



Universidade Estadual da Paraíba  
Especialização em Novas Tecnologias na Educação  
Coordenadoria de programas especiais - CIPE

**Rodrigo Lins Rodrigues**

# **Realidade aumentada aplicada a educação: desenvolvimento de um protótipo utilizando rastreamento de mãos**

Campina Grande  
14 de Fevereiro de 2011

Rodrigo Lins Rodrigues

# **Realidade aumentada aplicada a educação: desenvolvimento de um protótipo utilizando rastreamento de mãos**

Trabalho Acadêmico Orientado apresentado ao curso de Especialização em Novas Tecnologias na Educação da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de Especialista em Novas Tecnologias na Educação.

Orientadora:

Filomena Maria Golçalves da Silva Cordeiro Moita

Campina Grande

14 de Fevereiro de 2011

R696r

Rodrigues, Rodrigo Lins.

Realidade aumentada aplicada a educação [manuscrito]: desenvolvimento de um protótipo utilizando rastreamento de mãos / Rodrigo Lins Rodrigues. – 2011.

43 f. : il. color.

Monografia (Especialização em Novas Tecnologias na Educação) – Universidade Estadual da Paraíba, Coordenação Institucional de Programas Especiais, 2011.

“Orientação: Profa. Dra. Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro Moita, Departamento de Letras e Artes”.

1. Ensino da Matemática. 2. Geometria. 3. Aprendizagem.  
I. Título.

21. ed. CDD 516.3

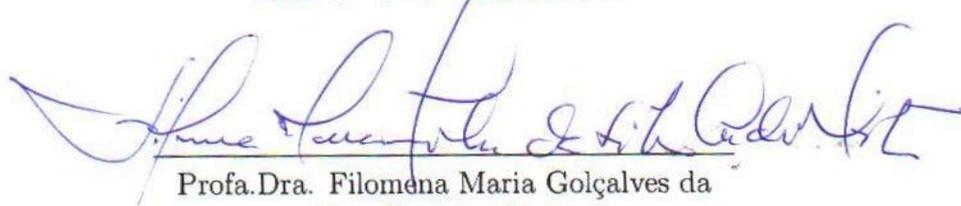
Rodrigo Lins Rodrigues

# Realidade aumentada aplicada a educação: desenvolvimento de um protótipo utilizando rastreamento de mãos

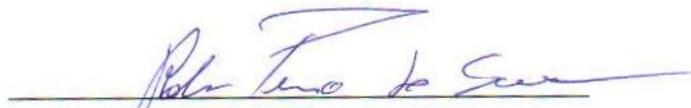
Trabalho Acadêmico Orientado apresentado  
ao curso de Especialização em Novas Tecno-  
logias na Educação da Universidade Estadual  
da Paraíba em cumprimento às exigências le-  
gais para obtenção do título de Especialista  
em Novas Tecnologias na Educação.

Aprovado em: 14/02/2011

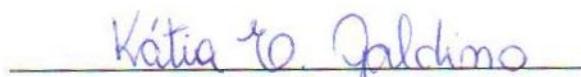
## Banca Examinadora:



Profa.Dra. Filomena Maria Golçalves da  
Silva Cordeiro Moita  
Orientadora



Prof.Dr. Robson Pequeno de Sousa  
Universidade Estadual da Paraíba



Prof.Dra Katia Elizabeth Galdino  
Universidade Estadual da Paraíba

# Dedicatória

Primeiramente a Deus, por ter me dado a vida e todos os dons que proporcionaram a relaizar as atividades até hoje concluídas.

A minha família, em especial aos meus Pais (Jairo Rodrigues da Silva e Maria do Socorro Lins Rodrigues) e minha irmã Ravenna Lins Rodrigues, por sempre me incentivarem e dar forças para evoluir no campo pessoal e profissional.

A minha namorada Simone Lins, por seu apoio e amor incondicional em todos os memoentos difíceis e felizes que passei.

