

**O Simulador de Pouso:
Um jogo de simulação no Second Life
para o ensino de Física***

**Lander Simulator:
A simulation game in Second Life
for Physics Teaching**

Renato P. dos Santos

ULBRA/PPGECIM

fisicainteressante@gmail.com

Resumo

As dificuldades de aprendizado dos alunos em Física são bem documentadas na literatura científica desde os anos 70, especialmente entre os conceitos de velocidade e aceleração. Mayo recomendou fortemente a utilização dos *games* como recurso pedagógico eficaz, se não superior às aulas expositivas, invocando argumentos das teorias de ensino, da neurociência e experimentais. Embora seja opinião geral de que ‘jogos existem para entreter e simulações existem para ensinar e modelar’, vem ganhando terreno os ‘*gamesims*’, uma convergência entre *games* e simulações, que combina o elemento de embasamento em regras (*rule-based*) dos *games* e os atributos motivacionais dos jogos com o valor pedagógico já demonstrado das simulações bem projetadas. O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de *gamesim* de Física, uma simulação que inclui o fator motivador e o elemento de regras dos jogos, baseado no clássico jogo de computador *Lunar Lander*, e realizado no ambiente virtual do Second Life.

Palavras-chaves: mundos virtuais, Second Life, jogos de computador, Ensino de Física, simulações computacionais, jogos de simulação.

Abstract

The learning difficulties of students in physics are well documented in scientific literature since the 70s, specially to discriminate between the concepts of velocity and acceleration. Mayo strongly recommended the use of games as an effective educational resource, if not superior to lectures, invoking arguments from educational and neuroscience theories as well as from experimental studies. Although general opinion is that ‘games exist to entertain and simulations exist to teach and model’, *gamesims*, a convergence between simulations and games that combines the rule-based elements and motivational attributes of games with the proven instructional outcomes of well-designed simulations. The aim of this study is presenting a Physics *gamesim* proposal, a simulation that includes the motivational attributes and the rule-based element of games, based on the classical *Lunar Lander* computer game, and realized in the Second Life virtual environment.

Key words: virtual worlds, Second Life, computer games, Physics teaching, computer simulations, *gamesim*.

* Este trabalho foi apoiado pelo CNPq, Edital Universal/2008, Proc. n° 481787/2008-9.

Introdução

As dificuldades de aprendizado dos alunos em Física são bem conhecidas, havendo vasta literatura científica a respeito, acumulada desde os anos 70. De especial interesse para este trabalho, como se verá adiante, é a generalizada dificuldade em distinguir entre os conceitos de velocidade e aceleração (ver, por exemplo, TROWBRIDGE; McDERMOTT, 1981).

Já em 1980, Papert (1985) apontava que os estudantes quase não têm experiências diretas e físicas do movimento puramente newtoniano e que, na sua ausência, as escolas são obrigadas a dar ao estudante representações altamente matemáticas, abstratas e indiretas de objetos newtonianos. O aluno é obrigado a aprender a trabalhar com equações, antes de usá-las para modelar o mundo newtoniano.

Reis (2003), em seu estudo do uso de simuladores no estudo de colisões no ensino de Física, observou que uma das dificuldades apresentadas pelos estudantes (de nível universitário) consistia em utilizarem cada conceito físico de forma independente, sem correlacioná-los, como um físico experiente faz. A Figura 1 apresenta parte do estudo dessa autora e demonstra graficamente essa realidade, onde as linhas sólidas indicam correlações entre conceitos enquanto as linhas tracejadas indicam falta de correlações esperadas.

