

Um Simulador de Fenômenos Físicos para Mundos Virtuais

A physical phenomena simulator for virtual worlds

Luciano Kercher Greis, Eliseo Reategui y Tania Beatriz Iwazsko Marques

Faculdade de Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Paulo Gama 110, Farroupilha 90040060 - Porto Alegre, RS - Brasil.

E-mail: lucianokgsl@gmail.com; eliseoreategui@gmail.com; taniabimarques@bol.com.br

Información del artículo

Recibido 21 de Noviembre de 2012

Aceptado 17 de Julio de 2013

Palabras-chave:

modelo de simulação, ensino de física, ensino assistido pelo computador, aprendizagem ativa, tecnologia educacional

Palabras clave:

modelo de simulación, enseñanza de la física, enseñanza asistida por ordenador, aprendizaje activo, tecnología educativa

Resumo

Este artigo apresenta um estudo sobre o desenvolvimento e uso de um simulador de física construído em um mundo virtual como recurso pedagógico. O simulador explorou elementos de jogos e de imersão para promover a aprendizagem e o engajamento dos estudantes no ensino dos conceitos de colisão de corpos. Novas possibilidades de interação e colaboração surgem neste modelo de simulação. A ambientação do simulador desenvolvido remete o estudante a um parque de diversões, no qual ele interage com uma de suas atrações, o Carro Choque. Mais que um sistema que apenas possibilita a visualização de um fenômeno e apresenta a resposta correta, o simulador busca auxiliar o aluno a observar o fenômeno e melhor compreender os conceitos a ele associados, formular suas próprias hipóteses e conclusões a partir das situações problema criadas. Para validação da pesquisa, utilizou-se o simulador com uma turma de oitava série do ensino fundamental, com o objetivo de observar evidências de aprendizagem e engajamento dos estudantes nas atividades propostas. Os participantes da pesquisa passaram por cinco etapas de observação, seguindo metodologia com base construtivista. A partir do acompanhamento dos alunos nos experimentos, foi possível observar que a interatividade e imersão propiciados pelo ambiente virtual proporcionam um maior nível de engajamento aos alunos e se mostraram facilitadores dos processos de aprendizagem relacionados aos fenômenos físicos considerados.

Resumen

Este artículo presenta los resultados de un estudio sobre el desarrollo y el uso de un simulador de física construido en un mundo virtual como recurso didáctico. Este simulador permitió explorar elementos de inmersión y de juego para promover el aprendizaje y la participación de los estudiantes en la enseñanza de conceptos sobre colisión de cuerpos. El ambiente del simulador desarrollado pone al estudiante en un parque de atracciones donde interactúa con una de ellas, el auto-choque. Además de ser un sistema que permite la visualización de un fenómeno y la respuesta correcta, el simulador ayuda al alumno a observar el fenómeno y comprender mejor los conceptos asociados y formular sus propias hipótesis y conclusiones a las situaciones y problemas creados. En el estudio de validación se utilizó el simulador en una clase de octavo grado, con el fin de poder observar evidencias del aprendizaje y la participación de los estudiantes en las actividades propuestas. Los participantes en la investigación fueron observados en cinco etapas, siguiendo una metodología de base constructivista. Se concluye que la interactividad y la inmersión propiciada por el simulador proporcionó un mayor nivel de motivación de los estudiantes y demostró las posibilidades del método como facilitador de los procesos de aprendizaje relacionados con los fenómenos físicos considerados.



1. Introdução

Um problema frequentemente encontrado no ensino de física diz respeito ao fato de que os conceitos científicos são normalmente abordados sem que sejam realizadas experimentações práticas, sem que sejam propostos problemas concretos para serem resolvidos (Edmunds, 2008). O emprego de simulações computacionais pode minimizar tal problema na medida em que estas possibilitam aos estudantes reproduzir certos fenômenos, testar hipóteses, controlar variáveis e observar situações problema que muitas vezes seriam difíceis ou muito caras de replicar no mundo real (Magee, 2006). Outros fatores que contribuem para a utilização das simulações nos processos de ensino e aprendizagem são sua adequação para trabalhar o questionamento científico (White e Frederiksen, 2000) e para desenvolver habilidades de resolução de problemas (Woodward et al, 1988). Tais características têm levado as simulações educacionais a serem empregadas nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como química (Stieff, 2003), matemática (Piu, 2001), saúde (Schaefer et al., 2011), física (Steele, 2002).

A possibilidade de representar situações problema em uma simulação e testar seus resultados estabelece um tipo de interação entre homem e máquina que remete aos conceitos de aprendizagem definidos por Piaget (1978). Para o autor, a aprendizagem nasce justamente da interação sujeito-objeto, onde o sujeito deve ter uma postura ativa na construção do conhecimento. Neste sentido, Aldrich (2009) ressalta que a interação entre sujeito e objeto pode ser acentuada quando consideramos os mundos virtuais, definidos por ele como ambientes que combinam elementos de jogos digitais, simulações educacionais e elementos pedagógicos, para tornar as experiências educacionais mais envolventes. Estes ambientes são construídos em três dimensões, sendo compostos por cenários elaborados para serem uma representação do mundo real.

