Desafio do Uso de Gamificação em Sistemas Tutores Inteligentes Baseados em Web Semântica

Fernando R. H. Andrade[1], Laís Z. Pedro[1], Aparecida M. Zem Lopes[1], Ig I. Bittencourt[2], Seiji Isotani[1]

[1]Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo

[2]Instituto de Computação – Universidade Federal do Alagoas

{fernando.heb, laiszagatti, cida.zem, ig.ibert}@gmail.com
sisotani@icmc.usp.br

Abstract. *Semantic Web based Intelligent Tutoring Systems (ITS) are learning environments that use artificial intelligence techniques and semantic technologies (eg ontologies) to give personalized support to students. Despite the benefits provided by these systems, some problems such as the externalization of inappropriate behavior (eg "gaming the system") can hinder the learning process. Among the possible solutions to these problems, this paper discusses the challenges of using Gamification, technique not well explored in education, properly in ITS to create mechanisms that motivate and engage students in the process of knowledge construction.*

Resumo. *Sistemas Tutores Inteligentes (STI) baseados em Web Semântica são ambientes de ensino e aprendizagem que utilizam técnicas de Inteligência Artificial e tecnologias semânticas (e.g. ontologias) para dar suporte personalizado aos alunos. Apesar dos benefícios proporcionados por esses sistemas, alguns problemas, como a externalização de comportamentos inadequados (e.g. "gaming the system") podem comprometer o processo de ensino e aprendizagem. Dentre as possíveis soluções a esses problemas, esse artigo discute os desafios de utilizar a Gamificação, técnica ainda pouco explorada na educação, adequadamente em STI para criar mecanismos que motivam e engajam o aluno no processo de construção do conhecimento.*

1. Introdução

Os ambientes virtuais de aprendizagem baseados na web têm recebido grande atenção por parte da comunidade acadêmica interessada em tópicos relacionados à Educação a Distância, Informática na Educação e Inteligência Artificial Aplicada à Educação (Bittencourt et al., 2008). Entre as principais razões estão a crescente evolução das pesquisas em Web Semântica e seu grande potencial para resolver diversos problemas nos ambientes de ensino e aprendizagem baseados na web atual como, por exemplo, a falta de interoperabilidade entre sistemas e as dificuldades para criar, compartilhar e reutilizar conteúdos e informações disponíveis na rede.

Por meio do uso de técnicas da Web Semântica, a web tradicional, que conecta

apenas informação (links entre páginas/mídias), está se transformando na web que, potencialmente, conecta "conhecimento", ou seja, as informações conectadas possuem significados que são compreensíveis e compartilháveis por pessoas e computadores (Devedzic, 2006). O uso de ontologias e taxonomias para representar conhecimento e anotar a informação contida na web permitiu o desenvolvimento de novos mecanismos de aprendizagem (*linked learning*), inferências e análise sobre o nível de conhecimento do aluno, além de viabilizar o uso de agentes inteligentes para lidar com os conteúdos educacionais contidos na web, de forma muito mais rápida e efetiva (Isotani et al., 2009). Além disso, as ontologias permitem a representação semântica dos dados, além de tornar possível a elaboração de uma rede de conhecimento humano que possa ser processado e consumido, também, por agentes computacionais.

Dentre os sistemas que se beneficiam das técnicas de Web Semântica estão os **Sistemas Tutores Inteligentes** (STI) que podem utilizar essas tecnologias para conectar os diversos elementos do sistema (conteúdos, funcionalidades, permissões etc.) com os estados de conhecimento e habilidades dos alunos, para guiar dinamicamente o processo de ensino e aprendizagem. Diversos pesquisadores apontam que alunos que utilizam STI frequentemente aprendem mais, melhorando o seu desempenho e retenção do conhecimento, se comparados com alunos em uma sala de aula convencional (Anderson et al., 1995; Devedzic, 2006; Isotani et al., 2010; VanLehn et al., 2011).

