cenecista São Roque, Rua Arlindo Franklin Barbosa, 384.

Bairro São Roque, 95700-000, Bento Gonçalves, RS – Brasil.

Fernanda Ostermann [fernanda@if.ufrgs.br]

Sandra Denise Prado [prado@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.

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

As discussões e estudos relativos à inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio intensificaram-se na virada do século. O entendimento de temas relacionados a este tópico se faz necessário na sociedade em que vivemos atualmente, pois contribui para a formação de pessoas críticas, capazes de questionar as relações entre ciência e tecnologia, enfatizando a dimensão social desta relação e abandonando a imagem de ciência como uma atividade distante de sua realidade, interpretando a Física num contexto Ciência-Tecnologia-Sociedade. Os professores sentem-se pressionados pelo contexto escolar quanto à inserção de tais tópicos, uma vez que o contato dos alunos com as tecnologias de seu cotidiano gera muitos questionamentos em sala de aula, a legislação educacional aponta para a atualização curricular e livros de Física do Ensino Médio começam a abordar tópicos de Física Moderna. De certa forma, muitos professores ignoram esta necessidade quanto ao currículo de sua disciplina e tratam somente aspectos da Física Clássica. Tomando conhecimento da realidade da modalidade de ensino técnico, observamos que quanto às relações com o sistema educacional existe uma diferença no que diz respeito ao enfoque formativo. Essa visa à formação complementar com fins técnicos, não cabendo a ela a formação inicial do aluno, que é de responsabilidade da educação básica. No entanto, enquanto docente da área técnica, mais especificamente no curso técnico de Radiologia Médica – Radiodiagnóstico foi possível observar as grandes lacunas na formação básica dos alunos. Frente à problemática encontrada, faz-se necessário que o professor repense a organização de suas aulas e distribuição de conteúdos, uma vez que não é possível simplesmente ignorar tais lacunas. Com o objetivo de abordar mais detalhadamente a Física presente nos fenômenos que regem o radiodiagnóstico, propôs-se, junto ao Mestrado Profissional no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, a execução do projeto “A Física na formação de técnicos na área de Radiologia Médica”. Este projeto está em fase de aplicação no Colégio Cenecista São Roque na disciplina de Proteção Radiológica, que integra o segundo módulo do curso técnico em Radiologia Médica, com um total de 30 alunos matriculados. Para a implementação da proposta, tomou-se como conceito central a dualidade onda-partícula, pois a interação da radiação com a matéria é um processo que, em geral, se dá em escalas microscópicas e para explicarmos muitos dos fenômenos típicos dessa interação, é necessário, em algumas situações, considerarmos o caráter ondulatório e em outras, o caráter corpuscular da radiação. A abordagem da dualidade onda-partícula será conduzida com a utilização de um *software*, do tipo bancada virtual, que simula o Interferômetro de Mach-Zehnder (OSTERMANN *et al*, 2006). Esta simulação propicia ao aluno a visualização do fenômeno da interferência ou do comportamento corpuscular, realizada com laser (regime clássico) ou fótons únicos (regime quântico), conforme o arranjo experimental implementado. A partir destas representações, os alunos são questionados quanto ao fenômeno observado de forma a construir o conceito de dualidade onda-partícula. Devido à grande interação social que se dá neste tipo de atividade e tendo em vista o trabalho cooperativo, esta proposta está fundamentada na teoria sócio-interacionista de Vygotsky (1896-1934). Como nossa pretensão não é de formar físicos e sim técnicos em radiologia com algum conhecimento em física, adotaremos a formulação ondulatória da Física Quântica, proposta por Schrödinger, já que esta construção é matematicamente análoga à Ótica Ondulatória clássica.

Palavras-chave: interferômetro de Mach-Zehnder; dualidade onda-partícula; ensino técnico.

O USO DO MAPLE NO ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA: ORBITAIS ATÔMICOS E MOLECULARES

Jéferson Norberto Marinho Mendes [jn2003m@hotmail.com]

Acadêmico do Curso de Licenciatura Plena em Física – UFSM, RS – Brasil.

Karine Magnago [kamagnago@gmail.com]

Departamento de Matemática – UFSM – Avenida Roraima, nº1000.

Cidade Universitária, 97105-900, Santa Maria, RS – Brasil.

Marcio Martins [marsjomm@gmail.com]

Química - Ciências Naturais e Tecnológicas - UNIFRA

Rua dos Andradas, 1614, 97010-032 - Santa Maria - RS, Brasil.

Livros-texto de Química e Física costumam apresentar representações gráficas de orbitais atômicos. O que nem sempre fica claro é que estas figuras surgem naturalmente da solução da equação diferencial de Schrödinger. Esta equação só tem solução analítica para o átomo de hidrogênio ($Z = 1$), mas pode ser estendida para átomos hidrogenóides ($Z \neq 1$). Ela associa autovalores de energia de um elétron a uma autofunção de onda, denotada comumente por $\psi(r, \theta, \varphi)$ e descrita em coordenadas esféricas. No texto clássico de Pauling sobre a teoria quântica [1], temos uma coletânea de funções radiais e angulares para diversos números quânticos n , l e m .

Visando aperfeiçoar a compreensão de professores e alunos acerca deste aspecto da Química, este trabalho tem por objetivo confeccionar uma atividade de ensino de Físico-Química que mescla fundamentação histórica, conceitos teóricos e visualização gráfica de orbitais atômicos e moleculares. Para a visualização gráfica, está sendo desenvolvido um programa no software Maple, (versão 11.0), didaticamente comentado em língua portuguesa e com referências à bibliografia correspondente. Ele dá continuidade aos trabalhos [2], [3], [4].

A Química Quântica é uma aplicação da Mecânica Quântica a problemas químicos. Dentre as aplicações mais notáveis dessa teoria à Química, temos a espectroscopia vibracional e rotacional e a explicação dos fenômenos atômicos e moleculares [5], inexplicáveis do ponto de vista clássico.

Dentre os principais fenômenos atômicos e moleculares inexplicáveis pela mecânica clássica, temos a ligação química, cuja teoria depende grandemente do conceito de orbitais atômicos, que só pode ser razoavelmente descrito com o uso da teoria quântica.

A evolução dos métodos de ensino requer a incorporação de novas tecnologias que possam proporcionar uma maior compreensão de teorias complexas e interação no processo de ensino-aprendizagem. A matemática computacional é uma poderosa ferramenta para a dinamização desses processos e deve ser utilizada com maior amplitude para atender à demanda sinalizada pela disseminação do sistema de ensino informatizado, como por exemplo, EAD e etc.

Palavras-chave: Orbital; Matemática Computacional; Físico - Química Quântica; Ensino.

[1] PAULING, L., WILSON Jr., E. B. Introduction to quantum mechanics with applications to chemistry, New York: Dover Publications, 1985.

[2] MAGNAGO, K. F. ; MARTINS, M. M. . Ferramentas Matemáticas no Ensino da Química: Um Estudo sobre Orbitais Atômicos. In: XXIX Congresso Nacional de Matemática Aplicada e computacional, 2006, CAMPINAS.

[3] MARTINS, M. M. ; MAGNAGO, K. F. . Usando Maple no Ensino de Orbitais Atômicos. In: 14a Reunião Anual da Sociedade Química da região Sul, 2006, Erechim – Premiado como Melhor Trabalho da Seção de Educação em Química.