Este artigo apresenta uma investigação sobre possibilidades pedagógicas para utilização de recursos de simulação de fenômenos físicos em mundos virtuais. Questionamos se um nível maior de interatividade e de imersão poderiam ser fatores relevantes para um maior engajamento por parte do aluno em relação ao modelo de simulação proposto. Para isto apresentamos um simulador educacional que aborda um conteúdo específico da disciplina de Física, desenvolvido para esta pesquisa a partir das funcionalidades do ambiente Second Life, um mundo virtual que possibilita a construção de ambientes interativos em três dimensões (3D). O conteúdo abordado por este simulador é a colisão de dois corpos, no qual estão envolvidos os conceitos físicos de massa e velocidade.

A pesquisa desenvolvida fundamenta-se em uma abordagem construtivista de aprendizagem. Nesta perspectiva, a função do professor é “inventar situações experimentais para facilitar a invenção de seu aluno” (Becker, 2003, p.13). Para tal, o simulador educacional desenvolvido possibilita ao professor criar situações problema e mediar o processo de aprendizagem de seus alunos, sem limitá-los a conhecer conteúdos ou informações apresentadas pelo sistema.

A próxima seção apresenta os simuladores educacionais, discute sua utilização e descreve um modelo de classificação proposto para a área da educação. A seção 3 detalha o simulador educacional desenvolvido nesta pesquisa para apoiar a aprendizagem relacionada à colisão entre dois corpos. A seção 4 apresenta resultados de um experimento empregando o simulador educacional, realizado com alunos de uma escola pública no sul do Brasil. Por fim, a seção 5 apresenta conclusões e direcionamentos para trabalhos futuros.

2. Simulações Educacionais

A abordagem teórica utilizada nesta pesquisa baseia-se nos conceitos de Pegden (1990) para quem a “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para

sua operação". Para o autor, a simulação de modelos permite realizar estudos para responder questões tipo: O que aconteceria se? Aldrich (2005) classifica as simulações educacionais em 4 classes:

- Histórias ramificadas: os estudantes fazem múltiplas escolhas em uma sequência de ações que gira em torno do que dizer a outra pessoa em determinada situação. As decisões impactam na evolução da história, que pode ser concluída com sucesso ou não.
- Planilhas interativas: estas focam em problemas específicos normalmente na área de administração, tais como gerência de cadeia de suprimentos, ciclo de vida de produtos, contabilidade. Os estudantes precisam então alocar recursos finitos dentre categorias que competem em turnos sucessivos. A cada rodada, os estudantes podem ver seus resultados em gráficos e histogramas.
- Modelos baseados em jogos: estes modelos utilizam elementos dos jogos, tais como ludicidade, pontuação, competitividade, para trabalhar conteúdos e/ou desenvolver certas habilidades. Tais modelos têm a reputação de aumentar a satisfação dos alunos e até mesmo melhorar seus resultados.
- Laboratórios virtuais: estes tipos de simulador permitem aos estudantes interagir com representações visuais de produtos e elementos sem as restrições do mundo real. A interface destes laboratórios normalmente procura ser o mais fiel à realidade possível, seja na visualização/manipulação destes elementos, seja nas situações criadas para sua utilização.

Independente do tipo da simulação, Aldrich (2009) destaca que estas não buscam necessariamente propor diversão aos participantes. Ao invés disso, procuram oferecer situações específicas de aprendizagem, podendo fazer parte de um programa de aprendizagem formal.

Muitos trabalhos relacionado ao uso de simulações para apoio a processos de aprendizagem buscam explorar a complexidade de elaboração de conceitos por parte dos alunos. Morales, Rangel e Torres (2009), por exemplo, descrevem um modelo de simulação que instiga a construção de conceitos, mas que acaba exigindo conhecimentos mais avançados de programação para realização das atividades. Já Arnold e Pelá (2004) apresentam um modelo de simulação que possibilita ao aluno elaborar suas próprias hipóteses e verificá-las a partir da interpretação de gráficos, mas sem explorar o nível de interatividade proposto pelo estudo aqui apresentado.

Kim et al. (2001) propõem um simulador para trabalhar diferentes conceitos da física como propagação de ondas, velocidade relativa, ótica, dentre outros, empregando um ambiente de realidade virtual. Os resultados de pesquisas com o ambiente proposto demonstraram que os estudantes que empregaram o sistema tiveram melhor desempenho, mostraram mais satisfação e tiveram a percepção de que entenderam melhor os conteúdos trabalhados. Ainda relacionado aos simuladores desenvolvidos em ambientes de realidade virtual, Shin (2002) apresenta um estudo sobre um simulador para apoio ao ensino de Geociências (geofísica, meteorologia, geologia, astronomia). O autor mostra que o emprego da realidade virtual possibilitou o desenvolvimento de atividades práticas e substituição de laboratórios de alto custo.

