

13

Um Ambiente Multiagente para Recomendação Personalizada de Conteúdos no Contexto de um Museu Virtual Tridimensional

Íthalo Bruno Grigório de Moura¹

Francisco Milton Mendes Neto²

Resumo

Ambientes virtuais em 3D proporcionam uma grande riqueza de detalhes, sensação de imersão e interação com diversas funcionalidades. Um museu virtual, a partir de sua plataforma virtual em 3D e dos recursos que pode oferecer, funciona como uma ferramenta educacional eficiente, pois disponibiliza informação aos seus visitantes de forma simples e de fácil compreensão. No entanto, uma limitação do uso de museus virtuais para aprendizagem é que esses ambientes não levam em consideração características individuais e contextuais dos visitantes, limitando sua experiência de aprendizagem. Assim, este artigo apresenta um museu virtual em 3D, denominado Musert, que tem como diferencial a recomendação personalizada de conteúdo. Para isso, utiliza ontologias juntamente com agentes inteligentes para realizar a recomendação personalizada de conteúdo de maneira satisfatória.

Palavras chave: Recomendação personalizada de conteúdo, ambientes virtuais de aprendizagem, museu virtual tridimensional

Abstract

3D virtual environments provide a wealth of details, sense of immersion and interaction with various functionalities. A virtual museum, due to its 3D virtual platform and resources that can provide, functions as an effective educational tool because it provides information to its visitors in a simple and easy to understand way. However, a limitation of the use of virtual museums for learning is that these environments do not take into account individual and contextual characteristics of visitors, limiting their learning experience. Thus, this paper presents a 3D virtual museum, called Musert, which has the distinction of personalized content recommendation. It uses ontologies and intelligent agents to perform customized content recommendation in a satisfactory way.

Palavras Chave: Personalized recommendation of content, virtual learning environment, three-dimensional virtual museum

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPgCC

Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

BR 110 – Km 48, Bairro Pres. Costa e Silva, CEP 59.610-090, Mossoró – RN

miltonmendes@ufersa.edu.br

² Núcleo Tecnológico de Engenharia de Software – NTES

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA

BR 110 – Km 47, Bairro Pres. Costa e Silva, CEP 59.625-900, Mossoró – RN

ithalobgm@gmail.com

1. Introdução

A disseminação e preservação do patrimônio histórico e cultural são fundamentais para a educação e contribuem significativamente na definição da identidade cultural de uma região. No entanto, apesar de sua relevância, uma série de artefatos e documentos com grande valor histórico têm sido perdidos ao longo do tempo, devido à deficiência dos mecanismos de preservação em relação aos avanços tecnológicos. Isto ocasiona prejuízos imensuráveis, provocados por diversos fatores, como tempo, manuseio e armazenamento inadequados. Diante disto, é cada vez mais crescente a busca por alternativas que preservem a identidade cultural de uma região. Uma dessas alternativas é a utilização de técnicas de digitalização em três dimensões (3D) em projetos com grande apelo visual. A digitalização em 3D pode ser utilizada para preservar bens do patrimônio histórico e cultural em seus mínimos detalhes, de modo seguro, permitindo a construção de réplicas, mesmo quando o original não existe mais, bem como a criação de coleções virtuais acessíveis pela internet (Soares et al., 2009).

Atualmente, a utilização de conteúdo em 3D é cada vez mais comum em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), devido ao seu poder de promoção de sensação de imersão e disponibilidade de recursos visuais. Devido à riqueza de detalhes que as técnicas de digitalização em 3D proporcionam e da quantidade de informações que ambientes virtuais podem oferecer, em muitas situações os usuários são incapazes de identificar as suas reais necessidades de aquisição de informação, na presença de uma grande quantidade de dados que lhes são disponibilizados (Zeb e Fasli, 2011). Uma das formas encontradas para resolver este problema é o armazenamento do perfil dos usuários, que pode ser realizado com o uso de ontologias, e atualização dinâmica desse perfil, que pode ser feita por agentes inteligentes. A utilização de ontologias se torna interessante pelo fato de permitir melhor compreensão dos dados por parte de computadores, oferecendo maior precisão dos resultados que são retornados (Dung e Florea, 2011). Além disso, devido a sua forma de representação do conhecimento, a utilização de ontologias permite a comunicação eficiente entre pessoas, agentes de *software* e sistemas (Bhatia e Jain, 2011).