A minha orientadora Filomea Moita por ter me acompanhado durante a graduação e especialização, me ensinando os caminhos da pesquisa

# Agradecimentos

Ao final deste trabalho, sinto a necessidade de agradecer às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para sua realização.

Em primeiro lugar a minha família, pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida, sejam eles quais foram.

A minha namorada Simone Lins, pelo amor e carinho dedicados e o incentivo aos estudos.

Aos professores que fazem parte da minha banca: Filomena Moita, Katia Elizabete Galdino e Robson Pequeno de Sousa.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho chega-se a atingir aos objetivos propostos.

# Resumo

A introdução da Realidade Aumentada na educação demonstra um novo paradigma que relata uma educação de forma dinâmica, é importante estarmos atentos para essa nova tendência, para esse novo receptor e suas necessidades, pois assim poderemos moldar a educação de forma substancial nesse novo modelo do processo ensino-aprendizagem, e fazer da sala de aula um espaço diversificado e não de uniformidade, de rotina. Dentro deste contexto nosso objetivo foi propor uma estrutura para desenvolver um protótipo interativo para visualização de figuras geométricas baseado em técnicas de Realidade Aumentada com rastreamento de mão, que apoiará o professor e os alunos a visualizarem melhor os conteúdos no campo da geometria espacial, para tanto foi utilizado técnicas de análise de competidores, prototipagem e testes com o usuário. Obtendo como resultado um protótipo funcional que poderá ser utilizado tanto no campo da geometria como também poderá ser adaptado para outras áreas do conhecimento.

**Palavras-chave:** Realidade aumentada, Educação, Geometria

# Abstract

The introduction of augmented reality in education demonstrates a new paradigm that describes a dynamic form of education is important to be aware of this new trend, this new receiver and your needs, so that we can shape education substantially in this new process model teaching and learning, and make the classroom a diversified space, not uniformity, routine. Within this context our objective was to propose a framework for developing a prototype for interactive visualization of geometric figures based on augmented reality techniques with hand tracking, which will support the teacher and students to better visualize the content in the field of spatial geometry, for both was used techniques of competitor analysis, prototyping and testing with the user. As result, a working prototype that can be used both in the field of geometry can also be adapted to other areas of knowledge.

**Keywords:** Augmented Reality, Education, Geometry

# Sumário

## Lista de Figuras

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	p. 10
<b>2</b>	<b>Justificativa</b>	p. 12
<b>3</b>	<b>Objetivos</b>	p. 13
3.1	Objetivo geral . . . . .	p. 13
3.2	Objetivos específicos . . . . .	p. 13
<b>4</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	p. 14
4.1	Marco Histórico . . . . .	p. 14
4.2	Características da realidade aumentada . . . . .	p. 16
4.2.1	Multimídia . . . . .	p. 16
4.2.2	Realidade Virtual . . . . .	p. 16
4.2.3	Realidade aumentada . . . . .	p. 18
4.2.4	Hiper-realidade . . . . .	p. 19
4.2.5	Rastreamento . . . . .	p. 20
4.2.6	Interação . . . . .	p. 20
4.2.7	Principais Aplicações . . . . .	p. 22
4.3	Tecnologia na Educação . . . . .	p. 24
4.3.1	Realidade Aumentada e educação . . . . .	p. 26
4.3.2	Trabalhos correlatos . . . . .	p. 28

4.4	Desenvolvimento do protótipo . . . . .	p. 31
4.5	Metodologia . . . . .	p. 31
4.5.1	Revisão da literatura . . . . .	p. 32
4.5.2	Análise de competidores . . . . .	p. 32
4.5.3	Entrevista . . . . .	p. 33
4.5.4	Prototipagem . . . . .	p. 33
4.5.4.1	Técnica de rastreamento . . . . .	p. 33
4.5.5	Desenvolvimento . . . . .	p. 34
4.5.5.1	Linguagem e bibliotecas utilizadas . . . . .	p. 34
<b>5</b>	<b>Aplicação e Avaliação do Protótipo</b>	<b>p. 36</b>
5.1	Avaliação . . . . .	p. 36
5.2	Resultados . . . . .	p. 37
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>p. 39</b>
	<b>Referências</b>	<b>p. 40</b>