Contrastando estes trabalhos com a pesquisa apresentada neste artigo, as principais diferenças residem não somente nos conteúdos tratados, mas também na utilização de um mundo virtual ao invés de um sistema de realidade virtual. Como os mundos virtuais são ambientes abertos com inúmeras funcionalidades já existentes, estes permitem o desenvolvimento de atividades com uma maior gama de possibilidades. Entende-se que tais possibilidade possam ampliar as experiências educacionais dos estudantes, não apenas no ensino e aprendizagem de física, mas em quaisquer áreas do conhecimento. A partir das funcionalidades disponíveis nos mundos virtuais, é possível pensar-se na construção colaborativa de conteúdos, na utilização não linear de mídias tais como textos, sons, vídeos, objetos simulados e interativos, além de um modelo diferente de navegação para a exploração dos ambientes em três dimensões.

No contexto das simulações desenvolvidas em mundos virtuais, estas assemelham-se mais a jogos digitais, os quais têm como característica oferecer uma experiência de navegação intuitiva. Aldrich (2009) ressalta que elementos de jogos como fantasia, competição, qualidade estética e uma história envolvente, podem motivar as pessoas a participar das experiências de aprendizagem. Diretamente relacionado à motivação dos estudantes está o conceito de engajamento, apresentado na próxima seção por uma perspectiva construtivista.

3. Engajamento

Nesta pesquisa, buscou-se explorar as possibilidades interativas dos mundos virtuais como forma de aumentar o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem do conceito de colisão entre dois corpos. A definição do conceito de engajamento pode ser resumida pela questão: "o quão envolvido está o aluno na atividade proposta?". Para Piaget (1978), engajamento é fundamental, pois a aprendizagem ocorre pela ação, e o motor da ação é o afeto. Mas não se deve esquecer de que esta não é atividade fim da escola. Há situações em que pode haver engajamento sem necessariamente envolver os alunos em atividades de aprendizagem¹. Neste contexto, destacam-se mais uma vez as ideias de Piaget de que o interesse é condição necessária para a aprendizagem, mas não condição suficiente.

Para Chapmam (2003), o engajamento na escola refere-se à intensidade e qualidade emocional do envolvimento dos alunos na realização de atividades de aprendizagem. Os alunos que estão envolvidos exercem intenso esforço e concentração, demonstram envolvimento comportamental e emocional positivos durante o desenvolvimento das atividades, incluindo entusiasmo, otimismo, curiosidade e interesse. O oposto de engajamento é desafeto. Crianças descontentes são passivas, não se esforçam e desistem facilmente diante de desafios. O autor aborda o engajamento através de três critérios: investimento cognitivo dos estudantes (índice que indica até que ponto os alunos estão dispostos a despendar esforço mental nas tarefas de aprendizagem encontradas), a participação ativa (índice que indica até que ponto os alunos estão fazendo ativamente as tarefas de aprendizagem apresentadas) e envolvimento emocional com as tarefas (índice que indica o nível de investimento dos alunos, suas reações emocionais diante das tarefas de aprendizagem).

Na pesquisa aqui desenvolvida, buscamos identificar em que medida a utilização de uma simulação em um mundo virtual poderia interferir no engajamento dos alunos em atividades de aprendizagem de conteúdos de física.

4. O Simulador de física desenvolvido no ambiente Second Life

Para o desenvolvimento do simulador educacional na área de física, empregando elementos dos jogos digitais que pudessem oferecer experiências educacionais envolventes, tomou-se como base alguns pressupostos apontados por Clark e Mayer (2008) como fundamentais na área de jogos: (1) um desafio: uma estrutura que não é nem demasiadamente simples nem demasiadamente difícil; (2) controle: os jogadores devem sentir que podem afetar os resultados do jogo e que o jogo mantém um ótimo ritmo; (3) a curiosidade: possibilitar oportunidades exploratórias que levem a resultados imprevisíveis; (4) fantasia: a percepção de participação em um ambiente .

Para atender a estes requisitos, optou-se pela utilização de um mundo virtual que explorasse possibilidades de simulação social. Alguns sistemas foram considerados, tais como OpenSim, Second Life, Kaneva, Blue Mars, entre outros. Dentre estes, foi escolhido o ambiente Second Life por disponibilizar todos recursos técnicos necessários, além de oferecer confiabilidade e estabilidade.