[4] MARTINS, M. M. ; MAGNAGO, K. F. . UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE ORBITAIS ATÔMICOS NOS CURSOS DE LICENCIATURA EM QUÍMICA. In: 26o Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 2006.

[5] ATKINS, P.; PAULA, J. Físico-Química, v. 2, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A., 2004.

UMA INTRODUÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Aline Picoli Sonza [alinepsonza@hotmail.com]
Solange Binotto Fagan [solange.fagan@gmail.com]
Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática
Centro Universitário Franciscano, UNIFRA,
Rua dos Andradas, 1614, 97010-032, Santa Maria - RS

O presente trabalho consiste em um relato de experiência sobre o desenvolvimento e a aplicação de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio. Este trabalho foi realizado sob diferentes aspectos a fim de analisar como a Física Moderna é abordada no Ensino Médio, o que os livros didáticos apresentam sobre este assunto, o desenvolvimento de um módulo didático e a sua aplicação em sala de aula. Em um primeiro momento realizou-se uma investigação com professores do Ensino Médio de Santa Maria/RS e região, por meio de um questionário cujas perguntas estavam direcionadas ao Ensino/Aprendizagem de Física Moderna. A partir das respostas dos professores, fez-se uma análise nos livros didáticos mais utilizados pelos mesmos e nos currículos básicos das escolas onde trabalham. Logo a seguir desenvolveu-se um Módulo Didático com tópicos introdutórios de Física Moderna para o Ensino Médio que foi fundamentado a partir dos livros didáticos avaliados, de módulos didáticos digitais e de materiais de revistas científicas. Este módulo apresenta uma linguagem simples e questionamentos relacionados ao dia-a-dia do aluno, instigando sua investigação científica. Finalmente, foi aplicado este módulo didático a uma turma pré-selecionada de alunos da segunda série do Ensino Médio da Escola Estadual Cilon Rosa de Santa Maria –RS. O módulo didático foi dividido em cinco (05) aulas e apresentado em quatro (04) encontros, para os quais foram utilizados além de aulas expositivas, módulos didáticos virtuais, recortes de jornais e debates sobre os temas trabalhados. Este trabalho demonstrou o interesse dos professores por temas relacionados à Física Moderna, assim como o grande empenho por parte dos alunos nas atividades desenvolvidas.

Palavras-chave: Física Moderna, Ensino Médio, Ensino/Aprendizagem.

ESTUDO DE OSCILAÇÕES E ONDAS POR MEIO DO MÉTODO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS BASEADO NO USO DO COMPUTADOR

Harnye Del Nero [eynrah@yahoo.com.br]

Solange Binoto Fagan [solange.fagan@gmail.com]

Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática

Centro Universitário Franciscano, UNIFRA,

Rua dos Andradas, 1614, 97010-032, Santa Maria - RS

Este trabalho apresenta um relato sobre o uso do método de resolução de problemas nos temas de oscilações e ondas aplicado a turmas do Ensino Médio usando o computador como facilitador. Sabemos que tornar o aluno crítico e fascinado pelos fenômenos e técnicas do seu cotidiano é um dos grandes desafios do Ensino de Física. No entanto, encontramos um grande impasse, em muitos casos os fenômenos e processos envolvidos necessitam de uma grande carga de pré-requisitos que estão ligadas às leis físicas dos séculos XIX e XX, além de possuírem certo grau de complexidade. Portanto, utilizar o método de resolução de problemas é uma das estratégias mais utilizadas em Ciências e Matemática a qual visa aproximar os conteúdos abordados com a realidade do aluno. Neste caso, o aluno necessita do conhecimento teórico básico sobre o tema e os problemas serão as práticas, aplicadas ao seu cotidiano. Nesse sentido, pensou-se em uma proposta de trabalho a ser aplicado em sala de aula que analisou a evolução no processo de ensino-aprendizagem em alunos do Segundo Ano do Ensino Médio, utilizando a metodologia de resolução de problemas aplicada em conceitos de oscilações e ondas usando o computador como facilitador. Desta forma, visando despertar o interesse do aluno por conhecimento científico tornando-o crítico frente às ciências e tecnologias contemporâneas. É bom lembrar que, neste caso, o papel do professor deve ser o de intermediador e conhecedor dos temas apresentados e das modalidades a que submeterá o educando. O êxito dessa proposta de Ensino depende muito da forma com que será disponibilizada e abordada. Os fenômenos ondulatórios integram, entre outras, ondas eletromagnéticas com o qual o telefone celular, forno de microondas, raios x, e outros inúmeros equipamentos utilizados pela Física Médica fazem uso e que, muitas vezes, o aluno desconhece.

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA CRIANÇAS COMBINANDO A ESTRATÉGIA DA EXPERIMENTAÇÃO COM A CONTAÇÃO DE HISTÓRIAS

Vanessa Salete Bícigo [finessa_angel@yahoo.com.br]

Viviane Fáima Lima do Prado [fisica_vivi@yahoo.com.br]

Instituto de Ciências Exatas e Geociências – UPF – Passo Fundo, RS – Brasil

Este trabalho se refere à apresentação de uma proposta de ensino de Ciências para crianças de quatro a nove anos, centrada no lúdico tendo a contação de história e a experimentação como estratégias lúdicas, visando a motivação infantil. As histórias contadas foram elaboradas em um livro denominado Valentina no qual a personagem descobre coisas incríveis sobre temas científicos, neste caso a história apresenta conceitos relativos sobre a propriedade dos gases (falta de volume, forma própria e grande compressibilidade). A proposta de ensino combina a contação de história com a atividade experimental, foi elaborada e conduzida em uma concepção pedagógica construtivista de desenvolvimento humano, fundamentada na teoria sócio-cultural de Vygotsky. Esta proposta de ensino está sendo aplicada na Sociedade Recreativa Beneficente São João Bosco com vinte alunos da pré-escola (Grupo A) e na Escola Municipal de Educação Infantil Estrela da Manhã com vinte alunos do jardim (Grupo B). Os instrumentos para coleta de dados para a análise da proposta são constituídos de transcrição da fala gravada dos alunos durante os questionamentos a respeito da história contada abordando o tema, elaboração de desenhos realizados após a contação da história, realização de experiências (foguetes de balão e cata-vento com água) e fotos tiradas durante os trabalhos. Durante a coleta dos dados, as crianças do grupo A tiveram uma atividade na qual foi contada a história O balão de Valentina sobre o fenômeno físico em questão, sendo que também houve a realização das experiências, enquanto o grupo B só realizou as experiências. Para a análise da pesquisa, foram considerados três aspectos como fundamentais para a aprendizagem: a motivação, a familiaridade com o assunto em questão e as respostas dadas pelas crianças durante a realização das experiências. O grupo A, composto por alunos que utilizaram o livro Valentina, apresentaram significativa apropriação do conhecimento em relação ao grupo B, aos quais não foi contada a história. As respostas dadas pelas crianças nos dão indícios de que as experiências despertam interesse, curiosidade e alimentam as imaginações infantis, dando assim motivação e envolvimento na realização, compreensão e interpretação das experiências, fazendo do lúdico um aliado para a efetivação do processo de ensino aprendido. Os resultados obtidos neste estudo indicam que é possível uma educação científica para crianças mesmo em idade pré-escolar por meio de métodos diferenciados que privilegiem a imaginação, a curiosidade e a motivação para o desenvolvimento de conceitos e habilidades, o que foi comprovado pelo desempenho do Grupo A. Embasados nos resultados até aqui obtidos temos indícios que é possível de ensinar ciência as crianças, por meio do contato com materiais impressos, como livros, assim também possibilita que a criança aprenda, que a palavra escrita e as ilustrações comunicam idéias e pensamentos, e os mesmos podem ser confirmados por meio de atividades experimentais.

IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA NA APRENDIZAGEM DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Thiago de Lima Ferreira

CEDERJ – Pólo Campo Grande

Mangueira, 20.943-001, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Rosilane de Oliveira Bahiense

Frederico Alan de Oliveira Cruz [fao_cruz@yahoo.com]

Instituto de Física – UFRRJ

BR-465, Km 7, 23.890-000, Seropédica, RJ - Brasil

A Física é, em muitos aspectos, a mais básica de todas as ciências naturais, visto que ela envolve investigações que vão desde a estrutura elementar da matéria até a origem e evolução do Universo (Aguiar 2004). Apesar da abrangência de fenômenos “explicáveis” pela Física é consenso que a maneira como ela vem se apresentando nos livros-textos e conseqüentemente em sala de aula, está distanciada e distorcida do seu real propósito (Rosa e Rosa 2005).

Os fatores que influencia na forma de apresentação dos conteúdos proposto são os mais diversos, passam pelo tipo de formação e condição sócio-econômica dos profissionais que lecionam Física no Ensino Médio e a também pelas diversas características dos alunos dessas séries, visto que muitos dos alunos não apresentam conhecimentos básicos de matemática ou português de forma conveniente o que resulta em grande número de alunos que possuem desempenho abaixo do esperado em Física.

A confirmação do baixo desempenho dos alunos esta no excessivo número de alunos reprovados no final de cada semestre ou ano letivo em muitas escolas, bem como nas fases classificatórias em muitos vestibulares. Esse fato não é exclusivo do aluno de ensino médio, em nível universitário a situação não é diferente. Mesmo nos cursos ligados diretamente à Física, como é o caso das engenharias, ocorrem um grande número de reprovações a cada semestre (Rosa e Rosa 2004).

Devido a esses problemas aqui apresentados, no presente trabalho buscamos avaliar a formação do professor nos aspectos: profissional, social e pedagógico, bem como as características dos alunos no aspecto intelectual e sócio-econômica com o objetivo de identificar se esses parâmetros são fatores de influência no processo ensino-aprendizagem. Foram analisadas neste estudo 15 escolas em todo o município do Rio de Janeiro, separadas pelas regiões Oeste, Sul, Norte, Centro e Barra da Tijuca, escolhidas aleatoriamente nas quais professores e alunos nas quais professores a alunos foram entrevistados, e posteriormente houve um confronto as questões a eles apresentadas.

Palavras-chave: Ensino-aprendizagem, professor, aluno.

ENSINANDO FÍSICA A PARTIR DA DISCUSSÃO DE ERROS CONCEITUAIS PRESENTES EM FIMES DE FICÇÃO CIENTÍFICA

Rodrigo Cristaldo de Oliveira [rodrigoc@puers.br]

PUCRS Virtual – PUCRS

Sayonara Salvador Cabral da Costa [sayonara@puers.br]

Faculdade de Física – PUCRS

Caixa Postal 1429, CEP 91619-900 – Porto Alegre, RS - Brasil

Este trabalho relata uma proposta de ensino de conceitos de Física, tendo como subsídio teórico a concepção epistemológica de Gaston Bachelard sobre a importância do erro na construção do conhecimento. A partir de recortes de filmes de ficção científica, previamente escolhidos, nos quais alguns conceitos de Física eram impropriamente sugeridos, foi proposta uma discussão em sala de aula com duas turmas de alunos de terceiros anos do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre. A receptividade e participação dos alunos na discussão foi bastante satisfatória, sugerindo que uma atividade bem planejada, pode, além de motivar a participação e o interesse do estudante, provocar uma reação de mudança de atitude a favor de sua aprendizagem.

Palavras-chave: ensino de Física, conceitos de Física, erros conceituais em filmes de ficção científica.

AULAS DE FÍSICA A PARTIR DA METODOLOGIA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: LIMITES E POSSIBILIDADES

Ana Marli Bulegon [bulegon@terra.com.br]
*Centro Universitário Franciscano, UNIFRA,
Rua dos Andradas, 1614, 97010-032, Santa Maria - RS*

Este trabalho originou-se da necessidade que sentimos em aproximar a disciplina de Física à realidade cotidiana do aluno, como nos indicam os PCNs. Dentro dessa perspectiva, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma possível metodologia de trabalho para o ensino de física no ensino médio, a fim de suprir essa necessidade. Dessa forma, foi elaborado um conjunto de aulas de acordo com a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), propostos por Delizoicov e Angotti (1991) e implementadas em turmas de 2^a série do Ensino Médio na disciplina de Física do Colégio Estadual Manoel Ribas/Santa Maria/RS desde o ano de 2002. A utilização do modelo metodológico dos Três Momentos Pedagógicos mostrou-se adequada em função de que busca trabalhar com as idéias prévias dos alunos para construir o conhecimento novo de forma integrada e permite a utilização de recursos didáticos variados em seus três momentos. Pudemos constatar, inicialmente, que os alunos ofereceram resistência à nova forma de trabalho. Com o passar do tempo, os alunos passaram a realizar as atividades de classe e extraclasse sem a necessidade de maiores cobranças e a participar mais ativamente das aulas levando-os a um melhor aproveitamento na disciplina.

Palavras-chaves: Modelo metodológico, Três Momentos Pedagógicos.

INVESTIGANDO O CONCEITO DE SIMETRIA NA FÍSICA COM ALUNOS DE DIFERENTES ETAPAS DE ENSINO

Aires Vinícius Correia da Silveira [aires@via-rs.net]
Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]
*Instituto de Física – UFRGS - Caixa Postal 15051
Campos do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS - Brasil*

O conceito de simetria é fundamental dentro da Física; sendo assim, deveria ser um conceito-chave no ensino de Física. Sabemos que conceito de simetria é usado no dia-a-dia, mas julgamos importante saber quais os significados que os alunos atribuem conceito de simetria na Física, tendo em vista sua importância.

Para tal tarefa, um questionário foi usado para averiguar se os alunos conhecem o conceito de simetria, as maneiras utilizadas para reconhecer as invariâncias físicas e as linguagens utilizadas nos campos conceituais da Física que estão associadas ao conceito de simetria.

Ou seja, o questionário tem o objetivo de verificar a parte conceitual e interpretativa que envolve o conceito de simetria na Física. Com o mesmo pretende-se “rastrear” o conceito de simetria dos alunos. Assim sendo, o questionário foi aplicado em alunos de diversas etapas de ensino quais sejam:

- alunos da 7^o série do Ensino Fundamental, antes de estudarem Física;
- alunos do final do Ensino Médio, que já tiveram aulas de Física
- alunos universitários iniciantes, que já avançaram no estudo da Física.

O questionário está constituído de 18 questões objetivas e duas questões descritivas. Para as questões objetivas foram aplicados tratamentos estatísticos para verificar a consistência interna do teste, a qual resultou satisfatória.

As referências teóricas para elaborar este questionário foram a Teoria de Campos Conceituais de Gerard Vergnaud (Moreira, 2004)¹ e a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (Moreira, 2006)².

