

Perspectivas para inclusão de Sistemas Tutores Inteligentes no ensino de ciências

Prospects for inclusion of Intelligent Tutoring Systems in science teaching

Marcelo Fernando Rauber

Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Camboriú
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade
Federal de Santa Catarina (UFSC)
marcelo@ifc-camboriu.edu.br, magcid@gmail.com

Tatiana da Silva

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade
Federal de Santa Catarina (UFSC)
tatiana.silva@ufsc.br

Resumo

A inclusão de recursos computacionais na educação pode propiciar uma adequação do material didático ao nível de conhecimento dos estudantes e às individualidades de aprendizagem. Nessa perspectiva, os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) são excelentes candidatos, pois permitem tratar os alunos de forma individualizada e flexível. Apesar dos avanços obtidos no campo da ciência da computação, ainda são pouco conhecidos no ensino de ciências e matemática no Brasil. Neste contexto, apresenta-se uma pesquisa do tipo estado da arte que procura identificar onde, como, quais os cuidados, arquiteturas e tecnologias relacionadas a STIs vêm sendo utilizadas contemporaneamente em ambientes educacionais no contexto brasileiro. Para esse propósito foram avaliados trabalhos publicados em eventos e periódicos nacionais, que resultou na identificação de três STIs, algumas propostas promissoras que evidenciam que podem ser aplicados a distintos níveis de instrução e contemplar aspectos emocionais da interação entre aluno e o STI.

Palavras chave: Estado da Arte, Sistemas Tutores Inteligentes, Ensino, Aprendizagem, Individualidade.

Abstract

The inclusion of computational resources in education can suit the teaching material to the students' knowledge level and to the individual differences in learning. From this perspective, Intelligent Tutoring Systems (ITS) are excellent candidates since enable to consider students individualities and in a flexible way. Despite the advances achieved in computer science, they are still unknown in math and science education in Brazil. In this context, we present a state of the art research in order to identify where, how, what precautions, architectures and technologies related to ITS have been used at the present time in educational environments in Brazil. Hence, a survey of papers published in national journals and events resulted in the identification of three ITS, some promising proposals that show that they can be applied to

different educational levels and can contemplate emotional aspects of the interaction between student and the ITS.

Key words: State of the Art, Intelligent Tutoring Systems, Teaching, Learning, Individuality.

Introdução

O ensino e a aprendizagem de Física e das demais áreas de ciências necessitam da exploração de diferentes representações do conteúdo estudado (BODEMER e PLOETZNER, 2002; BODEMER et al., 2004), auxílio à visualização de fenômenos (GILBERT, 2005; VAVRA et al., 2011), adequação a diferentes ritmos de aprendizagem (MITROVIC et al., 2011; KALYUGA, 2011) e de uma participação ativa do aluno. No modelo tradicional, no qual há um professor para muitos alunos, em geral, o ensino é adequado para um aluno “médio”. Muitos estudos evidenciam que o nível de conhecimento do estudante precisa ser considerado dentre eles aqueles que adotam como referencial teórico a teoria da carga cognitiva (TCC) SWELLER, AYRES e KALYUGA, 2011). Não obstante, pode desmotivar estudantes que estejam abaixo ou acima desta média. Neste cenário, a inclusão de recursos computacionais no processo educacional pode auxiliar na adequação do material didático ao nível de conhecimento dos estudantes (MIRANDA, 2007, 2009). Há um grande número de pesquisadores empenhados em melhorar e repensar a Informática na Educação, como Selwyn (2014). Uma vertente é aquela que estuda os Sistemas Tutores Inteligentes (STI).

Os STI são programas computacionais desenvolvidos e dedicados ao ensino, que utilizam de técnicas de Inteligência Artificial (RAABE, 2005). Seu objetivo maior é fornecer uma instrução adaptada ao aluno, tanto no que concerne ao conteúdo quanto à forma. Vislumbra-se que os STIs apresentem um comportamento, o mais próximo possível, do que seria a instrução de um aluno por um professor humano, porém a realidade está muito distante deste propósito (GIRAFÁ, 1999).

