

Realidade Aumentada para o Ensino de Geometria Espacial

Rodrigo L. Rodrigues¹, Monique Soares¹, Gabriela G. Souza¹, Anselmo Lacerda¹,
Cleice Souza¹, Alex Sandro Gomes¹, Carina Alves¹

¹ Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife, PE –
Brasil

{rodrigomuribec, monique.avalon, gabriguedes, anselmodsi,
cleice.talitha}@gmail.com, asg@cin.ufpe.br, carinafrota@gmail.com

Abstract. *This article aims to describe the proposal of a new interaction style for Amadeus LMS. The last is a virtual learning environment developed at the Federal University of Pernambuco (UFPE). The proposal involves the use of web conference with augmented reality. As a start point for the project, we built a prototype of the proposal for teaching Spatial Geometry.*

Resumo. *Este artigo tem como objetivo descrever uma proposta de um novo estilo de interação a ser incorporado ao Amadeus LMS, ambiente virtual de aprendizagem desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco, UFPE. A proposta prevê o uso de web conferência aliada à realidade aumentada. Como ponto de partida para o projeto, foi construído um protótipo da proposta voltado para o ensino de Geometria Espacial.*

1. Introdução

Nos últimos anos, uma proliferação de novos sistemas vem surgindo para melhorar/facilitar o ensino e a assimilação das informações (Laudon & Laudon 2007). Pesquisas recentes, (Bastos 2007), (Schoenfelder & Schmalstieg 2008) mostram que muitos desses ambientes educacionais têm sido desenvolvidos com as mais novas tecnologias do mercado. Uma dessas tecnologias emergentes para o ensino chama-se Realidade Aumentada (RA), que é a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais, gerados por computador, em um ambiente real, por meio de algum dispositivo tecnológico.

Apesar do aumento na utilização de ambientes de RA, eles apresentam, principalmente, no ensino e aprendizagem, um grande desafio: projetar interfaces para o usuário, pois projetistas de RA não tem estabelecido um conjunto de diretrizes ou heurísticas para ajudar na implementação. (Jeon *et al.*, 2006), (Kulas *et al.*, 2004), (Fernandes & Sanches, 2008), (Vanderdonckt *et al.*, 2004), (Bonanni *et al.*, 2005).

Costabile *et al.* (2005) afirmam que aplicações para o ensino, tais como, objetos de aprendizagem, devem ser fáceis de serem usadas. Caso contrário, o tempo do estudante será desperdiçado com a aplicação, ao invés de ser aproveitado para aprendizagem. Costabile *et al.* (2005) complementam que pessoas se recusam a usar uma interface de um sistema que seja rígida, lenta e desagradável e acabam interrompendo o curso.

Então, para facilitar o desenvolvimento desses sistemas educacionais e aumentar a sua usabilidade, esse trabalho, em andamento, apresenta a criação de uma metodologia

de análise de requisitos específica para construção de uma ferramenta de web conferência com suporte a RA acoplada ao ambiente virtual de aprendizagem Amadeus. Logo, para que isso seja possível o projeto deve ser totalmente centrado no usuário, pois na análise do domínio um dos maiores ganhos é entender o ponto de vista do usuário.

2. Realidade Aumentada para o Ensino de Geometria

Apresentamos os conceitos e ferramentas necessários para o desenvolvimento do projeto. Entre os conceitos a serem explorados para o projeto estão engenharia de usabilidade, realidade aumentada, web conferência e a plataforma de ensino a distância Amadeus.

Brandão *et al.* (2006) notaram que os softwares de Geometria Dinâmica são pouco utilizados em cursos à distância. O principal obstáculo para a utilização desses softwares com ambientes de EAD citado por eles é a “ausência de mecanismos de comunicação nestes programas, além de alguns deles não permitirem seu uso pleno pela Web”. Por isto, o grupo do professor Leônidas Brandão do IME-USP (Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo) incorporou o iGeom, um Sistema de Geometria Dinâmica (SGD), ao SAW (Sistema de Aprendizagem pela Web). Com esta integração, o professor pode, por exemplo, criar exercícios no iGeom e enviá-los para o SAW.

