

Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio

(Technologies of Information and Communication on the high school physics teaching in order to motivate and to extend the possibilities to improve the students learning)

Marcelo Antonio Pires¹ e Eliane Angela Veit²

¹Colégio Anchieta, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Recebido em 13/7/2005; Aceito em 4/4/2006

Neste trabalho descrevemos uma experiência didática em que foi introduzido o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física em nível médio a fim de ampliar as possibilidades de produzir ganhos na aprendizagem dos estudantes. Especificamente, criou-se um sítio sobre gravitação e temas afins e utilizou-se a plataforma de educação a distância TelEduc para se criar um ambiente virtual de aprendizagem potencialmente significativo para a aprendizagem deste tópico por parte de estudantes da primeira série do Ensino Médio de uma escola particular e tradicional de Porto Alegre, tendo como fundamentação especialmente a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Palavras-chave: tecnologias de informação de comunicação, ensino de Física, gravitação e aprendizagem significativa.

In this work we describe the use of Technologies of Information and Communication on the high school physics teaching in order to extend the possibilities to improve the students learning. For this purpose we had constructed a site on gravitation and similar subjects and we had used a learning management system (TelEduc) to create an virtual environment potentially meaningful to the learning of this topic by first-year students of a traditional private high school of Porto Alegre, based on Ausubel's meaningful learning theory.

Keywords: technologies of information and communication, Physics Teaching, gravitation and meaningful learning.

1. Introdução

Nos últimos anos a carga horária das aulas de Física vem diminuindo drasticamente, levando os professores, cada vez mais, a selecionarem os conteúdos considerados importantes, o que invariavelmente acaba tornando-se sinônimo de mecânica clássica, ou provocando distorções ao fazerem uma abordagem extremamente superficial dos conteúdos, dando a impressão ao estudante que Física é um ramo da Matemática. Este fato é notado principalmente quando o professor de Física não possui formação específica em Física; o que é especialmente comum no ensino público.

Constata-se que tempo considerável das aulas presenciais é desperdiçado em tarefas burocráticas e outras de pouca efetividade para uma aprendizagem significativa da Física, como avisos, chamadas, leituras de textos, anotações, gabaritos, exercícios de fixação, reduzindo ainda mais o nobre tempo da aula presen-

cial. Estas tarefas podem ser disponibilizadas em uma plataforma de educação a distância ou remetidas via correio eletrônico, poupando tempo da aula presencial. Neste sentido, a aula estaria sendo ampliada para além do seu limite temporal usual. Adicionalmente, à plataforma de educação a distância pode ser acrescido material potencialmente significativo, de diferentes tipos - textos para leituras orientadas, simulações interativas, vídeos, *softwares* específicos - para a aprendizagem de conteúdos específicos. Denominamos de ambiente virtual de aprendizagem a tríade: plataforma de educação a distância, material potencialmente significativo para a aprendizagem de determinado conteúdo e os estímulos e usos que se faz de ambos para propiciar a interação estudante-professor, estudante-estudante e estudante-objeto de conhecimento. Segundo o modelo de ensino-aprendizagem de Gowin [1], todo evento de aprendizagem é composto por uma relação triádica entre o educador, os materiais educativos e o estudante. Acreditamos

¹E-mail: maikida@ig.com.br.

que, de certa forma, o ambiente virtual de aprendizagem consegue consubstanciar as relações triádicas de Gowin, pois facilita a relação do estudante e professor-coordenador com o material educativo (sítio de gravitação e outros materiais) e, especialmente através das ferramentas de comunicação, a relação entre o professor-coordenador e os estudantes e dos estudantes entre si.

Nossa proposta de inserção de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física visa ampliar a interação entre estudante-conhecimento-professor, utilizando recursos de tecnologias de informação (hipertextos e simulações interativas tipo *applet-java*) e comunicação (plataforma de educação a distância com fórum de discussão, diário de bordo e correio eletrônico) como estímulo em atividades presenciais e, especialmente, à distância [2]. Com isto, aumenta-se virtualmente a carga horária de Física, causando uma extensão da sala de aula.

Para atingir este objetivo construímos um sítio sobre gravitação e temas afins (ver Fig. 1). Tais tópicos são, com frequência, excluídos do ensino de Física em nível médio, apesar de serem de grande interesse dos estudantes e muito estimulantes para um aprofundamento de assuntos anteriormente estudados, tais como, Leis de Newton e Energia. Nosso sítio, repleto de ilustrações e principalmente simulações interativas tipo *applet-java* [3,4], disponível na rede [5], está organizado do seguinte modo: apresentação, introdução, leis de Kepler, gravitação, campo gravitacional, temas afins, animações interativas, exemplos de exercícios, resultado das animações interativas e créditos. As referências mais relevantes para a elaboração deste sítio constam nas Refs. [5,6].

