

MANIPULANDO OBJETOS NEWTONIANOS: APRENDENDO FÍSICA NO SECOND LIFE COM TATI

MANIPULATING NEWTONIAN OBJECTS: LEARNING PHYSICS IN SECOND LIFE WITH TATI

Renato P. dos Santos¹

¹ULBRA - Univ. Luterana do Brasil/PPGECIM, fisicainteressante@gmail.com

Resumo

Segundo a Lei de Benford da Controvérsia, quanto mais se soubesse sobre um dado assunto, menos controvérsia haveria. Apesar disso, as dificuldades de aprendizado dos alunos em Física estão bem discutidas na literatura científica e, apesar da quantidade de informação acumulada, não há consenso sobre elas nem sobre como solucioná-las. Também é bem conhecida a controvérsia dos Aristotélicos com Galileu que, para poder chegar à Lei da Queda dos Corpos, teve que fazer a abstração de eliminar o atrito e a resistência do ar, sempre considerada pelos Aristotélicos, colocando-se conscientemente, fora da realidade. De fato, já em 1980, Papert, discípulo do controverso Piaget, denunciava que as escolas ensinam o movimento newtoniano por meio de manipulação de equações, em vez de manipulação dos próprios objetos newtonianos. Por outro lado, embora haja uma controvérsia sobre se é apenas mais um *game* ou não, o Second Life e sua linguagem de programação apresentam uma notável curva de aprendizado que desestimula a maioria dos professores a usá-lo como ambiente de simulações educacionais. O objetivo deste trabalho é apresentar a TATI, uma interface textual que, através de, TATILogo, uma variante própria da linguagem Logo, permite a geração de vários micromundos de Física no Second Life, contendo diferentes tipos de objetos que seguem distintas leis físicas, proporcionando uma sequência de aprendizagem piagetiana até a Física Newtoniana, ao mesmo tempo em que permite aos utilizadores construir suas simulações sem ter que entrar tão a fundo na programação LSL, facilitando a um grande público de professores seu acesso a uma ferramenta tão interessante como o SL.

Palavras-chave: Second Life, micromundos físicos, Ensino de Física, simulações computacionais, Logo.

Abstract

According to Benford's law of controversy, the more is known the less controversy there is. Nevertheless, student difficulties in learning Physics have been throughout discussed in the scientific literature and, despite the amount of accumulated information, there is no consensus about them or how to solve them. It is also well known to the controversy between the Aristotelians and Galileo who, in order to obtain the Law of Falling Bodies, had to make the abstraction to eliminate friction and air resistance, always regarded by the Aristotelian, consciously placing himself outside of reality. As a matter of fact, already in 1980 Papert complained that schools teach Newtonian motion by means of manipulation of equations rather than by manipulation of the Newtonian objects themselves. On the other hand, Second

Life and its programming language have a remarkable learning curve that discourages most teachers at using it as an environment for educational simulations. The aim of this study is to describe TATI, a textual interface that through TATILogo, a variant of the Logo language, allows the generation of various physics microworlds in Second Life, containing different types of objects that follow different physical laws, providing a Piagetian learning path into Newtonian Physics at the same time allowing users to build their simulations without having to go so deep in programming LSL, facilitating a large audience of teachers access to an interesting tool such as SL.

Keywords: Second Life, physics microworlds, Physics teaching, computer simulations, Logo.

Introdução

“Dois blocos estão em contato sobre uma mesa sem atrito. Uma força horizontal é aplicada ao bloco maior, [...]” (HALLIDAY et al., 2002, p 91)

A Lei de Benford da Controvérsia diz que "a paixão é inversamente proporcional à quantidade de informação real disponível (BENFORD, 1980)." Em outras palavras, quanto mais se soubesse sobre um dado assunto, menos controvérsia haveria. A validade dessa lei é, no entanto, controversa. As dificuldades de aprendizado dos alunos em Física vêm sendo discutidas na literatura científica desde os anos 70 e, apesar da quantidade de informação acumulada, não há consenso sobre elas nem sobre como solucioná-las. Até mesmo a proposta da controvérsia e do conflito cognitivo para promover a mudança conceitual (JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T., 1979) foi descartada (MOREIRA; GRECA, 2003).