Outra iniciativa para unir Geometria Dinâmica e ensino à distância é o Tabulæ (Guimarães *et al.*, 2001), que permite compartilhar construções geométricas através da internet. Ao compartilhar uma construção da sua área de desenho, outros usuários podem acompanhá-la simultaneamente. Contudo, o Tabulæ não provê uma área de chat ou outra forma de comunicação entre usuários, além da visualização da área de construção pública.

A escola de Belas Artes da UFRJ em 2005 disponibilizou na internet animações digitais que permitem uma melhor compreensão da disciplina geometria. Entre outros tipos de animações há as animações tridimensionais construídas em linguagem para Modelagem em Realidade Virtual, que permitem ampliar a experiência iterativa na internet, permitindo o usuário rotacionar, aproximar, modificar, facilitando um melhor entendimento do tópico abordado.

Ainda em 2005, a partir da interação com o Grupo de Realidade Virtual Aplicada (GRVA) do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da COPPE/UFRJ, foi desenvolvido um protótipo de aplicativo para estudo de seções cônicas, com recursos da Realidade Aumentada (RA). O protótipo é um visualizador sobre o conceito de *Monitor Based AR*, já que utiliza monitores convencionais de computador para apresentar imagens mixadas de vídeo e ambiente virtuais. (Lima et al., 2008)

Em 2007, ainda na Escola de Belas Artes (EBA) foi desenvolvido pelo Grupo de Estudos de Representação Gráfica em Ambientes Virtuais (GERGAV) em parceria com GRVa/LAMCE/COPPE todos da UFRJ, um aplicativo Visualizador de Superfícies Tóricas em Geometria Descritiva (VSTARGD) com o uso de Realidade Aumentada.

Ainda para facilitar o processo ensino-aprendizagem de geometria descritiva, foi desenvolvido no Paraná o HyperCAL3D, uma ferramenta que utiliza a tecnologia da

realidade virtual para visualizar modelos tridimensionais. Permite ao usuário representar em 3D os projetos elaborados a partir do conceito de geometria descritiva. O HyperCAL3D permite girar, deslocar, aproximar ou afastar, com controle de câmera em tempo real. (Teixeira *et al.*, 2007). Nessa fase foram levantados dezoito requisitos funcionais, tais como: Zoom in e zoom out da figura; Visualizar figura em diversas perspectivas; Colocar imagens virtuais em vídeos; Visualizar mudanças das figuras em tempo real; etc, e um requisito não-funcional: Disponibilização via Web.

A RA é consensualmente definida na literatura (Azuma, 2002) como uma área de investigação que pretende desenvolver mundos que combinem o mundo real observado pelo utilizador com uma cena virtual gerada por computador e que aumente o mundo real com informação adicional. É necessário salientar que em RA se pretende que o utilizador possa interagir em tempo real com esse mundo aumentado.

Durante o desenvolvimento do projeto analisamos dois softwares que possibilitam a criação de aplicações utilizando a tecnologia de realidade aumentada: ARToolkit e FLARToolkit. Esta análise foi feita com base em testes, vídeos e depoimentos sobre estas ferramentas.

O ARToolKit é um sistema que viabiliza o desenvolvimento de interfaces de Realidade Aumentada, construído para o desenvolvimento de aplicações de RA, que opera através de técnicas de visão computacional para detectar marcadores na imagem capturada por uma câmera. O ARToolKit permite rastrear rapidamente e calcular a posição real da câmera e de seus marcadores de referência possibilitando que o usuário acrescente objetos virtuais sobre estes marcadores no mundo real.