O ambiente, proposto por Philip Rosendale no de 1991 ainda com o nome de Linden Word (Ry-maszewski at all, 2007), possibilita a construção de cenários em 3D, a criação de objetos que podem ser animados por scripts, além da navegação pelos diferentes cenários conduzida por um avatar, i.e. repre-

sentação virtual do usuário. Do ponto de vista das simulações educacionais, os estudantes podem aprender através da interação com objetos virtuais semelhantes aos que iriam encontrar no mundo real. Através da imersão e das possibilidades interativas proporcionadas pelo ambiente, os alunos podem tomar parte dos fenômenos que os cercam, tornando-se sujeitos ativos na realização de diferentes atividades.

O principal desafio da pesquisa aqui apresentada foi demonstrar que os recursos do mundo virtual, oferecendo um maior nível de imersão e interatividade, poderiam proporcionar uma experiência educacional mais significativa, facilitando a construção dos conceitos físicos abordados pelo simulador.

No simulador proposto para o mundo virtual, foi utilizada uma ambientação possível de ser encontrada no mundo real: a colisão de dois carros em um brinquedo de parques de diversão, o carro choque. Neste brinquedo, uma pessoa assume o comando do veículo e tenta deliberadamente colidir com outro veículo. A figura 1 apresenta um avatar construído para o ambiente simulado de física desenvolvido nesta pesquisa.



Figura 1 – Imagem de avatar capturada do Simulador desenvolvido nesta pesquisa

Os veículos permitem que uma segunda pessoa, um passageiro, participe da colisão. Ao transpor esta situação para um ambiente controlado, podemos inserir os conceitos físicos de colisão de dois corpos e estudar este fenômeno. Os alunos podem colocar-se dentro dos corpos que irão colidir, mas podem também, com os recursos do ambiente, visualizar o fenômeno de diferentes ângulos e repetidas vezes. Considerando a proposta de contextualização do fenômeno físico em um parque de diversões e os elementos interativos desenvolvidos no simulador, este classifica-se como um modelo baseado em jogos, de acordo com Aldrich (2005).

Para a construção dos cenários e objetos do ambiente simulado, ilustrados nas figuras 1 e 2, foram empregadas ferramentas de edição do próprio ambiente Second Life. Estas ferramentas de construção do cenário e dos objetos baseia-se em primitivas chamadas Prims. Estas são blocos básicos de diferentes formatos que podem ser moldados, coloridos e unidos para formar os cenários. A figura 2 mostra um avatar observando dois veículos prestes a se chocar, personagens, cenário e objetos construídos a partir destas ferramentas.

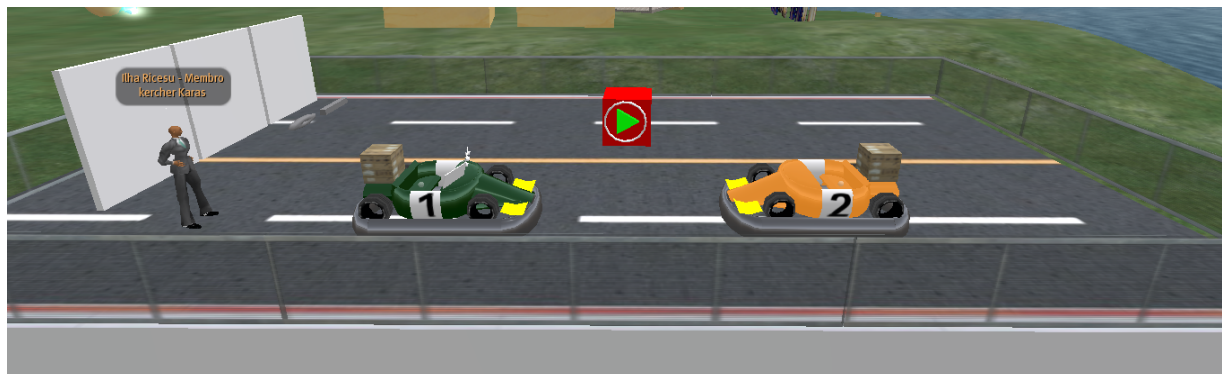


Figura 2 – Personagem observando veículos prestes a se chocar

Já a figura 3 mostra em primeiro plano o painel de controle de um dos carros, através do qual podem ser selecionados os valores das variáveis de massa e velocidade dos veículos A e B. Após a seleção destes valores, o estudante pode pressionar o botão verde de início e assim visualizar diversas vezes o que ocorre durante a simulação, podendo acompanhar o fenômeno físico por diferentes ângulos. Na figura 3 o aluno encontra-se dentro do veículo.



Figura 3 – Visão do painel de controle de um dos veículos

Também foram utilizados os recursos de programação próprios do ambiente Second Life (Linden Script Language) para o desenvolvimento das funções de controle do comportamento dos objetos no cenário, considerando os conceitos de massa e velocidade de dois corpos envolvidos em uma colisão.