Os dados obtidos sugerem que os alunos conseguem resolver certos tipos de simetrias em situações físicas vivenciadas recentemente, pois nestes casos apresentavam uma estrutura cognitiva apta a dar sentido ao conceito de simetria. De forma geral, todos os alunos apresentaram a definição de simetria como sendo a invariância de objetos geométricos sobre operações de rotação e reflexão. Foram também detectadas algumas diferenças relativas ao nível de escolaridade, as quais estão sendo analisadas.

Palavras-chave: simetria, invariância, ensino de Física.

¹ Moreira, M.A. (2004). *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nesta área*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

² Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.

O SISTEMA SOLAR – UM PROGRAMA DE FÍSICA E ASTRONOMIA PARA O ENSINO MÉDIO

Andréia Pessi Uhr [andreiauhr@gmail.com]
Escola Meta – Centro, 90010-273, Porto Alegre, RS - Brasil
Instituto de Física – UFRGS – Mpef – Caixa Postal 15051
Campos do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS - Brasil
Maria de Fátima Oliveira Saraiva [fatima@if.ufrgs.br]
Instituto de Física – UFRGS - Caixa Postal 15051
Campos do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS - Brasil

Neste trabalho relatamos as atividades desenvolvidas na disciplina de Física em duas turmas de Ensino Médio de uma escola particular de Porto Alegre. Os alunos tiveram a oportunidade de estudar, no último semestre do curso, um assunto interessante, atual e sempre na moda - a Astronomia - incluída recentemente no currículo de Física da escola. As atividades realizadas abordaram o maior número possível de conteúdos e foram elaboradas de forma a diferirem umas das outras para que um maior número de alunos fosse atingido nas suas preferências. De qualquer forma, priorizamos a relação social, ou seja, as atividades exigem uma interação social entre o professor e os alunos e entre o aluno com seus colegas. Esse enfoque está fundamentado na teoria de Vygotsky, onde a socialização gera aprendizagem.

O conteúdo foi organizado em três módulos, tendo como tema geral “O Sistema Solar”. O Módulo 1 foi chamado de “Os Planetas e Corpos Menores do Sistema Solar, e inclui Histórico da Astronomia, Leis de Kepler, Gravitação, Características dos Planetas, Asteróides e Cometas e Paralaxe. O Módulo 2 foi concebido sob o título “Interação Sol – Terra – Lua” e nele estão conteúdos como Fases da Lua, Eclipses, Marés, Estações do Ano, Movimento Aparente dos Astros e Auroras. No Módulo 3, com título “Estrutura e Evolução do Sol”, são abordados assuntos como Formação do Sol e do Sistema Solar, Características Físico-Químicas do Sol e noções básicas de Evolução Estelar.

Utilizamos a nosso favor a pré-disposição do aluno a aprender Astronomia, o que, de acordo com Ausubel e Novak, é um facilitador da aprendizagem. A interação dos conteúdos com a realidade social que, segundo Vygotsky, é item indispensável para a aprendizagem, também esteve presente, visto que a Astronomia é assunto abordado diariamente nos meios de comunicação e está presente no dia-a-dia das pessoas. A influência dos eventos astronômicos na vida cotidiana permite relacionarmos a teoria com a prática, contribuindo também para uma assimilação mais efetiva dos conhecimentos. A relação entre a experiência do aluno e a teoria a ser aprendida serviram de base para o presente trabalho. Ao pesquisarmos os livros de ensino médio, percebemos que a abordagem do assunto em pauta é feita essencialmente para a Lei da Gravitação Universal e Leis de Kepler. Neste trabalho abordamos outros temas, de forma que o material produzido para servir de apoio aos professores inclua mais conteúdos do que aqueles encontrados normalmente nos livros utilizados no Ensino Médio. A comparação dos resultados de questionários realizados antes das aulas (pré-testes), com aqueles realizados após as aulas (pós-teste) mostrou um aumento significativo no número de acertos, indicando uma evolução real no grau de conhecimento dos alunos sobre os assuntos abordados. O produto final foi a elaboração de um texto de apoio contendo as atividades desenvolvidas, sugestões de sítios da internet com simulações e exercícios para serem aplicados em sala de aula.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA: EM BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

João Alberto da Silva [joao.alberto@ufrgs.br]

Universidade Federal de Pelotas – UFPel

*Faculdade de Educação – Departamento de Fundamentos da Educação
Campus do Porto - Rua Alberto Rosa, 154, 96010-770- Pelotas, RS - Brasil*

Fabio Dias da Silva [fabiodsilva@gmail.com]

Júnior Saccon Frezza [juniorfrezza@yahoo.com.br]

Luciano Luduvico [lucianoluduvico@yahoo.com.br]

Universidade Federal de Pelotas – UFPel -

Departamento de Física – Grupo PET

Campus Universitário, s/nº, 96010-900, Caixa Postal 354 - Pelotas, RS – Brasil

O Grupo PET (Programa de Educação Tutorial), do curso de Licenciatura em Física, da Universidade Federal de Pelotas, procura realizar atividades de extensão que visam à formação de professores em serviço e a aprendizagem significativa da física por estudantes do Ensino Médio. No âmbito desse programa, uma das atividades de extensão oferecidas é a Oficina Experimental de Física, na qual o grupo se dirige até a instituição e realiza uma série de atividades com os estudantes. Esse projeto tem como objetivo a construção coletiva do conhecimento através de oficinas de Física como forma de promover a Cidadania Científica, tanto dos alunos das escolas públicas da região de Pelotas quanto dos professores em formação do curso de licenciatura em Física da Universidade Federal de Pelotas. As Oficinas de Física buscam oferecer a possibilidade de construção do conhecimento a partir do contato com experiências nas diversas áreas de Física: mecânica, termologia, ondas mecânicas, ótica e eletromagnetismo. Desta forma, aproxima-se a Física do cotidiano do aluno, possibilitando a construção de conceitos físicos e seus significados a partir de uma vivência experimental. Nas oficinas são trabalhados diversos ramos da física através de uma atitude experimental. Entretanto, a prática experimental não se resume a uma pura exibição do fenômeno, mas procura desencadear um processo mental na qual o sujeito se valha de suas aprendizagens anteriores e possa identificar o conhecimento prévio com o qual pode relacionar os assuntos abordados nas aulas de física. Igualmente, os professores acompanham essas oficinas e podem participar de outras atividades realizadas pelo grupo que são exclusivas para docentes. Essas oficinas experimentais de física vêm sendo realizadas há algum tempo pelo PET do curso de Licenciatura em Física. Em geral, os depoimentos eram sempre muito interessantes, tanto de alunos e professores, os quais relatavam sua satisfação e o interesse pelas oficinas. Todavia, ainda não se havia realizado um estudo mais aprofundado da real repercussão que essas oficinas experimentais têm na aprendizagem dos alunos. Avaliar a aprendizagem dos alunos frente às oficinas oferecidas pelo Grupo PET é o objetivo deste estudo. Para a realização dessa pesquisa foi escolhida a Oficina que trata da termologia. Realizou-se uma análise quantitativa de comparação entre um grupo controle e um grupo experimental. A atividade experimental parece ter importante papel no ensino da física. A abordagem proposta pelo Grupo PET tem sua importância e significado na aprendizagem dos alunos. As oficinas parecem responder a principal dificuldade para aprender física que os alunos respondem no questionário da pesquisa: o seu grau de abstração. Contudo, a mera exibição do experimento não é qualquer garantia da aprendizagem. Os experimentos têm importância à medida que propiciam o pensamento e a reflexão sobre o fenômeno físico e a identificação com seus conhecimentos prévios.