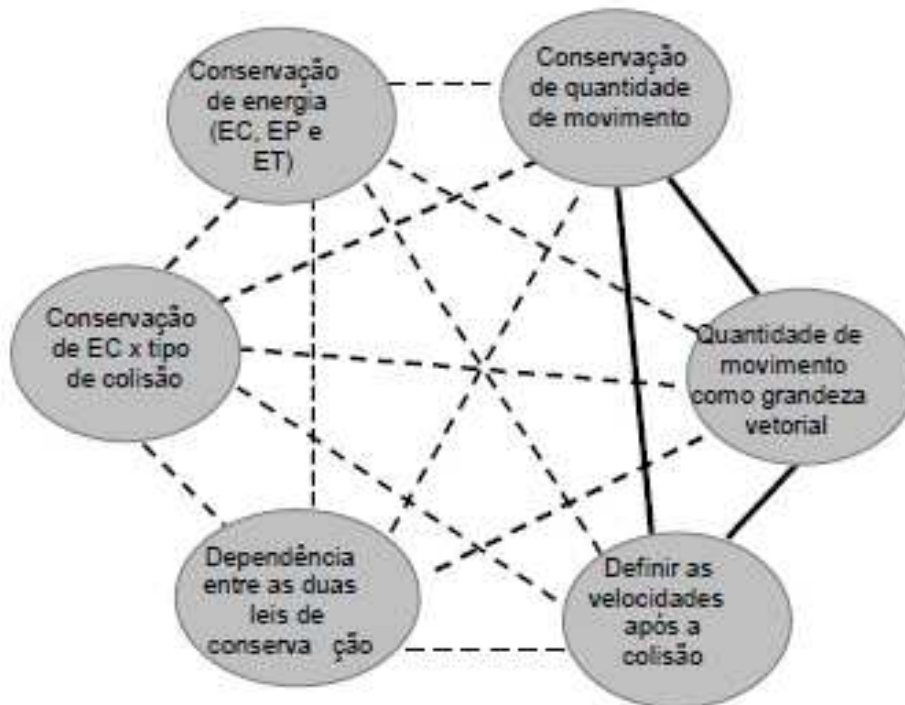


Figura 1 – Falta de correlações entre conceitos físicos em estudantes

Fonte: Reis, 2003.

Mayo (2005), preocupada com a deficiência do sistema de ensino norte-americano, especialmente com relação às Ciências Exatas e Engenharia, recomendou fortemente a utilização dos *games* como recurso pedagógico eficaz, se não superior, às aulas expositivas, invocando argumentos das teorias de ensino, da neurociência e experimentais. Essa autora compara características dos jogos com as teorias de aprendizagem:

- Aprendizagem experimental (você faz, você aprende): Participação ativa com decisões que tem consequências, típica em jogos imersivos;
- Aprendizagem baseada no questionamento e feedback (o que acontece quando eu faço isto?): Exploração em jogos;

- Autenticidade (quanto mais realista for a situação de aprendizagem, mais facilmente os aprendizes transferem a informação para a vida real): Mundos virtuais;
- Estabelecer metas (você faz mais progresso, se trabalhar com metas bem definidas): Objetivos do jogo;
- *Feedback* permanente: Resultados imediatos nos *games*;

As atuais possibilidades tecnológicas permitem, agora, ao estudante imergir em mundos virtuais sintéticos, “tal como Alice atravessando o espelho”, tornando-se ‘avatars’ que podem colaborar entre si e aprender ativamente usando artefatos virtuais para construir conhecimento (WALKER, 1990). Segundo Dede (1992), esta abordagem melhora a habilidade do estudante para aplicar conhecimento abstrato por situar o aprendizado em contextos virtuais similares aos ambientes reais em que essas habilidades serão efetivamente usadas no futuro.

Vale a pena enfatizar, porém, que, em vez de construir salas de aula no mundo virtual para projetar lâminas de PowerPoint™ numa tela, como tantos educadores ainda fazem (GADGETS, 2007), a real vantagem de se usar uma plataforma como o *Second Life* (ou qualquer outro metaverso) é usá-la para fazer coisas inovadoras, que não possam ser feitas numa sala de aula e que estimulem a imaginação do estudante (de FREITAS, 2011). Por exemplo, Doherty, Rothfarb & Barker (2006) lembram que podemos usar esses ambientes para mergulhar avatares de tamanho apropriado em simulações tridimensionais de mundos de difíceis compreensões, desde o muito grande, tais como sistemas planetários, a ambientes micro, tais como células e até mundos em escala nano.

No entanto, enquanto as simulações tem sido bastante bem aceites no ensino superior, especialmente em administração e treinamento na área da saúde, e, com isso, sido, quase pacificamente, incluídas na caixa de ferramentas dos educadores, o uso dos games manteve-se muito limitado a consoles de videogames (MITCHELL; SAVILL-SMITH, 2004, *apud* de FREITAS, 2011). Apesar disso, o aparecimento de *engines* de jogos (*game engines*) para a autoria de ambientes 3D imersivos e interativos levou ao desenvolvimento de ‘jogos sérios’ (ABT, 1970), *games* educativos, promovendo o uso sensato dos *games*, que engajam e motivam os estudantes (de FREITAS, 2011). Entretanto, embora seja opinião geral de que “jogos existem para entreter e simulações existem para ensinar e modelar”, tem sido observada uma convergência entre *games* e simulações, resultando em ‘*gamesims*’, que combinam o elemento de embasamento em regras (*rule-based*) dos *games* e os atributos motivacionais dos jogos com o valor pedagógico já demonstrado das simulações bem projetadas (de FREITAS; LEVENE, 2004).

O objetivo deste trabalho é, então, apresentar uma proposta de *gamesim* de Física, baseado no clássico jogo de computador *Lunar Lander*, e realizado no ambiente virtual do *Second Life*.

O ambiente *Second Life*

O *Second Life* (SL) não pode mais ser visto como apenas mais um *game*, já que, essencialmente, não há objetivos e regras impostos aos participantes (BESTEBREURTJE, 2007), exceto as regras de convivência que restringem comportamentos impróprios fora de áreas reservadas e as regras físicas que permitem a verossimilhança do mundo virtual.

Essa obediência a leis físicas básicas, de forma que um avatar geralmente não possa atravessar paredes, seixos atirados na água comportem-se como esperado, obedecendo às leis de massa, fricção, gravidade, e flutuação, etc. (RIBEIRO et al., 2006), é assegurada por um software chamado de *engines* de física (*physics engine*), frequentemente, parte de um software maior,

denominados *engines* de jogo (*game engine*) (NAKAMURA, 2003, apud RIBEIRO *et al.*, 2006).