O choque de dois corpos em sentido unidimensional é um dos conceitos físicos trabalhados no primeiro ano do ensino médio. O momento linear é definido pelo produto da massa pelo módulo da velocidade e cuja direção e sentido são os mesmos da velocidade ($Q_f = Q_i$). É possível determinar os instantes correspondentes ao antes e ao depois da interação, pois usando conceitos físicos e a matemática, pode-se determinar como os corpos se comportarão após a colisão. Os conceitos abordados neste simulador contemplam a conservação do momento linear, representado aqui pela letra (Q), além dos conceitos de massa (m) e de velocidade (v). No simulador proposto, o aluno pode alterar as variáveis disponíveis através do painel central, acionar o simulador e observar a cena de vários ângulos. Também é possível trabalhar de forma colaborativa, possibilitando que até dois alunos participem em cada um dos carros.

5. Experimentação, Coleta e Análise de Dados

No que diz respeito aos procedimentos metodológicos de coleta e análise de dados, optou-se nesta investigação por uma abordagem qualitativa. Esta foi baseada nos estudos propostos por Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) que descrevem procedimentos a partir de situações de pré-teste e pós-teste. Também foram consideradas as orientações sobre a aplicação do método clínico de Piaget, descritos por Delval (2002).

A coleta de dados foi realizada com seis alunos do último ano do ensino fundamental da Escola Básica Municipal José Amaro Cordeiro de Florianópolis – SC. Os procedimentos metodológicos foram divididos nas seguintes etapas:

- a) Observação dos alunos em sala de aula na disciplina de Ciências: Os estudantes foram observados em dois encontros, buscando-se identificar evidências relativas ao seu engajamento e comprometimento em sala de aula. Em seguida, seis alunos foram selecionados para participar das etapas seguintes envolvendo a utilização do simulador. Os alunos foram selecionados de modo que tivéssemos entre os participantes, desde alunos bastante dispersos até alunos altamente dedicados e concentrados.
- b) Aplicação de um pré-teste envolvendo o conteúdo abordado (a colisão unidimensional): Nesta etapa buscou-se identificar o nível de conhecimento dos alunos com relação aos conteúdos de física abordados na pesquisa.
- c) Primeiro contato do aluno com o ambiente virtual: nesta etapa, desenvolvida individualmente com cada um dos seis estudantes no contra-turno, estes puderam fazer uma visita guiada a diversos ambientes educacionais e de recreação dentro do Second Life. Buscou-se desta forma familiarizar os alunos com o ambiente e com os comandos necessários para o desenvolvimento da atividade. Além disso, também buscou-se minimizar o efeito "novidade" na utilização do ambiente simulado no Second Life, que poderia por si só aumentar o engajamento dos estudantes nas atividades propostas.
- d) Utilização do simulador pelos alunos: nesta etapa, também realizada individualmente, os alunos foram desafiados a resolver determinados problemas utilizando para isso o simulador. A dinâmica proposta nesta etapa, sugeriu num primeiro momento a resolução dos exercícios propostos no pré-teste anteriormente realizado, utilizando agora o simulador. Num segundo momento, os alunos puderam utilizar as possibilidades que o simulador oferecia para explorar novas situações que não estavam contempladas no primeiro teste, como criar outros problemas de colisão entre os veículos, testar novas hipóteses, etc.
- e) Pós-teste: nesta etapa, foi aplicado um segundo teste envolvendo outros desafios sobre o conteúdo trabalhado no simulador. Com base neste pós-teste buscou-se identificar evidências de aprendizagem. Com mais esta etapa, foram totalizados 6 encontros com os alunos, dois em grande grupo, e 4 individualmente.

Os dados coletados foram então divididos nos aspectos detalhados a seguir.

Perfil dos Alunos: Ao observar alunos que participaram da coleta de dados, buscamos identificar evidências de interesse nas atividades realizadas em sala de aula, bem como verificar possíveis dificuldades de aprendizagem por parte de algum deles. O quadro 1 resume algumas destas observações para cada um dos seis alunos.

Quadro 1: Registro dos perfis dos alunos participantes da pesquisa

Aluno1	Aluno demonstrou ter certo domínio do conteúdo apresentado, porém não se esforçou para completar as atividades, ficou aguardando a solução destas pelo professor
Aluno2	Aluno um pouco disperso. Aguardou a resolução das tarefas por parte do professor para completar as atividades propostas
Aluno3	Aluno bastante dedicado, prestou atenção às explicações, realizou todas as atividades e ainda deu informações aos colegas que pediram as respostas dos exercícios
Aluno4	Aluno extremamente disperso. Não prestou atenção nas explicações, não realizou as atividades e tampouco as copiou. Ficou a maior parte da aula calado.
Aluno5	Aluno prestou muita atenção na explicações do professor. Realizou as atividades e ainda auxiliou outros alunos com dificuldade.
Aluno6	Aluno um pouco disperso. Fez muitas piadas com os colegas e prestou atenção apenas parcialmente no conteúdo abordado. Realizou parcialmente as tarefas.