Palavras-chave: ensino de Física, Física experimental, aprendizagem

QUEDA LIVRE E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, REVIVENDO UMA HISTORIA: UMA EXPERIENCIA BASEADA EM VIVENCIA EDUCACIONAL E NOVAS TECNOLOGIAS

Sérgio Mascarenhas Oliveira [sm@usp.br]
Felipe Castilho de Souza [felipe.castilho1@gmail.com]
Instituto de Estudos Avançados de São Carlos – USP
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - São Carlos, SP - Brasil

Nesse trabalho relatamos uma experiência de física proposta pelo então professor ginasial Sérgio Mascarenhas (hoje professor emérito da USP – São Carlos/SP) e realizada por seus alunos do Colégio Hebreu Brasileiro, na cidade do Rio de Janeiro no ano de 1950, experiência essa que trabalhava com o conceito de movimento uniformemente acelerado. Pressupondo que a utilização de experimentos e/ou atividades práticas é imprescindível na busca de meios para se conseguir a contextualização e entendimento dos alunos com determinados conteúdos, e tendo em vista a incorporação da memória relativa às vivências educacionais e esse experimento foi novamente realizado no primeiro semestre de 2007, com uma turma de 20 alunos do terceiro ano do ensino médio de uma Escola Estadual na cidade de São Carlos/SP, agora mediante o acréscimo de alguns recursos mais sofisticados, porém de grande praticidade. O experimento consiste na construção de um colar com linha de pesca e pedaços de *chumbada*, em distâncias previamente calculadas pelos alunos, deixa-lo cair em queda livre sobre uma superfície a fim de produzir sons em uma frequência pré-estipulada pelo professor, o som emitido quando as massas tocam a superfície é gravado com auxílio de um gravador digital (mp3 player), e analisado com auxílio de um programa gratuito de edição de áudio chamado *directCut*, programa esse que exibe um gráfico de intensidade *versus* tempo, nessa representação gráfica é possível analisar a conservação de energia em queda livre e comprovar a frequência e/ou cadência dos sons produzidos. O uso de recursos alternativos se fez atrativo por evitar as abordagens usuais e incentivando os alunos a construir passo a passo os conceitos de queda livre, conservação de energia e frequência/período, além de ser uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de uma forma alternativa de ensinar Física no Ensino Médio.

Palavras-chave: memórias educacionais, movimento uniformemente variado, experimento de baixo custo.

RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO: ATIVIDADES DE ÓTICA EXPLORADAS COM DIAGRAMAS ADAPTADOS DO VÊ DE GOWIN

Carmes Ana da Rosa Batistella [carmesrosa@terra.com.br]

Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Araby A. Nácul, Lagoa Vermelha, 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

O ensino de Física tradicional que se dá na maioria das escolas de nível médio com aulas expositivas e extensas listas de problemas para serem resolvidos pelos alunos e, mais raramente, com o uso de experimentos em laboratório e/ou aulas em laboratório de informática, ocorre, frequentemente, sem um respaldo teórico. Neste trabalho se propõe uma metodologia utilizando recursos de experimentos reais e virtuais, em uma nova perspectiva fundamentada em teorias construtivistas, objetivando melhores resultados e, principalmente, uma nova visão para o ensino dos conteúdos de ótica. Espera-se que ao levar o aluno a pensar, refletir, relacionar, concluir, ocorra a construção de seu conhecimento, ainda que de forma gradativa e lenta. Apresenta-se, assim, uma proposta metodológica para o estudo de ótica através de módulos didáticos, procurando compartilhar significados através do emprego de diagramas adaptados a partir do Vê de Gowin. Para tal utilizam-se simulações de eventos com o uso de novas tecnologias e, também, experimentos convencionais que, fundamentados nas teorias de Vygotsky e Ausubel, possam conduzir o aluno a investigar o assunto proposto na questão-foco. A composição dos módulos propõe uma motivação inicial através de exposição oral questionada, com objetivo de despertar no estudante seus conhecimentos prévios e motivá-lo para o desenvolvimento das atividades que se seguem. Em cada um dos módulos é proposta uma atividade de construção de um ou mais diagramas Vê a ser realizada em grupo, tendo como evento um ou mais experimentos virtuais (simulações, *applets*, etc.) ou reais, acompanhada de um guia simplificado. A aplicação desta proposta de trabalho ocorreu no 4º bimestre letivo do ano de 2006 na Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Araby Augusto Nácul, em Lagoa Vermelha, RS, com uma turma de 3ª série de ensino médio noturno de dezoito alunos, na faixa etária de 17 anos, que foram divididos em seis grupos. A avaliação foi feita através: (i) da análise de cada uma das categorias dos diagramas Vê construídos, utilizando-se um protocolo para atribuir-lhes grau ou nota, adaptando-se proposta apresentada por Gowin e Alvarez¹; (ii) da participação em sala de aula durante os trabalhos; (iii) apresentação dos diagramas em sala de aula ao grande grupo. Foi aplicado um teste² como pré e pós-teste, respectivamente, antes do início da proposta e no seu término. O material desenvolvido é apresentado na forma de um hipertexto e compreende seis módulos didáticos, compostos dos diagramas Vê adaptados, das atividades propostas incluindo os experimentos, reais e virtuais (simulações), do material de apoio com conteúdos dos módulos e, ainda, de exercícios de fixação. O material instrucional foi disponibilizado para os alunos de forma gradativa no decorrer da aplicação da proposta, pretendendo-se com isto evitar o contato com o material de apoio antes da construção dos diagramas Vê. O material instrucional acompanhado de orientações de seu uso será divulgado na série *Hipermídias de Apoio ao Professor de Física*³, podendo ser adaptado para utilização por outros professores no seu contexto escolar.

Apoio: CAPES.

Palavras-chave: Ótica; Diagrama Vê de Gowin; Teoria de aprendizagem significativa de Ausubel; Teoria da interação social de Vygotsky; Experimentos reais e virtuais.

¹Gowin, D.B.; Alvarez, M. C. The art of educating with V diagrams. New York: Cambridge University Press. 2005.

²HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 10, n. 3: p. 220-234, dez. 1993.

³ Série publicada pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/Hipermídias/HA.html>. Acesso em: 19 ago. 2007.

O *FEEDBACK* PROCESSUAL: FERRAMENTA DE CONTROLE DA NAVEGAÇÃO EM HIPERMÍDIA EDUCACIONAL PARA O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Alberto Pessoa da Costa [albertpess@hotmail.com]

Colégio Militar de Santa Maria/RS

Gilberto Orengo [orengo@unifra.br]

Mestrado Profissional em Ensino de Física e de Matemática

Centro Universitário Franciscano – UNIFRA/RS

Rua dos Andradas, 1614 – Santa Maria/RS

Luis Fernando Gastaldo [lfgastaldo@terra.com.br]

Colégio Estadual Maria Rocha /RS

Este trabalho propõe a criação de uma ferramenta de controle da navegação, em uma aplicação hipermídia educacional, como facilitadora do processo ensino-aprendizagem de Física: o *feedback* processual. A partir da constatação da importância didática da hipermídia e ao admitir o potencial didático-pedagógico dos recursos tecnológicos como facilitadores da aprendizagem significativa, identifica-se a importância do *feedback* no processo ensino-aprendizagem de Física, seja nos ambientes convencionais de ensino seja nos digitais. Neste cenário, percebe-se que o uso do meio digital pode levar ao isolamento didático do educando e, ao mesmo tempo, privá-lo do processo de reflexão crítica que o ambiente de sala de aula pode proporcionar. Assim, o *feedback* processual, servirá como sustentáculo para a intervenção didático-pedagógica por parte do professor, o qual passará então a contar com um recurso digital que, apesar de não substituir o espaço sociocultural da sala de aula, permitirá uma compreensão maior das dificuldades de aprendizagem.