O FLARToolkit é uma biblioteca baseada no ARToolkit, utiliza uma integração entre PaperVision 3D + FLARToolkit, o primeiro é uma biblioteca para lidar com 3D, cumprindo esse propósito de maneira formidável. o segundo é uma extensão da biblioteca C++ ARToolkit, responsável por toda a parte de Realidade Aumentada, aplicações feitas com essa biblioteca são possíveis de ser utilizadas através do browser do usuário, essa biblioteca é focada no rastreamento baseado em marcadores. Para utilizá-lo o marcador deve ser impresso, ao apontar o marcador para *webcam* você começa a renderizar o mesmo para ver o objeto 3D sobre o seu monitor.

Fizemos ainda uma análise de dois *softwares* de geometria 3D, com base na instalação e uso dessas ferramentas. Os *softwares* analisados foram: Poly e K3DSurf.

Poly é um programa *shareware* (funcionam por tempo determinado, depois precisam ser comprados ou apresentam limitações) para explorar e construir poliedros. Com ele é possível ver uma classe de poliedros e fazer algumas operações, tais como, planificar, girar e salvar como gif animado, é um programa que facilita a visualização e construção de figuras em 3D.

K3DSurf é um programa desenvolvido para ser utilizado por usuários iniciantes, com baixo nível de conhecimento em matemática. É um *software* onde professores e alunos podem estudar superfícies de objetos sólidos. O K3DSurf também permite a criação de equações para representar formas específicas, mas requer experiências em matemática e em criação de objetos 3D.

O grande diferencial do tipo de aplicação proposta neste trabalho é a possibilidade da junção de duas tecnologias em constante crescimento: Realidade

Aumentada com Web Conferência. Através desta junção, o novo tipo de web conferência será capaz de ter uma interação, utilizando objetos virtuais inseridos na cena real de forma realística, sendo possível o usuário utilizar esta tecnologia para demonstrar um produto, ou um artefato de ensino sem custo algum em tempo real e comunicação síncrona.

2.1. Módulo de Realidade Aumentada para o Amadeus

Vale salientar que o resultado deste trabalho é um novo módulo de um sistema de aprendizagem com diversas ferramentas intitulado Amadeus, a plataforma é um sistema de gestão da aprendizagem baseado no conceito de *blended learning* (Amadeus). *Blended learning*, ou *b-learning*, refere-se ao sistema de ensino que combina aulas à distância e aulas presenciais. Os principais diferenciais do Amadeus são integrar diversos tipos de mídia e possibilitar diferentes formas de interação.

Amadeus traz a idéia de micromundos para estender a experiência do usuário. Os micromundos são adicionais ao ambiente web e podem oferecer recursos como: experimentos de física ou matemática, discussão de vídeos em tempo real, fóruns, jogos educativos, entre outras formas de interação que possam ser implementadas.

3. Metodologia

Um aspecto indispensável para o desenvolvimento de qualquer produto ou sistema é a preocupação em torná-los o mais utilizável possível. Com o intuito de observar melhor as necessidades dos utilizadores, é necessário integrar parâmetros ou métodos que analisem minuciosamente o usuário, testem e avaliem os sistemas durante todo o seu ciclo, bem como, depois de implementado, assegurando, assim, a satisfação da maioria das expectativas dos utilizadores (Preece et al., 2005).

A usabilidade deve ser trabalhada desde a criação do projeto, mas desenvolvedores muitas vezes não possuem recursos suficientes, tempo ou conhecimentos adequados para identificar as necessidades de usabilidade de todos os usuários potenciais (Roger et al., 2007). Porém, essa consciência é parte importante do processo de desenvolvimento do software (Engenharia de Usabilidade) e exige mais estudo e atenção daqueles que desenvolvem os ambientes de aprendizagem.

Portanto, processos são necessários para ajudar os projetistas de novas tecnologias, como RA, a criar e avaliar os projetos, ganhando um melhor entendimento dos efetivos parâmetros e determinando em que condições esses parâmetros devem ser aplicados.(Amado, 2007).

Com o objetivo de coletar requisitos para o novo micromundo a ser proposto para o Amadeus, foi realizada uma revisão da literatura, seguida de uma análise de competidores e entrevistas com alunos de graduação em Matemática. Buscou-se entender que tipo de interação é desejável em um ambiente virtual durante uma aula de Geometria a distância. Após isto, foi criado um protótipo e o mesmo foi avaliado através de uma avaliação heurística.

