

UM DESENHO METODOLÓGICO PARA INVESTIGAR OS EFEITOS DA INTEGRAÇÃO DE UMA SIMULAÇÃO EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE ELETRICIDADE NO ENSINO MÉDIO

(A METHODOLOGICAL DESIGN TO INVESTIGATE THE EFFECTS OF A SIMULATION IN A TEACHING SEQUENCE ABOUT ELECTRICITY IN THE SECONDARY SCHOOL)

Geraldo Daniel Amaral¹
Oto Borges^{2a}

¹Universidade Federal de Minas Gerais/Colégio Técnico e Programa de Pós-graduação em Educação: conhecimento e inclusão social, gdaniel@coltec.ufmg.br

²Universidade Federal de Minas Gerais/Colégio Técnico e Programa de Pós-graduação em Educação: conhecimento e inclusão social, oto@coltec.ufmg.br

Resumo

Esta pesquisa descreve o desenho metodológico utilizado para investigar a integração de uma simulação de computador, do tipo applet, em uma seqüência de ensino de eletricidade em situações reais de sala de aula. Procurou-se investigar o efeito da simulação em dois tipos de ambientes de ensino: um onde o estudante explorava as potencialidades da simulação de forma livre e o outro onde suas atividades eram orientadas. As atividades com a simulação foram mescladas com as aulas expositivas e com as atividades de laboratório regulares em diferentes seqüências de ensino. Dados quantitativos e qualitativos foram coletados com cerca de 180 alunos da primeira série do ensino médio de uma escola técnica federal, em um esforço de integrar métodos rigorosos com pesquisas ecologicamente válidas.

Palavras-chave: Simulação, seqüência de ensino, ambiente de aprendizagem, ensino de física, ensino de eletricidade.

Abstract

This paper describes a methodological design used to study the integration of computer simulations, like applets, in a teaching sequence about electricity. The investigation was conducted in an ecological perspective in real teaching and classroom's situations. The simulation's effect was studied in two learning environment: in the first, the student freely had explored the simulation's potentialities; in the second, a guided approach was adopted. In the teaching sequence the simulation activities were combined with regular class and lab activities into four different sequences. In an attempt to integrate rigorous methods in ecologically valid researches, quantitative and qualitative data were collected from 180 first year students of the secondary level in a vocational federal school.

Key-words: Simulation, teaching sequence, learning environment, physics teaching, electricity teaching.

^a Apoio: CNPq

Introdução

Este trabalho descreve o desenho metodológico utilizado para investigar o uso de uma simulação multimídia em situações reais de sala de aula e seu impacto sobre a aprendizagem de um tópico de Física, a resistência elétrica de um fio. Em particular, pretendíamos investigar os seguintes aspectos: (i) em que medida a simulação afeta a aprendizagem? O que ocorre com a aprendizagem conceitual e com as habilidades em Física quando os alunos fazem uso das simulações por computador em diferentes seqüências de ensino? (ii) Como a ordem da simulação em relação à teoria e ao laboratório afeta a aprendizagem? (iii) Sob o ponto de vista da simulação, como o grau de abertura ou condução das atividades investigativas afeta a aprendizagem? Como a adoção de atividades livres ou orientadas na exploração da simulação afeta a aprendizagem? Claro que essas questões são amplas e as investigações que apresentamos apenas permitem abordá-las de forma parcial. No entanto, cremos que se realizarmos um conjunto de investigações como esta, elas podem proporcionar evidências que possibilitem uma discussão mais completa dessas questões. Neste trabalho apresentamos e discutimos o desenho metodológico que utilizamos.

O uso das tecnologias de informática e comunicação (TICs) na educação tem apresentado taxas de crescimento significativas. Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCNEM) preconizam que as tecnologias específicas de cada área devem ser incorporadas no seu processo ensino/aprendizagem. No caso da Física, a demanda por uma educação que envolva problemas mais realísticos e atualizados e as dificuldades que o seu ensino enfrenta, colocam o uso do computador como mais uma alternativa promissora. Muitos educadores defendem o uso do computador como uma ferramenta para auxiliar a construção do conhecimento na esperança de que agregar uma nova tecnologia possa vir a contribuir com o desenvolvimento cognitivo.

Um de nós apresentou, recentemente, um trabalho em que explicita sua trajetória de abordagem do tema e suas dúvidas e desconfiças das abordagens excessivamente otimistas (BORGES, 2004). Mas o fato de ele ter dúvidas e restrições a tais abordagens não significa uma defesa do abandono o uso da TICs na educação, principalmente na educação em ciências. No entanto, a presença das TICs na educação não garante uma mudança efetiva nos processos de ensino/aprendizagem: uma das questões centrais que as pesquisas sobre o uso das TICs na educação e, em particular, do uso das simulações, consiste em elucidar formas de uso que permitam que nos apropriemos adequadamente delas enquanto um recurso docente eficaz.