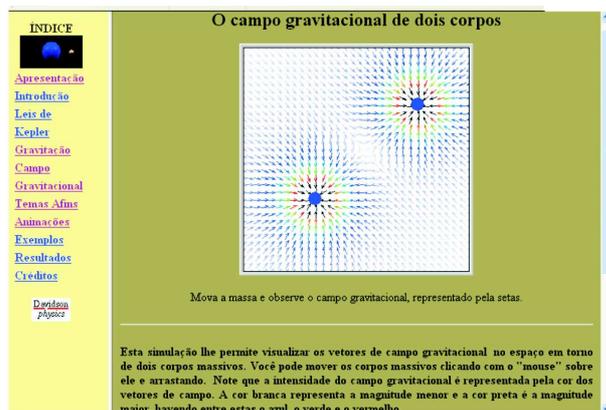


Figura 1 - Ilustra um exemplo de aplicação de uma simulação interativa tipo *applet* contido no sítio de gravitação e temas afins.

Utilizamos como suporte do curso, para infraestrutura virtual de comunicação, a plataforma de educação a distância TelEduc [7] onde disponibilizamos o material relacionado à gravitação e temas afins e

os estudantes depositaram as atividades realizadas nos Diários de Bordo individuais. Também exploramos no Teleduc ferramentas que motivaram a comunicação entre o professor-coordenador do curso (M.A. Pires²), os estudantes de Ensino Médio, o professor da turma³ e a orientadora (E.A. Veit). O curso no TelEduc [8] está instalado em um servidor do Instituto de Física da UFRGS⁴.

Neste trabalho apresentamos o relato da experiência didática realizada com este material, que esperamos seja motivador para professores que estejam à procura de metodologias alternativas às suas aulas tradicionais, e os resultados obtidos nas interações que ocorreram nos Fóruns de Discussão, especialmente no que concerne ao envolvimento e motivação dos estudantes com a matéria de ensino.

2. Referencial teórico

O referencial teórico adotado é a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel [9, 10] e a teoria de educação de Novak [1, 10], especificamente no que se refere à motivação do estudante e ao fato de que *Aquilo que o estudante já sabe, isto é, seu conhecimento prévio, parece ser o fator isolado que mais influencia a aprendizagem subsequente* (citando Ausubel, 1978, 1980) ([11], p. 12).

O assunto de gravitação e temas afins foi proposto exatamente na série em que o estudante aprendeu sistematicamente mecânica; portanto possuía, *teoricamente*, os subsunçores necessários para a aprendizagem do assunto proposto. A teoria de Ausubel propõe, ainda, que a aprendizagem significativa acontece quando o estudante consegue dar significados àquilo que ele internalizou, e espera-se que tais significados sejam aqueles compartilhados no contexto da matéria de ensino. Também para Gowin, que baseia seu modelo na tríade estudante-material instrucional-professor, *O ensino se consuma quando o significado do material que o estudante capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o estudante.* (citando Gowin, 1981, p. 81) ([10], p. 178).

Em nosso projeto, com os recursos de tecnologias de informação e comunicação, foi possível criar um material instrucional na forma de sítio, que inclui hipertextos, ilustrações, vídeos [12] e animações interativas [3,4], potencialmente significativo para a aprendizagem de gravitação e temas afins. A negociação de significados entre os sujeitos envolvidos (os autores deste trabalho, o professor da turma e os estudantes de Ensino Médio) foi particularmente potencializada pelos recursos da plataforma de educação a distância, especialmente o Correio Eletrônico e os Fóruns de Discussão. O ambiente virtual de aprendizagem serviu de suporte para a interação

²Na época estudante do Mestrado Profissional em Ensino de Física, UFRGS.

³Moacir da Rosa Miranda Junior, na época estudante do Mestrado Profissional em Ensino de Física, UFRGS.

⁴Interessados em acessar este curso podem entrar em contato com um dos autores para obtenção de uma senha de visitante.

da tríade estudante-material instrucional-professor, do modelo de Gowin. *As teorias de Ausubel, Novak e Gowin formam um corpo teórico coerente sobre aprendizagem e ensino... Ausubel enfatiza a construção cognitiva por meio da aprendizagem significativa. Novak assume que a aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva... Gowin propõe uma relação triádica entre estudante, materiais educativos e professor, cujo objetivo é o compartilhar significados. Quando este objetivo é alcançado, o estudante está pronto para decidir se quer ou não aprender significativamente.* ([10], p. 179).

Levamos em consideração uma proposta atual denominada *Just-in-Time Teaching* [13] que é uma estratégia de ensino-aprendizagem que mescla aulas presenciais, em que o estudante tem uma participação ativa, com recursos da *web*, que visam motivar e preparar o estudante para as aulas presenciais, bem como subsidiar os professores para que suas aulas atendam às necessidades dos estudantes. Desenvolvida para o ensino de Física em três instituições educacionais americanas no final dos anos 90, presentemente é utilizada por cerca de 250 professores em 80 instituições nos Estados Unidos, Canadá, Europa e Israel, em nível universitário e pré-universitário, em diversas áreas do conhecimento.