A partir destas observações, foi possível identificar os alunos que já apresentavam uma atitude positiva em sala de aula (como o Aluno3 e Aluno5), bem como alunos dispersos em com alguma dificuldade de aprendizagem (como o Aluno4).

Evidências de Aprendizagem: A partir da análise dos dados iniciais coletados na observação em sala de aula e na etapa de pré-teste, foi possível avaliar o conhecimento prévio dos alunos com relação ao tema de física tratado nesta pesquisa. Após, a observação dos alunos em sua interação com o ambiente simulado, o registro de suas ações diante dos desafios propostos pela atividade e suas respostas ao questionário do pós-teste, foram identificadas as evidências de aprendizagem resumidas no quadro 2, com base na teoria de Piaget e Gréco (1974).

Quadro 2: Registro de evidências de aprendizagem

		Aluno1	Aluno2	Aluno3	Aluno4	Aluno5	Aluno6
Pré-teste	questão	-	+	-	-	-	-
	questão	-	+	-	-	-	-
Pós-teste	questão	++	+++	+++	+	+++	+++
	questão	+++	+++	+++	+	+++	+++

O quadro 2 mostra o resultado do pré-teste e pós-teste para as duas questões colocadas aos estudantes, em cada teste. No quadro, o sinal de '-' denota a dificuldade do estudante em conseguir esboçar a resposta ao problema. Os sinais de '+' indicam o quão correta estava a resposta elaborada, podendo ir de pouco correta (um sinal de '+') a totalmente correta (três sinais de '+').

Pode-se observar que nenhum dos estudantes conseguiu resolver as questões no pré-teste de forma satisfatória. Portanto, pode-se concluir que os alunos não conheciam inicialmente todos os conceitos físicos necessários para a conclusão das atividades no pré-teste.

Após a utilização do modelo simulado, pelo menos cinco dos seis alunos envolvidos na atividade conseguiram avanços bastante significativos com relação ao domínio do conteúdo de física trabalhado. Um dos alunos (Aluno4) teve um avanço menor. Contudo, como sinalizado na etapa de análise do perfil dos alunos, tratava-se de um estudante com dificuldades de aprendizagem consideráveis. Neste sentido,

entende-se que os avanços alcançados com a utilização do simulador, mesmo que singelos, possam ser considerados significativos para este aluno.

Evidências de Engajamento: Os aspectos elencados por Chapman (2003), discriminados nos quadros 3, 4 e 5, possibilitaram a avaliação do nível de engajamento dos estudantes com base em critérios cognitivos, comportamentais e afetivos. Os quadros abaixo apresentam os resultados das comparações entre o que foi observado em sala de aula e o que foi registrado durante a utilização do simulador pelos estudantes.

Quadro 3: Critérios cognitivos observados

		Aluno1	Aluno2	Aluno3	Aluno4	Aluno5	Aluno6
O aluno dedicou-se a aprender o conteúdo apresentado?	Sala de aula	+++	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	++	+	+++	+++
O aluno procurou compreender as tarefas solicitadas?	Sala de aula	++	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	++	+++	+++
O aluno procurou relacionar conhecimentos anteriores com os desafios propostos?	Sala de aula	+++	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	-	+++	++
O aluno procurou definir estratégias para completar os desafios propostos?	Sala de aula	+++	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	+	+++	++

Os indicadores registrados no quadro 3 mostram que, para o Aluno1, Aluno3 e Aluno5, não houve diferença significativa no envolvimento dos estudantes em sala de aula ou durante a utilização do simulador. De acordo com as observações relacionadas ao perfil destes alunos, pode-se concluir que alguns deles (Aluno3 e Aluno5) já eram estudantes disciplinados e comprometidos em sala de aula. Portanto, a introdução da nova atividade não ofereceu mudanças significativas com relação aos critérios cognitivos observados. Já para o Aluno2 e Aluno6, observaram-se progressos significativos relacionados a estes critérios. Quanto ao Aluno4, pode-se verificar um avanço sensível nos critérios cognitivos. Mas novamente, é importante ressaltar o perfil particular deste aluno no que diz respeito a suas dificuldades de aprendizagem e postura passiva na realização das atividades. O quadro 4 apresenta os critérios comportamentais observados na fase de coleta de dados da pesquisa, tanto em sala de aula quanto durante a utilização do simulador pelos alunos.

Quadro 4: Critérios comportamentais observados

		Aluno1	Aluno2	Aluno3	Aluno4	Aluno5	Aluno6
O aluno fez perguntas pertinentes relacionadas às tarefas?	Sala de aula	-	-	+++	-	-	-
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	+	+++	++
O aluno manteve atenção no desafio proposto?	Sala de aula	+	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	++	+++	+++
O aluno relacionou dificuldades encontradas no desafio proposto com instruções dadas anteriormente?	Sala de aula	+++	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	++	+++	+++

É possível observar no quadro 4 uma melhoria significativa nos critérios comportamentais para a maior parte dos alunos. Mesmo o Aluno4 que demonstrava uma postura mais passiva em sala de aula,

apresentou algumas melhorias quanto aos critérios comportamentais na realização das atividades com o simulador. Apenas o Aluno3 não apresentou nenhuma alteração nos quesitos observados, registrando pontuação máxima em todos os critérios, tanto em sala de aula quanto na realização das atividades com o simulador. O quadro 5 apresenta os critérios afetivos observados.