Este artigo apresenta um AVA na forma de um museu

virtual, denominado Musert, onde agentes inteligentes têm como propósito a realização de inferências nas ontologias e a recomendação personalizada de conteúdo, levando em consideração as características do perfil de cada visitante, além de monitorar as atividades do visitante no ambiente virtual.

Assim, este trabalho está dividido em oito seções. A Seção 2 mostra uma visão geral sobre sistemas multiagente e, mais especificamente, agentes inteligentes com características pedagógicas. A Seção 3 aborda os conceitos e benefícios da utilização de ontologias. A Seção 4 conceitua sistemas de recomendação. A seção 5 traz conceitos relacionados a ambientes virtuais de aprendizagem em 3D. A Seção 6 apresenta os trabalhos relacionados. A Seção 7 descreve a abordagem proposta neste artigo, que tem base em agentes inteligentes com objetivos pedagógicos. Já a última seção apresenta as considerações finais e uma breve discussão sobre trabalhos futuros.

2. Agentes Inteligentes com Características Pedagógicas

Agentes de *software* são entidades caracterizadas por serem autônomas, proativas, situadas e direcionadas a objetivos. Um agente, para ser considerado inteligente, tem de selecionar, para cada sequência de percepções possíveis, uma ação que se espera que venha maximizar a sua medida de desempenho, dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e por qualquer conhecimento interno do agente (Russel e Norvig, 2003).

Assim, agentes inteligentes podem realizar diversas tarefas em um AVA, tais como monitorar as atividades do usuário, capturar de forma automática as informações de contexto dinâmico, como, por exemplo, a preferência por um determinado tipo de conteúdo e frequência de utilização dos recursos, além de realizar a recomendação personalizada de conteúdo educacional (Silva, Mendes Neto; Jácome Júnior, 2011). Os Agentes Inteligentes com Características Pedagógicas (AICPs), além das características de um agente convencional, têm como foco o alcance de objetivos que melhorem o aprendizado dos usuários dos AVAs. Devido a essas características, eles têm sido utilizados como tutores, utilizando modelos cognitivos dos usuários, além de proporcionarem um suporte para a aprendizagem personalizada. Eles também têm sido

utilizados como mecanismo para fornecer apoio emocional. Assim, estes agentes estão se tornando bem mais elaborados e com habilidades que podem fornecer cada vez mais engajamento e motivação nos ambientes eletrônicos de aprendizagem (Qu; Wang; Johnson, 2004).

Atualmente, há um esforço considerável no emprego de AICPs em ambientes tradicionais de aprendizagem. Isto se deve, principalmente, ao potencial destes agentes para proporcionar um aprendizado com maior riqueza de recursos e à exploração das habilidades sociais dos agentes, que podem proporcionar vários cenários de aprendizagem úteis para a colaboração no AVA (Soliman; Guetl, 2010).

2.1. Sistemas multiagente

Existem diversos conceitos que definem um sistema multiagente. Para Lesser (1999), um sistema multiagente é um sistema computacional em que dois ou mais agentes interagem ou trabalham em conjunto, de maneira a desempenhar determinadas tarefas ou satisfazer um conjunto de objetivos (Lesser, 1999). Cada agente é basicamente um elemento capaz de resolver problemas de modo autônomo e que coopera com outros agentes (Reis, 2003). Em síntese, em um sistema multiagente, os agentes que o compõem trabalham em conjunto para atingir um objetivo geral ou objetivos individuais relacionados. Assim, há a necessidade de interação entre os diferentes agentes no sentido de atingirem os seus próprios objetivos.