Entretanto, apesar dos benefícios educacionais desses sistemas, ainda existe a externalização de comportamentos inadequados que comprometem a aprendizagem. (e.g. "*gaming the system"*). Segundo Cytowic (1989), a cognição, a memória e a capacidade de tomar decisões do indivíduo estão intrinsicamente ligados às emoções. Ou seja, estudantes que se sentem ansiosos, chateados ou deprimidos não assimilam as informações corretamente e, por causa disso, acabam apresentando comportamentos impróprios que dificultam a aprendizagem (Baker et al., 2008). Em contrapartida, alunos que se sentem motivados, desafiados e intrigados tendem a obter melhores resultados (VanLehn, 2011).

Assim, para reduzir esses problemas é necessário propor técnicas e modelos para que os ambientes de ensino e aprendizagem, em particular os STI, tenham a capacidade de "influenciar" positivamente o estado emocional/cognitivo do aluno. Uma técnica ainda pouco explorada na educação que tem este objetivo é a *Gamificação*. Esse termo é comumente utilizado para expressar o uso de elementos de jogos (e.g. enredo, pontuação e ranking) em contextos que não são de jogos (e.g. ambiente de aprendizagem) para motivar ou influenciar as pessoas a realizarem uma determinada atividade (Kapp, 2012).

Além dos problemas comportamentais do aluno, captar o seu estado emocional e utilizar recursos de Gamificação, de maneira efetiva, ainda é um grande desafio. Desse modo, a utilização de técnicas de Inteligência Artificial aplicada em STI pode complementar essas técnicas e exercer uma função essencial no desempenho destes ambientes. Em outras palavras, o desenvolvimento de um STI Gamificado e estruturado utilizando recursos da Web Semântica, pode ser uma poderosa ferramenta para melhorar a qualidade dos sistemas educacionais inteligentes existentes.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2 é abordado o desafio

desse trabalho. Na seção 3 são apresentados e fundamentados os conceitos referentes à Gamificação. A seção 4 apresenta trabalhos relacionados à pesquisa. Na seção 5 é realizada a proposta de solução ao desafio proposto. Por fim, na seção 6, são realizadas as considerações finais.

2. Desafio: Gamificação em Sistemas Tutores Inteligentes

A capacidade de aprendizado de um indivíduo está relacionada às suas emoções (Cytowic, 1989). Além disso, fatores comportamentais como desmotivação, falta de interesse ou tédio interferem diretamente no uso adequado desses sistemas. Esses comportamentos podem gerar atitudes como "*gaming the system*", expressão utilizada para o ato de *trapacear o sistema*, ou seja, externalizar comportamentos inadequados no sistema para cumprir uma tarefa exigida.

Nos STI, as "trapaças" despertaram grande atenção da comunidade, pois dificultam a realização de estudos sobre a aprendizagem dos alunos nestes sistemas, além de prejudicar a performance do sistema/aluno. Atualmente, esse tipo de comportamento já pode ser detectado (Baker et al., 2008). No entanto, as abordagens para evitar tal comportamento foram pouco investigadas e ainda não estão consolidadas. Desta forma, para tentar evitar esse tipo de comportamento, é proposto neste trabalho o uso de técnicas de Gamificação que estão sendo aplicadas em diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de motivar e aumentar o engajamento das pessoas. Entretanto, a sua aplicação em STI não é trivial. Neste contexto, são apresentadas duas questões que constituem os desafios de pesquisa ao associar a gamificação com STI: 1) Quais elementos da Gamificação e de que forma devem ser utilizados por um STI? e 2) De que forma a Web Semântica pode contribuir para viabilizar a Gamificação em STI e quais os benefícios gerados por essa união?