Nesse sentido, o Second Life é possivelmente o ambiente virtual mais realista do mercado atual, pois seu *engine* de jogo é o Havok™, que foi usado na realização de efeitos especiais em vários filmes, tais como Tróia (*Troy*), X-Men: O Confronto Final (*X-Men: The Last Stand*) e Harry Potter e a Ordem da Fênix (*Harry Potter and the Order of the Phoenix*), entre outros (HAVOK, 2008).

O SL, através da sua linguagem de programação LSL (*Linden Scripting Language*), oferece recursos para imbuir interatividade nos objetos, tais como chafarizes, armas ou veículos, para que estes possam mover-se, ouvir, falar, mudar de cor, tamanho ou forma, ‘falar’ e até ‘ouvir’ outros objetos (LSL Portal. s.d.). Sua estrutura é baseada nas linguagens Java e C e disponibiliza quase quatrocentas funções, dentre as quais várias com interesse para o estudo da Física nesse ambiente.

Desta forma, embora o SL não seja um *game*, ele oferece recursos poderosos, mas acessíveis, para que um utilizador, mesmo sem o conhecimento de construção de *games*, construa lá simulações com as características visuais, de interatividade e de verossimilhança de um *game*. Na próxima seção, desenvolveremos mais aprofundadamente este ponto e mostraremos como esses recursos podem facilitar a construção de um simulador de jogo, sem ter que programar uma série de detalhes de um modelo matemático.

Em trabalho anterior (dos SANTOS, 2010), demonstramos a viabilidade do ambiente do SL como suporte para micromundos físicos e simulações que permitam experimentação pedagogicamente efetiva com sucessivas leis físicas, diferentes das de Newton, num referencial histórico-psicogenético piagetiano, tal como proposto por Papert trinta anos atrás. Em outro trabalho (dos SANTOS, 2011) apresentamos um relato detalhado da construção de um exemplo concreto de micromundo físico, um ‘canhão’ que pode simular duas teorias físicas diferentes para o movimento de um projétil: a Mecânica Newtoniana ou sua predecessora, a Teoria do Ímpeto de Buridan, à escolha do usuário.

Entretanto, alguns pontos importantes devem ser levados em conta quando se pretende construir um simulador ou um micromundo físico no SL (ver dos SANTOS, 2011, para uma discussão mais aprofundada).

Primeiramente, vale lembrar que a Física do SL não é a da Física ‘ideal’ Galileana/Newtoniana, como já demonstramos anteriormente (dos SANTOS, 2008), nem uma virtualização da Física do ‘mundo real’. Em vez disso, concluímos que ela é *hiper-real* e que, apesar disso, proporciona recursos para construir simulações *surreais*, onde as leis físicas são diferentes ou alteráveis pelo estudante – micromundo físicos, portanto, resgatando a proposta nunca implementada de Papert (1985).

Em segundo lugar, o SL não é um simulador usual. Diferentemente de um simulador tradicional, como o *Modellus* (TEODORO; VIEIRA; CLÉRIGO, 2000), faltam ao SL algumas funções básicas para definir a posição e a velocidade inicial de objetos, como simuladores usuais têm. Em geral, a única opção para colocar um objeto físico já existente em movimento são funções que aplicam ou uma força constante ou um rápido impulso ao objeto, que, em vez de causar velocidade constante, farão com que o objeto acelere continuamente, no primeiro caso, ou adquira uma velocidade, no segundo, que perderá gradualmente em seguida, devido à resistência do ar. No entanto, é preciso admitir que também não temos tais recursos no mundo real – só podemos acelerar objetos (empurrando ou batendo) e retardá-los. Nesse sentido, a Física do SL é mais real do que a Física da sala de aula.

Apesar disso, mostramos (dos SANTOS, 2011) que é, definitivamente, possível construir-se micromundos físicos no SL, ainda que sendo necessária alguma criatividade para contornar as mencionadas restrições e diferenças em comparação a um simulador ‘clássico’.

O Simulador de Pouso (*Lander Simulator*)

Este Simulador de Pouso (*Lander Simulator*) foi inspirado no jogo *Moon Landing Simulator*, lançado em 1975, junto com a calculadora programável HP-25 (THE MUSEUM, s.d.) o qual, por sua vez, baseou-se no jogo *Lunar Lander* de 1969, criado por Jim Storer, (EDWARDS, 2009). Este clássico, além de ter sido um dos primeiros jogos de computador, foi também um dos primeiros programas de simulação espacial, criado apenas poucos meses após o pouso real de Neil Armstrong na Lua em 20 de julho de 1969 (CHIEN, 1994).

Como em quase todas as versões deste simulador, o usuário está a bordo de um módulo de pouso, descendo em queda livre em direção à superfície rochosa com um suprimento limitado de combustível e tem que acionar os retrofoguetes para reduzir a velocidade de queda e pousar em segurança, sem colidir. O simulador calcula e informa continuamente a velocidade vertical e a altura do módulo durante a descida. A Figura 2 mostra situação inicial do jogo, na versão da calculadora HP-25, exibindo uma altura de 500 pés e velocidade vertical de -50 pés/s.