A principal motivação para a utilização de sistemas multiagente está relacionada com a dimensão do problema, que pode ser suficientemente grande de modo a não poder ser resolvido por um único agente. Além disso, eles proveem uma solução natural para problemas geográfica ou funcionalmente distribuídos (Reis, 2003). Outra característica, que também é relevante a este trabalho, é a capacidade de proporcionar maior clareza e simplicidade conceitual ao projeto.

3. Ontologias

Uma ontologia, como artefato da computação, descreve um domínio com um vocabulário específico, utilizando um conjunto de inferências a respeito dos significados pretendidos dos termos existentes no vocabulário (Fonseca; Egenhofer, 1999). O principal

benefício de uma ontologia é a possibilidade de comunicação entre pessoas, agentes e sistemas, já que a ontologia permite o reuso, a representação formal de conceitos e o compartilhamento de conhecimentos (Prado, 2004).

Com os avanços da web semântica e a utilização de ontologias, problemas como armazenamento, organização, compartilhamento e reutilização de informações de maneira eficiente podem ser superados. O uso de ontologias para descrever objetos de aprendizagem permite que diferentes aplicações educacionais compartilhem e reutilizem os mesmos conteúdos educacionais. Além disso, a capacidade de leitura de uma ontologia pelos computadores aumenta a velocidade de consulta às informações compartilhadas e a precisão dos resultados que são retornados (Dung; Florea, 2011).

3.1. Utilização de Ontologias em Ambientes de Aprendizagem

Ontologias podem ser utilizadas com diversas finalidades em AVAs, sendo uma das suas principais aplicações a personalização, utilizando para isso as características específicas do perfil de cada usuário (Min; Wei; Lei, 2008; Pontes, 2010).

Alguns trabalhos propõem uma personalização de conteúdo, tendo como base ontologias. A ideia principal desta abordagem é identificar os requisitos do usuário, ou seja, suas preferências e suas características, e criar um modelo deste usuário. Nesse modelo deve constar o seu conhecimento expresso por meio de um conjunto de termos pertencentes a uma ontologia comum, possibilitando adaptar o conteúdo de forma individual (Rani; Ashok; Palanivel, 2009).

4. Sistemas de Recomendação

Atualmente, há um crescimento exponencial das fontes de dados e este fato torna a aquisição de conhecimento cada vez mais complicada devido à dificuldade que os usuários têm no momento de identificar as suas reais necessidades de informação. Diante disso, é cada vez mais frequente o uso de Sistemas de Recomendação (SR) que, para alcançarem seu objetivo, utilizam diferentes técnicas e estratégias para que a recomendação seja realizada de forma apropriada para cada usuário, utilizando para isso informações

5. Ambientes Virtuais de Aprendizagem em 3D

AVAs podem ser conceituados como sistemas de software que facilitam os processos de aprendizado individual ou coletivo, utilizando para isso meios eletrônicos. Eles precisam basicamente da internet e fornecem muitas funções gerenciais, como, por exemplo, gestão do material educacional, além do acompanhamento e avaliação da aprendizagem dos alunos (Bahiraey, 2010).

A criação de ambientes virtuais 3D, para a representação de AVAs, permite fantasiar sobre infinitas possibilidades para a criação de ambientes que não podem existir fisicamente, ou que, por algum impedimento, não podem disponibilizar todos os recursos desejáveis fisicamente. Com isso, os AVAs 3D permitem o surgimento de muitas ideias inovadoras para a construção de personagens (avatares) e desenho arquitetônico de edifícios com fins educacionais. Além disso, a ausência de restrições físicas no desenvolvimento desse tipo de ambiente é bastante significativa em relação às dificuldades encontradas na construção de ambientes reais. Em AVAs 3D não existem as restrições da vida real, como restrições orçamentárias para a compra de materiais de construção, de autorizações de construção, testes de solo, limitações dos materiais, requisitos de infraestrutura, som ou até mesmo a gravidade. Assim, um simples procedimento 3D pode, por exemplo, transformar e excitar as cores de paredes envelhecidas e enriquecer tristes estilos arquitetônicos (Saleeb; Dafoulas, 2010).