De início, foi realizada uma revisão da literatura, para levantar os trabalhos que vêm sendo realizados no campo da geometria dinâmica, trabalhos que facilitam o ensino

da geometria. A análise de competidores considerou *softwares* de realidade aumentada e de geometria em 3D.

Entrevistas

Foram conduzidas duas entrevistas com alunas de graduação em matemática para levantar idéias de como a web conferência em junção com a realidade aumentada auxiliaria as aulas de geometria à distância. Através das entrevistas tentou-se, também, validar os requisitos elicitados durante a revisão da literatura.

Análise de competidores

A partir dos requisitos obtidos com a revisão de literatura, com a análise de competidores e com a execução das entrevistas, foi desenvolvido um protótipo de baixa fidelidade no *Balsamiq*, para se ter uma melhor visualização do problema e sua possível solução.

Prototipagem

Após a avaliação desse protótipo, foi construído um protótipo de alta fidelidade e funcional. O protótipo final reflete o que foi pesquisado e é a base para a apresentação do módulo proposto para o Amadeus.

Avaliação heurística

A avaliação heurística do protótipo seguiu o método definido por Nielsen (1994). Os critérios para avaliação heurística propostos por Nielsen (1994) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Heurísticas propostas por Nielsen e Molich (1994)

Heurísticas	Descrição
Status do Sistema	O usuário deve ser informado pelo sistema em tempo razoável sobre o que está acontecendo.
Compatibilidade do Sistema	O modelo lógico do sistema deve ser compatível com o modelo lógico do usuário.
Controle do usuário e liberdade	O sistema deve tornar disponíveis funções que possibilitem saídas de funções indesejadas.
Consistência e Padrões	O sistema deve ser consistente quanto à utilização de sua simbologia e à sua plataforma de hardware e software.
Prevenção de Erros	O sistema deve ter um design que se preocupe com as possibilidades de erro.
Reconhecimento ao invés de relembração	As instruções para o bom funcionamento do sistema devem estar visíveis no contexto em que o usuário se encontra.
Flexibilidade e eficiência de uso	O sistema deve prever o nível de proficiência do usuário em relação ao próprio sistema.

Estética e design minimalista	Os diálogos do sistema devem conter somente informações relevantes ao funcionamento.
Ajuda aos usuários no reconhecimento, diagnóstico e correção de erros	As mensagens devem ser expressas em linguagem clara, indicando as possíveis soluções.
Ajuda e documentação	A informação desejada deve ser facilmente encontrada, de preferência deve ser contextualizada e não muito extensa.

4. Resultados Obtidos

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da revisão da literatura, da análise dos competidores e também o que foi obtido com a prototipagem e a análise do protótipo.

4.1. Requisitos a partir da Revisão da Literatura

Com a revisão da literatura constatamos que softwares que facilitam o aprendizado da geometria é pouco utilizado em cursos a distância, pois eles não possuem um mecanismo de comunicação e alguns não permitem o uso pleno pela web. Portanto, é importante que um software de apoio ao ensino da geometria permita a comunicação entre seus usuários e também o seu uso pleno via web.

Elicitamos, a partir dessa fase, dezoito requisitos funcionais, são eles: Permitir fazer desenho a partir das propriedades geométricas; Permitir escolher figura para manipulação; Permitir compor figuras a partir de outras; Permitir visualizar figura em diversas perspectivas; Zoom in e zoom out da figura; Permitir compartilhar objetos; Permitir visualizar mudanças das figuras em tempo real; Permitir o desenho de Poliedros e Corpos Redondos; Permitir Visualizar imagens em 3D; Permitir colocar imagens virtuais em vídeos; Permitir rotacionar a figura com controle de câmera em tempo real; Permitir aproximar a figura com controle de câmera em tempo real; Permitir afastar a figura com controle de câmera em tempo real; Permitir modificar a figura com controle de câmera em tempo real; Permitir deslocar a figura com controle de câmera em tempo real; Permitir escolher a figura que se quer visualizar; Permitir visualizar a figura aberta; Permitir relacionar objetos convencionais com objetos em 3D. E um requisito não funcional: Disponibilização do *software* via web.