Figura 2 – Jogo *Moon Landing Simulator* da HP-25
Fonte: Moon Landing Simulator for the HP-25, s.d.

Se o jogador pousar com uma velocidade inferior a certo limite, a missão é considerada um sucesso; se, ao contrário, pousa com velocidade excessiva, o programa informa a velocidade com que o módulo chocou-se com a superfície.

Um clássico, este jogo teve inúmeras versões posteriores, sendo reatualizado à medida que novas tecnologias eram disponibilizadas (ver, por exemplo, EDWARDS, 2009 para uma revisão), havendo até versões para o *iPhone*.

Na sequência, detalharemos o modelo matemático que está por trás das versões mais simples desse jogo, o que se mostrará útil para compreender a diferença entre uma simulação usual e uma simulação no Second Life.

Naturalmente, o jogo é baseado nas equações de movimento da Física. Para um instante qualquer t_n , a altitude $h(t_n)$ e a velocidade $v(t_n)$ do módulo são dadas por

$$h(t_n) = h(t_{n-1}) + v(t_{n-1}) + \frac{1}{2} a(t_n) \text{ e}$$

$$v(t_n) = v(t_{n-1}) + a(t_n),$$

onde $h(t_{n-1})$ e $v(t_{n-1})$ são, respectivamente, a altitude e a velocidade no instante anterior t_{n-1} e $a(t_n)$ é a aceleração no instante t_n devida ao uso dos retrofoguetes.

A aceleração em um veículo movido a foguetes é dada por (SUTTON; BIBLARZ, 2010)

$$a(t) = \frac{F_{empuxo}(t)}{m(t)} - g,$$

onde $F_{empuxo}(t)$ é a força de empuxo, produzida pelo motor de foguete sobre o módulo, $m(t)$ é a massa do módulo, variável já que o combustível é continuamente queimado, e, naturalmente, g a aceleração local da gravidade. Ela é dada por

$$F_{empuxo}(t) = Isp \cdot \dot{m}(t) \cdot g,$$

onde Isp é o chamado *empuxo específico*, medido convencionalmente em segundos (SUTTON; BIBLARZ, 2010), característico de cada motor, e $\dot{m}(t)$ é a taxa de fluxo de massa de combustível expelida pelo motor.

Com isso, a aceleração acima pode ser calculada como

$$a(t) = g \left(\frac{Isp \cdot \dot{m}(t)}{m(t)} - 1 \right),$$

No entanto, a aceleração, nas versões mais simples do jogo, como a da HP-25, mencionada acima, é calculada como (WORKMAN, 2010)

$$a(t_n) = g[(\dot{m}(t_n)/5) - 1].$$

Comparando-se as duas expressões, conclui-se que os valores de Isp e $m(t)$ foram escolhidos de forma que os valores de 0 a 10 permitidos para $\dot{m}(t)$ no jogo (WORKMAN, 2010) fazem com que a aceleração varie entre $-g$ (queda livre) e $+g$ (ascensão acelerada a um limite confortável para os astronautas).

Nas versões usuais desse jogo, o designer tem de programar o modelo matemático acima para **definir** a altura do módulo, sua velocidade e sua aceleração em cada instante, em função do acionamento dos retrofoguetes pelo usuário e da gravidade local. Ou seja, numa simulação usual, são os comandos da simulação que fazem o módulo mover-se.

Na simulação no Second Life, ao contrário, não se tem que programar essas grandezas físicas, pois elas são controladas pelo *engine* Havok. Tão logo um objeto seja declarado 'físico', ele estará automaticamente sujeito a forças que simulam a gravidade e entrará em uma queda livre bastante realista, se já não estiver em repouso no chão. De fato, tivemos grande dificuldade em evitar ou neutralizar os efeitos da gravidade em outro trabalho (dos SANTOS, 2011).

Resumindo, tudo o que tivemos que fazer, em termos de simulação, foi incluir o controle dos retrofoguetes, o qual imprimia uma força vertical ao módulo através da função `llSetForce()` da LSL, e um controle da quantidade de combustível que inibisse o efeito dos retrofoguetes quando aquele se esgotasse. A altura e velocidade do módulo em cada instante, em vez de serem calculadas através de um modelo matemático e impostas ao módulo, eram simplesmente acessadas através das funções `llGetPos()` e `llGetVel()` que forneciam esses valores.

Fazendo uso das vantagens pedagógicas, apontadas acima, das características de imersão e presença dos mundos virtuais como o Second Life, em vez de construir um simulador como o

de Storer, em que o utilizador assista ‘de fora’, ao pouso, embora encarregado de seu controle, decidimos construí-lo de forma a que ele, através do seu avatar, ‘embarque’ na simulação e vivencie o pouso ‘de dentro’, imergindo na situação simulada.