5.1. Museus Virtuais

Um museu virtual pode ser caracterizado como uma coleção de artefatos eletrônicos e recursos informativos disponibilizados de forma digital. Uma das vantagens que um museu virtual pode apresentar, em relação aos tradicionais, é a reprodução digital de objetos reais, que ainda existem ou não, oferecendo a possibilidade de observar e interagir com as obras de arte, pertencentes ao museu virtual, que estão localizadas em outro lugar físico (Guidi et al., 2010). Outra vantagem é a possibilidade de disponibilizar diversos recursos multimídia, como textos, dados, gráficos e recursos de animação, enriquecendo ainda mais uma visita ao ambiente virtual. (Chengwei et al., 2011).

Um museu virtual, a partir da utilização de tecnolo-

gias de realidade virtual, juntamente com todos os outros recursos, funciona como uma ferramenta educacional eficiente, pois disponibiliza informação aos usuários de maneira simples e de fácil compreensão (Moura et al., 2012). A Figura 1 apresenta o museu proposto neste trabalho e uma de suas peças modeladas.



Figura 1. Museu e exemplo de peça do acervo durante modelagem

Mesmo diante de tantos recursos, pesquisadores concluem que um AVA não pode substituir a interação entre aluno e professor. Um problema que ocorre na maioria dos AVAs é que o conteúdo é passado para todos os alunos da mesma maneira e não muda de acordo com as necessidades de cada um. Assim, nos últimos anos, pesquisadores têm tentado modificar esse comportamento passivo e têm apresentado uma série de práticas e tecnologias inovadoras para se chegar a uma nova geração de AVAs, em que é possível ter habilidades de interatividade reais e participação no processo de aprendizagem (Bahiraey 2010; Jun; Bin, 2011). Deste modo, este trabalho apresenta uma alternativa para que a recomendação de conteúdo seja realizada de maneira satisfatória.

6. Trabalhos Relacionados

A proposta de utilizar AVAs que utilizam recursos em 3D tem como objetivo principal acrescentar riqueza de detalhes na apresentação de conteúdo aos usuários. Diante disso, um dos trabalhos relacionados, apresenta um museu virtual que tem como proposta a preservação de artefatos históricos por meio da utilização de recursos multimídia. Para isto, utiliza a narração digital do conteúdo apresentado, além de técnicas de realidade virtual e levar em consideração informações dos usuários e curadores para melhorar visualização das peças (Rizvic; Sadzak, 2011).

Na obra de Falcão e Machado (2010), é apresentado um museu virtual imersivo, iterativo e itinerante, de-

nominado Museu 3I. Esse museu tem como diferen- nome, idade e escolaridade. Além dessa ontologia, há a cial a possibilidade de o visitante escolher quais obras ontologia de contexto dinâmico, que é responsável por deseja visitar. Além disso, possibilita que qualquer armazena informações de interação do visitante com o pessoa seja um curador do museu, sendo necessário ambiente virtual, como quantidade de visitas, peças vi- apenas que seja enviada uma peça tridimensional nositadas, dentre outras informações de caráter dinâmico. formato X3D para o acervo do museu.

Diante disto, o presente trabalho reúne as prin- tados na Figura 2, a recomendação baseada em ontolo- cipais características dos trabalhos supracitados. Po- gias e aspectos da implementação do sistema.

rém, o que o difere dos demais é o fato de utilizar um sistema multiagente, juntamente com ontologias, para melhorar a recomendação de conteúdo com caracte- rísticas educacionais, por meio da plataforma de um museu virtual.

7. Abordagem Baseada em Agentes Inteligentes com Características Pedagógicas para Recomendação Personalizada de Conteúdos

Devido ao maior apelo visual e à sensação de imer- são, os ambientes de aprendizagem que utilizam téc- nicas 3D criaram novas possibilidades de cenários de aprendizagem, que antes não eram possíveis (Soliman; Guetl, 2011). Levando em consideração essas características, este trabalho apresenta uma aborda- gem baseada em AICPs para realizar a recomendação personalizada de conteúdo em um museu virtual, de- nominado Musert. A arquitetura do ambiente propos- to é representada na Figura 2.