Conceitualmente eles permitem a modelagem das características do aprendiz e a flexibilização do comportamento do sistema (POZZEBON et al., 2004). Segundo Jesus (2009), o aluno passa a atuar de forma ativa e a ser o centro do seu processo de aprendizagem. Além disso, seu conhecimento prévio sobre o assunto e suas características de aprendizado tornam-se relevantes para que experiências adequadas possam ser propiciadas. O atual desenvolvimento dos computadores torna possível desenvolver sistemas que simulam interações complexas entre estudante, conteúdos e atividades com a utilização de STIs que consideram a ciência cognitiva no desenho instrucional subjacente que segundo alguns estudos permitem alcançar ganhos de aprendizagem entre 40% a 110% quando comparados a métodos tradicionais de instrução e leitura de textos Mayer (2014).

A interação entre os módulos de um STI, segundo Jesus (2009), pode ser observada através da figura 1. Segundo este autor, os módulos podem ser assim descritos: Modelo do Especialista: é o módulo do conhecimento, contem as informações de um determinado domínio que representa do conhecimento de um especialista; Modelo de Estudante: Deve conter o conhecimento e o comportamento de aprendizado do aluno. Fundamentais para o tutor decidir seu posicionamento frente ao processo de ensino-aprendizagem; Modelo Pedagógico: módulo do tutor, responsável pela estrutura didático pedagógica dos STI; Modelo de Interface: realiza a comunicação entre o sistema e o estudante.

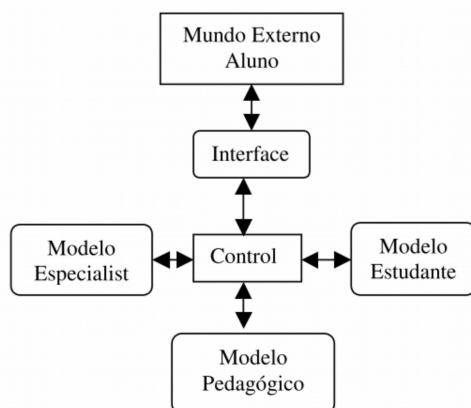


Figura 1: Interação entre os módulos de um STI. Fonte: Jesus (2009)

ESTADO DA ARTE: PERCURSO

O objetivo desta pesquisa bibliográfica é o de evidenciar a produção acadêmica referente a inserção de STIs, em especial, aqueles empregados ao ensino de ciências, no contexto de publicações brasileiras. A partir deste objetivo principal, foram elaboradas questões norteadoras para a análise das publicações encontradas, na perspectiva de se estabelecer qual é o estado da arte na inserção destes sistemas no ensino de ciências para, futuramente, se propor uma arquitetura de um STI adotando-se a teoria da carga cognitiva como aporte teórico. São elas: O estudo apresenta uma ferramenta STI funcional? Qual a proposta de aplicação deste STI? A que grupo de indivíduos o STI é dedicado e a qual área do conhecimento? Há resultados empíricos de seu uso? É explicitada a dinâmica de seu uso? É apresentada a arquitetura do STI? Qual é? Qual o modelo de estudante, de especialista e pedagógico? Como a interface foi concebida? Quais os cuidados elencados na sua elaboração? De que forma o conhecimento a ser estudado foi representado?

A seleção de publicações foi feita entre setembro e novembro de 2014 considerando-se eventos e periódicos nacionais, disponíveis on-line e que são relevantes para o ensino de ciências, em especial a física. Os eventos nacionais analisados foram: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). E para a escolha dos periódicos nacionais, se estabeleceu três critérios a serem satisfeitos simultaneamente: a) A identificação que o periódico estava incluso na área de ENSINO ou EDUCAÇÃO; b) A classificação que o periódico obteve junto ao Qualis¹ 2012 (vigente em 2014) como sendo A1, A2, B1 ou B2; c) A identificação, através do nome do periódico, de que se trata de uma publicação em língua portuguesa. Como a listagem fornecida no endereço eletrônico do Qualis não tem o endereço da página WEB do periódico foi realizada a busca no portal de periódicos da CAPES² pelo respectivo ISSN. Seguindo este procedimento, periódicos não encontrados ou sem mecanismo de busca não foram consultados.

Para cada evento e periódico, procurou-se pelo termo “Sistema Tutor Inteligente”, utilizando-se variações dos três radicais das palavras, usando o plural, singular e o “sinônimo” já identificado na literatura (agentes).