Em nosso projeto a participação ativa do estudante foi propiciada ao longo de todo processo, tanto através do uso das ferramentas de comunicação, quanto na exploração de animações interativas em que questões, cujas respostas dependiam crucialmente da manipulação das animações, eram propostas aos estudantes.

Na escolha da plataforma de educação a distância a ser utilizada como base para o ambiente de aprendizagem, não nos foi possível levar em conta critérios didático-pedagógicos [14, 15], pois só tínhamos à nossa disposição o Teleduc. Apesar de algumas limitações, como o fato de ser centrado em cursos e atividades, ao contrário do que ocorre na Rede COoperativa De Aprendizagem [16], por exemplo, que é centrada no usuário e no desenvolvimento de suas atividades, o Teleduc apresenta as ferramentas essenciais para o nosso trabalho: Fórum de Discussão, Diário de Bordo, Portfólios Individuais e Correio, além da Ferramenta Acessos, que permite ao professor-coordenador verificar quantos acessos ocorre, a cada dia, ou em um determinado período, em cada uma das ferramentas do TelEduc e na entrada geral do ambiente.

3. Contexto e metodologia

O projeto foi implementado em duas turmas da primeira série do Ensino Médio do Colégio Salesiano Dom Bosco [17] na cidade de Porto Alegre, RS, no mês de

novembro de 2003.

No último mês de aula de 2003, contando com toda a estrutura de *hardware* no colégio e *software* através do ambiente de aprendizagem criado nos servidores do Instituto de Física da UFRGS, foi proposto pelo professor da disciplina aos estudantes que se inscrevessem no curso do TelEduc. A inscrição não era obrigatória, mas o acompanhamento das atividades do curso dispensaria a realização da última prova do ano. Se participassem da experiência o resultado do bimestre seria calculado com as notas que já possuíam, não havendo necessidade de mais uma prova. Todos os estudantes optaram por participar da experiência. Durante o período de inscrição, apresentou-se tão somente uma visão panorâmica do que seria visto no curso através de um pequeno hipertexto [8].

Participaram da experiência sessenta e oito estudantes durante um período de quatro semanas, totalizando aproximadamente 12 horas de aula presenciais no horário da disciplina de Física. Os estudantes do colégio constituíam um grupo heterogêneo quanto à sua origem escolar, pois são provenientes tanto de escolas particulares, quanto da rede estadual e municipal de ensino. Durante as aulas, o professor da turma conduzia seus estudantes para o laboratório de informática a fim de realizar, usando os computadores, atividades propostas no curso do TelEduc sobre temas abordados no sítio de gravitação e temas afins [3]. As atividades envolviam a leitura de partes específicas do hipertexto e exploração de simulações interativas, a fim de i) responder questões relativas ao conteúdo, cujas respostas deveriam ser postadas nos Portfólios individuais, e ii) aprender conteúdos que lhes serviriam de subsídios para a contribuição nos Fóruns de Discussão. (Nas primeiras aulas utilizamos também as sessões de Bate-papo, mas os estudantes sistematicamente fugiam das discussões de conteúdo e as abandonamos). O professor da turma auxiliava os estudantes na solução de problemas relativos ao uso das TICs, mas procurava não interferir no conteúdo⁵, pois para isto o professor-coordenador do curso estava disponível. Este não participava da aula presencial e tampouco se conectava no ambiente de aprendizagem durante o horário de aula. Assim, a interação entre o professor-coordenador do curso e os estudantes ocorreu na forma virtual assíncrona. Porém, de modo muito intensivo, com participação sistemática em todos os Fóruns de Discussão e via mensagens eletrônicas. A professora-orientadora acompanhou todas as atividades no ambiente de aprendizagem, tanto na forma síncrona quanto assíncrona, mas evitou participar ativamente, exceto em resposta a mensagens eletrônicas que alguns estudantes do Ensino Médio lhe enviaram. Durante o

⁵Na aplicação que relatamos neste trabalho tínhamos interesse em verificar os resultados da experiência didática sem a interferência do professor da turma, para minimizar o número de envolvidos no processo. Não estamos propondo a substituição do professor da turma pelo uso de TICs. A próxima aplicação será feita por M.A.P. no ensino presencial com TICs.

desenvolvimento do projeto o professor-coordenador e a professora-orientadora visitaram o colégio para conhecer os estudantes e acompanhar a uma observação astronômica no pátio do colégio.

As atualizações do material disponibilizado no TelEduc ocorriam semanalmente, de preferência no final de semana, para possibilitar que os estudantes mais interessados – e com condições de uso de microcomputadores fora do colégio – pudessem dispor de mais tempo para acessá-lo. Além de disponibilizar novos tópicos no sítio de gravitação e temas afins, eram propostas discussões nos Fóruns de Discussão e resolução de questões baseadas nas animações interativas. Por exemplo, em relação à simulação interativa apresentada na Fig. 1, a atividade proposta aos estudantes consistia em responder as seguintes questões:

Como se comporta o vetor campo gravitacional exatamente no meio entre os dois corpos massivos?