Também é bem conhecida a controvérsia de Galileu com os Aristotélicos. Particularmente interessante, aqui, é que ele, para poder chegar à Lei da Queda dos Corpos, teve que fazer a abstração de eliminar o atrito e a resistência do ar, sempre considerada pelos Aristotélicos. Na sua crítica da dinâmica de Aristóteles, e para fortalecer a sua própria teoria da queda dos corpos no vazio, ele, assim, imediata e conscientemente, “*coloca-se fora da realidade*, [pois] um plano absolutamente liso, uma esfera absolutamente esférica, ambos absolutamente duros são coisas que não se encontram na realidade física, não são conceitos que se tirem da experiência” (KOYRÉ, 1992, pp. 96-98 [grifo nosso]).

De fato, já em 1980, Papert, discípulo do controverso Piaget, apontava que os estudantes quase não têm experiências diretas e físicas do movimento puramente newtoniano, violando, assim, um dos princípios matemáticos de Papert (PAPERT, 1985, p. 149), e, na sua ausência, as escolas são obrigadas ensinar o movimento newtoniano por meio de manipulação de equações, em vez de manipulação dos próprios objetos newtonianos (PAPERT, 1985, p. 153). Para esse autor, os estudantes deveriam experimentar com leis de movimento alternativas, num “micromundo da física”, progredindo, numa sequência de aprendizagem piagetiana (PAPERT, 1985, p. 152) de Aristóteles até Newton, Einstein e até mesmo a leis que eles mesmos poderiam inventar (PAPERT, 1985, p. 154).

Papert (PAPERT, 1985, p. 157-158) propôs uma sequência de quatro tipos de objetos: tartaruga geométrica, de velocidade, de aceleração e newtoniana. Em vez de tartarugas que obedecessem apenas a comandos geométricos tais como *FORWARD*, *BACKWARD*, *RIGHT* ou *LEFT*, essas outras tartarugas dinâmicas

(*Dynaturtles*) (ABELSON; DISESSA, 1981) entendem comandos, tais como *SETVELOCITY* ou *CHANGE VELOCITY* (PAPERT, 1985, p. 158) e vários outros correspondentes às suas várias *mudanças de estados físicos* (PAPERT, 1985, p. 156). Como explica Abelson,

"Uma tartaruga dinâmica ou *dynaturtle* comporta-se como se fosse um foguete no espaço sideral. Para movê-lo você tem que lhe dar um golpe 'disparando um foguete'. Em seguida, ele continuará se movendo na mesma direção até que você lhe dê outro golpe. Quando você mudar sua direção, ele não se moverá na nova direção até que você lhe dê um novo golpe. O seu novo movimento será uma combinação do movimento anterior e do movimento causado pelo novo golpe (ABELSON, 1982, p. 121)."

É importante compreender, porém, que os micromundos de Papert não são meros objetos de aprendizagem, a partir dos quais o aluno aprenda, mas ambientes intelectuais cuja ênfase está no processo (PAPERT, 1985, p. 218-219). Essa foi sua controversa visão dos computadores como *ferramenta de aprendizado*, em vez de *instrumento de ensino* (PAPERT, 1985, p. 17-18), antecipando, assim, a ideia de o aluno *pensar-com* e *aprender-com* o computador de Rosa (2008).

Dentre os mais de 700 ("MMORG Gamelist") mundos de jogo (*game worlds*), criados especificamente para entretenimento, e os 50 diferentes Ambientes Virtuais Multiusuários atualmente disponíveis, criados para simular a vida real, em algum sentido, o *Second Life* (SL), seguido pelo *Open Sim* e pelo *Active Worlds*, destaca-se como a plataforma que oferece mais serviços e ferramentas para desenvolvimento de aplicações com qualidade (REIS et al., 2011), em termos de verossimilhança, escalabilidade, interatividade, usabilidade e segurança, mesmo que não seja aquele com a maior população de usuários (TAYLOR, 2007). Diferentemente de outros mundos virtuais, onde as leis físicas não são seriamente levadas em conta, os objetos criados no SL são automaticamente controlados pelo poderoso *engine* de física Havok™ (HAVOK.COM, 2008).

Desde sua criação, há uma controvérsia se o SL é mais um *game* ou não. Conforme demonstramos em (AUTOR, 2012a), o SL constitui-se numa grande simulação de todo um mundo semelhante à Terra e, decididamente, não pode mais ser visto como apenas um *game*. 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*. Vale lembrar que Papert foi, também, um dos primeiros a defender o controverso uso dos videogames e da Internet como meios educacionais (PAPERT, 1998).