Palavras-chave: Interação sensorial, retroalimentação, aprendizagem significativa, intencionalidade pedagógica.

UTILIZANDO A CÂMARA ESCURA PARA ENSINAR BIOLOGIA E FÍSICA NAS SÉRIES INICIAIS E FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Elóa Muxfeldt [emuxfeldt@terra.com.br]

Colégio Maria Imaculada

Colégio Estadual Odila Gay da Fonseca, Porto Alegre/RS, Brasil

Karen Espíndola [renaka@pop.com.br]

Daniela Fermi [daniferme@hotmail.com]

Joice Elisa Castro [sampaiodesa@ig.com.br]

Colégio Estadual Odila Gay da Fonseca, Porto Alegre/RS, Brasil

Este artigo relata duas práticas desenvolvidas com alunos de diferentes etapas do ensino fundamental: quarta série do ensino fundamental do Colégio Estadual Odila Gay da Fonseca, onde através de um projeto interdisciplinar introduzimos os conceitos de Biologia e Física nas séries iniciais pela primeira vez em nossa escola; e, oitava série do ensino fundamental do Colégio Maria Imaculada, através de uma oficina oferecida a um grupo de alunos preparando-os para uma exposição da Feira de Ciências que acontece na escola a cada dois anos. As duas práticas aconteceram no segundo semestre de 2006.

Na atividade com a quarta série, os alunos tiveram aulas de laboratório compartilhando conceitos de Biologia e Física sobre olho humano, formação da imagem, propagação da luz e instrumentos ópticos. A aula introdutória foi rápida de mais ou menos 2 horas, onde eles visualizaram e discutiram sobre os conceitos, para posterior entendimento do funcionamento da câmara escura, onde além de terem acesso à técnica de fotografia, eles participaram do processo de revelação de negativos e positivos. As fotografias foram tiradas pelas crianças nas proximidades da escola que fica no bairro Ipanema.

Na oficina com a oitava série, os alunos receberam material para estudo, sobre propagação da luz, formação de imagens, instrumentos ópticos, olho humano, a química envolvida no processo de revelação, as funções e partes do olho humano. Eles deveriam ler o material e após, tirar dúvidas em três momentos com as professoras de Biologia e Física. A parte prática de tirar fotografia foi acompanhada pelas professoras no pátio do Colégio Maria Imaculada.

A parte de revelação foi realizada em um laboratório improvisado em um banheiro na escola Estadual Odila Gay da Fonseca, o mesmo espaço utilizado pelas crianças da quarta série.

Estas atividades evidenciam a possibilidade de introduzir conceitos de Física e Biologia tanto nas séries iniciais quanto nas séries finais do ensino fundamental, e mostra ainda que o tema gerador: Câmara escura é um assunto que gera motivação e torna a aprendizagem destes alunos mais significativa nas duas áreas do conhecimento tanto em uma escola estadual quanto em uma escola particular.

O pôster mostrará como as atividades foram desenvolvidas por estes dois grupos de alunos do ensino fundamental.

Palavras-chave: Interdisciplinariedade, ensino de Física, ensino de Biologia, Ensino Fundamental

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CONSTANTE DE PLANCK¹

André Ferreira Novaes de Almeida [andrenovaes2@hotmail.com]

Área de Física – Universidade de Passo Fundo

Campus I, Bairro São José, 99001-970, Passo Fundo, RS - Brasil

Cleci Werner da Rosa [cwerner@upf.br]

Área de Física – Universidade de Passo Fundo

Campus I, Bairro São José, 99001-970, Passo Fundo, RS - Brasil

Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC

Campus Universitário, Trindade, 88040-900, Florianópolis, SC – Brasil

A observação de Max Planck, de que a luz seria produzida em pequenos “pacotes” de energia, os quanta, e a descoberta de Einstein de que a energia de um fóton de luz é igual à frequência multiplicada pela constante de Planck, deram origem à Física Quântica. Neste trabalho, foi desenvolvido um método experimental para a determinação da constante de Planck, que poderá ser utilizado nas aulas experimentais de Física Moderna. Através da análise da luz projetada numa rede de difração, foram determinadas as frequências emitidas por três LEDs (diodos emissores de luz) de três cores diferentes, e a energia fornecida aos LEDs foi calculada pela energia elétrica gerada em um circuito, que envolveu uma fonte de corrente contínua associada aos três LEDs em paralelo. Dessa maneira, determinamos indiretamente a constante de Planck. Os pontos críticos foram a medida da tensão limiar a partir da qual o LED começa a emitir, e a busca pelo desvio nas medidas das figuras de difração.

Os resultados do experimento podem ser considerados bons, apesar de não terem sido utilizados instrumentos de alta precisão, uma vez que optamos por utilizar materiais alternativos e de fácil aquisição. Entretanto, os resultados obtidos mostraram a necessidade de se realizar as medidas com a maior variedade possível de cores emitidas, já que a falta de precisão afeta as análises individuais do comportamento dos LEDs. Porém, quando se calcula o valor médio da constante de Planck, há uma diminuição no desvio percentual em relação ao valor da constante. Uma possível fonte de desvio de medida pode estar na aquisição das curvas características dos LEDs, pois pode haver uma má calibração do voltímetro e amperímetro, e o comportamento não linear das curvas de LEDs reais gera um erro devido à necessidade de utilizar apenas a porção linear da curva, de maneira a aproximar para o comportamento de um LED ideal, onde a curva $I \times V$ é linear em todo o intervalo. Outro aspecto relevante está no fato de que as regiões de máximo de intensidade nas figuras de difração se apresentam não como pontos, mas sim como áreas de dimensão finita, o que gera uma imprecisão na medida da posição de cada máximo da difração.

O desvio percentual, entre o valor médio obtido na pesquisa e o valor de h foi de 5,13 %, indicando que a ordem de grandeza foi alcançada, supondo-se que, se as medidas forem reproduzidas mais vezes, ou com instrumentos de maior precisão, resultados mais próximo do valor anunciado para a constante de Planck poderão ser atingidos. Porém, independentemente disso, o experimento apresentado carrega uma importância fundamental com respeito ao aprendizado e fornece motivação para a prática da Física Experimental.

Palavras-chave: Experimentação; Energia; Constante de Planck.