3. A Gamificação

Gamificação é um conceito que pode ser entendido erroneamente como "*aprender por meio de jogos*". Contudo, o uso correto deste termo refere-se à utilização de elementos e técnicas de *design* de jogos em situações fora do contexto de jogos, a fim de obter maior participação e envolvimento das pessoas em um determinado assunto ou contexto. Essa abordagem pode ser aplicada em ambientes empresariais, escolas, administração pública e até em atividades do cotidiano. Uma definição de Gamificação, segundo Kapp (2012, p. 10), é: "*Gamificação é o uso de mecânica, ideias e estética de jogos (e.g. contexto, feedback rápido, competição, fases, conquistas, pontos e etc.), para engajar pessoas, motivar ações, promover aprendizado e solucionar problemas"*.

O objetivo principal da Gamificação é aumentar o engajamento dos usuários por meio do uso de técnicas semelhantes às usadas em jogos, como: placares e *feedback* imediato (Flatla et al., 2011), fazendo com que os usuários se sintam no controle de suas

ações e se motivem com as tarefas (Pavlus, 2010). De acordo com Kapp (2012), o uso correto destes elementos determina o sucesso ou o fracasso de um jogo ou de um ambiente gamificado.

3.1. Elementos da Gamificação

A palavra "jogo", do inglês "*game*", contém diversos significados em suas mais diversas aplicações. Segundo Sales e Zimmerman (2004), jogo pode ser definido como um sistema no qual os jogadores se envolvem em um conflito artificial, definido por regras e que possui um resultado quantificável. Assim, tem-se, por essa definição, que um jogo possui três elementos básicos: o desafio, as regras e o resultado (*feedback*) de suas ações. Entretanto, esses não são os únicos elementos envolvidos no *design* de um jogo.

Schell (2008) divide os elementos de gamificação em quatro categorias: Mecânica, Histórias, Estética e Tecnologia. A primeira categoria, **Mecânica**, descreve os procedimentos e regras do jogo que definem como os jogadores podem alcançar os objetivos propostos pelo jogo. A categoria **História** descreve a sequência de eventos (enredo) durante o jogo, podendo ser simples e linear ou complexa e cheia de detalhes. A categoria **Estética** descreve as características audiovisuais de um jogo, tais como: seu visual, o *design*, trilhas sonoras, sons de ações e os demais recursos gráficos presentes que irão afetar diretamente a experiência do jogador durante o jogo. Por fim, a categoria de **Tecnologia** define os materiais a serem utilizados e as interações que tornarão a interatividade com o jogo (i.e. jogabilidade) possível. A Figura 1 apresenta alguns dos principais elementos da Gamificação, classificados de acordo com a definição de Schell (2008): História, Mecânica e Estética. Os elementos de Tecnologia não foram inseridos na figura, pois variam entre as plataformas onde as aplicações são desenvolvidas.

Figura 1: Elementos de jogos e suas classificações com base em Schell (2008)

Kapp (2012) apresenta uma descrição detalhada de alguns desses elementos:

- **Objetivos**: um jogo deve possuir metas claras e quantificáveis. De acordo com

o autor, diferentemente dos objetivos educacionais, que possuem tendência de serem amplos, em jogos, os objetivos são específicos e não deixam margem para ambiguidades;

- **Regras**: as regras servem para definir desde o número de jogadores até os meios para alcançar os objetivos do jogo. Pode-se dividir as regras em até quatro níveis (regras operacionais, regras fundamentais ou constitutivas, regras implícitas e regras instrutivas).
- ***Feedback***: este é um recurso típico de qualquer jogo e, diferentemente de um ambiente educacional convencional, esses *feedbacks* são rápidos e imediatos. De modo geral, possuem o propósito de evocar no jogador, os comportamentos, pensamentos ou ações corretas e/ou desejadas;
- **Recompensas**: possuem um papel importante na estrutura dos jogos e na motivação dos jogadores. O uso de recompensas (e.g. pontos, medalhas etc.) em ambientes de aprendizagem, apesar de controverso, pode fornecer um incentivo valioso para que os alunos possam externalizar um comportamento desejado; e
- **Enredo**: é uma ferramenta fundamental para a Gamificação de atividades educativas, uma vez que o contexto proporciona relevância e significado para a experiência de aprendizagem. A união de histórias com ambientes gamificados bem elaborados pode tornar a experiência de aprendizagem mais robusta e memorável.