Entretanto, alguns pontos importantes devem ser levados em conta quando se pretende construir um simulador ou um micromundo físico no SL (AUTOR, 2012b). Primeiramente, vale lembrar que dos SANTOS (2009) demonstrou que a Física do SL não é nem uma virtualização da Física do 'mundo real' nem a da Física 'ideal' Galileana/Newtoniana, mencionada acima. Em segundo lugar, o SL não é um simulador 'clássico', como o *Modellus* (TEODORO et al., 1996); por exemplo, não há no SL recursos para definir as condições iniciais dos objetos.

Por outro lado, embora seja rico em recursos, não se pode dizer que o SL seja uma plataforma de fácil utilização, desestimulando a maioria dos professores de Física até para a construção de simulações educacionais simples. Há uma apreciável curva de aprendizado (SANCHEZ, 2009) apenas para que os estudantes se familiarizem com as operações básicas do avatar, tais como passar por portas,

subir escadas, manipular objetos, etc. Outra dificuldade é o aprendizado da *Linden Scripting Language* (LSL) (“LSL Portal”), sem o que, não se pode dar interatividade aos objetos criados, resultando apenas num Lego gigantesco. Com isso, seu uso educacional tem sido controverso.

Consciente dessas dificuldades, decidiu-se construir a TATI (*The Amiable Textual Interface for Second Life*) (AUTOR, 2012c), uma interface textual amigável para o Second Life que traduzisse comandos simples, semelhantes aos da linguagem Logo, digitados no canal de *chat* do SL, em comandos da LSL que gerassem objetos imbuídos de físicas alternativas, como se descreverá a seguir.

TATI (*The Amiable Textual Interface for Second Life*)

Por compatibilidade com o SL, TATI gera não só objetos correspondentes às quatro tartarugas acima, mas também aos dois tipos básicos de primitivas do Second Life: objetos físicos (“Physical,” 2007) e não-físicos (“Non-Physical,” 2006), num total de seis tipos de objetos, descritos na Figura 1, bem como sua correspondência com as tartarugas de Papert e os objetos do SL.

Objeto	Tartaruga ou objeto do Second Life	Características
NOROBJECT	Objeto básico <i>não-físico</i> do SL	Insensível à gravidade, aceita funções <i>cinemáticas</i> do SL (<i>llSetPos</i> , <i>llSetRot</i> , etc.).
GEOBJECT	Tartaruga geométrica	Insensível à gravidade, possui apenas dois componentes geométricos: posição e orientação.
VELOBJECT	Tartaruga de velocidade	Insensível à gravidade, não há comandos para mudar sua posição, mas apenas sua velocidade através do comando <i>SETVELOCITY</i> ; sua posição se alterará como consequência da sua velocidade.
ACCOBJECT	Tartaruga de aceleração	Insensível à gravidade, aceita apenas comandos <i>CHANGEVELOCITY</i> , no sentido de “Mude sua velocidade de <i>x</i> , qualquer que seja ela”.
NEWOBJECT	Tartaruga newtoniana	Insensível à gravidade, aceita apenas comandos que alterem seu momento (forças).
PHYOBJECT	Objeto básico <i>físico</i> do SL	Sujeito à gravidade e à dinâmica do SL, aceita funções <i>cinéticas</i> do SL (<i>llSetForce</i> , <i>llGetAccel</i> , <i>llGetOmega</i> , etc.).

Figura 1 - Correspondências entre os tipos de objetos disponíveis e as tartarugas de Papert e objetos do Second Life

Como argumenta (HOYLES et al., 2002), “programação é a ferramenta prototípica para a visão construcionista, e um micromundo sem programação corre o risco de evitar justamente aquilo que dá ao micromundo seu poder”. Por isso, TATI tem sua própria linguagem de alto-nível, a TATILogo, uma variante própria de Logo, estendida para incluir novos comandos para criar e atuar sobre cada um dos

diversos tipos de objetos acima (ver (AUTOR, 2012c) para uma descrição mais completa). Além dos comandos *FORWARD*, *BACKWARD*, *RIGHT* e *LEFT* da linguagem Logo (HARVEY, 1993), TATILogo inclui também os comandos análogos para rotações nos outros eixos *UP*, *DOWN*, *CLOCK* e *ACLOCK*.