Frota e Borges (2004) discutiram um possível percurso pelo qual os professores devem passar em seu desenvolvimento profissional para se apropriarem adequadamente das TICs. No entanto, esse percurso pessoal não dispensa um percurso coletivo, a ser percorrido pela comunidade dos pesquisadores e professores da área de educação em ciência: esse é o percurso de acumular pesquisas e investigações que permitam distinguir as formas eficazes de uso das TICs em cada situação de ensino específica, e ao mesmo tempo, garantir a difusão dos resultados desses estudos para a comunidade docente. A busca desta adequação se dá através de sua difusão e de pesquisas que avaliem uso da TICs na educação com um olhar mais crítico. Os resultados de pesquisas realizadas em testes efetivos em salas de aula, acumulados até agora, indicam que o uso das TICs, ainda que promissor, permanece sujeito a controvérsias, alimenta muitas esperanças e apresenta poucas evidências objetivas. Neste contexto é que estudos da natureza desse que estamos fazendo podem dar uma contribuição efetiva e se mostram importantes e pertinentes.

CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA

Os programas de simulação podem ser definidos como programas que representam dinâmica e simplificada uma situação, descrita por um modelo, com o qual o aluno pode interagir. Como expressaram Moreira e Borges (2003):

“A simulação de fenômenos implica trazer para a tela do computador uma situação real, destituindo-a de certos componentes, que constituem ruído para a interpretação de aspectos e relações focalizados e tomados como mais importantes daquela situação em estudo. Entendemos a simulação de fenômenos como a criação de mundos virtuais (SCHÖN, 1987). Simular um fenômeno é construir uma representação do mundo real da prática, reduzindo ou eliminando vínculos que poderiam dificultar ou impedir a realização de certos tipos de experimentos e testes de hipóteses” (2003).

Segundo Thomas et al. (1995) e Swaak et al. (1998), as simulações são usadas nas mais variadas áreas curriculares, grupos etários, contextos e estratégias de aprendizagem. Para Hodson (1988) e Valente (1995), a simulação permite aos estudantes explorar fenômenos que, de outra forma, seriam caros ou impraticáveis para a sala de aula. Pilkington e Parker-Jones (1996) usaram simulações no ensino de medicina e consideram que elas são dinâmicas e possibilitam segurança em situações de alto risco. Tao et al. (1999) consideram que as simulações que apóiam a aprendizagem exploratória podem ser usadas para fornecer eventos discrepantes que evoquem a desequilíbrio ou o conflito cognitivo e, por sua vez, poderiam induzir os estudantes a refletirem na tentativa de resolvê-lo.

Há, no entanto, questionamentos quanto ao potencial e aos resultados das simulações. Segundo Swaak et al. (1998), os resultados de muitos estudos mostram que a aprendizagem baseada em simulação é difícil e que muitos aprendizes tiveram dificuldade em extrair conhecimento da simulação. Pilkington e Parker-Jones (1996) alertam para o risco dos estudantes concentrarem na manipulação dos objetos e não compreenderem o modelo subjacente. Doerr (1997) observa que, apesar das vantagens aparentes, as pesquisas fornecem apenas resultados confusos sobre sua eficácia em melhorar o conhecimento contextual do estudante. Thomas et al. (1995) indicam o pequeno número de pesquisas e a pequena difusão do uso de simulações na prática educacional como um indício de suas limitações. Moreira e Borges (2003) e Moreira (2003) também abordaram a inserção de simulações em ambientes reais de ensino. Um resultado particularmente relevante para o contexto deste trabalho é o achado que relatam sobre o caráter não imediato da percepção das características do ambiente de simulação por parte dos estudantes. Apesar disso, eles fazem uma defesa do potencial benéfico do uso de simulações nos ambientes de ensino:

“essa investigação apresentou evidências da possibilidade de se estruturar ambientes de aprendizagem motivadores, que incorporam elementos do fazer científico – elaboração, representação e interpretação de modelos - mas que não implicam necessariamente em um projeto mais ousado como, por exemplo, tratar um problema em aberto” (MOREIRA e BORGES, 2003).

As questões que investigamos de certa forma decorrem parcialmente desses resultados. Decidimos investigar de forma mais controlada o uso de simulações utilizando roteiros bem estruturados, que guiam as explorações do estudante, e mais abertos, que apenas apresentam

questões para serem investigadas. Queremos distinguir quando e como usá-los, se antes, durante ou depois do ensino mais tradicional do tema.