Quando você coloca um corpo massivo exatamente sobre o outro, o que ocorre com a intensidade do campo gravitacional?

Algumas vezes o ambiente de aprendizagem foi utilizado como meio para obter informações sobre o efetivo conhecimento prévio dos estudantes.

Como elementos motivadores, destacamos os dois fatos astronômicos notáveis que ocorreram durante o desenvolvimento da experiência didática: uma aproximação ímpar entre a Terra e Marte (27/08/2003) e um belíssimo eclipse lunar (09/11/2003), além de uma observação astronômica com telescópio do Observatório Educativo Itinerante [18], realizada no pátio do Colégio Dom Bosco.

4. Resultados

Sob o ponto de vista de pesquisa em ensino de Física, a aplicação de nosso material e a análise dos seus resultados, apresentados nesta seção, devem ser consideradas como um *estudo exploratório*. Somente uma nova aplicação deste material, em que levemos em conta o conhecimento que adquirimos, poderá nos conduzir a resultados mais conclusivos. Posto isto, passamos a apresentar os resultados obtidos durante a implementação desta experiência didática e discutir, particularmente, as contribuições nos Fóruns de Discussão e os acessos dos estudantes nos períodos extra-aula.

A Tabela 1 foi construída com o uso da ferramenta Acessos, que permite verificar o número de acessos de estudantes e professores (formadores, na nomenclatura do TelEduc) em cada uma das ferramentas utilizadas, constante na primeira coluna da tabela. Na segunda coluna, são apresentados o número total de acessos dos estudantes, exclusivamente, a cada uma das ferramentas no período do dia 20/10/2003 ao 30/12/2003 em

que se realizou esta experiência didática e na terceira, a média de acessos por estudante, neste mesmo período.

Tabela 1 - Número de acessos dos estudantes (exclusivamente) a cada uma das ferramentas utilizadas no TelEduc, e a média de acessos por estudante.

Ferramenta do TelEduc	Acessos dos estudantes	Média de acessos/estudante
Estrutura do ambiente	185	2,7
Dinâmica do curso	345	5,1
Agenda	5311	78,1
Atividades e mural	1667	24,5
Fóruns de discussão	2762	40,6
Bate-papo	1051	15,5
Correio	1889	27,8
Perfil	1604	23,6
Diário de bordo e portfólio	2444	35,9

As atividades propostas semanalmente, basicamente desafios e questões instigantes, cujas respostas deveriam ser postadas nos Portfólios individuais, tinham a finalidade de motivar os estudantes a estudarem os hipertextos do sítio de gravitação e temas afins, bem como fazer com que interagissem com as simulações interativas.

Os estudantes estavam ansiosos, não somente por conhecerem as respostas corretas às perguntas, mas conhecê-las através de um gabarito, como é usual neste nível de ensino, e que muitas vezes conduz a mera aprendizagem mecânica. Nossa intenção não era lhes fornecer respostas, mas fomentar a discussão, as leituras e a exploração das simulações, de modo a propiciar melhores condições para uma aprendizagem significativa. Na última semana, concordamos em apresentar as nossas soluções. (Por exemplo, no caso das questões relativas à simulação da Fig. 1, logo abaixo de cada uma das duas questões, apresentamos a correspondente resposta: i) O campo gravitacional é bem menos intenso no meio, entre os dois corpos massivos e ii) A intensidade do campo gravitacional aumenta).

Para motivar a participação e o envolvimento dos estudantes e propiciar uma variedade de respostas que acalorassem as discussões, os Fóruns de Discussão foram propostos, ao longo de todo o curso, com questões abertas, não necessariamente formuladas de modo preciso e as intervenções essencialmente objetivavam adicionar elementos às discussões, sem inibir novas contribuições em que sentido fossem. No entanto, colocados desta maneira, os Fóruns de Discussão acabaram inviabilizando uma análise mais objetiva da apreensão de conteúdos. Nos propusemos a fazer uma avaliação qualitativa, para a qual a maior fonte de informação foi a contribuição dos estudantes nos Fóruns de Discussão [6], particularmente porque as respostas são pouco acadêmicas, provavelmente expressando melhor os conceitos dos estudantes sobre o assunto, o que em uma avaliação formal, muitas vezes, é substituído por memorização.

A Tabela 2 contém: o título de cada Fórum de Discussão, a questão inicial (em alguns casos o título é a

própria questão inicial), o número de contribuições dos estudantes e o número de contribuições do professor-coordenador.

Tabela 2 - Título dos Fóruns de Discussão e número total de contribuições de estudantes e do professor-coordenador.