Quadro 5: Critérios afetivos observados

		Aluno1	Aluno2	Aluno3	Aluno4	Aluno5	Aluno6
O aluno mostrou-se disposto na realização das atividades?	Sala de aula	+	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	++	+++	+++
O aluno apresentou interesse pelo tema abordado?	Sala de aula	+	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	+	+++	+++
O aluno demonstrou interesse ao se deparar com desafios mais complexos?	Sala de aula	+	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	+	+++	+++
O aluno se esforçou para concluir os desafios propostos?	Sala de aula	+	+	+++	-	+++	+
	Ativ. com o simulador	+++	+++	+++	++	+++	+++

Os critérios afetivos observados também demonstraram melhorias, para a maior parte dos alunos, no desenvolvimento das atividades com o simulador. Para o Aluno3 e Aluno5, no entanto, não foram registradas alterações nos quesitos observados. Ambos os alunos obtiveram pontuação máxima em todos os critérios, tanto em sala de aula quanto na realização das atividades com o simulador.

A análise dos quadros acima apresentados permite concluir que a realização das atividades empregando o simulador de física desenvolvido em um mundo virtual proporcionou aos alunos uma experiência educacional envolvente. Esta conclusão é fundamentada na observação das melhorias dos critérios cognitivos, comportamentais e afetivos elencados por Chapman (2003) como indicadores do nível de engajamento dos estudantes. Importante ressaltar que, para os alunos que já possuíam um perfil engajado em sala de aula, como no caso do Aluno3 e Aluno5, a utilização do simulador não apresentou alterações significativas no seu nível de engajamento. Quanto aos estudantes que apresentavam uma postura mais passiva em sala de aula, como no caso do Aluno4, também foi possível observar melhorias no seu nível de engajamento, mesmo que estas melhorias tenham sido mais sutis.

6. Considerações Finais

A principal contribuição desta pesquisa foi evidenciar a possibilidade de emprego de um mundo virtual em uma simulação educacional na área de física, proporcionando aos estudantes experiências de aprendizagem engajadoras. Ao propor a construção deste simulador em um mundo virtual, foram proporcionados níveis de interatividade mais complexos, novas formas de comunicação e novas formas de abordar o conteúdo educacional. Também foram construídas situações envolvendo componentes pedagógicos, elementos de jogos e de simulação, que compuseram uma experiência educacional com potencial para proporcionar aos estudantes maiores níveis de engajamento e avanço nos processos de aprendizagem. Experiências educacionais como esta permitem aos alunos não apenas conhecer tópicos prontos sobre determinado conteúdo, mas também lhes possibilita elaborar seus próprios conceitos, estabelecer relações, testar hipóteses, errar e acertar de forma livre. Tal proposta vem ao encontro das teorias construtivistas que embasaram a pesquisa.

Contrastando a pesquisa realizada com outras iniciativas semelhantes na área de aprendizagem de física empregando simuladores, destacamos que este ambiente, por oferecer uma maior nível de interatividade, possibilitou engajamento dos alunos e avanço nos processos de aprendizagem, sem exigir

destes o conhecimento de linguagens de programação, como no estudo apresentado por Morales, Rangel e Torres (2009). A possibilidade de utilização do ambiente de forma colaborativa, aliada ao emprego de outras mídias como textos, vídeos e páginas interativas na internet, ofereceram ainda novas situações de aprendizagem que podem ser exploradas em estudos futuros.

Contudo, cabe também salientar algumas limitações do estudo realizado. Para Clark e Mayer (2008), nem sempre a utilização de elementos de jogos pode tornar uma experiência educacional mais efetiva. Suas pesquisas apontaram que, mesmo oferecendo níveis mais altos de motivação, alunos que utilizaram jogos digitais em processos de ensino e aprendizagem em Física obtiveram desempenho inferior em relação àqueles que trabalharam com abordagens mais convencionais. Uma narrativa complexa explorando fantasia e desafios, ambientes gráficos altamente detalhados, sistemas de áudio fortemente presentes e situações exploratórias bastante abertas, podem levar o aluno a ater-se mais aos aspectos de entretenimento do jogo do que propriamente aos conceitos teóricos envolvidos no processo. Neste sentido, buscou-se desenvolver um simulador educacional que integrasse alguns elementos dos jogos, sem que estes componentes assumissem o principal foco do sistema, que era o de apoio à aprendizagem de conceitos físicos. Do ponto de vista pedagógico, procurou-se explorar o simulador de maneira a permitir ao aluno fazer descobertas sobre o conteúdo que se apresentava. Através de desafios e o apoio constante do educador, o aluno ia sendo instigado a refletir sobre os resultados encontrados, a alterar variáveis, a propor hipóteses e descobrir "o que aconteceria se", seguindo diretrizes sugeridas por Pegden (1990) com relação ao desenvolvimento e utilização de simulações educacionais.