Para o VELOBJECT, há os comandos *SETVEL*, que corresponde a *assume a velocidade* $\vec{v} = (v_x, v_y, v_x)$, que pode estar em qualquer direção, e os comandos *SPEEDUP* e *SLOWDOWN*, ambos com parâmetros escalares, no sentido de *umente (ou diminua) sua velocidade de v (escalar) na mesma direção da orientação natural do objeto ('para frente')*. Por analogia, incluíram-se, também, os comandos para variação da velocidade angular *SETANGVEL* (vetorial) e *SPINUP* e *SPINDOWN* (escalares). Como explica McDougall,

“Uma tartaruga de velocidade teria seu estado especificado por sua posição e sua velocidade, com um único operador de mudança de estado *SETVELOCITY* (número). Uma tartaruga de aceleração, de modo semelhante ter o seu estado especificado por sua posição e a sua velocidade, com um operador de mudança de estado que muda a velocidade de uma quantidade especificada, tal como *SETACCELERATION* (número)” (McDOUGALL, 2003).

Igualmente, há os comandos *SETACCEL* e *SETANGACCEL* (vetoriais) que, respectivamente, atribuem aceleração e aceleração angular aos objetos do tipo *ACCOBJECT*, bem como os correspondentes *ACCELERATE* e *DECELERATE* (escalares), mais de acordo com o comando *SETACCELERATION* das *Dynaturtles* (ABELSON; DISESSA, 1981), e o *ANGACCEL* (escalar) para acelerações angulares. Finalmente, há comandos dinâmicos tais como *APPFORCE*, *APPIMPULSE*, *APPTORQUE*, etc., que aplicam forças, impulsos e torques aos objetos do tipo *PHYOBJECT*.

A sintaxe de TATILogo foi feita, Intencionalmente, o mais simples possível, não só para facilitar o trabalho do analisador sintático de TATI, como também para tornar mais fácil a interação do usuário com TATI. Vale destacar a sintaxe simplificada que definimos para vetores como $(v_x v_y v_x)$ em vez de (v_x, v_y, v_x) , como usual, ou de $\langle v_x, v_y, v_x \rangle$, como utilizada nas funções da LSL.

Cada objeto é criado por TATI com um identificador definido pelo usuário através do parâmetro *object_id* do comando *CREATE*, sendo atribuído pelo script como nome da primitiva criada e feito aparecer como texto visível acima do objeto, facilitando sua referência posterior.

A função LSL que materializa (*rez*) objetos o faz a partir de cópias de primitivas que já estão no inventário de TATI (“IlRezObject,” 2011). Através do parâmetro *object_shape* do comando *CREATE* de TATILogo o usuário pode criar objetos com formas diferentes independentemente do seu tipo, dentre um conjunto de objetos-formas (*shapes*) previamente incluídos no inventário de TATI, tais como cubo, esfera, cilindro, cone, maçã e avião. Outras formas podem ser acrescentadas pelo usuário ao inventário de TATI, sendo reconhecidas pelo script e passando a estar disponível na lista de *object_shape*. O usuário pode, também, alterar sua cor, através do comando *SETCOL*, dentro de um conjunto pré-definido de oito cores.

Finalmente, tendo em conta a cultura da *Sociedade da Impressão* (*Impression Society*) vigente no SL (AU, 2008, p. xix), da valorização do que causa impacto visual, procurou-se dar um design ao objeto que iria abrigar o script de TATI condizente com o simbolismo de sua função. Para tal, obteve-se um ‘chapéu de mágico’, em cujo inventário foram colocados o script de TATI e os objetos-formas. O script foi ajustado, de forma que os objetos fossem gerados logo acima da abertura do chapéu, como que ‘por mágica’.

Na Figura 2 veem-se alguns exemplos de objetos criados: um de forma CUBE e cor azul do tipo NOROBJECT, um de forma PLANE e tipo VELOBJECT e um de forma CONE e cor amarela do tipo PHYOBJECT, o qual está caído no chão por ser sujeito à gravidade. Vídeos com outros exemplos estão disponíveis em (AUTOR, 2012d).