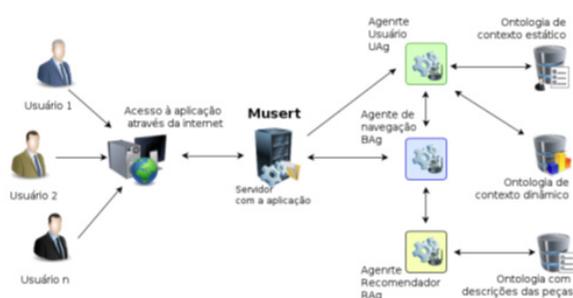


Figura 2. Arquitetura da solução proposta

Como pode ser visto na Figura 2, inicialmente há a au- tenticação do visitante junto ao museu. Após a au- tenticação, a visualização das descrições das peças é aci- onada a partir da aproximação do visitante aos sensores dos agentes, localizados em locais pré-determinados do museu. Antes disto, no entanto, o visitante preci- sa realizar um cadastro para que suas características pessoais sejam armazenadas na ontologia de contexto estático, que contém informações como, por exemplo,

As subseções a seguir descrevem os agentes apresen-

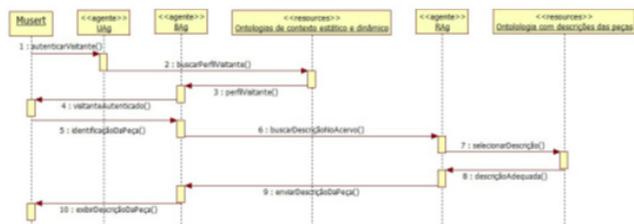
7.1. Agentes de Software

Na abordagem proposta foram implementados três tipos de agentes: Agente de Navegação (BAG - Browsing Agent), Agente Usuário (UAg - User Agent), Agente Re- comendador (RAG - Recommender Agent).

O BAG possui sensores de proximidade presentes por todo o museu. A partir da aproximação de um visitante a uma peça, o sensor identifica a intenção do visitante em obter informações sobre a peça. Após isso, o BAG geren- cia a disponibilização do conteúdo.

O UAg é responsável por monitorar as atividades dos usuários e recuperar, das ontologias de contexto estático e dinâmico, as preferências de conteúdo que compõem os perfis dos visitantes e os seus respectivos históricos de peças visitadas. Com base no histórico de visitas, o UAg pode verificar o perfil de outros visitantes que possuem, em seus históricos, preferências similares. Os UAGs tam- bém capturam as informações do contexto dinâmico do estudante. Para isso, o UAg realiza sua ação no momento em que o estudante se autentica na aplicação. Em segui- da, todas essas informações são enviadas para o RAG.

O RAG tem o intuito de detectar a descrição das pe- ças que são adequadas ao perfil do estudante, de acordo com as informações providas pelo UAg e as informa- ções acerca do acervo do museu, obtidas da ontologia de descrições das peças. Assim, o RAG encontra, inicial- mente, a descrição que seria mais adequada, de acordo com perfil do visitante. Em seguida, com base nessas in- formações, o RAG verifica a quantidade de visitas que o usuário fez àquela peça, juntamente com a quantidade de visitas que ele fez ao museu, caracterizando seu nível de experiência. Assim, a taxa de acerto no momento da recomendação das descrições das peças visitadas no mu- seu tende a aumentar. O diagrama de sequênci mostra- do na Figura 3 apresenta o fluxo de troca de mensagens entre os agentes.



7.2. Recomendação Inteligente de Conteúdo Utilizando Ontologias

O sistema de recomendação implementado é baseado em um SRH, tendo em vista que considera não apenas características do conteúdo das peças que serão recomendadas em relação ao perfil do visitante (SRBC), como também leva em conta a relação com preferências semelhantes entre visitantes (SRC).