A análise dos dados coletados e o modelo de pesquisa proposto nos permite sugerir possibilidades de continuidade deste estudo. Uma das propostas refere-se à utilização do ambiente criado, porém com foco em atividades colaborativas. Dois ou mais alunos, cada um com seu avatar, poderiam interagir em grupo para solucionar situações problema colocadas pelo professor, buscando chegar a conclusões na medida que trabalham em conjunto com a simulação desenvolvida para o Second Life.

Outra possibilidade diz respeito à utilização de editores simplificados de scripts, como por exemplo o Scratch for SL, para propor atividades que envolvam a construção de modelos simulados pelos próprios alunos. Atualmente estes editores não são capazes de editar scripts mais complexos, porém animações e simulações mais simples poderiam ser criadas pelos próprios alunos com breves orientações.

7. Referências

- Aldrich, C. (2005). *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Other Educational Experiences*. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Aldrich, C. (2009). *The complete guide to simulations and serious games*. San Francisco, CA, Pfeiffer
- Arnold, F. J. e Pela, C. (2004). A Simulação computacional de campos ultra-sônicos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(3).
- Becker, F. (2003). *A Origem do Conhecimento e a Aprendizagem Escolar*. Porto Alegre: Artmed.
- Chapman, E. (2003). Alternative approaches to assessing student engagement rates. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 8(13).
- Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2008). *E-Learning And The Science Of Instruction: Proven Guidelines For Consumers And Designers Of Multimedia Learning*. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Delval, J. (2002). *Introdução à prática do método clínico*. Porto Alegre, RS: Artmed
- Edmunds, M. (2008). *Review of the Student Experience in: Physics*. Hull, UK: The Higher Education Academy - UK Physical Sciences Center.
- Inhelder, B., Bovet, M. e Hermine, S. (1977). *Aprendizagens e estruturas do conhecimento*. São Paulo, SP: Saraiva
- Kapp, K. M. e O'Driscoll, T. (2010). *Learning in 3D: adding a new dimension to enterprise learning and collaboration*. San Francisco, CA: Pfeiffer
- Kim, J. H., Park, S.-T., Lee, H., Yuk, K.-C., Lee, H. (2001). Virtual Reality Simulations in Physics Education. *Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 3(2).
- Magee, M. (2006). *State of the Field: Simulation in Education*. Calgary, Canada: Alberta Online Learning Consortium. Acessado 12 de outubro de 2012 desde <http://www.ccl-cca.ca/pdfs/StateOfField/SFRSimulationinEducationJul06REV.pdf>

- Morales, J. F., Rojas, A. R. y Torres, I. (2009). Física computacional: una propuesta educativa. *Enseñanza: Revista Mexicana de Física*, 55(1), 97-111.
- Pegden, C. D., Shannon, R. E. & Sadowski, R. P. (1990). *Introduction to Simulation Using SIMAN*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Piu, A. (2001). Simulation Games for the Learning and Teaching of Mathematics. En A. Piu e C. Fregola (Eds.). *Simulation and Gaming for Mathematical Education: Epistemology and Teaching Strategies* (pp. 47-56). IGI Global.
- Piaget, J. (1978). *Fazer e Compreender*. São Paulo, SP: EDUSP/Melhoramentos.
- Rymaszewski, M. et al. (2007). *Second Life - O Guia Oficial*. Rio de Janeiro, RJ: Ediouro.
- Schaefer, J. J., Vanderbilt, A. A., Canson, C. L., Bauman, E. B., Glavin, R. J., Lee, F. W., Navedo D. D. (2011). Literature Review: Instructional Design and Pedagogy Science in Healthcare Simulation. *Simulation in Healthcare*, 6(6), 30-41.
- Shin, Y.-S. (2002). Virtual reality simulations in Web-based science education. *Computer Applications in Engineering Education*, 10, 18-25.
- Steele, W. (2002). Computer Simulations of Physical Adsorption: a historical review. *Applied Surface Science*, 196, 3-12.
- White, B. & Frederiksen, J. (2000). Technological tools and instructional approaches for making scientific inquiry accessible to all. Em M. Jacobson and R. Kozma (Eds.). *Innovations in Science and Mathematics Education: Advanced Designs for Technologies of Learning* (pp. 321-359). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Woodward, J., Carnine, D., Gersten, R. (1988). Teaching Problem Solving Through Computer Simulations. *American Educational Research Journal*, 25(1), 72-86.