	Fórum de Discussão	Contribuições estudantes	Contribuições prof. coord.
1	Se um satélite da Terra soltar uma bomba! Um satélite artificial da Terra, solta uma bomba. Não levando em conta os efeitos da resistência do ar, poderá a bomba chegar ao solo?	102	3
2	Queda livre de corpos Se a força gravitacional atua sobre todos os corpos, proporcionalmente a suas massas, por que um corpo pesado não cai mais depressa do que um outro leve?	77	3
3	Por que Marte esteve tão próximo neste ano?	65	2
4	Eclipses Como a Lua gira em torno da Terra aproximadamente 12 vezes durante um ano, não é de estranhar que este ano tenha ocorrido apenas dois eclipses lunares em Porto Alegre?	90	15
5	Por que a Lua não cai na Terra?	76	11
6	Por que os planetas têm movimento retrógrado?	52	12
7	O que aconteceria se: Cessasse o movimento de translação da Terra? Cessasse o movimento de rotação da Terra?	78	14
8	De qual das simulações da Introdução você gostou?	62	5
9	De qual dos endereços da Introdução você gostou?	47	6
10	Você quer participar de Observação Astronômica?	54	7
11	Astrologia não é ciência. Por que?	78	3
12	O que você mais gostou na Introdução do sítio?	44	8
13	Estudar Física usando recursos de Informática Como você está se sentindo estudando Física com recursos de Informática?	78	6

As primeiras sete questões dos Fóruns de Discussão tinham o objetivo de verificar a aprendizagem de conceitos físicos anteriormente estudados e de observar se os estudantes estavam dando o significado esperado aos novos conhecimentos de gravitação e temas afins. As seis questões seguintes visavam principalmente a manifestação do estudante quanto ao processo de aprendizagem, buscando estimulá-los à leitura dos hipertextos do sítio.

A avaliação da aprendizagem dos estudantes foi realizada levando em conta somente os Fóruns de Discussão de número 1 a 7, que envolvem o conteúdo de Física trabalhado nas atividades. Apresentamos a seguir alguns exemplos de contribuições dos estudantes no Fórum de Discussão: *Por que os planetas têm movimento retrógrado?* A análise das contribuições em todos os Fóruns de Discussão nos levou à criação de categorias, a fim de obter uma avaliação que qualificasse o envolvimento dos estudantes, como segue abaixo.

Categoria A: Transparece que o estudante tão somente se liberou da tarefa que lhe foi proposta. Inclui-se nesta categoria estudantes que comentam superficialmente respostas anteriores sem qualquer acréscimo

pessoal ou fazem comentários gerais vagos.

25⁶: *como assim o resultado dos movimentos da Terra? quando eu respondi eu disse que não tinha movimento retrógrado que legal a tua resposta porém vou pesquisar mais sobre isso.*

13: *depende do teu ponto de vista... Por que uma hora ele está indo por um lado do sol, e outra hora está voltando pelo outro lado... (tenho quase certeza ki eu erreí...)*

Se sim: disque 99999901

Se não: disque 99999902 e me corrija.

Categoria B: Transparece que o estudante copiou uma afirmativa de alguma fonte. Incluem-se aí, estudantes que certamente ou aparentemente copiaram comentários feitos pelos colegas ou de outras fontes.

17: *Porque r produto escalar V é constante quando a Força é central... Isso faz com que o T seja 0... se t é zero, $dL/dt = t = 0$... Se integrarmos isso vamos $qL = \text{constante}$... logo $L = R \times P$ ($p = mv$) é igual à L_0 q é constante... o vetor normal ao deslocamento e velocidade (os 2 formam um plano) é constante! Isso faz com que fiquem num mesmo plano!*

9: *porque há um ciclo dos planetas onde em deter-*

⁶Substituímos os nomes dos estudantes por números, a fim de proteger suas identidades.

minadas épocas eles diminuem a sua velocidade originando o movimento retrógrado, parecendo que eles estão se movimentando pra trás. (Cópia do depoimento do estudante 14, postada no Fórum de Discussão 7 minutos antes deste depoimento.)

Categoria C: Transparece que o estudante se envolveu na discussão proposta, apresentando afirmativas que envolvem conteúdo de Física, mas que não estão corretas.

25: *bom... Retrógrado????????? enfim eu acho que é porque se tivesse uma movimentação para trás não haveria uma certeza de estações, climas, o universo seria completamente desorganizado.*

43: *Por causa dos movimentos da terra e do sol.*

Categoria D: Transparece que o estudante se envolveu na discussão proposta, apresentando afirmativas que envolvem conteúdo de Física, com argumentação coerente, ainda que não responda apropriadamente a questão proposta.