O processo de seleção qualitativo se deu em 2 etapas. Primeiro, através da cuidadosa leitura

¹<http://qualis.capes.gov.br/>

²<http://www.periodicos.capes.gov.br/>

do título, resumo e palavras chaves do trabalho estes foram classificados de acordo com critérios de inclusão (I) e exclusão (E) estabelecidos: (I) O artigo apresenta um sistema tutor inteligente; (I) O artigo apresenta uma proposta para um sistema tutor inteligente; (I) O artigo apresenta uma proposta para uma parte de um sistema tutor inteligente; (I) O artigo apresenta desafios encontrados em um ambiente de ensino baseado em STI; (E) Estudos que não estejam na língua Portuguesa ou Inglesa; (E) Relatórios técnicos, documentos que estão disponíveis na forma de resumos ou apresentações e também revisões de literatura secundárias (ou seja, revisões e mapeamentos sistemáticos da literatura); (E) Estudos que não possuam versões completas disponíveis ou que não sejam gratuitas; (E) Estudos que não apresentem relação com sistemas educacionais baseados em STI; (E) Estudos que foram publicados antes de 2009;

Em um segundo momento, passou-se à leitura e análise integral de cada artigo selecionado. Como forma de avaliar a qualidade dos trabalhos selecionados, somente foram consideradas publicações que apresentam uma descrição completa e detalhada da abordagem utilizada/proposta. Isso foi feito para permitir que fosse possível extrair informações necessárias para responder a todas as questões de pesquisa elencadas neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento feito nos três eventos considerados SNEF, EPEF e EPEC de 2009 até 2014 não retornou publicações com as características estabelecidas. SNEF e EPEF não possuem mecanismo de busca para os trabalhos publicados sendo necessário selecionar as publicações de acordo com a programação diária de cada área temática. O EPEC, por sua vez, possui ferramenta de busca, entretanto, no período de pesquisa considerado o mesmo apresentava problemas. A busca foi realizada através da pesquisa manual dos descritores nos títulos das publicações.

O universo de periódicos investigados foi igual a 730, sendo encontrados resultados em 18 periódicos e um total de 133 artigos. O Gráfico 1 detalha os resultados quantitativos por classificação do Qualis.

Aplicados os critérios de seleção estabelecidos na primeira etapa de avaliação da qualidade/pertinência dos artigos, selecionaram-se 12 publicações, das quais 6 em periódicos classificados como B1 e 6 em periódicos classificados como B2. Na Tabela 1 é possível observar a distribuição dos artigos selecionados em função do Qualis e que foram analisados no segundo momento.

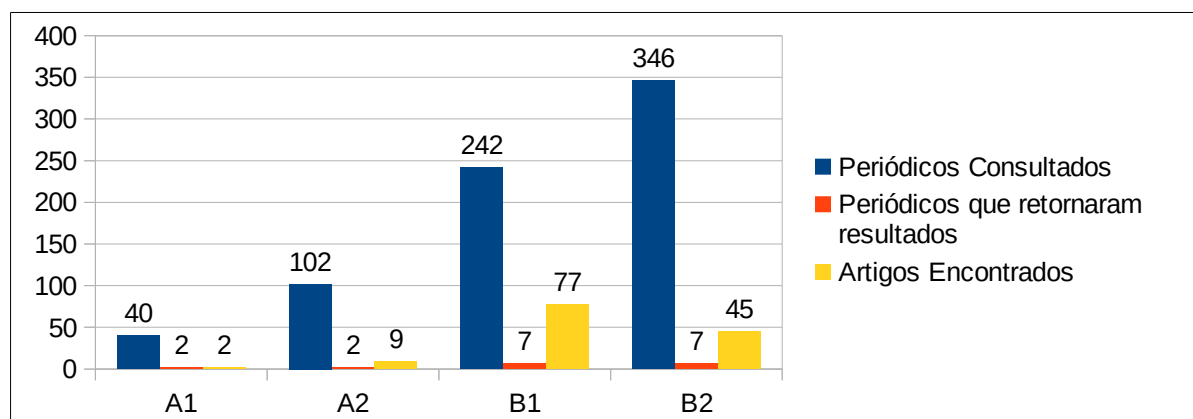


Gráfico 1 – Totalização dos resultados encontrados agrupados de acordo com a qualificação dos periódicos.