O bom desempenho do agente recomendador (RAG) que compõe o ambiente de aprendizagem depende diretamente de um mecanismo eficiente para a representação do conhecimento. Assim, o mecanismo de recomendação desenvolvido considera as informações do perfil do visitante, como, por exemplo, idade, escolaridade, conhecimento sobre o tema do museu, dentre outras, contidas na ontologia de contexto estático, além da quantidade de visitas e as últimas peças visitadas, as quais estão contidas na ontologia de contexto dinâmico. Essas informações são ponderadas de acordo com as descrições disponíveis para cada peça e são utilizadas também para sugerir a ordem da visita e que peças devem ser visitadas, levando em consideração as atividades de usuários com perfis semelhantes.

Com isso, diante das vantagens que as ontologias possuem, neste trabalho foram utilizadas ontologias para armazenar todas as informações dos perfis dos usuários, as descrições das peças a serem recomendadas e as informações que influenciam dinamicamente o comportamento da aplicação.

7.3. Aspectos de Implementação

Os agentes apresentados neste trabalho foram desenvolvidos utilizando o JADE (Java Agent Development Framework), que consiste em uma plataforma completa para desenvolvimento e execução de sistemas multiagente [JADE 2012]. Também foi utilizada a ferramenta de modelagem Blender, que é um software

livre e de código aberto para modelagem 3D (Blender, 2012), e que possui exportador para o padrão X3D, que é um padrão aberto para distribuir conteúdo em 3D na Web (X3D, 2012).

No desenvolvimento da interface gráfica da aplicação, ou seja, na parte visível ao usuário, foi utilizada a linguagem de programação Java, em conjunto com o browser Xj3D (Xj3D, 2012), para obter uma instância do visualizador e incorporá-lo à interface gráfica. Como o museu é disponibilizado na internet, a modelagem foi otimizada em um nível que a qualidade gráfica do ambiente virtual não inviabilizasse a utilização do museu, devido a deficiências na capacidade de transferência de dados.

8. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Neste artigo, foi descrita a implementação de uma abordagem com base em agentes para recomendação de conteúdo em um museu virtual em 3D. A solução proposta objetiva tornar a aprendizagem, a partir das visitas ao museu, adequada às necessidades de cada visitante.

Como trabalhos futuros, pretende-se submeter o ambiente desenvolvido à avaliação de um museólogo, para que a aplicação tenha melhor abordagem, no que tange ao aspecto do conteúdo das peças recomendadas. Além disso, objetiva-se mensurar o quanto a abordagem é precisa na realização da recomendação, sob o aspecto de eficácia para o processo de ensino-aprendizagem. Com esse intuito, objetiva-se realizar um estudo de caso com uma turma de um curso de ensino a distância para verificar o impacto da abordagem proposta na adequação do conteúdo.

Referências

- BAHIREY, M. H. "Quality of collaborative and individual learning in virtual learning environments", In Second International Conference on E-Learning and E-Teaching (ICELET), 2010, p. 33-39.
- BARTH, F. J. "Modelando o perfil do usuário para a construção de sistemas de recomendação: um estudo teórico e estado da arte" In Revista de Sistemas de Informação da FSMA, n. 6, 2010, p. 59-71.
- BHATIA, C. S.; JAIN, S. "Semantic Web Mining: Using