Quanto aos tipos de programas de simulação usados no ensino, tem-se observado nos últimos anos uma tendência à adoção de três grupos diferentes. O primeiro é constituído pelos programas de simulação de uso geral, concebidos especialmente para modelagem em ciências, como o “Modellus”, de Portugal, e o “Interactive Physics”. Estes programas dedicados cobrem praticamente toda a Física relativa ao Ensino Médio e oferecem grandes acervos de simulações prontas que podem ser rodadas ou modificadas. Novas simulações também podem ser criadas.

Essa abordagem enfrenta dois problemas. Um primeiro deles se refere à demanda cognitiva para aprender a usar o aplicativo. De fato, este tipo de programa, que apresenta uma curva de aprendizagem longa, demanda tempo e dedicação para a familiarização com as simulações, assim como para o seu preparo e uso. Nas fases iniciais de contato com esse tipo de aplicativo o estudante acaba dedicando parte considerável de seu tempo e atenção ao manuseio do aplicativo, desviando assim o foco da sua atenção da simulação propriamente dita. Ainda que esta seja uma atividade importante, pode tornar-se um fator de desmotivação do aprendiz. Isto ocorre mesmo com o Modellus, que pretende dispensar qualquer linguagem ou metáfora especial de programação e cuja sintaxe de escrita é praticamente a mesma que se usa ao escrever um modelo no papel.

O outro problema dessa abordagem advém do fato de que ao tentar cobrir todas as áreas da Física, os aplicativos deste tipo acabam apresentando certa heterogeneidade em relação à qualidade das simulações. O Modellus, por exemplo, possui um grande acervo de simulações de excelente qualidade na área de cinemática/dinâmica. No entanto, em outras como ótica e circuitos elétricos, por exemplo, as simulações não conseguem manter o mesmo padrão. Uma forma de tentar contornar essa dificuldade consiste em se desenvolver aplicativos mais limitados, programas projetados especificamente para áreas menos abrangentes, como o EWB e o Multisim, usados na simulação de circuitos elétricos. No entanto, mesmo nestes casos, continua a existir a dificuldade relativa à curva de aprendizagem longa e a demanda de recursos cognitivos e tempo. O fato é que os aplicativos desse tipo padecem dos mesmos males dos programas gerais, amplos e de uso geral, tais como as suites de escritório. A ampla gama de recursos oferecida pela maioria destes programas pode se transformar em um obstáculo à aprendizagem e apontar para a necessidade de orientação.

O segundo grupo é constituído pelos programas (ou ferramentas para modelagem) voltados para o trabalho de modelagem e a posterior simulação dos modelos desenvolvidos. Exemplos destes ambientes são o Stella, o Logo, etc. A demanda cognitiva sobre o usuário (professor ou estudante) costuma ser ainda maior que nos programas do primeiro tipo. A curva de aprendizagem é ainda mais longa do que a do primeiro grupo de programas. Mas, exatamente porque exercitam uma maior demanda cognitiva, seus resultados potenciais também podem ser maiores do que os proporcionados pelo uso de programas do primeiro grupo.

O terceiro tipo de ambiente corresponde ao uso dos chamados applets, pequenas peças de simulação interativas desenvolvidas em Java ou Flash, e normalmente apresentadas em páginas codificadas em HTML, como as páginas da web. Os applets apresentam características distintas: são amigáveis, possibilitam experimentação interativa, familiarização instantânea e intuitiva, animação dinâmica e, geralmente, estão disponíveis gratuitamente na Internet.

Usualmente referem-se apenas a tópicos, eventos ou fenômenos específicos como Lei de Ohm, formação de imagens em lentes ou espelhos, efeito Doppler, projéteis, etc. A sua grande vantagem reside no fato da curva de aprendizagem ser mínima, na prática ela é quase instantânea. Poderíamos considerá-los quase como um artefato do tipo “plug-and-play”. Exatamente por essa qualidade podem ser mais facilmente encaixados na rotina dos trabalhos escolares.

Os applets desenvolvidos especificamente para o ensino de física costumam ser chamados de PHYSLETS (PHYSics appLETS). A evolução das linguagens Java e Flash têm possibilitado e impulsionado o crescimento quantitativo e a evolução qualitativa dos physlets. Físicos, pesquisadores de ensino, professores e outros profissionais das mais diversas partes do mundo têm desenvolvido aplicações com objetivos educacionais e sem fins lucrativos de excelente qualidade nas mais diversas áreas. Com isso, ampliam-se as possibilidades de escolha e é possível formar verdadeiras seleções com os melhores applets em cada campo da Física. No entanto, como não há almoço grátis, o trabalho de busca e localização, triagem e seleção dos applets pode demandar também um tempo considerável.