Para simplificar o trabalho de construção no Second Life, foi utilizada uma das três ‘naves’, fornecidas junto com a ‘estação espacial’ que adquirimos para sediar o laboratório *Second Physics Lab*, situado nas coordenadas *Castelo/55/100/60*, completa, com *scripts* de voo, abertura e fechamento de nacele, sons realísticos de motores de foguete, entre outros recursos. Essa nave foi posicionada no sétimo andar do laboratório que se transformou, assim, num hangar, dedicado a esse simulador. O *script* de voo foi totalmente modificado, por forma a permitir apenas movimento vertical de queda livre e ‘retrofoguetes’. Foi, então, construída uma ‘rampa de lançamento’, com um *script* de avanço e recuo, e aberta uma porta na parede do hangar, com um *script* de abertura e fechamento.

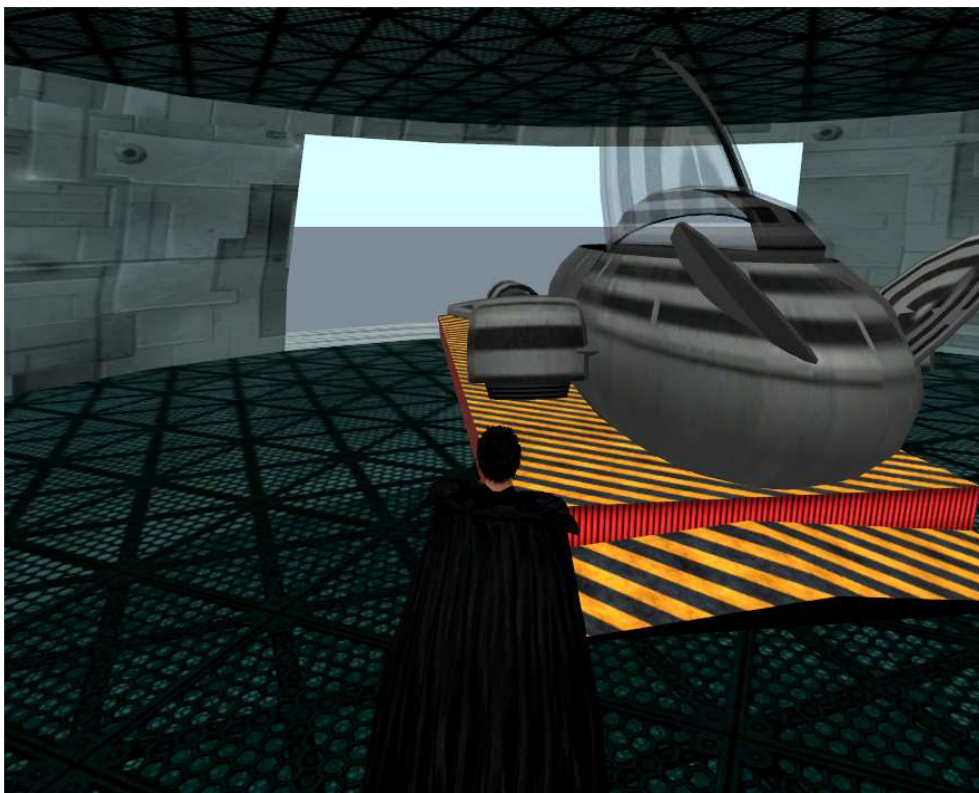


Figura 3 – Simulador de pouso (*Lander Simulator*)

Fonte: foto tirada pelo autor

Como apontamos antes, (dos SANTOS, 2008), o *engine* não só permite, como mesmo estimula, a que o designer torne o jogo hiper-real, isto é, mais divertido, mais emocionante, mais absorvente, ‘melhor’ do que o original. Após alguns testes, decidimos dar mais ‘emoção’ ao jogo, através do recurso de aumentar a velocidade de queda da nave, adicionando gravidade extra ao carro, com o efeito básico de aceleração do tempo subjetivo (HAVOK, 2008, p. 330). Não se pode alterar o valor da gravidade local, mas pode-se simular o efeito de um *g* maior definindo o valor do empuxo¹ – a força para cima exercida por um fluido que se

¹ Na vida real, o empuxo afeta objetos imersos num fluido — um sólido num líquido, um líquido em outro líquido, etc.—, enquanto que, no SL, um valor de 1,5 para a ‘*buoyancy*’ fará com que o objeto flutue da mesma forma, acima de qualquer coisa, sem levar em conta qualquer nível da água. (LSL Wiki, n.d.,

opõe ao peso do objeto – do veículo como -1.0, em vez do valor padrão 0.0, com o resultado fisicamente equivalente a um valor de g igual ao dobro do terrestre (LSL Wiki, n.d., `llSetBuoyancy`).

Quando um avatar senta no banco do piloto, o *script* da nave informa os *scripts* da porta, que começa a abrir gradualmente, e o da rampa, que começa a movimentar simultaneamente a nave para o exterior do laboratório (Figura 3). Quando a rampa chega à sua posição final, a nave é lançada a uma altura de 200 m acima do laboratório e deixada cair em queda livre. Assim que a nave é lançada, os *scripts* fecham a porta gradualmente e recolhem a rampa de lançamento.