14: *Porque os planetas têm um ciclo onde em determinadas datas diminuem sua velocidade dando origem ao movimento retrógrado dando a impressão que está se deslocando para trás.*

16: *Porque em certas épocas o movimento dos planetas muda, passando a ficar mais lento e dando a impressão de estar indo para trás. Mas na verdade, um planeta nunca se move para trás. É como se o planeta invertesse seu movimento em certas épocas e passasse assim a efetuar um movimento retrógrado (que no caso, é mais lento).*

Categoria E: Transparece que o estudante se envolveu na discussão proposta, apresentando afirmativas que envolvem conteúdo de Física, com afirmativas corretas.

22: *Pelo que observei, os planetas só parecem ter movimento retrógrado, é uma ilusão causada pelo resultado da combinação dos movimentos dos planetas em torno do Sol e da Terra.*

49: *Um planeta com órbita exterior à da Terra entra em movimento retrógrado quando a Terra “ultrapassa” esse planeta ao descrever a sua órbita anual em torno do Sol.*

A contribuição dos estudantes nestes Fóruns de Discussão foi, em média, uma em cada fórum, com um desvio padrão de um.

Na Tabela 3 vêem-se os percentuais de respostas nas categorias, para os Fóruns de Discussão de número 1 a 7. Somamos as categorias A e B que representam contribuições de estudantes que parece que não se envolveram com a discussão do Fórum. Consideramos que a soma das categorias C, D e E, representa as contribuições dos estudantes envolvidos na discussão do Fórum. A categoria C representa contribuições de estudantes que apresentam geralmente conceitos de Física em desacordo com os conceitos científicos atuais, mui-

tos destes intuitivos. A categoria D representa contribuições de estudantes que geralmente não observaram atentamente qual era o modelo físico proposto na pergunta (ex: desconsidere resistência do ar). A categoria E, representa contribuições de estudantes que apresentam conceitos físicos de acordo com os conceitos estudados e notaram o modelo físico adotado na pergunta. Observa-se na Tabela 3 que, na média, 67% dos estudantes se envolveram na discussão (categorias: C+D+E), sendo que aproximadamente 22% dos estudantes cometeram erros no conteúdo de Física (categoria: C). Os demais estudantes, 45% (categorias: D+E), além de motivação, não cometeram erro de física e apresentaram raciocínio correto e/ou coerente, sob o ponto de vista de Física. Consideramos que estes apresentam indícios de aprendizagem significativa⁷ [19].

Tabela 3 - Percentuais das contribuições dos estudantes nas categorias correspondentes aos Fóruns de Discussão de número 1 a 7, apresentados na Tabela 2.

Categorias	A+B	C	D	E
Fóruns				
1	30%	13%	43%	14%
2	30%	40%	10%	20%
3	55%	6%	3%	36%
4	38%	33%	5%	24%
5	44%	34%	3%	19%
6	23%	19%	25%	33%
7	13%	8%	0%	79%
Média	33%	22%	13%	32%

Apresentamos no que segue a análise de alguns resultados que julgamos importantes, principalmente sobre as contribuições dos estudantes nos Fóruns de Discussões e os acessos em período extra-aula.

Fizemos um levantamento, tomando por base apenas os acessos aos Fóruns de Discussão. Notamos que o total de acessos a todos os Fóruns de Discussão é de 3208. Subtraindo os acessos em dias letivos, resulta em 1442. Subtraindo os acessos dos professores, com cuidado de não incluir os acessos que já haviam sido subtraídos nos dias letivos, resulta em 1188 acessos. Constatamos através do TelEduc que 43% dos acessos dos estudantes aos Fóruns de Discussão ocorreram em dias não-letivos, resultando em uma média de 17,5 acessos/estudante. Considerando que nos dias letivos todos os estudantes presentes à aula acessaram o ambiente, o percentual de 43% nos parece bastante significativo. Além do que, muito provavelmente, ocorreram acessos extra-aula em dias letivos e muitos acessos ao sítio de gravitação e temas afins ocorreram sem passar pelo TelEduc.

Em relação às animações interativas exploradas, em número de 18, observou-se muito entusiasmo por parte dos estudantes que, em sua grande maioria jamais havia utilizado o computador como uma ferramenta cognitiva. No Fórum de Discussão em que os estudantes

⁷Foge ao escopo deste trabalho uma análise qualitativa de maior envergadura, que permitiria inferências também sobre a aprendizagem dos conteúdos.

opinaram sobre Estudar Física usando recursos de informática (Tabela 2, número 13), 69 contribuições (82% do total) foram muito favoráveis, 4 indiferentes, 3 com reservas e 2 desfavoráveis.

5. Comentários finais

Nossa avaliação indica que conseguimos viabilizar a proposta de aumentar virtualmente a carga horária de Física, propiciando uma extensão da sala de aula, pois o cômputo dos acessos dos estudantes ao ambiente virtual de aprendizagem, fora dos dias letivos, resultou no mínimo em 40% dos acessos. Isto sugere uma alternativa para minimizar os efeitos da redução histórica da carga horária de Física no Ensino Médio.