4.2. Resultado da Análise de Competidores

Com a análise feita nos quatro softwares, Poly, K3DSurf, ARToolKit e FLARToolKit, listamos os pontos fortes e fracos observados nessas ferramentas na tabela 2.

Tabela 2 – Pontos Fortes e fracos das ferramentas na análise de competidores

Ferramenta	Pontos Fortes	Pontos Fracos
ARToolkit	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilita utilizar o marcador de várias formas. • Boa renderização de objetos 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • Seu funcionamento é baseado em na instalação desktop. • Necessita da instalação de

	e bom rastreamento	aplicativos e bibliotecas auxiliares.
FLARToolKit	<ul style="list-style-type: none"> • Não é necessário instalação da aplicação final. • Desenvolvimento rápido utilizando ActionScript 3.0. • Não necessita de aplicações auxiliares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lenta, devido ao processamento ser via browser. • Precisa de uma biblioteca auxiliar (Papervision3D) para renderizar os objetos 3D.
POLY	<ul style="list-style-type: none"> • O usuário não precisa ter muitos conhecimentos de geometria. • Possibilita a construção de sólidos de vários ângulos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nenhuma informação de como ver as imagens em vários ângulos. • Delimita a construção dos sólidos.
K3Dsurf	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor demonstração e resolução dos sólidos. • Possibilita construir qualquer sólido a partir das funções. 	<ul style="list-style-type: none"> • O usuário necessita ter conhecimento de funções matemáticas. • É necessário escrever funções geométricas.

Alguns requisitos foram levantados nessa fase, são eles: Ajuda no sistema; Informações sobre os sólidos; Marcadores diferentes; Permitir o cadastro de imagens; Informação sobre nível de conhecimento necessário; Tutorial sobre marcadores.

4.3. Resultado da Análise do Protótipo

O primeiro protótipo de baixa fidelidade foi desenvolvido no Balsamiq. Ele foi feito a partir dos requisitos coletados nas etapas de revisão da literatura, análise de competidores e entrevistas. A figura 1 apresenta a tela principal do sistema, onde podemos visualizar um quadrado branco, onde será apresentado o vídeo capturado pela webcam. A lista de usuários on-line situa-se no lado direito superior da tela, logo abaixo da lista de usuários há a disponibilização do *menu*. Em baixo da área disponível para o vídeo há uma área para visualização das mensagens e uma caixa de texto para envio das mensagens.

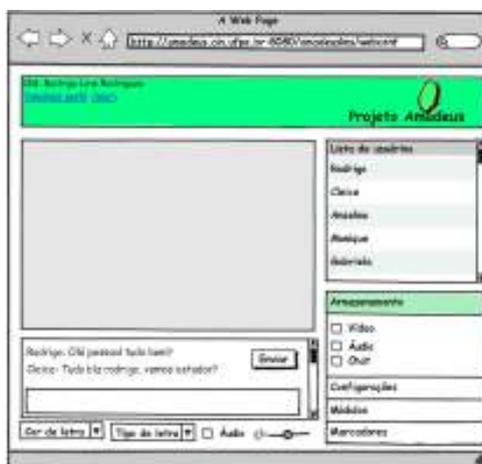


Figura 1. Tela do primeiro protótipo

Foi realizada uma avaliação heurística, sobre o primeiro protótipo desenvolvido, obtendo dados para a segunda iteração do protótipo. A avaliação foi feita por dois membros do grupo que não participaram da criação do protótipo. De acordo com a avaliação feita, foi criado um novo protótipo, desta vez funcional. A figura 2 ilustra uma tela desse protótipo.