Periódico	STI Funcional?	Área	Título
Renote – Novas Tecnologias na Educação	Não	Sistemas de informações gerenciais	<i>Small talks</i> como estratégias para conversação tutorial em um assistente de conhecimento Autores: Medeiros, Moser e Santos, Ano: 2013
	Sim: PAT2Math	Matemática	Avaliação de usabilidade do Sistema Tutor Inteligente PAT2Math Morais e Jaques, 2013
	Sim: agente tutor e companheiro	Coleta seletiva de lixo	Agentes Pedagógicos Emocionais atuando em um Ambiente Virtual de Aprendizagem Frozza, Silva e Schreiber, 2011
	Não	-	O uso da webcam na educação Amorim e Bercht, 2009
	Não	Chat – museu Zoobotânico	Um Sistema Multiagente para Identificar Falhas na Conversação no Bate-papo da CV-Muzar Marchi, Rabello, Alban, Bordignon e Passerino, 2009
	Sim: PAT2Math	Matemática	Implementando o Agente de Base de Domínio do Sistema Tutor Inteligente PAT2Math Mello, Carlotto, Rubi, Seffrin e Jaques, 2009
RBIE - Revista Brasileira de Informática na Educação	Não	-	Uma Abordagem Automática para Personalização do Processo de Ensino Baseada em Estilos de Aprendizagem em Sistemas Adaptativos e Inteligentes para Educação a Distância Silva e Dorça, 2014
	Sim: HALYEN	Ensino de Programação	Integração de uma Metodologia de Ensino Presencial de Programação com um Sistema Tutor Inteligente González e Tamariz, 2014
	Sim: PAT2Math	Matemática	Utilizando Agentes Pedagógicos Animados como uma abordagem não restritiva ao <i>Gaming The System</i> Nunes e Jaques, 2014
	Não	Ensino de Programação	Uma Linha de Produto de Software baseada na Web Semântica para Sistemas Tutores Inteligentes Silva, Costa e Bittencourt, 2012
	Não	Matemática	Modelos para a Construção de Sistemas Multiagentes: Um Estudo de Caso em Sistemas Tutores Inteligentes Silva, Bittencourt e Costa, 2011
	Não	-	Especificação e Verificação Formal de um modelo de STI-PBL por Redes de Petri Coloridas Ramos e Oliveira, 2009

Tabela 1: Publicações selecionadas.

Observa-se que as publicações se concentram em dois periódicos voltados para “novas tecnologias” ou informática ambos na educação. Observa-se que os trabalhos são oriundos da área da Ciência da Computação e aplicados a outras áreas. Assim, não se encontrou trabalhos que satisfaçam aos critérios elencados no âmbito do ensino de ciências e/ou de física no Brasil (apenas um STI específico foi encontrado para a área de matemática). O espectro de explicações possíveis para essa ausência é amplo. No entanto, esses sistemas têm um enorme potencial para o ensino e a aprendizagem de ciências viabilizando uma flexibilização do mesmo, autonomia do aluno e adequação ao seu ritmo de aprendizagem e nível de conhecimento.

Na literatura selecionada identificam-se alguns estudos que abordam STIs e vários com propostas promissoras para seu desenvolvimento. Ainda percebe-se a preocupação da comunidade acadêmica envolvida na busca por ferramentas computacionais mais eficientes para auxiliar o processo de ensino aprendizagem. Se observam também que apenas três STI funcionais foram utilizados para condução de experimentos: a) PAT2Math, em dois trabalhos os questionamentos centrais forma aspectos de usabilidade (MORAIS e JAQUES, 2013; NUNES e JAQUES, 2014) e em outro (MELLO et al., 2009) como representar computacionalmente o que será ensinado, isto é, a base de domínio; b) O HALYEN, apresentado por González e Tamariz (2014), que é voltado para o ensino de programação; c) E um com agente tutor e companheiro, sem nome, de Frozza et al. (2011).