Os applets são simulações que já vêm prontas; não se tem acesso ao modelo subjacente à situação representada. Por isso, não se prestam como ferramenta de modelagem. O usuário (estudante/professor) pode apenas atuar sobre algumas variáveis ou parâmetros e, simultaneamente, visualizar e explorar os efeitos de sua ação. As ações e os resultados delas decorrentes podem ser exibidos sob diferentes formas: ícones, relações matemáticas, valores numéricos, representação gráfica, etc.

A SIMULAÇÃO UTILIZADA

O applet utilizado é um dos inúmeros desenvolvidos no escopo do projeto chamado PHET- Physics Education Technology Project, da Universidade do Colorado, e pode ser obtido gratuitamente na página do projeto¹. O uso deste applet se deve a seu caráter emblemático. Ele simboliza, sintetiza e representa a concepção subjacente à maioria dos applets: simplicidade, interatividade, aplicação focada em um tópico, etc.

O assunto deste applet, mostrado na fig. 1, é a resistência elétrica de um fio condutor e sua dependência do comprimento, da área da seção transversal e da resistividade. Com ele, é possível explorar a influência da resistividade “ ρ ”, do comprimento “ L ” e da área “ A ” de um condutor sobre sua resistência elétrica “ R ”. O estudante pode variar os valores de qualquer uma das variáveis “ ρ ”, “ L ” ou “ A ” atuando sobre os ícones de botões deslizantes, semelhantes àqueles usados em rádios, tvs, etc. Ou seja, utiliza-se algo bastante familiar a qualquer um de nossos estudantes. Todas ações sofridas pelas variáveis e seus correspondentes efeitos são exibidas simultânea e imediatamente sob três formas: através dos valores numéricos das variáveis, através de representações icônicas das características físicas “reais” do condutor (representadas através de um desenho dinâmico) e ainda, surpreendentemente, através do tamanho das letras da fórmula. Ou seja, há uma conjugação de três diferentes formas de representação que pode reforçar a visualização/entendimento das ações e de seus efeitos.

¹ <http://www.colorado.edu/physics/phet/simulations/rhola/rRhoLA2.swf>.

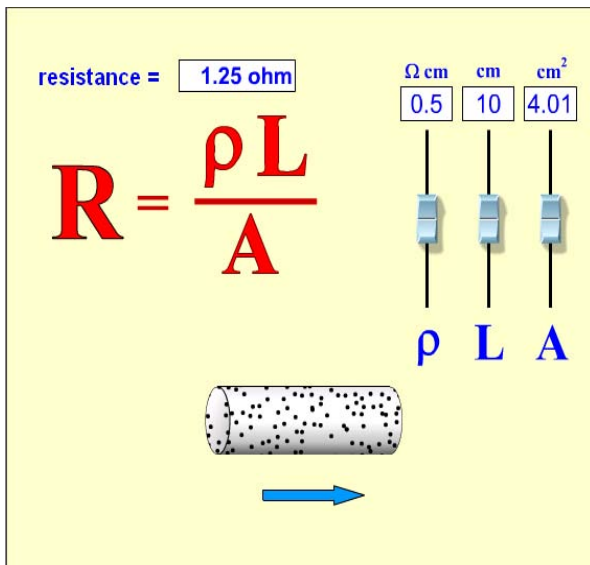


Figura 1 – Tela do applet utilizado

Este applet faz uma inusitada e inteligente associação entre estes três aspectos. Por exemplo, quando o estudante atua no botão relativo ao comprimento “L”, aumentando seu valor, ele imediatamente visualiza este aumento do comprimento em um desenho simbolizando o condutor real. Os novos valores numéricos do comprimento “L” e da resistência “R” são exibidos, enquanto os valores das demais variáveis não se alteram. Simultaneamente, percebe-se ainda que ocorrem alterações nos tamanhos das letras da fórmula. Neste caso, por exemplo, a letra “L” no numerador da fórmula cresce e a letra “R” da mesma fórmula também cresce na mesma proporção, enquanto as letras relativas às demais variáveis permanecem com os mesmos tamanhos (fig. 2).