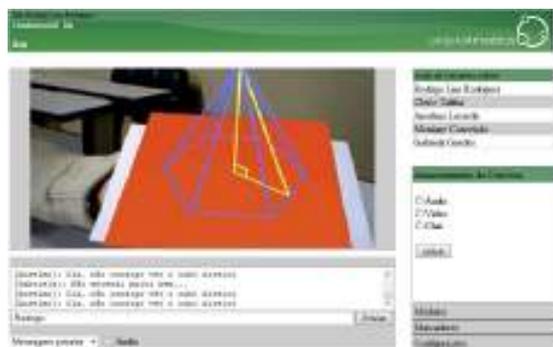


Figura 2. Tela do segundo protótipo

5. Discussão

Neste artigo, apresentamos uma nova forma de estilo de interação, para ser incorporada no ambiente Amadeus. Utilizamos técnicas de coleta de dados para elicitar requisitos necessários para a construção e validação do protótipo.

A proposta foi baseada em trabalhos realizados na área de software educacional para o ensino da geometria, em ferramentas já avaliadas por alunos, trazendo conceitos da literatura e fazendo uma análise criteriosa de competidores. Utilizamos os melhores requisitos e acrescentamos novos a partir do relato de quem vive com esse problema, juntamos isso com a novidade da união da RA com web conferência, percebendo a necessidade dessa junção através de entrevistas realizadas com alunos e também professores dessas disciplinas em sua modalidade presencial.

Uma das principais contribuições deste trabalho está no fato de apresentar uma metodologia de análise de requisitos específica para construção de ambientes educacionais com RA. Vale ressaltar que uma completa e específica análise de requisitos impacta positivamente na elaboração de qualquer sistema, sendo, portanto, um mecanismo essencial de apoio à elaboração de objetos educacionais. Portanto, concentrar atenção na análise do domínio e no comportamento do usuário, claramente contribuiu para a qualidade do protótipo desenvolvido neste trabalho.

6. Conclusões

Este artigo realizou uma pesquisa, através de revisão da literatura, análise de competidores e entrevistas, com o intuito de levantar requisitos para um novo micromundo a ser acrescentado ao ambiente Amadeus. Neste micromundo, pretende-se utilizar a realidade aumentada e web conferência para o ensino de geometria espacial à distância.

A junção das duas tecnologias permite que o professor mostre o objeto geométrico sob diversas perspectivas, facilitando a visualização dos mesmos por parte dos alunos. Utilizamos essas duas tecnologias, uma que facilita a comunicação à

distância e outra que facilita a visualização de objetos virtuais, para podermos propor um software que inova o ensino da geometria à distância. Um software que permite que o professor mostre objetos virtuais da geometria, enquanto conversa com seus alunos por meio de áudio ou chat.

As próximas etapas da pesquisa envolvem a validação do protótipo funcional com usuários, a implementação da forma de interação proposta e sua integração com a plataforma Amadeus.

7. Referências

- AMADO, A. E. P. Avaliação de usabilidade de ambientes de realidade virtual e aumentada. Departamento de Eletrônica Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, Portugal. 2007.
- ARToolkit. Disponível em <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>. Último acesso em 09/07/2010.
- Balsamiq. Disponível em <http://www.balsamiq.com/>. Último acesso em 09/07/2010.
- BASTOS, N. C. Uma metodologia para avaliação de usabilidade de interfaces de realidade mista interativas. XXXV Conferencia Latinoamericana de Informática. 2007.
- BARBASTEFANO, R. G.; MATTOS, F.; GUIMARÃES, T. Tabulæ, um programa de geometria dinâmica destinado à aprendizagem colaborativa. Anais do VIII Encontro Nacional de Educação Matemática, 2004.
- BRANDÃO, L.; ISOTANI, S.; MOURA, J. G. Imergindo a Geometria Dinâmica em Sistemas de Educação à Distância: iGeom e SAW. Revista Brasileira de Informática na Educação, vol. 14, 2006.
- BONANNI, L.; LEE, C.H.; SELKER, T. Attention-based design of augmented reality interfaces, Portland, OR, USA. ACM, CHI'05 extended abstracts on Human factors in computing systems. 2005.
- COSTABILE, M.; DE MARSICO, M.; LANZILOTTI, R.; PLANTAMURA, V.; ROSELLI, T. On the Usability Evaluation of E-Learning Applications, Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 3-6 Jan. 2005.
- FERNANDES, B. C. A.; SANCHES, J.F. Realidade aumentada aplicada ao design. Hologos, p 28 47. 2008.
- FLARtoolKit. Disponível em http://www.ckirner.com/realidadevirtual/?%26nbsp%3B_APLICA%C7%D5ES:FlaroolKit. Último acesso em 09/07/2010.
- GABBARD, J. L.; SWAN, E. Usability engineering for augmented reality: Employing user-based studies to inform design. IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics, p 513 - 525. 2008.
- ISO. Norma Padrão Internacional ISO 13407. 1999. International Standards for Business, Government and Society. Disponível em: <www.iso.org/cate/d21197.html> Acesso em: 15 junho 2008.