Estes elementos, que compõem um jogo, podem ser utilizados na criação de uma situação de aprendizagem mais motivadora. É importante observar que utilizar Gamificação não significa, apenas, inserir elementos de jogos, de maneira aleatória, em qualquer tipo de situação. Para que se obtenha sucesso ao gamificar um ambiente, deve-se realizar a análise e modelagem do impacto de cada elemento e propor técnicas e mudanças nas arquiteturas atuais, de forma que se possa utilizá-las de maneira adequada, inteligente e eficaz.

4. Pesquisas Recentes do Uso de Gamificação na Educação.

Algumas pesquisas vêm sendo realizadas nas áreas de psicologia, pedagogia e computação para compreender as formas de utilizar a Gamificação para obter um melhor desempenho dos estudantes em ambientes de ensino e aprendizagem, são apresentadas nesta seção, que estudam a Gamificação nestes ambientes. No entanto, os métodos de aplicação desse recurso ainda não estão consolidados.

Em 2007, Henrich e Morgenroth (2007) descreveram a experiência de cinco anos no uso de um ambiente de ensino, dividido em quatro modalidades, cada uma delas com diferentes níveis de contato com o professor. Com base nesse trabalho, Muntean (2011) propôs diversos pontos para a Gamificação desse ambiente, tais como: o aumento da personalização no ambiente e a utilização de *avatares* (representação virtual do aluno); subdivisão dos conteúdos, a distribuição de pontos por exercícios resolvidos, níveis por

módulos completados e a inserção de *leaderboards* e *top scores*; inclusão de interações sociais entre os alunos para aumentar a sensação de estar em uma sala de aula; inclusão de compromissos virtuais, para motivar o aluno a entrar periodicamente no sistema; o fornecimento de *feedback* regular sobre o progresso do aluno; e a antecipação de qual o próximo conteúdo para aumentar o engajamento por um período maior.

Landers e Callan (2011) abordaram diversos aspectos psicológicos do uso da Gamificação e apresentaram um estudo de caso utilizando a plataforma *socialPsych* que envolveu os usuários em um ambiente de aprendizagem social gamificado. Com os resultados do experimento, os autores elaboraram uma lista com as melhores características de jogos sociais para aplicação em ambientes de ensino e aprendizagem. Um dos itens apresentados refere-se ao escalonamento da dificuldade das atividades e da aquisição de recompensas. Embora essa seja reconhecida como uma boa prática, que combina os valores motivacionais de satisfação por cumprir um objetivo com a motivação do desafio, a taxa ideal de aumento dessa dificuldade, de modo que o usuário se mantenha interessado, ainda permanece desconhecida.

Dominguez (2012) relatou a experiência da utilização de um *plug-in* para adicionar recursos de Gamificação em uma plataforma de ensino de um curso universitário. Os resultados indicam que os alunos que participaram do experimento obtiveram um melhor desempenho nos testes práticos e melhores resultados na pontuação geral. Entretanto, embora esses estudantes estivessem mais motivados, obtiveram um pior desempenho nos testes escritos e menor participação nas atividades em classe. Com isso, observa-se que, apesar dos benefícios motivacionais da Gamificação, ainda existem cuidados a serem tomados com a construção duradoura do conhecimento.

Ainda, Jaques et al. (2012) trouxeram, para o DesafiE 2012, discussões sobre como as áreas de STI e Computação Afetiva, associadamente, podem contribuir para atenuar os problemas da falta de personalização de assistência e redução do sentimento de isolamento nos ambientes de ensino e aprendizagem.

Em todos os trabalhos discutidos nesta seção verifica-se que a Gamificação é um importante recurso para aumentar a motivação e o engajamento dos alunos. Contudo, sua correta aplicação ainda é um desafio a ser investigado. Especificamente na área de STI, não foram encontradas propostas que discutam ou viabilizem o uso da Gamificação.