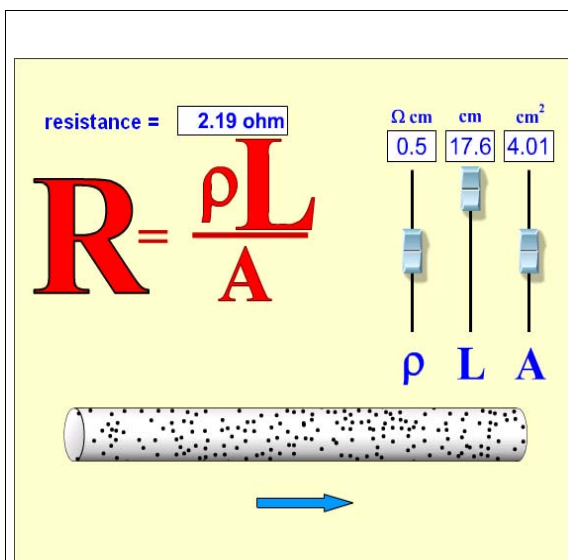


Figura 3 – Tela do applet mostrando o efeito de aumentar o comprimento “L” do condutor.

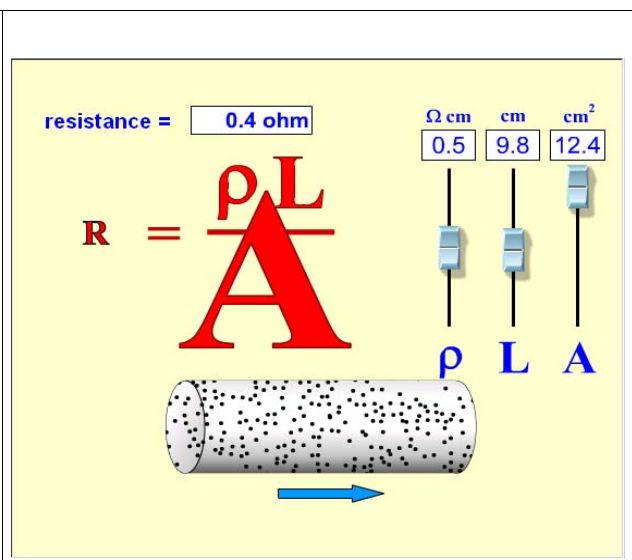


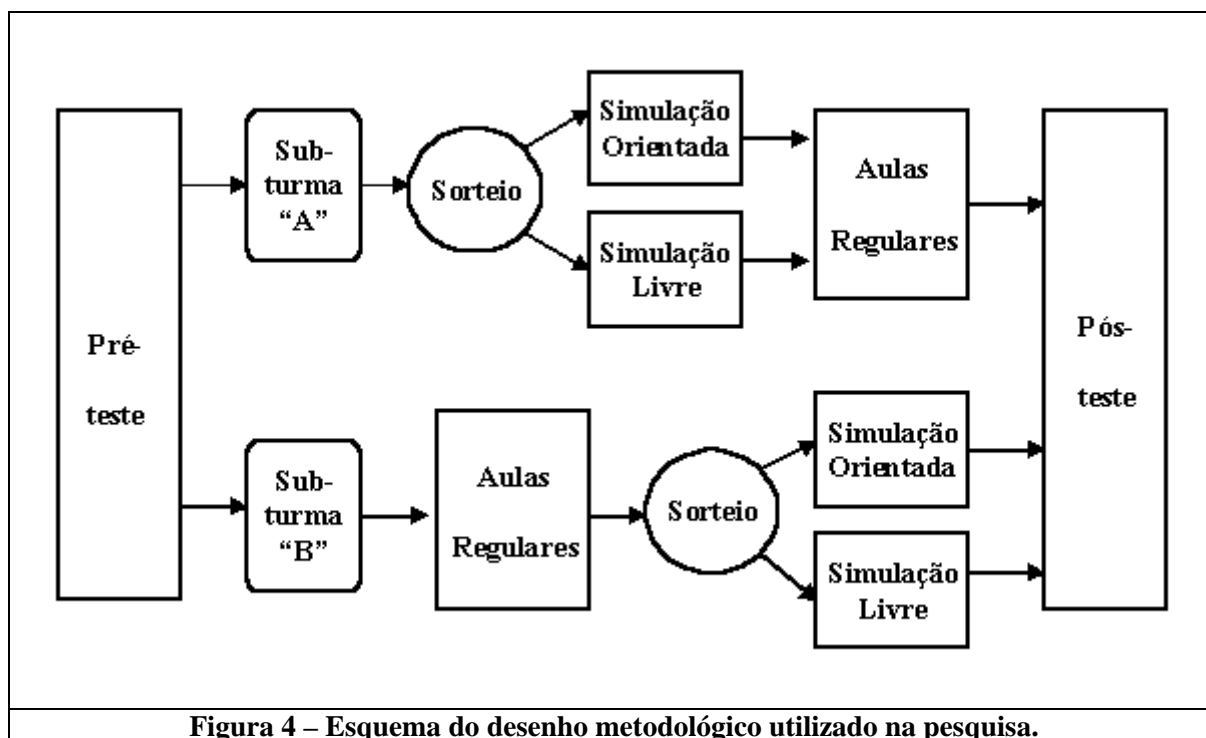
Figura 4 – Tela do applet mostrando o efeito de aumentar a área “A” da seção transversal do condutor.