Durante a movimentação da rampa, o *script* da nave exibe na janela de *chat* e num painel no campo visual do piloto um *briefing* da ação que está prestes a ocorrer, informando que a tecla *PgUp* do seu teclado deve ser utilizada para acionar o ‘retrofoguete’ e reduzir a velocidade de queda e lembrando que quando o combustível acabar, não disporá mais esse recurso. Durante a queda, são exibidas no painel do piloto a altura e a velocidade de queda da nave, bem como a quantidade restante de combustível (Figura 4).



Figura 4 – Painel exibindo a altura e a velocidade de queda da nave, bem como a quantidade restante de combustível

Fonte: foto tirada pelo autor.

Quando a nave toca numa placa de pouso invisível instalada no topo da estação, ela é instantaneamente transportada de volta para a posição inicial no hangar. O valor da velocidade com que a nave tocou a placa de pouso é passado ao *script* da nave, a qual envia mensagens de congratulação pública ao piloto e à janela de *chat*, caso aquela velocidade seja inferior a certo valor; caso contrário, o *script* produz sons de explosão para simular o acidente.

`llSetBuoyancy`) O nome "*buoyancy*" é enganador e consideramos que este recurso poderia ser melhor compreendido como uma ‘flutuabilidade’ já que *buoyancy* parece funcionar como uma propriedade do objeto em si.

O funcionamento deste simulador de alunissagem pode ser visto no vídeo (SECOND Life Physics, 2010) ou experimentado no micromundo *Second Life Physics Lab*, situado nas coordenadas *Castelo/55/100/60*.

Após algumas tentativas, o jogador novato compreende que a ação dos retrofoguetes não se constitui simplesmente num ‘freio’ que, pelo seu acionamento contínuo, permitiria reduzir a velocidade de queda até zero. Ao contrário, ele se constitui numa força que causa uma aceleração para cima e que, se mal utilizada, vai não só reduzir a velocidade de queda como inverter seu sentido para cima por algum tempo até que, por efeito da aceleração da gravidade, volte a cair, num processo que, em vez de propiciar um pouso seguro, causa um desperdício de combustível que impedirá o sucesso do jogo. De um ponto de vista do Ensino de Física, para ter sucesso neste ‘jogo sério’ (*serious game*) (ABT, 1970), o jogador precisa dominar os conceitos de força, aceleração e velocidade, bem como suas inter-relações – em resumo, as Leis de Newton – para ser capaz de pousar com segurança, superando, assim, a generalizada dificuldade em distinguir entre os conceitos de velocidade e aceleração (ver, por exemplo, TROWBRIDGE; McDERMOTT, 1981).

Becker (2001) recomenda usar o jogo *Lunar Lander* também para o ensino de Equações Diferenciais. É surpreendente que este jogo, tanto quanto estes autores tenham conseguido identificar, embora seja bastante utilizado para o ensino de modelagem e de programação de computadores, não seja mais utilizado para o ensino dos princípios de Mecânica de forma divertida e motivante.

Conclusões

Vale notar que, em se tratando de um ambiente multiusuário, as simulações no Second Life permitem que outras pessoas sejam elas estudantes, professores ou meros visitantes apesar de não controlarem diretamente o simulador, participem de forma passiva da simulação, assistindo-a no hangar, ou mesmo sentados em outros assentos disponíveis no interior da nave, tendo uma visualização semelhante à do ‘piloto’. Vale lembrar, também, que as ferramentas de comunicação por chat e por voz, disponibilizadas pelo ambiente, permitem que essas pessoas possam participar de forma colaborativa nessa atividade de aprendizagem, ainda que informal. Outro recurso interessante é a possibilidade de registro visual das atividades no ambiente virtual através de uma câmera de vídeo virtual disponível na plataforma de acesso ao Second Life. Estes registros poderiam ser posteriormente analisados pedagogicamente pelo professor, alunos ou pesquisador.

Uma questão que naturalmente surge aqui é sobre a eficácia deste micromundo físico para o aprendizado de Física. Antes de levá-lo a um teste com estudantes reais, todavia, consideramos de suprema importância dispor de instrumentos adequados para avaliar corretamente a eficácia dessa interação num mundo virtual. Inicialmente, consideramos utilizar mapas conceituais (NOVAK; GOWIN, 1984), mas o trabalho de Charsky & Ressler (2011) sugere que utilizar referenciais conceituais para acompanhar uma atividade possivelmente divertida, tal como um jogo educacional – ou, espera-se, a exploração de um simulador de Física no Second Life – pode reduzir a motivação do estudante em aprender. Isso pode ser explicado tendo-se em vista a possibilidade de que a confecção dos mapas conceituais desvie a atenção do aluno para a dificuldade em aprender os conceitos, tornando a atividade menos autônoma, menos criativa e menos ativa. Consideramos, também, a utilização de perfis conceituais (MORTIMER, 1995), mas, da nossa experiência anterior com eles, concluímos que eles são mais bem adaptados para processos de prazo maior e não funcionariam tão bem para aceder evoluções conceituais que resultassem de poucas, ou talvez de uma única, interações com o simulador. Devido a isso, no momento, tendemos ao

referencial epistemológico de primitivas fenomenológicas (*p-prim*) de diSessa (1993), o qual parece prover o detalhe microscópico das sutis mudanças na cognição do estudante que se podem esperar de algumas interações com o simulador. Estamos trabalhando num instrumento apropriado baseado nele e esperamos dispor em breve de dados a relatar.