5. Proposta: Um Caminho para Vencer o Desafio

A proposta para a resolução dos desafios apresentados na seção 2 é estudar quais técnicas de Gamificação são mais adequadas aos STI, investigando o uso de recursos meta-cognitivos que viabilizam a construção do conhecimento, além de aumentar o comprometimento e a motivação dos alunos com o conteúdo apresentado. De acordo com

Echeverría et al. (2011), os recursos meta-cognitivos podem ser associados a elementos da gamificação. Assim, é possível identificar em qual situação (estado do aluno) um elemento é mais adequado que outro. No contexto dos STI baseados em Web Semântica, este resultado permite utilizar as ontologias e outras tecnologias semânticas para formalizar as relações entre os recursos meta-cognitivos e os elementos da gamificação. E assim, dar suporte a criação de processos pedagógicos e algoritmos inteligentes em STI que utilizam a gamificação adequadamente no processo de ensino e aprendizagem.

Os recursos meta-cognitivos, no contexto da gamificação, podem ser formalizados como ontologias, segundo a taxonomia revisada de Bloom, que os classifica em duas dimensões: processo cognitivo e conhecimento (Anderson et al., 2001). Essas dimensões formam um conjunto de categorias que visam classificar os objetivos de aprendizagem de uma atividade educativa. Na dimensão do **processo cognitivo** destacam-se: *Lembrar*, por meio de tarefas repetitivas; *Aplicar*, o conhecimento adquirido em diferentes situações; *Criar*, possibilita a criação de novos artefatos/processos; dentre outros. Na dimensão do **conhecimento**, destacam-se as categorias: *Factual*, uma verdade explícita apresentada no conteúdo do jogo; *Conceitual*, um conceito específico que emergir a partir da interação com o jogo; *Processual*, onde a mecânica do jogo força o jogador a explorar, executar, modificar ou criar um procedimento específico associado ao tipo de conhecimento desejado; e *Meta-cognitivo*, onde a mecânica do jogo pode proporcionar ações estratégicas de longo prazo com base no conhecimento meta-cognitivo (Echeverría et al., 2011).

A utilização desta ontologia possibilita estender a arquitetura de um STI, incluindo corretamente os elementos da gamificação. Os STI possuem uma arquitetura geral composta por 4 módulos que compartilham informações entre si para realizar as tomadas de decisões e controlar a experiência de aprendizagem (Mizoguchi, 1987; VahLehn, 2006). As funções de cada módulo da arquitetura de um STI e a quais elementos de Gamificação se relacionam, de forma que seja possível responder às questões propostas na seção 2 são:

- O **Modelo do domínio**: contem as informações da área de conhecimento (domínio) a ser trabalhado pelo aluno. É também responsável pela produção de conteúdo no sistema. A esse modelo pode ser atribuído a função de definição dos desafios, objetivos, recompensas e enredo;
- O **Modelo do estudante**: contem todas as informações do aluno, inclusive seu grau de conhecimento (estado do aluno) sobre um determinando assunto do domínio. Assim, os meios e caminhos de interação no sistema, as recompensas obtidas no decorrer do tempo e outras experiências são armazenadas nesse modelo;
- O **Modelo do tutor**: é o responsável pelas estratégias pedagógicas e planejamento das interações do sistema com o estudante. Faz o cruzamento entre as informações entre os processos pedagógicos e os módulos de domínio e do estudante para decidir

quais conteúdos devem ser apresentados e de que forma devem ser apresentados para que a experiência de aprendizagem seja bem sucedida. Desse modo, todos os elementos da Mecânica de jogos interagem com esse modelo (e.g. controle da dificuldade dos desafios, a verificação das regras e o controle das recompensas).