Já quando o valor da área “A” é aumentado, há um correspondente aumento no diâmetro do condutor, um aumento do valor numérico da área e um crescimento do tamanho da letra “A”, denominador da fórmula. Como o valor da resistência varia com o inverso da área, o tamanho da letra “R”, correspondente à resistência, diminui (fig. 3).

Esta pequenina, e aparentemente simples, animação mostra-se potencialmente poderosa. Há uma gama enorme de possibilidades de exploração da aprendizagem. Além de possibilitar a exploração de relações diretas e inversas entre as variáveis, como mostrado, é possível também explorar a influência de cada variável individualmente, a influência simultânea de duas variáveis e mesmo influência das três variáveis sobre o valor da resistência.

É preciso, no entanto, investigar se este tipo de applet será mesmo capaz de ativar múltiplas modalidades de percepção, de pensamento e sistemas de representação e ainda se o uso da simulação produz o efeito de facilitar a aprendizagem e o entendimento da fórmula e de seu significado. Todo seu presumido potencial precisa ser investigado para verificar se isto se traduz em aprendizagem e em que medida ele se materializaria. Como o ambiente também é um fator determinante na aprendizagem, pretende-se investigar as diferenças entre se utilizar a forma de livre exploração e a forma orientada/guiada e ainda o uso em diferentes seqüências de ensino.

O desenho metodológico



Esta linha de investigação começou no início de 2004, quando foi realizado um projeto piloto com alunos do 3º ano do Ensino Médio. O objetivo era investigar o impacto de um applet sobre a aprendizagem de um tópico de física. A partir da análise dos resultados iniciais deste piloto, as folhas de atividades e os testes a serem utilizados foram reformulados. A pesquisa propriamente dita foi realizada dentro da disciplina física, com cerca de 180 alunos regularmente

matriculados na 1ª série do Ensino Médio de uma escola técnica federal, em suas condições reais de sala de aula. Nesta escola, cerca de 2/3 dos estudantes são admitidos após serem selecionados em concorrido concurso público. Cerca de 1/3 dos alunos, no entanto, são admitidos por progressão do ensino fundamental para o ensino médio. Apesar de ser uma escola pública, com uma seleção muito concorrida, em seu corpo discente há alunos de diferentes condições sócio-econômicas, etnias e gênero.

O desenho metodológico utilizado está mostrado na fig. 4. O trabalho de campo começou com a aplicação de um pré-teste para avaliação do nível conceitual de cada um dos alunos das sete turmas do 1º ano. Em seguida, e respeitando a subdivisão já existente dos alunos em subturmas, metade de cada turma desenvolveu as atividades práticas e teóricas regulares e a outra metade realizou aulas utilizando a simulação. Nestas aulas com simulação, metade dos alunos, escolhidos aleatoriamente, explorou a simulação seguindo um roteiro que praticamente não guiava a exploração da simulação. Apenas colocava alguns temas para serem investigados. Assim os alunos exploraram o applet de forma livre. A outra metade dos alunos realizou as atividades seguindo um roteiro muito detalhado que conduzia a exploração da simulação. Todos os resultados foram registrados pelos alunos nas folhas de atividades. Na semana seguinte, a seqüência se inverteu. Terminada a seqüência, aplicou-se um pós-teste.

As atividades com simulação foram usadas em conjunto com as aulas teóricas e as atividades de laboratório. Os professores das turmas trabalharam submetidos aos constrangimentos normais de seu trabalho como calendário, horário, ementa, características pessoais, etc.

As atividades foram quase sempre realizadas em duplas, exceto quando havia um número ímpar de alunos na subturma. Os alunos tiveram liberdade para escolher seus pares. Havia, no máximo, sete duplas por aula. Antes do início das atividades com a simulação, havia um sorteio para definir que tipo de atividade a dupla deveria fazer: Livre exploração ou Atividade Orientada. As aulas com simulação duravam o tempo de uma aula regular, ou seja, cerca de 80 minutos. O tempo gasto por aluno para concluir a atividade foi cronometrado e registrado. Cada aluno entregou um relatório individual para posterior análise do pesquisador.