¹ Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

UM RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE O ENSINO DE TÓPICOS DE BIOMECÂNICA NAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Adriana Marques Toigo [prof.adry@terra.com.br]
Centro Universitário La Salle
Cursos de Licenciatura e Bacharelado em Educação Física
Av. Victor Barreto, 2288
Canoas, RS
Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências
Universidade de Burgos, Espanha

A aplicação prática da Biomecânica no cotidiano de quem se exercita regularmente e as recomendações contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais justificam a importância da inclusão desses conteúdos nas aulas de Educação Física escolar de maneira complementar às aulas práticas. O presente estudo relata duas experiências envolvendo o ensino de conteúdos de Biomecânica em aulas de Educação Física nas séries iniciais do ensino fundamental ministradas em dias de chuva em uma escola pública federal da cidade de Porto Alegre, RS. Na primeira experiência abordou-se a osteologia, abarcando conceitos como ossos, cargas que atuam sobre o corpo e fraturas. Inicialmente houve uma exposição teórica sobre as funções dos ossos utilizando um esqueleto humano articulado e diapositivos (com fotos e animações digitais) para apresentar os tipos de ossos; a importância do esqueleto no corpo humano; conceitos biomecânicos sobre efeitos de cargas impostas ao sistema músculo-esquelético (o que é força, quais as forças que atuam sobre o corpo humano); os tipos de lesões ósseas e sua prevenção, as consequências das lesões no sistema esquelético e, finalmente, o tratamento de lesões causadas por traumas. Em outra oportunidade, os alunos confeccionaram cinco ossos de argila de acordo com um modelo ilustrado em um polígrafo de apoio. Após a secagem dos moldes de argila, retomou-se o tema das fraturas ósseas, bem como as cargas que as originam. Os alunos aplicaram cargas de compressão, tração, inclinação, torção e cisalhamento a cada peça de argila a fim de observar o efeito das mesmas e, analogamente, estabelecer comparações com os ossos do corpo humano. A segunda experiência tratou da miologia através do estudo dos conceitos de músculo, neurônio e força, entre outros. O objetivo foi enfatizar o tecido muscular como único capaz de exercer força no corpo humano através da conversão da energia química proveniente dos alimentos em trabalho mecânico. Inicialmente, houve uma explanação teórica sobre o assunto. Os alunos novamente dirigiram-se ao esqueleto humano dissecado e observaram que ossos por si só não são capazes de movimentarem-se. A partir dessa observação, foram introduzidos conceitos como movimento, força e torque, comparando cada um deles às situações de fácil compreensão. Em outro momento, foi proposta uma atividade prática, para a qual foram fornecidas bonecas, massa de modelar de diferentes cores e mapas da musculatura estriada esquelética. O objetivo dessa atividade foi possibilitar aos alunos que observassem nos mapas que os músculos tinham formatos, tamanhos, nomes e posições diferentes, reproduzindo a musculatura nas bonecas através da massa de modelar. Durante a apresentação dos modelos produzidos pelas crianças, algumas questões biomecânicas e funcionais foram novamente retomadas. O resultado do trabalho realizado com os alunos foi bastante positivo, o que pôde ser percebido através de relatos orais e escritos feitos pelos mesmos.

Palavras-chave: biomecânica, Educação Física escolar, séries iniciais.

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE REFRAÇÃO UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO

Thiago de Lima Ferreira

CEDERJ - Pólo Campo Grande

Mangueira, 20.943-001, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Bruno Areal de Santana

Frederico Alan de Oliveira Cruz [fao_cruz@yahoo.com]

Instituto de Física - UFRRJ

BR-465, Km 7, 23.890-000, Seropédica, RJ - Brasil

Um dos grandes desafios no ensino da Física é evitar as demonstrações apenas matemáticas dos princípios fundamentais, mas sim mostrar ao aluno como chegamos a esses princípios ou demonstrar a validade das equações a eles apresentadas. No estudo de Física no Ensino Médio o professor deve colocar os alunos frente a situações concretas de forma a ajudá-los a compreender a natureza da ciência e do conhecimento científico (Aguiar, 2000). De uma forma geral o uso de demonstração experimental em sala de aula ou a execução e aulas práticas, como auxílio pedagógico, possibilita ao aluno verificar como é fundamental uma teoria científica que esta seja consistente com evidências experimentais por ele observada além de ter contato com linguagens e procedimentos de aplicação muito ampla, tais como sistemas de unidades, gráficos, modelos matemáticos, tratamento de erros experimentais, que fazem parte da maioria dos processos produtivos modernos, e a familiaridade com eles é um requisito importante para o acesso a mercados de trabalho de base tecnológica (Aguiar 2000). Dos muitos dos fenômenos ópticos apresentados aos alunos o fenômeno de refração é aquele que na maioria das vezes toma-se pouco claro ao aluno. Com base da discussão acima propomos então a determinação do índice de refração de uma placa de acrílico com o auxílio, visto que a determinação do índice de refração é pouco ou quase nunca realizada em sólidos. Neste trabalho uma placa de 20 mm de espessura foi dividida em quatro regiões iguais e em cada uma dessas regiões três pontos foram escolhidos para se fazer a incidência, sob os ângulos de 30° , 45° e 60° , de um feixe LASER. Através do desvio encontrado em cada ponto foi possível determinar o desvio médio do feixe para cada um dos ângulos e em seguida determinar o índice de refração da placa utilizando a Lei de Snell e princípios básicos de geometria. Com os procedimentos descritos acima foi encontrado para essa placa foi de $1,48 \pm 0,06$ valor muito próximo do apresentado da literatura de 1,49 para uma placa de acrílico.

Palavras-chave: índice de refração, LASER, acrílico.

**RELAÇÃO DOS MINICURSOS E OFICINAS
OFERECIDOS**

1. Projetos de Física de baixo custo com foco na inovação/Oficina de desafios/Projetos de Aerodinâmica

Prof. Eduardo Valadares

O presente minicurso será constituído por três oficinas:

Projetos de Física de baixo custo com foco na inovação:

Os participantes desenvolverão projetos abrangendo diversos tópicos de Física a partir de instruções gerais, materiais de baixo custo e ferramentas básicas. Serão constituídas equipes que serão estimuladas a explorar alternativas e a concepção de novos projetos. Ao final os diversos projetos serão apresentados pelas equipes e será debatido como utilizar o aprendizado pró-ativo baseado em projetos para aumentar o interesse dos alunos pela física e suas aplicações no dia-a-dia.

Oficina de desafios:

Nesta oficina os participantes, constituídos em equipes, farão inicialmente um "brain storm" para identificar problemas práticos que demandem a aplicação de conceitos básicos de física. A seguir os grupos serão estimulados a definir metas, prioridades e a planejar e implementar um protótipo com os itens disponíveis. Ao final cada grupo apresentará o seu protótipo, enfatizando os conceitos físicos subjacentes e a sua contextualização.

Projetos de Aerodinâmica:

Vários projetos sobre aerodinâmica serão propostos para os participantes baseados no livro "Aerodescobertas". Pretende-se estimular a percepção de conceitos básicos utilizando-se protótipos simples com ênfase em inovação e no trabalho em equipe.

2. Simulações e preparação de material didático com uso do Excel

Prof. Wilson A. Soares

Trata-se de um curso onde são feitas simulações, de situações em física e matemática, com o uso do Excel. Existe uma quantidade muito grande de material desta natureza disponível na web, além de muitos softwares que também permitem estas simulações. O problema é que nem sempre se tem acesso à Internet nas salas de aula, nem sempre se dispõe dos softwares ou não se tem prática com os seus usos. A proposta de uso do Excel se deve ao fato dele ser de uso fácil, a maioria dos computadores já possuem este aplicativo instalado e o aprendizado das poucas ferramentas a serem utilizadas não é complexo. Isto permite aos professores desenvolver planilhas adequadas às suas necessidades.