- A **Interface do usuário** é, efetivamente, o canal de comunicação existente entre todas as partes internas do STI e o aluno. É por ela que serão exibidas todas as informações de entrada e saída do sistema. Suas principais funções são a de transmissão de informação e monitoramento do usuário. Dessa forma, todos os elementos de estética são regidos e organizados por esse módulo. A interface é fundamental e está diretamente relacionada com a aceitação do sistema.

De modo geral, a maneira como as informações são armazenadas e estruturadas e a complexidade aplicada à cada um dos modelos pode variar de acordo com os objetivos do sistema. Porém, com base na arquitetura geral dos STI e nas categorias de elementos de Gamificação de Schell (2008), apresentadas na Figura 1, é possível idealizar a arquitetura de um STI Gamificado. Assim, na Figura 2, apresenta-se essa arquitetura, fazendo a relação entre os módulos do STI e as categorias de elementos da Gamificação. Para representar as categorias de elementos foram utilizadas as mesmas imagens da Figura 1.

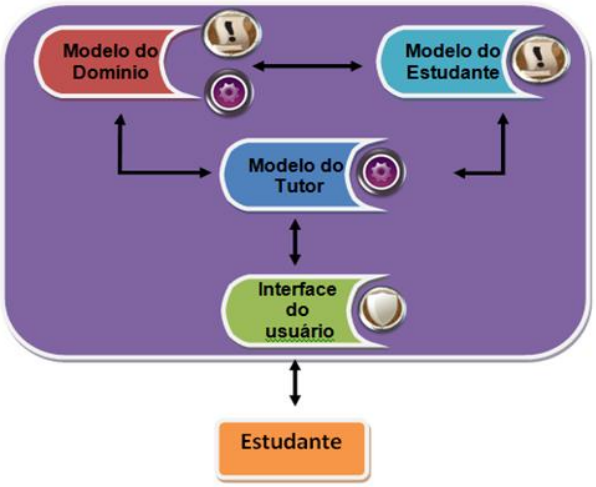

Figura 2: Arquitetura proposta para um Sistema Tutor Inteligente Gamificado

As alterações na arquitetura dos STIs, possibilitadas pela construção da ontologia baseada na taxonomia de Bloom, podem permitir a resolução do desafio proposto neste trabalho. Contudo, ainda são necessários estudos empíricos para avaliar a efetividade das técnicas de Gamificação aplicadas em STI baseados em Web Semântica, e consolidar os métodos de sua aplicação.

6. Considerações Finais

Foi possível observar, por meio da pesquisa realizada, que a Gamificação ainda é pouco

exploradas no contexto da educação e, em particular, nos STI. A utilização dos elementos da Gamificação em STI baseados na Web Semântica constitui, portanto, desafios interessantes a serem investigados pela comunidade, principalmente pelo potencial benéfico que podem proporcionar aos alunos, professores e outros interessados neste processo.

Buscou-se, neste trabalho, pesquisar sobre a possibilidade de desenvolvimento de STI que tenham capacidade de utilizar elementos de jogos para aumentar o comprometimento, a motivação e o engajamento dos alunos, bem como a construção do conhecimento de forma robusta e duradoura. Dessa forma, será possível tentar desenvolver novos meios de reduzir os altos índices de comportamentos inadequados observados nestes ambientes.

Para superar os desafios apresentados na seção 2, é preciso desenvolver tecnologias que suportem os recursos necessários para a utilização adequada e eficaz da Gamificação em STI por meio da formalização de seus elementos (e.g. usando ontologias) e a definição/criação de métodos pedagógicos que possam fazer uso adequado desta tecnologia.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq.

Referências

Anderson, J. R.; Corbett, A. T.; Koedinger, K. R.; Pelletier, R. (1995). “Cognitive tutors: Lessons learned”.The Journal of the Learning Sciences, 4, p. 167-207.

Anderson, L. W.; Krathwohl, D. R.; Airasian, P. W.; Cruickshank, K. A.; Mayer, R. E.; Pintrich, P. R. (2001). “A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom’s taxonomy of educational objectives”. New York: Longman, 2001

Baker, R.; Walonoski, J.; Heffernan, N.; Roll, I.; Corbett, A.; Koedinger K. (2008). “Why students engage in ‘Gaming the System’ behavior in interactive learning environments”. Journal of Interactive Learning Research, 19(2), p. 185–224.