- Ontology Learning and Grammatical Rule Inference Technique”, In: International Conference on Process Automation, Control and Computing (PACC), 2011, p. 1-6.
- BLENDER. “Free open source 3D content creation suite”, Disponível em: <<http://www.blender.org.br>>. Acesso em 2012.
- CHENGWEI, Y. et al. “An Approach of Personalized 3D Scene Customization Based on Multimedia Resources” In International Conference on Multimedia and Signal Processing (CMSP), 2011, p. 131-135.
- DUNG, P. Q.; FLOREA, A. M. “An Architecture and a Domain Ontology for Personalized Multi-agent e-Learning Systems”, In Third International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE), 2011, p. 181-185.
- FALCÃO, E. L.; MACHADO, L. S. “Museu 3I: Publicação e Visitação Online de Acervos Tridimensionais”, 2010.
- FONSECA, F. T.; EGENHOFER, M. J. “Ontology-driven geographic information systems”. In Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems (GIS '99), 1999.
- GUIDI, G. et al. “A Virtual Museum for Design: New forms of interactive fruition”, In 16th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM), 2010, p. 242-249.
- JADE “Java development framework: an open-source platform for peer-to-peer agent based applications”. Disponível em: <<http://jade.tilab.com>>. Acesso em 2012.
- JIANG, X.; LIU, C.; CHEN, L. “Implementation of a project-based 3D virtual learning environment for English language learning”, In 2nd International Conference on Education Technology and Computer (ICETC), v. 3, 2010, p. V3-281-V3-284.
- Jun, J. Z. & Bin, W. Z. (2011) “Ideas transforming in the public arts education of virtual museum”, In 6th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), p. 649-653.
- Lesser, V. R. (1999) “Cooperative multiagent systems: a personal view of the state of the art”, In IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, v. 11, n. 1, p. 133-142.
- Moura, Í. B. G., Lima, J. D., Mendes Neto F. M., Sousa, P. S. M. (2012) “MUSERT: Um Museu Virtual em 3D para a Preservação do Patrimônio Histórico e Cultural do Semiárido Brasileiro”, In Anais da V Escola Regional de Computação dos Estados do Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI).
- PONTES, A. A. (2010) “Uma Arquitetura de Agentes para Suporte a Colaboração na Aprendizagem Baseada em Problemas em Ambientes Virtuais de Aprendizagem”, Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Mossoró-RN.
- Prado, S. (2004) “Um experimento no uso de ontologias para reforço da aprendizagem em educação à distância”, São Paulo: Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.
- Primo, T. T., Vicari, R. M., Silva, J. M. C. da (2010) “Rumo ao Uso de Metadados Educacionais em Sistemas de Recomendação”, In Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE, João Pessoa, PB.
- Qu, L., Wang, N. e Johnson, W. L. (2004) “Choosing When to Interact with Learners”, In Proceedings of the 9th international Conference on Intelligent User Interfaces.
- Rani, S., Ashok, M. e Palanivel, K. (2009) “Adaptive content for personalized e-learning using web service and semantic web”, In. International Conference on Intelligent Agent Multi-Agent Systems (IAMA 2009), p. 1-4.
- Reis, L. P. (2003) “Coordenação em Sistemas Multi-Agente: Aplicações na Gestão Universitária e Futebol Robótico”. PhD Thesis, FEUP.
- Russell, R. & Norvig, P. (2003) “Artificial Intelligence, A Modern Approach 2nd Edition”, Prentice Hall.

Rivic, S. & Sadak A. (2011), "Multimedia Techniques in Virtual Museum Applications in Bosnia and Herzegovina", In International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), p. 1-4.

Saleeb, N. & Dafoulas, G. (2010) "Pedagogical immigration to 3D virtual worlds: Acritical review of underlying themes and their concepts", In International Conference on Information Society (i-Society), p. 401-409.

Silva, L. C. N. da, Mendes Neto, F. M. e Jácome Júnior, L. (2011) "MobiLE: Um ambiente Multiagente de Aprendizagem Móvel para Apoiar a Recomendação Sensível ao Contexto de Objetos de Aprendizagem", Artigo Completo, In Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE, Aracaju, SE.

Soares, I. J. A., Silva, L., Bellon, O. R. P. e Vrubel, A. (2009) "3D Virtual Museum for Digital TV", In WebMedia '09, Fortaleza, CE.

Soliman, M. & Guetl, C. (2010) "Intelligent Pedagogical Agents in immersive virtual learning environments: A review", In Proceedings of the 33rd International Convention, MIPRO, p. 827-832.

Soliman, M. & Guetl, C. L. (2011) "Evaluation of intelligent agent frameworks for human learning" In 14th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), p191-194.

Xj3D (2012). Disponível em: <http://www.xj3d.org>.

X3D (2012). Disponível em: <http://www.web3d.org/x3d/>

Zeb, M. A. & Fasli, M. (2011) "Adaptive user profiling for deviating user interests" In: 3rd Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEECE), p. 65-70.