Figura 2 - Exemplos de objetos criados com a interface TATI

Fonte: foto tirada pelo autor

Os comandos em TATILogo para a criação destes objetos, digitados no canal 33 de chat, foram (Figura 3).

```
/33 create b1  
/33 backward b1 3  
/33 setcol b1 blue  
/33 create b2 phyobject cone  
/33 setcol b2 yellow  
/33 create b3 velobject plane
```

Figura 3- Comandos em TATILogo emitidos para a criação dos objetos da Figura 2

O comando *REPEAT* permite a repetição de um conjunto de comandos, tal como no clássico exemplo em Logo (PAPERT, 1985, p. 81-82) de desenhar uma circunferência (Figura 4).

```
UM CÍRCULO REPITA  
(PARAFRENTE 1 PARADIREITA 1)
```

Figura 4 - procedimento em Logo para desenhar uma circunferência.

Um desafio interessante é tentar realizar uma trajetória em forma circunferência com os objetos não-geométricos *VELOBJECT*, *ACCOBJECT* e *NEWOBJECT*. No primeiro caso, por exemplo, como ele não obedece a comandos de posição *FORWARD* ou *BACKWARD*, é necessário atribuir alguma velocidade ao objeto, pará-lo antes de girá-lo e repetir o processo quantas vezes forem necessárias (Figura 5).

```
/33 create b5 velobject  
/33 repeat 4 ( speedup b5 1 ; slowdown b5 1  
; spinup b5 (0 0 1) )
```

Figura 5 - comandos em TATILogo para uma trajetória em forma de circunferência.

No caso do *ACCOBJECT*, da mesma forma, será necessário aplicar acelerações sucessivas ao objeto, aproximando-se, assim, ao conceito de aceleração centrípeta até o caso do *NEWOBJECT*, onde se terá de aplicar uma força centrípeta.

Acreditamos que a sequência de tipos de objetos, tal como no exemplo acima das trajetórias em circunferência, realiza a proposta de Papert de uma sequência de aprendizagem piagetiana para a Física Newtoniana (PAPERT, 1985, p. 152), discutida anteriormente, contribuindo para minorar a generalizada dificuldade em distinguir entre os conceitos de velocidade e aceleração (TROWBRIDGE; MCDERMOTT, 1981).

Está, também, prevista a implementação do comando *CONNECT*, o qual realizará a ideia das ‘tartarugas conectadas’ de Papert (PAPERT, 1985, p. 160) para o aprendizado da 3ª Lei de Newton, de ação e reação; ao fazer com que o comando dado a um objeto será reproduzido, de forma invertida, pelo objeto a ele conectado. Pretende-se, também tornar esta linguagem recursiva, já que Papert considerou que “de todas as ideias que apresentei às crianças, a recursão se destacou como uma ideia capaz de provocar uma resposta entusiástica” (PAPERT, 1985, p. 97).

Uma dificuldade enfrentada foi que, no SL, os scripts são restritos a rodar em seções de apenas 64KB de memória do simulador (“LSL Script Memory,” 2011). Este fato restringiu em muito as possibilidades de TATILogo e exigiu criatividade para implementar as presentes funções.

Conclusões

Passados trinta anos da controversa proposta de Papert, muito já se discutiu sobre a linguagem Logo, mas, com exceção das primitivas ‘*Dinatarts*’ (tartarugas dinâmicas) de diSessa (ABELSON; DISESSA, 1981), não se tem conhecimento de outras implementações de micromundos que efetivamente disponibilizem essa experimentação com leis físicas diferentes das newtonianas, tal como concebida por Papert e realizada por TATI.

Espera-se que TATI represente uma contribuição significativa para o aprendizado de Física, ao permitir ao usuário por em prática dois princípios matemáticos de Papert: “primeiro, relacionar a novidade a ser aprendida com alguma coisa que já se sabe e, segundo, tomar a coisa nova e apropriar-se dela, fazer alguma coisa nova com ela, brincar com ela, construir com ela (PAPERT, 1985, p. 148).” Ao mesmo tempo, espera-se que ela reduza a curva de aprendizado do SL (SANCHEZ, 2009), permitindo aos utilizadores construir suas simulações sem ter que entrar tão a fundo na programação LSL e facilitando a um grande público de professores seu acesso a uma ferramenta tão interessante como o SL.