As opiniões expressas aqui são exclusivamente do autor e não representam a visão ou opiniões de seu empregador ou da agência financiadora.

Referencias

ABT, Clark C. **Serious games**. New York: Viking Press, 1970.

BECKER, Katrin. Teaching with games: the Minesweeper and Asteroids experience. **Journal of Computing Sciences in Colleges**, v. 17, n. 2, p. 23-33, Dec. 2001. Disponível em: <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/Web/People/smrobert/SAMPapers/game_learning/teaching_with_games.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2011.

BESTEBREURTJE, Tom. **Second Life**: A model for applications - Generic Web support for serious games in Second Life and beyond. 18 p. Amsterdam: VU University, Nov. 2007. Disponível em: <<http://www.cs.vu.nl/~eliens/study/multimedia/design/@archive/games/tom-sl.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2008.

CHARSKY, Dennis; RESSLERA, William. "Games are made for fun": Lessons on the effects of concept maps in the classroom use of computer games. **Computers & Education**, v. 56, n. 3, p. 604-615, Apr. 2011.

CHIEN, Philip. "Blast off!". **Compute!**, n. 166, p. 90, Jul. 1994. Disponível em: <http://www.atarimagazines.com/compute/issue166/90_Blast_off.php>. Acesso em: 25 fev. 2011.

DEDE, Chris. The future of multimedia: Bridging to virtual worlds. **Educational Technology**, v. 32, n. 5, p. 54-60, May 1992.

de FREITAS, Sara; LEVENE, Mark. An investigation of the use of simulations and video gaming for supporting exploratory learning and developing higher-order cognitive skills. In: KINSHUK; SAMPSON, Demetrios G.; ISAÍAS, Pedro T. **Proceedings of the CELDA 2004 - Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELD A'04)**, Proceedings of the IADIS International Conference, Lisbon, Portugal, 15-17 December 2004. Lisboa: IADIS - International Association for Development of the Information Society, 2004/12, p. 35-42. Disponível em: <http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200407L005.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2011.

de FREITAS, Sara; GRIFFITHS, Mark. Massively Multiplayer Online Role-Play Games for Learning. In: Information Resources Management Association, USA. **Gaming and Simulations**. Hershey, PA: Information Science Publishing, 2011, p. 779-793. Disponível em: <<http://curve.coventry.ac.uk/cu/items/f6e3b0f5-53e2-0814-c857-8558ef01693b/1/Massively%20multiplayer%20online.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2011.

diSESSA, Andrea A.. Toward an epistemology of physics. **Cognition and Instruction**, v. 10, n. 2-3, p. 105-225, 1993.

DOHERTY, Paul Doherty; ROTHFARB, Rob; BARKER, Dave. Building an Interactive Science Museum in Second Life. In: Daniel Livingstone and Jeremy Kemp (eds.). **Proceedings of the Second Life Education Workshop at the Second Life Community Convention**, San Francisco, August 20th, 2006. University of Paisley, UK, 2006, p. 19-24.

Disponível em: <<http://www.secondlife.com/businesseducation/education/slcc2006-proceedings.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2007.

dos SANTOS, Renato P. Second Life Physics: Virtual, Real or Surreal? **Journal of Virtual Worlds Research**, v. 2, n. 1, (special issue: Pedagogy, Education and Innovation in Virtual Worlds), Apr. 2009. Disponível em <<https://journals.tdl.org/jvwr/article/view/383/455>>. Acesso em: 31 ago. 2008.

_____. 2010. Second Life: Modelagem matemática e simulação computacional em Ensino de Física. In: C. L. Groenwald (Ed.); Anais do V Congresso Internacional de Ensino de Matemática, Ulbra, Canoas, Brasil, 21/10/2010. **Anais...**, 2010. Canoas: ULBRA – Universidade Luterana do Brasil. Disponível em: <<http://www.fisica-interessante.com/files/second-life-modelagem-matematica-simulacao-computacional-ensino-de-fisica.pdf>>. Acesso em: 25/8/2011.

_____. 2011. O Second Life como plataforma para micromundos físicos para o ensino de Física. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 9, n. 1, p. 44, 2011. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/21965>>. Acesso em: 25/8/2011.

DRIVER, Rosalind. Changing Conceptions. In: ADLEY, Philip; BLISS, Joan; HEAD, John; SHAYER, Michael. **Adolescent Development and School Science**. London: The Falmer Press, 1989.