Foram utilizados três gravadores de áudio em cada aula. Dois foram colocados em duplas, escolhidas por sorteio. As gravações em áudio dos diálogos e interações entre os pares e destes com a simulação chegaram a 28 horas. O terceiro gravador acompanhou sempre o professor/pesquisador em suas conversas e esclarecimentos de dúvidas dos alunos. Foram gravadas cerca de 14 horas de áudio. As observações do professor/pesquisador foram registradas em seu “diário de bordo”.

Foram desenvolvidos três testes, cada um com 24 questões objetivas com 3 alternativas. Seis questões eram comuns aos três testes. A ordem das questões foi determinada aleatoriamente. Os pesquisadores classificaram as questões em três níveis de dificuldade ou complexidade, segundo a sua expectativa de desempenho dos alunos. Cada teste incluía 8 questões fáceis, 11 questões médias e 5 questões difíceis. Antes do início da pesquisa propriamente dita, realizou-se um sorteio entre os três testes para definir qual seria o pré-teste e o pós-teste. O teste não sorteado foi descartado.

Os testes foram aplicados com limitação de tempo para que o aluno respondesse à questão. Além disto não se permitia que o aluno alterasse uma resposta após responder outra questão. Isso foi feito na esperança de aumentar a independência local dos itens. As questões foram projetadas numa tela através de retro-projetor e ficavam expostas por um tempo variável de 40 a 60 segundos, de acordo com o seu grau de dificuldade. As alternativas de cada estudante eram marcadas em uma folha de respostas individual. Não havia qualquer tipo de explicação durante a aplicação dos testes. A fórmula $R = \rho \cdot L / A$ estava impressa no cabeçalho da cada folha de respostas e permaneceu projetada na tela durante todo o teste.

COMENTÁRIOS FINAIS

Em cada uma das sete turmas tivemos quatro grupos de alunos que realizaram percursos distintos de aprendizagem. Os quatro grupos realizaram os seguintes percursos:

- 1) G1 – Pré-teste – simulação livre – seqüência normal de ensino – pós-teste.
- 2) G2 - Pré-teste – simulação orientada – seqüência normal de ensino – pós-teste.
- 3) G3 - Pré-teste – seqüência normal de ensino – simulação livre – pós-teste.
- 4) G4 - Pré-teste – seqüência normal de ensino – simulação orientada – pós-teste.

Nós pretendemos utilizar a teoria de resposta ao item para analisar os resultados. Em particular pretendemos utilizar as versões que desembaralham os escores totais, distinguindo as proficiências dos alunos segundo as questões que tenham acertado (HARWELL E GATTI, 2001). Como existem 6 itens que se repetem em todos os testes, será possível fazermos uma ligação dos diversos itens a uma única escala de proficiência. Desta forma teremos a proficiência do estudante, em relação a esse tema específico, medida em duas ocasiões e usando a mesma escala, o que nos possibilitará tratarmos os ganhos de cada estudantes e analisando como esses ganhos são influenciados pelos diversos percursos responderemos às nossas questões.

Nós ainda temos um conjunto de 21 fitas de áudio com a gravação dos estudantes enquanto realizavam as simulações. Essas fitas contêm tanto duplas que realizaram simulações orientadas quanto livres. Além disto, temos o diário de bordo do professor/pesquisador que aplicou as simulações. Tais dados serão analisados qualitativamente, na perspectiva teórica e com as técnicas típicas da metodologia da “grounded theory” (STRAUSS E CORBIN, 1998), e seguindo os procedimentos clássicos recomendados em Miles e Huberman (1994).

Esse estudo foi realizado no contexto de um projeto de pesquisa em desenvolvimento de currículos de física. Um de nossos objetivos é a construção de ambientes de aprendizagem que mobilizem os recursos tradicionais e as tecnologias de informação e comunicação. A perspectiva teórica que adotamos sobre desenvolvimento curricular é de que essa é uma tarefa complexa e um esforço de longo termo (VAZ, BORGES E BORGES, 2002).

Do ponto de vista metodológico nossa perspectiva valoriza o princípio de validade ecológica e a metodologia de múltiplos métodos. De fato, o tipo de pesquisa que temos conduzido não nos permite esquecer que não controlamos todas as variáveis ambientais e que influenciam em nossas decisões:

“... queremos conduzir nossas pesquisas em sala de aula, o que tem sido caracterizado como metodologias ecologicamente válidas. Esse fato faz

com que cada pesquisa possua um tempo de desenvolvimento que depende de variáveis não controláveis, como a organização do tempo e do funcionamento escolar. Faz também com que cada investigação, ainda que suas ações sejam bem delimitadas e razoavelmente curtas, demande um longo período de tempo para ser conduzida” (BORGES e BORGES, 2001).