Referências

- ABELSON, H. **Logo for the Apple II**. Peterborough, NH: Byte/McGraw-Hill, 1982.
- ABELSON, H.; DISESSA, A. A. **Turtle Geometry**: Computations as a Medium for Exploring Mathematics. Cambridge, MA: MIT Press, 1981.
- AU, W. J. **The Making of Second Life**: Notes from the new world. 1st ed. New York: Harper Collins, 2008.
- BENFORD, G. **Timescape**. New York: Simon & Schuster, 1980.
- dos SANTOS, R. P. Second Life Physics: Virtual, real or surreal? **Journal of Virtual Worlds Research**, v. 2, n. 1, p. 1-21, 2009.
- dos SANTOS, R. P. Second Life as a Platform for Physics Simulations and Microworlds: An Evaluation. CBLIS 2012 - 10th Computer-Based Learning in Science, Barcelona, 26th to 29th June, 2012. **Proceedings...**, 2012a.
- dos SANTOS, R. P. Physics Microworlds for Physics Teaching: A Case Study on Second Life as a Platform. **submitted to International Journal of Virtual and Personal Learning Environments**, 2012b.
- dos SANTOS, R. P. TATI - Uma interface textual amigável para o Second Life. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, 2012c.
- dos SANTOS, R. P. Playing with TATI. Disponível em: <<http://secondlifephysics.blogspot.com.br/2012/05/playing-with-tati.html>>. Acesso em: 15/5/2012d.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física - vol. 1 Mecânica**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2002.
- HARVEY, B. **Berkeley Logo User Manual**. Berkeley, CA: University of California, 1993.
- HAVOK.COM. **Havok Physics Animation 6.0.0 PC XS User Guide**. Dublin: Havok.com, Inc., 2008.

HOYLES, C.; NOSS, R.; ADAMSON, R. Rethinking the Microworld Idea. **Journal of Educational Computing Research**, v. 27, n. 1-2, p. 29-53, 2002.

JIMOYIANNIS, A.; KOMIS, V. Computer Simulations in Physics Teaching and Learning: A Case Study on Student's Understanding of Trajectory Motion. **Computers & Education**, v. 36, n. 2, p. 183-204, 2001.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. Conflict in Classroom: Controversy and Learning. **Review of Educational Research**, v. 49, n. 1, p. 51-70, 1979.

IIRezObject. Disponível em: <<http://wiki.secondlife.com/wiki/LIRezObject>>. Acesso em: 12/1/2012.

LSL Portal. Disponível em: <http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal>. Acesso em: 29/10/2008.

LSL Script Memory. Disponível em: <https://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Script_Memory>. Acesso em: 7/5/2012.

McDOUGALL, A. Technology-supported environments for learning through cognitive conflict. **Research in Learning Technology**, v. 10, n. 3, p. 83-91, 2003.

MMORG Gamelist-All Listed Games. Disponível em: <<http://www.mmorg.com/gamelist.cfm>>. Acesso em: 16/2/2012.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio Conceptual: Análisis Crítico y Propuestas a La Luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

Non-Physical. Disponível em: <<http://lslwiki.net/lslwiki/wakka.php?wakka=nonphysical>>. Acesso em: 17/5/2010.

PAPERT, S. A. **Logo: Computadores e Educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, S. A. Does Easy Do It? Children, Games, and Learning. **Game Developer magazine**, p. 87-88, 1998.

Physical. Disponível em: <<http://lslwiki.net/lslwiki/wakka.php?wakka=physical>>. Acesso em: 17/5/2010.

REIS, R.; FONSECA, B.; ESCUDEIRO, P. Comparative analysis of virtual worlds. Proceedings of the 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2011), Chaves, Portugal, 15-18 June 2011. **Anais...** p. 1-7, 2011.

ROSA, M. **A Construção de Identidades online por meio do Role Playing Game: relações com o ensino e aprendizagem de matemática em um curso à distância**. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

SANCHEZ, J. Barriers to Student Learning in Second Life. **Library Technology Reports**, v. 45, n. 2, p. 29-34, 2009.

TAYLOR, D. **Second Life in perspective: A round-up of 50 virtual worlds**. 14 Oct, 2007. Disponível em: <<http://www.fabricoffolly.com/2007/10/second-life-in-perspective-round-up-of.html>>. Acesso em: 13/2/2012.

TEODORO, V. D.; DUQUE VIEIRA, J. P.; COSTA CLÉRIGO, F. **Introdução ao Modellus - Experiências com Modelos Matemáticos em Física-Química e Matemática - Versão 1.11**. Lisboa: Didática, 1996.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. Investigation of Student Understanding of the Concept of Acceleration in one Dimension. **American Journal of Physics**, v. 49, n. 3, p. 242-253, 1981.