Notamos também, nas contribuições dos estudantes nos Fóruns de Discussão, que 67% se envolveram no projeto e 82% expressaram serem favoráveis a esta proposta de aprendizagem de Física. Estes resultados sugerem que conseguimos motivar significativamente os estudantes, o que é essencial segundo Ausubel e Novak para atingir uma aprendizagem significativa. Os Fóruns de Discussão propiciaram verificar particularmente se “o significado do material que o estudante capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o estudante” ([10], p. 178, cita Gowin).

O professor da turma afirma que, apesar da implementação da experiência didática ter ocorrido apenas no último mês de aula que, geralmente, é mais “turbulento”, os estudantes ficaram envolvidos muito mais do que em outras disciplinas que mantiveram a forma tradicional de ensino, assim como muito mais envolvidos com as aulas de Física do que em anos anteriores. Inclusive na avaliação dos estudantes realizada ao final do ano letivo, o professor da turma foi o melhor cotado dentre todos os professores da série, particularmente graças ao seu entusiasmo e inovação em suas aulas. Não se pode deixar de considerar que tamanho entusiasmo se deva em grande parte ao fator novidade; ainda assim, nossos resultados estariam mostrando que se podem entender as aulas de Física além dos seus limites espaciais e temporais pelo menos enquanto o fator novidade estiver presente. Parece-nos que esta experiência didática teve o tempo adequado para o envolvimento requerido do estudante. Se fosse maior, tornar-se-ia algo corriqueiro, e poderia reduzir o entusiasmo dos estudantes.

Tradicionalmente o assunto de gravitação é proposto no final do ano letivo, quando o é, o que muitas vezes faz com que, por falta de tempo hábil, acabe não sendo estudado. Também se nota que este assunto é pouco explorado nas provas de vestibular, o que acaba contribuindo para que seja eventualmente descartado do currículo real. Porém trata-se de uma das interações fundamentais da natureza, sendo essencial para a interpretação da realidade cotidiana do estudante, especialmente se levarmos em consideração que os meios de comunicação apresentam notícias com informações

de Astronomia que raramente são discutidas em aula e muito menos contextualizadas em um assunto específico de Física. Por estes motivos, optamos por este tema, porém apresentando-o fortemente associado à Astronomia, e contextualizado com os eventos astronômicos (aproximação ímpar entre a Terra e Marte e um eclipse lunar) que ocorreram durante o período da experiência didática, e apresentando uma visão de Física como uma Ciência viva, inacabada, sob contínua evolução.

O uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), particularmente de simulações interativas tipo *applet*, pode ser uma alternativa complementar as, cada vez mais, escassas aulas experimentais, pois a maioria dos colégios dispõe de alguns computadores equipados com Internet, mas muito poucos possuem condições de manter um laboratório de ensino de Física. Particularmente, em nosso caso, os *applets*, não poderiam ser substituídos por aulas experimentais. Existem assuntos da Física, em que as simulações interativas podem ser de extrema valia para compreensão de um fenômeno.

De um modo geral os colégios pretensamente se preocupam com o ensino de Informática como algo essencial na formação do cidadão [20], mas este conhecimento é apresentado de modo isolado, em vez de ser tratado como um instrumento no ensino-aprendizagem de Física, de Matemática, entre outras disciplinas [21]. Vale ressaltar a ênfase dada atualmente pelos parâmetros curriculares nacionais [22] que estimulam o aprendizado da tecnologia usada para o desenvolvimento do conhecimento da disciplina. As atividades propostas visaram motivar os estudantes a envolverem-se com informática e fazerem uso dos recursos da *web* para o seu aprendizado, tornando significativo seu conhecimento em informática, especialmente apresentando a *web* como uma alternativa a mais para o aprendizado e não apenas como entretenimento, e o computador como uma ferramenta cognitiva para a aprendizagem de Física.

Parece-nos que este é um dos maiores desafios no uso de TICs com os estudantes do Ensino Médio: motivar o uso da informática como ferramenta cognitiva de aprendizagem de Física e não, apenas e exclusivamente, como serviço de entretenimento ou comunicação, bastante comum no cotidiano deles.

Temos consciência de que o ensino usando TICs exige do professor muito mais tempo de trabalho extra-aula, agravando fortemente o problema de baixa remuneração do professor. Sabemos que um grande número de professores, para manter o nível econômico, submete-se a uma assoberbada rotina de trabalho (vários empregos e muitas turmas), pois são mal remunerados e não costumam receber qualquer remuneração pelo trabalho extra-aula. Esperamos que o uso de TICs no ensino venha a dar subsídios para a questão, já há muito discutida, da hora-atividade extra-aula.

Devemos considerar o fato de que a avaliação de um projeto como este não deveria ser medida tão so-

mente pelo ganhos de aprendizagem a curto prazo, pois o estímulo causado por uma experiência como esta pode ter conseqüências futuras marcantes, ao dar uma nova visão da Física para o estudante.