- JEON, S.; SHIM, H.; KIM, G. J. Viewpoint usability for desktop augmented reality. *IJVR*, p 33-39. 2006.
- K3Dsurf. Disponível em <http://k3dsurf.sourceforge.net/>. Último acesso em 09/07/2010.
- KULAS, C. S. C.; KLINKER, G., MAUNCHEN, T. U.; SOFTWARETECHNIK, L. F. A. Towards a development methodology for augmented reality user interfaces. The International Workshop exploring the Design and Engineering of Mixed Reality Systems - MIXER 2004.
- LAUDON, K; LAUDON, J. *Information Systems*. Prentice Hall, 2007.
- LIMA, A.J; HAGUENAUER, C.J. & CUNHA, G.G. A Realidade Aumentada no ensino da geometria descritiva. In *Graphica*, 2007, Curitiba – Paraná.
- LIMA A., HAGUENAUER C., CUNHA G., LIMA L. Superfícies Tóricas da Geometria Descritiva através de Realidade Aumentada. Disponível em: http://bt.fatecsp.br/arquivos/bt_25/68-alvaro.pdf, último acesso em 16/06/2010.
- NAKAMOTO, P.T.; CARDOSO, A. Construção de ambientes educacionais com realidade aumentada: processo centrado no usuário. XIII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação. 2009.
- NIELSEN, J.; MACK, R. L. *Usability Inspection Methods Computer*. John Wiley & Sons, New York, NY, 1994
- POLY. Disponível em <http://www.peda.com/poly/>. Último acesso em 09/07/2010.
- PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. Design de Interação - Além da Interação Homem - Computador. Artmed, 2005. Tabulæ. Disponível em: <http://tabulae.net/pcm/>.
- ROGER, P.; GRAHAM, C.; MAYES, C. Cultural competence and instructional design: Exploration research into the delivery of online instruction cross-culturally. *Educational Technology Research and Development*, p 197-217. 2007.
- SCHOENFELDER, R.; SCHMALSTIEG, D. Augmented reality for industrial building acceptance. In *Virtual Reality*, p 83-90. IEEE. 2008.
- TEIXEIRA, F., SILVA R., SILVA, T., HOFFMANN, A., AYMONE, J. HyperCAL3D – Modelador de Sólidos Para Geometria Descritiva. *Graphica*, Curitiba, Paraná, Brasil, 2007.
- VANDERDONCKT, J.; CHIEU, C. K.; BOUILLON, L.; TREVISAN, D. Model-based design, generation, and evaluation of virtual user interfaces. The ninth international conference on 3D Web technology (WEB3D'04), p 51-60, New York. ACM Press. 2004.
- WANG, C.; REEVES, T. The Meaning of Culture in Online Education: Implications for Teaching, Learning, and Design. in Andrea Edmundson, *Globalized E-learning Cultural Challenges*. Information Science Publishing, Hershey, PA, USA. p 1-17. 2007.