3. Exploração de material de apoio didático para o primeiro contato formal com Física: Fluidos

Profs. Felipe Damasio & Maria Helena Steffani

O ensino de Ciências, em especial o de Física, tem sido um grande desafio. É preciso romper com o modelo pedagógico vigente na maioria das escolas, onde os conceitos físicos são apresentados de forma abstrata, sem contextualização e, por conseqüência, sem despertar o interesse dos alunos. Para tentar promover um ensino de Física mais prazeroso produziu-se um material sobre tópicos de Física, organizados em módulos independentes sobre Fluidos, Eletromagnetismo, Óptica e Ondas e Acústica, para serem utilizados no primeiro contato formal com o ensino da Física e/ou Ciências. Este material baseia-se na interação entre história da ciência, relação com o cotidiano, aulas de laboratório e aulas em ambiente virtual. O presente curso tem por objetivo orientar professores para explorar o material de apoio didático do módulo de Fluidos, que é composto por aulas de laboratórios, textos para-didáticos com técnicas de dinâmica de grupo e aulas em ambiente multimídia.

4. Aprendendo Física com o auxílio da Informática

Profs. Fabrício Soares & Natanael Bobsin Strasburg

O objetivo deste trabalho é explorar as potencialidades de alguns softwares educativos destinados ao ensino de Física. Novas tecnologias podem contribuir muito para uma melhor aprendizagem de vários conteúdos, pois dão a oportunidade dos alunos visualizarem conceitos impossíveis de serem percebidos com o lápis e o papel, cujas experiências práticas são de difícil execução nas salas de aulas convencionais. Nossa proposta contempla a utilização dos seguintes softwares: Laboratório Virtual que é um conjunto de pequenos programas desenvolvidos pela UNESP (Universidade Estadual Paulista – unidade de São José do Rio Preto), Virtual Labs Electricity que permite simular a construção e o funcionamento de circuitos elétricos e o Modellus que permite uma modelagem interdisciplinar (Física-Matemática) de fenômenos físicos.

5. Modelos de transporte: implicações sócio-ambientais

Profs. Antonio Marcos Teixeira Dalmolin, Décio Auler, Marcia Soares Forgiarini & Veridiana dos Santos Fenalti

No presente minicurso pretendemos desenvolver uma temática sobre conservação e degradação de energia em modelos de transporte e discutir implicações sócio-ambientais vinculadas à degradação de energia nestes modelos de transporte.

6. Fundamentos de Mecânica Quântica para professores de Física

Profs. Carlos Raphael Rocha & Victoria Elnecave Herscovitz

A necessidade de conhecer a teoria quântica, ainda que não em nível aprofundado, é algo imperioso nos dias de hoje para quem estiver interessado em lecionar Física, trabalhar em Computação e em áreas da Engenharia. Considerando a dificuldade existente na compreensão dos conceitos fundamentais da Mecânica Quântica (MQ), este curso visa à apresentação de tais conceitos fazendo os participantes exporem seus conhecimentos-em-ação para que através de interação se busque a transformação destes em conhecimentos que sejam compartilhados pela comunidade científica. Serão apresentados alguns exemplos de temas atuais que utilizam estes conceitos, com o intuito de estimular o participante no aprendizado da MQ.

7. Objetos de aprendizagem virtuais de física segundo a metodologia RIVED (Rede Interativa Virtual de Educação)

Profs. Luís Fernando Gastaldo, Solange Binotto Fagan, Ana Marli Bulegon, Antônio Vicente Lima Porto, Carmen Mathias & Eleni Bisognin

Os objetos de aprendizagem tem se mostrado uma alternativa pedagógica eficaz no ensino de conteúdos de disciplinas da Educação Básica. Essas atividades, no momento em que são realizadas em sala de aula, ou fora dela, fazem com que o aluno se questione e busque respostas às suas dúvidas, descobrindo um caminho diferente do que está acostumado e obtendo acesso às respostas a partir das indagações por ele levantadas. Dentro desse contexto, desde 2005 a UNIFRA tem desenvolvido pesquisas para produção de conteúdos educacionais digitais a serem utilizados em diversas situações de aprendizagem, tanto por professores quanto por alunos. Este estudo tem dado ênfase na integração de aplicações tecnológicas no currículo e não no uso da tecnologia em si, cuja filosofia está alinhada aos princípios defendidos pelo RIVED. Com base nestes princípios é que este minicurso será desenvolvido promovendo a divulgação e utilização destes objetos de aprendizagem.

8. Uso do Computador em Experimentos Didáticos de Física

Profs. Wictor Magno & Silvio Cunha

Objetivos:

- Apresentar os fundamentos sobre instrumentação envolvendo o computador na aquisição de dados digitais;
- Conhecer e aprender a usar, de forma básica, as principais portas de entrada/saída de dados do computador;
- Reconhecer os diferentes tipos de sensores/transdutores físicos que podem ser usados e interfaceados ao computador para realização de medidas de grandezas físicas;
- Aplicar a placa de som e a porta de jogos do computador na construção de experimentos didáticos de física

9. Projetos de Física de baixo custo com foco na inovação/Oficina de desafios/Projetos de Aerodinâmica (tarde)

Prof. Eduardo Valadares

O presente minicurso será constituído por três oficinas:

Projetos de Física de baixo custo com foco na inovação:

Os participantes desenvolverão projetos abrangendo diversos tópicos de Física a partir de instruções gerais, materiais de baixo custo e ferramentas básicas. Serão constituídas equipes que serão estimuladas a explorar alternativas e a concepção de novos projetos. Ao final os diversos projetos serão apresentados pelas equipes e será debatido como utilizar o aprendizado pró-ativo baseado em projetos para aumentar o interesse dos alunos pela física e suas aplicações no dia-a-dia.

Oficina de desafios:

Nesta oficina os participantes, constituídos em equipes, farão inicialmente um "brain storm" para identificar problemas práticos que demandem a aplicação de conceitos básicos de física. A seguir os grupos serão estimulados a definir metas, prioridades e a planejar e implementar um protótipo com os itens disponíveis. Ao final cada grupo apresentará o seu protótipo, enfatizando os conceitos físicos subjacentes e a sua contextualização.

Projetos de Aerodinâmica:

Vários projetos sobre aerodinâmica serão propostos para os participantes baseados no livro "Aerodescobertas". Pretende-se estimular a percepção de conceitos básicos utilizando-se protótipos simples com ênfase em inovação e no trabalho em equipe.

10. Epistemologias do Século XX

Profs. Marco Antonio Moreira & Neusa Massoni

Apresentação sumária das principais idéias de Popper, Lakatos, Kuhn, Bachelard, Laudan, Toulmin, Feyerabend e Maturana, e discussão de algumas implicações para o ensino da Física.

11. Exploração de material de apoio didático para o primeiro contato formal com Física: Fluidos (tarde)

Profs. Felipe Damasio & Maria Helena Steffani

O ensino de Ciências, em especial o de Física, tem sido um grande desafio. É preciso romper com o modelo pedagógico vigente na maioria das escolas, onde os conceitos físicos são apresentados de forma abstrata, sem contextualização e, por conseqüência, sem despertar o interesse dos alunos. Para tentar promover um ensino de Física mais prazeroso produziu-se um material sobre tópicos de

Física, organizados em módulos independentes sobre Fluidos, Eletromagnetismo, Óptica e Ondas e Acústica, para serem utilizados no primeiro contato formal com o ensino da Física e/ou Ciências. Este material baseia-se na interação entre história da ciência, relação com o cotidiano, aulas de laboratório e aulas em ambiente virtual. O presente curso tem por objetivo orientar professores para explorar o material de apoio didático do módulo de Fluidos, que é composto por aulas de laboratórios, textos para-didáticos com técnicas de dinâmica de grupo e aulas em ambiente multimídia.