Enfim o número de acessos dos estudantes ao ambiente virtual de aprendizagem em horários extra-classe⁸ e seu envolvimento nos Fóruns de Discussões são indícios de que conseguimos viabilizar a proposta de aumentar virtualmente a carga horária de Física, propiciando uma extensão da aula. Na avaliação dos estudantes o projeto foi muito estimulante, motivando-os marcadamente para a aprendizagem de Física. A extensão das aulas de Física propiciou a disponibilização de informações atualizadas de Física e Astronomia, no sentido de minimizar a defasagem curricular e apresentar a Física como uma Ciência em desenvolvimento.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Moacir da Rosa Miranda Junior, cujas aulas presenciais foram utilizadas para implementação desta experiência didática; ao Dr. Basílio X. Santiago, Diretor do Observatório Educativo Itinerante da UFRGS, que coordenou a observação astronômica realizada neste observatório no pátio do colégio (17/11/2003); ao Dr. W. Christian e Dr. M. Belloni, que autorizaram o uso de problemas de sua autoria (PhysLet) e ao árbitro que julgou este trabalho, pelas valiosas críticas e sugestões.

Referências

- [1] J.D. Novak e D.B. Gowin, *Aprender a Aprender* (Plátano, Lisboa, 1996).
- [2] A.F. Souza, *Ensino a Distância*, in: *Revista Galileu*, Rio de Janeiro, n. 142, p. 39-50, maio 2003, disponível em <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT530044-2681,00.html>, acesso em 20 mar 2006.
- [3] Physlet, Davidson College Physlet Archive. Disponível em <http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>, acesso em 20 mar 2006.
- [4] W. Fendt, *Java Applets zur Physik*. Disponível em <http://home.a-city.de/walter.fendt/phd/phd.htm>, acesso em 20 mar 2006.
- [5] M.A. Pires, *Gravitação e Temas Afins*, disponível em <http://cref.if.ufrgs.br/~maikida/>, acesso em 20 mar 2006.
- [6] M.A. Pires, TelEduc: Gravitação, disponível em http://cref.if.ufrgs.br/~teleduc/cursos/aplic/index.php?cod_curso=34, acesso em 20 mar 2006.
- [7] Teleduc - Ambiente de suporte para ensino-aprendizagem a distância, disponível em <http://teleduc.nied.unicamp.br/pagina/index.php>, acesso em 20 mar 2006.
- [8] M.A. Pires, Apresentação, disponível em <http://cref.if.ufrgs.br/~maikida/apresentacao/index.htm>, acesso em 20 mar 2006.
- [9] D.P. Ausubel, *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva* (Plátano, Lisboa, 2002).
- [10] M.A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem* (EPU, São Paulo, 1999).
- [11] M.A. Moreira, *Mapas Conceituais no Ensino de Física* (Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, 1992).
- [12] Nasa, Educational Videos. Disponível em <http://agile.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/videos/education.html>, acesso em 20 mar 2006.
- [13] G.M. Novak, E.T. Patterson, A.D. Gavrin e W. Christian, *JITT - Just in Time Teaching. Blending Active Learning with Web Technology* (Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2003), disponível em <http://webphysics.iupui.edu/jitt/jitt.html>, acesso em 20 mar 2006.
- [14] M. Struchiner, F. Resende, R.M.V. Ricciardi e M.A.P. Carvalho, *Revista Tecnologia Educacional* **26**, 3 (1998).
- [15] E.M. Reis, F. Rezende e S. de S. Barros, disponível em www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/ernesto/ernesto_macedo_reis.htm, acesso em 20 mar 2006.
- [16] Rooda. Rede cooperativa de aprendizagem. Disponível em www.nuted.edu.ufrgs.br/nuted/projetos.htm, acesso em 20 mar 2006.
- [17] Dom Bosco, Colégio Salesiano Porto Alegre. Disponível em www.colegiodombosco.net/, acesso em 20 mar 2006.
- [18] OEI - Observatório Educativo Itinerante. Instituto de Física, Departamento de Astronomia, UFRGS, Porto Alegre, disponível em www.if.ufrgs.br/oei/, acesso em 20 mar 2006.
- [19] M.A. Pires e E.A. Veit, 9º Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2004, p. 155, disponível em www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/sys/resumos/T0025-1.pdf, acesso em 20 mar 2006.
- [20] N.L. Pretto, *Uma Escola Sem/Com Futuro: Educação e Multimídia - Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico* (Papirus, Campinas, 1996).
- [21] B.C. Magdalena e Í.E.T. Costa, *Internet em Sala de Aula, Com a Palavra, os Professores* (Artmed, Porto Alegre, 2003).
- [22] PCN+ Brasil - Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. PCN+ Brasília, 2001. Disponível em http://cenp.edunet.sp.gov.br/Ens_medio/em_pcn.htm, acesso em 20 mar 2006.

⁸Estes acessos eram feitos especialmente de suas próprias casas ou de amigos e, excepcionalmente, do próprio colégio.