Esse princípio metodológico faz com que procuremos tirar as informações relevantes para a pesquisa, tanto quanto o for possível, a partir dos procedimentos usuais no ambiente de aprendizagem, e evitemos interferir na rotina apenas para coletar dados para a pesquisa. Se isso limita o alcance das nossas conclusões e sua extensão para domínios científicos mais amplos, acreditamos que no campo do ensino de física e de ciências, e mesmo na perspectiva do chamado ensino científico (HANDELSMAN ET AL, 2004), elas podem ter algum valor. O desenho metodológico que utilizamos foi feito no esforço de interferir o mínimo possível no ambiente real de aprendizagem, ao mesmo tempo em que coletamos dados de melhor qualidade para conseguirmos explorar as diversas facetas dos ambientes de aprendizagem que construímos.

Referências

BORGES, A. T.; BORGES, OTO. *INOVAR – Currículos: desenvolvendo o pensar e o pensamento científicos*. Projeto Integrado de Pesquisa, apresentado ao CNPq, julho de 2001.

BORGES, Oto. Para além da esperança: Algumas reflexões sobre o uso da tecnologia no ensino de física. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, IX, Jaboticatubas, MG, 2004. In. *Atas ...* (no prelo).

DOERR, Helen M. Experiment, Simulation and analysis: an integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal of Science Education*. v.19, n. 3, p. 265-282, 1997.

FROTA, Maria Clara Rezende; BORGES, Oto Perfis de entendimento sobre o uso de tecnologias na educação matemática. *Reunião Anual da ANPEd, 27a*. Sociedade, Democracia e Educação: Qual Universidade? Rio de Janeiro: Anped, 2004. 17p. (CD-ROM, ISBN: 85-86392-12-X. Arquivo: oca026081.pdf)

HANDELSMAN, J., EBERT-MAY, D., BEICHNER, R., BRUNS, P., CHANG, A., DEHAAN, R. L., GENTILE, J., LAUFFER, S., STEWART, J., TILGHMAN, S. M., E WOOD, W. B. Scientific teaching. *Science*, 304, 521–522, 2004.

HARWELL, MICHAEL R. E GATTI, GUIDO G. Rescaling Ordinal Data to Interval Data in Educational Research. *Review of Educational Research*, v. 71, n. 1, pp. 105-131, 2001.

HODSON, Derek. Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), p. 53-66, 1988.

MILES, M.B., and HUBERMAN, A.M. *Qualitative Data Analysis*, 2nd Ed. Newbury Park, CA: Sage, 1994.

MOREIRA, Adelson Fernandes; BORGES, Oto. Interpretação de Representações Dinâmicas. Apresentado no IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Bauru, São Paulo, novembro de 2003. 12p. In: Moreira, Marco Antônio (org.). *Atas ...* [recurso eletrônico]. Porto Alegre: s.n., 2004. (ISBN: 85-9044-201-2. Arquivo: ORAL041.pdf)

MOREIRA, ADELSON FERNANDES. *Práticas de interpretação em ambientes de aprendizagem de física*. Belo Horizonte: UFMG/FAE, 2003. 169p.(Tese, doutorado, UFMG.FAE)

PILKINGTON, Rachel and PARKER-JONES, Christine, Interacting with computer-based simulation: the role of dialogue. *Computers & Education*. v. 27, n. 1, p.1-14, 1996.

STRAUSS, A., & CORBIN, J. . *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Newbury Park, CA: Sage, 1998.

SWAAK, Janine, JOOLINGEN, Van, WOUTER, R. e DE JONG, Ton. Supporting simulation-based learning; the effects of model progression and assignments on definitional and intuitive knowledge. *Learning and Instruction*, v. 8, n. 3, p235-252, 1998.

TAO, P.K. e GUNSTONE, R.F. Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education*, 21(1), 39-57, 1999.

THOMAS, Ruth e NEILSON, Irene. Harnessing simulations in the service of education: the interact simulation environment. *Computers Educ.*, v. 25, n.1/2, p. 21-29, 1995.

VALENTE, J.A. (1995). Diferentes usos do computador na educação. Disponível em http://www.edutecnet.com.br/Textos/Alia/PROINFO/prf_txtie02.htm. Acesso em 07/08/02.

VAZ, A. M., BORGES, O. N., BORGES, A. T. Professores, Pesquisadores e os Problemas da Escola, VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, VIII, Águas de Lindóia, 2002. In: VIANNA, D. M.; PEDUZZI, L. O. Q.; BORGES, O. N.; NARDI, R. (Orgs.). *Atas do ...* São Paulo: SBF, 2002. (CD-Rom, arquivo: CS2.pdf), 12 p. 2002.