Bittencourt, I. I., Isotani, S., Costa, E. & Mizoguchi, R. (2008). “Research Directions on Semantic Web and Education”. Journal Scientia, 19(1), 59-66.

Cytowic, R.E. (1989). “Synesthesia: A Union of the Senses”. New York: Springer-Verlag.

Devedzic, V. Semantic Web and Education. Springer, 2006.

Domínguez, A.; Saenz-de-Navarrete, J.;Marcos, L. de; Fernández-Sanz, L.; Pagés, C.; Martínez-Herráiz, J. J. (2013). “Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes”. Computers & Education, 63, April 2013, p. 380-392.

Echeverría, A.; García-Campo, C.; Nussbaum, M.; Gil, F.; Villalta, M.; Améstica, M.; Echeverría, S. (2011). “A framework for the design and integration of collaborative classroom games”. Computers & Education, 57, p. 1127–1136.

Flatla, D.; Gutwin, C.; Nacke, L.; Bateman, S.; Mandryk, R. (2011). “Calibration Games: Making Calibration Tasks Enjoyable by Adding Motivating Game Elements”. UIST 2011, Santa Barbara, California.

Henrich, A.; Morgenroth, K. (2007). “Information retrieval as elearning course in german - lessons learned after 5 years of experience”. In International Workshop on Teaching and Learning of Information Retrieval. Disponível em: http://bcs.org/upload/pdf/ewic_tl06_s1paper3.pdf

Isotani, S.; Bittencourt, I. I.; Mizoguchi, R.; Costa, E. (2009). “Estado da Arte em Web Semântica e Web 2.0: Potencialidades e Tendências da Nova Geração de Ambientes de Ensino na Internet”. Revista Brasileira de Informação na Educação, 17, p. 30-42.

Isotani, S.; Mizoguchi, R.; Inaba, A.; Ikeda, M. (2010). “The foundations of a theory-aware authoring tool for CSCL design”. Computers and Education, 54, p. 809-834.

Jaques, P. A.; Nunes, M. A. S. N.; Isotani, S.; Bittencourt, I. (2012). “Computação Afetiva aplicada à Educação: Dotando Sistemas Tutores Inteligentes de Habilidades Sociais”. Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Disponível em: http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/desafie!/2012/004.pdf

Kapp, Karl. (2012). “The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education”. San Francisco: Pfeiffer.

Landers, R. N.; Callan, R. C. (2011). “Casual social games as serious games: The psychology of gamification in undergraduate education and employee training”. In Serious Games and Edutainment Applications, Springer, p. 399-423.

Mizoguchi, R., Ikeda, M. and Kakushu, O. (1987). “An innovative framework for intelligent tutoring systems. In: Artificial Intelligence Tools in Education”. Amsterdam-New York, p. 105-120.

Muntean, C. I. (2011). “Raising engagement in e-learning through gamification”. In The 6th International Conference on Virtual Learning ICVL, p. 323–329.

Pavlus, J. (2010). “The Game of Life”. Scientific American, 303, p. 43-44.

Sales, K.; Zimmerman, E. (2004). “Rules of play: Game design fundamentals”. Cambridge, MA: MIT Press, p. 80.

Schell, J. (2008). “The art of game design: A book of lenses”. Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers, 2008.

VanLehn, K. (2006). “The behavior of tutoring systems”. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 16(3), p. 227-265.

VanLehn, K.; Burleson, W.; Chavez-Echeagaray, M. E.; Christopherson R.; Gonzalez-Sanchez, J.; Hidalgo-PonetT Y.; Zhang L. (2011). “The Affective Meta-Tutoring Project: How to motivate students to use effective meta-cognitive strategies”. In Proceedings of the International Conference on Computers in Education, p. 1-3.