Quanto à aplicabilidade dos STIs, percebe-se sua inclusão com as mais variadas propostas: ensino fundamental, superior, presencial e a distância. Quanto às arquiteturas, percebe-se que utilizam ou derivam do modelo clássico de STIs e que as características apresentadas tem enfoque no desenvolvimento computacional das ferramentas de STI. São implementadas ou têm proposta de implementação com agentes, que são assim definidos por Marchi et al. (2009):

O termo “agente” é mais aceito pela comunidade científica como um programa de software que auxilia o usuário na realização de alguma tarefa ou atividade (Wooldridge 2002), sendo dotado de inteligência e autonomia. A autonomia, neste caso, significa que cada agente possui sua própria existência, operando sem a intervenção de humanos ou outros agentes e tem controle sobre suas ações e seu estado interno. Quando existem vários agentes num mesmo ambiente interagindo constitui-se um Sistema Multiagente (SMA). O SMA é formado quando há a intenção de alcançar um objetivo em comum com a ajuda de vários agentes operando no ambiente.

É proposto que se atente para aspectos emocionais da interação entre o aluno e o STI. Estes aspectos são de suma relevância ao processo de aprendizado. A detecção de aspectos afetivos de estado de ânimo do aluno pode se dar pela sua interação com o STI de forma direta (o STI questiona o usuário sobre seu estado de ânimo) ou indireta (se o aluno está resolvendo um problema e volta à explanação do conteúdo, ele pode estar passando por uma dificuldade, o que se pode inferir um aumento de seu desânimo), através de testes prévios que avaliam o aluno, da detecção direta por meio da face do aluno com uso de *WebCam*.

Observa-se ainda como um fator positivo a utilização de Agentes Animados humanizados, com expressões faciais/corporais, falas curtas, dotados de inteligência, com intuito de motivar o aluno e/ou tornar-se um companheiro do aluno no uso do sistema, aumentando a sua empatia com o STI e conseqüentemente melhorando o seu aprendizado.

Como a proposta do STI é fornecer ajuda personalizada aos alunos, é recomendado o cuidado com o processo de *Gamming the System*, que consiste em o aluno abordar o STI não com o propósito que foi concebido, mas considerá-lo um jogo, e assim tentar burlar ou tirar proveito de seus mecanismos para avançar as “fases” do estudo, sem realmente ocorrer o aprendizado.

Uma proposta para minimizar este processo é a utilização de Agentes Animados dotados da capacidade de identificá-lo, e apresentar mensagens ao aluno de que o está percebendo.

A proposta de Hipermídia Adaptada, baseada em estilos de aprendizagem, parece bem promissora. Foi definida uma estrutura básica para apresentação de conteúdos, e dentro desta, partes variáveis, em que serão apresentados Objetos de Aprendizagem melhor adaptados ao estilo de aprendizagem do aluno.

O desenvolvimento de STI é um processo complexo, naturalmente multidisciplinar, o que torna o seu desenvolvimento de alto custo. Com o objetivo de validar modelos de STI, estes podem ser representados/validados matematicamente, com grande formalismo, utilizando de Redes de Petri.

Um dos estudos mostrou preocupação explícita com a interface do STI. Para tal, se baseando em padrões da interação humano-computador, foi definido um conjunto de critérios, e a partir destas, especialistas em desenvolvimento de *software* avaliaram a interface do PAT2Math.

Quanto à forma de representação do conhecimento é observada a importância da definição de Ontologias³, apesar dos estudos não apresentarem a ontologia efetivamente utilizada.

Sobre a condução da busca, alguns periódicos apresentam problemas com o ISSN, já que o que consta no Qualis, em vários casos, não é encontrado na base de periódicos da CAPES. Alguns periódicos e eventos, em pleno ano de 2014, não apresentam mecanismo de busca. Estes dois aspectos são considerados básicos e essenciais para efetiva divulgação do conhecimento científico. Bem como, o grande número de artigos recebidos não relacionados ao tema. Na grande maioria, não foi possível identificar o motivo dos mecanismos de busca retornar tais artigos, pois estão completamente fora do contexto, assim, entende-se que são erros dos mecanismos de busca.

A utilização da TCC não foi encontrada nas publicações selecionadas como dando suporte à definição de um STI. Foi encontrada de forma modesta, ainda que não explícita, na definição de um dos critérios na avaliação de interface do PAT2Math. Entende-se que esta teoria têm grande potencial de aplicabilidade e integração na concepção de STIs, como descrito por Mayer (2014) e será objeto de estudos futuros. No entanto, na perspectiva pensada neste trabalho, a ideia não é a de isolamento do aluno e de ausência de interação com professores e colegas. A sua inserção é pensada para um momento pedagógico específico dentro de um contexto metodológico que pressupõe a colaboração e a interação entre pessoas do cenário educacional.