EDWARDS, Benj. Forty Years of Lunar Lander. **Technologizer**. Jul, 2009. Disponível em: <<http://technologizer.com/2009/07/19/lunar-lander/>>. Acesso em: 1 mar. 2011.

GADGETS, Games and Gizmos: MMORPG in ICT Education. In: **Kapp Notes**, 2007. Disponível em: <<http://karlkapp.blogspot.com/2007/01/gadgets-games-and-gizmos-mmorpg-in-ict.html>>. Acesso em: 30 jun. 2011.

HAVOK.Com, Inc. **Havok Physics Animation v. 6.0.0 PC XS User Guide**. Dublin: Havok.Com, Inc., 2008.

ISERT, Sarah; RAGDALE, Vicki; WHITMORE, Stephen. **LPSRV: Turbine Engine Trade Study**. Logan, UT: Utah State University, 2009. Disponível em: <http://chimaera.usu.edu/svn/lpsrv/Jet_Engine_Trade_Study/draft%20we%20turned%20in%20pdf.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2011.

LOPES, Cristina Videira. The massification and webification of systems' modeling and simulation with virtual worlds. In: **ESEC/FSE '09** (Proceedings of the the 7th joint meeting of the European software engineering conference and the ACM SIGSOFT symposium on The foundations of software engineering, Amsterdam). New York: ACM, 2009, p. 63-70.

LSL Portal. s.d. Disponível em: <http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal>. Acesso em: 29 out. 2008.

LSL Wiki. s.d. Disponível em: <<http://lslwiki.net/lslwiki/>>. Acesso em: 29 out. 2008.

MAYO, Merrilea J. Ender's game for science and engineering: games for real, for now, or we lose the brain war. In: **19th Annual Game Developers Conference (GDC) - Serious Games Summit Sessions**, March 7-11, 2005, Arlington, VA. Disponível em: <<http://msrvideo.vo.msecnd.net/rmcvideos/103931/dl/103931.pdf>>. Acesso: 29 jun. 2011.

THE MUSEUM of HP Calculators. **Moon Landing Simulator for the HP-25**. Disponível em: <<http://www.hpmuseum.org/software/25moonld.htm>>. Acesso em: 1 mar. 2011.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.

NOVAK Joseph D. & GOWIN, D. Bob. (1984). **Learning how to Learn**. Cambridge: Cambridge University Press.

PAPERT, Seymour. Micromundos: incubadores para o conhecimento. In: _____. **Logo: Computadores e Educação**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985, p. 148-164.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino através dos modelos. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3. Porto Alegre, 1999.

REIS, Mari Aurora Fávero. **O uso de simulações computacionais no ensino de colisões mecânicas**. Dissertação de Mestrado (Ensino de Ciências e Matemática). Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 2003.

RIBEIRO, Luis Otoni Meireles; TIMM, Maria Isabel & ZARO, Milton Antonio. Modificações em Jogos Digitais e seu Uso Potencial como Tecnologia Educacional para o Ensino de Engenharia. **RENOTE** : Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 4, n. 1, jun. 2006. Disponível em:
<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2006/artigosrenote/a36_21203.pdf>. Acesso em: 29 out. 2008.

SECOND Life Physics - Lander Simulator. Produção de Autor. 2010. Disponível em:
<http://www.youtube.com/watch?v=aJgY1n_zQCQ>. Acesso em: 17 dez. 2010.

SUTTON, George P.; BIBLARZ, Oscar. Rocket Propulsion Elements. 8th ed. New York: John Wiley & Sons , 2010. 784 p.

TEODORO, Vitor Duarte; VIEIRA, João Paulo Duque; CLÉRIGO, Filipe Costa. **Modellus, Interactive Modelling with Mathematics**. Disponível em:
<<http://modellus.fct.unl.pt/course/view.php?id=16#2>> Acesso em: 29 out. 2008.

TROWBRIDGE, David E.; McDERMOTT, Lillian Christie. Investigation of Student Understanding of the Concept of Acceleration in one Dimension. *American Journal of Physics*, v. 49, n. 3, p. 242-253, Mar 1981.

VRELLIS, Ioannis Vrellis; PAPACHRISTOS, Nikiforos M.; NATSIS, Antonis Natsis ; MIKROPOULOS, Tassos A. Measuring presence in a collaborative physics learning activity in Second Life. In: JIMOYIANNIS, Athanassios (Ed.), **Proceedings of the 7th Pan-Hellenic Conference with International Participation «ICT in Education»**, University of Peloponnese, Korinthos, Greece, 23-26 September 2010, 2010, v. 1, p. 95-102.

WALKER, John. Through the Looking Glass. In: Brenda LAUREL (Ed.). **The art of computer-human interface design**. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1990, p. 213-245.

WORKMAN, Julie. **Moonlander - Lunar Lander Simulator**, CPE 101 Fall 2010. San Luis Obispo, CA: California Polytechnic State University, Fall 2010. Disponível em:
<<http://users.csc.calpoly.edu/~jworkman/101/projects/p2/moonlander.pdf>>. Acesso em: 7 jul. 2011.