REFERÊNCIAS

BODEMER, D.; PLOETZNER, R. Encouraging the Active Integration of Information During Learning with Multiple and Interactive Representations. **Proceedings of the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning**, 2002.

BODEMER, D.; PLOETZNER, R.; FEUERLEIN, I.; SPADA, H. The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. **Learning and Instruction**, v. 14, n. 3, p. 325–341, 2004.

³Ontologia, no contexto deste trabalho, segue a definição que lhe é dada em Ciência da Computação, que pode ser definida como “uma especificação explícita de uma conceitualização”. “O processo de conceitualização implica em definir um corpo de conhecimento, representado formalmente, que seja baseado nos seguintes elementos: objetos, entidades, relações entre objetos e entre conceitos. Formalmente, para especificar uma conceitualização são necessários axiomas lógicos que restringem as possíveis interpretações dos termos definidos. Pragmaticamente, uma ontologia comum define o vocabulário com o qual perguntas e respostas serão trocadas entre agentes.” Nozawa et al. (2008)

- FROZZA, R.; SILVA, A. DA; SCHREIBER, J. Agentes Pedagógicos Emocionais atuando em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. **Renote**, 2011.
- GILBERT, J. K. **Visualization in Science Education**. Springer Netherlands, 2005.
- GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**, 1999. UFRGS.
- GONZÁLEZ, S. M.; TAMARIZ, A. DEL R. Integração de uma Metodologia de Ensino Presencial de Programação com um Sistema Tutor Inteligente. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 2, p. 16–30, 2014.
- JESUS, A. DE. Sistemas Tutores Inteligentes uma visão geral. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, 2009.
- KALYUGA, S. Effects of information transiency in multimedia learning. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 30, p. 307–311, 2011.
- MARCHI, A. C. B. DE; RABELLO, R. DOS S.; ALBAN, A.; BORDIGNON, J. M.; PASSERINO, L. Um Sistema Multiagente para Identificar Falhas na Conversação no Bate-papo da CV-Muzar. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 7, n. 3, 2009.
- MAYER, R. E. **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning: Second Edition**. 2^o ed. Cambridge University Press, 2014.
- MELLO, G.; CARLOTTO, T.; RUBI, G.; SEFFRIN, H.; JAQUES, P. Implementando o Agente de Base de Domínio do Sistema Tutor Inteligente PAT2Math. **Renote**, 2009.
- MIRANDA, G. L. Limites e possibilidades das TIC na educação. Disponível em: <portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012617.pdf>. Acesso em: 20/4/2015.
- MIRANDA, G. L. **Ensino Online e Aprendizagem Multimédia**. Lisboa, 2009.
- MITROVIC, A.; WILLIAMSON, C.; BEBBINGTON, A.; et al. Thermo-Tutor: An Intelligent Tutoring System for thermodynamics. **2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, p. 378–385, 2011. Ieee.
- MORAIS, F. DE; JAQUES, P. Avaliação de usabilidade do Sistema Tutor Inteligente PAT2Math. **Renote**, v. 11, p. 1–10, 2013.
- NOZAWA, E. H.; HARADA, E.; OLIVEIRA, T. DE; et al. Esquema de integração de hipermídias adaptativas em ambientes virtuais de aprendizagem. **Renote**, p. 1–10, 2008.
- NUNES, T. M.; JAQUES, P. A. Utilizando Agentes Pedagógicos Animados como uma abordagem não restritiva ao Gaming The System. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 1, p. 1–16, 2014.
- POZZEBON, E.; FRIGO, L. B.; BITTENCOURT, G. Inteligência artificial na educação universitária: quais as contribuições?, 2004. Disponível em: <<http://www.miniweb.com.br/educadores/artigos/pdf/pozzebon04.pdf>>. Acesso em: 15/4/2015.
- RAABE, A. L. A. Uma proposta de arquitetura de sistema tutor inteligente baseada na teoria das experiências de aprendizagem mediadas. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação**, 2005.
- SELWYN, N. **Distrusting educational technology: critical questions for changing times**. Routledge, 2014.
- SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. **Cognitive Load Theory**. Springer, 2011.
- VAVRA, K. L.; JANJIC-WATRICH, V.; LOERKE, K.; et al. Visualization in Science Education. **Alberta Science Education Journal**, p. 22–30, 2011.