# Lista de Figuras

1	Menus 2D Adaptados, para controle de sistema . . . . .	p. 22
2	Áreas de aplicação . . . . .	p. 24
3	Alunos estudando Geometria através do Construct 3D . . . . .	p. 28
4	Livro Interativo do Projeto LIRA . . . . .	p. 29
5	Livro infantil . . . . .	p. 29
6	Aplicação dos marcadores reconfiguráveis . . . . .	p. 29
7	Quebra-cabeças com palavras . . . . .	p. 30
8	Sistema de Realidade Aumentada para . . . . .	p. 31
9	Aplicação de filtro para detecção de pontos deslocados . . . . .	p. 33
10	Protótipo funcional . . . . .	p. 34
11	Validação do protótipo . . . . .	p. 36
12	Resultado dos questionários antes do primeiro momento . . . . .	p. 37
13	Interação com objetos virtuais . . . . .	p. 37
14	Avaliação do aprendizado . . . . .	p. 38

# 1 Introdução

Nos últimos anos, uma proliferação de novos sistemas vem surgindo para melhorar/facilitar o ensino e a assimilação das informações (LAUDON K; LAUDON, 2007). Pesquisas recentes, Bastos (2007), Schoenfelder R.; Schmalstieg (2008) mostram que muitos desses ambientes educacionais tem sido desenvolvidos com as mais novas tecnologias do mercado. Uma dessas tecnologias emergentes que está sendo muito utilizada 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. RA enriquece o ambiente físico com objetos virtuais, ampliando o entendimento do ambiente real. Esses sistemas podem ser usados tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares e estão sendo utilizados em várias áreas, como: ensino, marketing, indústria, saúde e etc. (GABBARD J. L.; SWAN, 2008).

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 têm estabelecido um conjunto de diretrizes ou heurísticas para ajudar na implementação. Jeon S.; Shim (2006), Kulas C. S. C.; Klinker (2004), Fernandes B. C. A.; Sanches (2008), Vanderdonckt J.; Chieu (2004), Boananni L.; Lee (2005). Segundo Wang C.; Reeves (2007) a usabilidade não tem recebido um foco adequado, não se preocupando com os diferentes usuários e suas diferentes capacidades na utilização das tecnologias. Muitos designers instrucionais criam objetos de aprendizagem sem se preocuparem se esse recurso é adequado para o público que vai utilizá-lo. Eles também não se preocupam em realizar uma pesquisa, uma análise de requisitos antes da construção do software, deixando muitas vezes, a avaliação, somente para o final do desenvolvimento do software, o que é muito mais complicado e oneroso. Costabili M.; Marisco (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. Costabili M.; Marisco (2005) complementam que pessoas se recusam a usar uma interface de um sistema que seja rígida, lenta e

desagradável e acabam interrompendo o curso. Essa facilidade de uso está relacionada à usabilidade.

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. 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. Quando examinadas várias abordagens de engenharia de usabilidade tradicionais e especificadamente projetos e atividades de avaliação, na maioria dos casos, atividades de projeto são alavancadas por metáforas existentes, guias ou padrões. Contudo, em casos onde a tecnologia provê abordagens modernas para interação dos usuários ou fundamentalmente altera o modo dos usuários perceberem o espaço de interação, como acontece com RA, projetistas, freqüentemente, pouco compreendem as ramificações perceptivas ou cognitivas do projeto, não sabendo como cada usuário irá se adaptar às condições do ambiente do sistema (como manipulação de ambientes reais e virtuais ao mesmo tempo, uso de capacetes, uso de câmeras de vídeo, marcadores e etc.). Como resultado, processos/metodologias 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. Sem esses processos, aplicações desenvolvidas usando a engenharia de usabilidade tradicional podem ou não melhorar a usabilidade do sistema (AMADO, 2007).

## 2 Justificativa

Sistemas de Geometria Dinâmica (SGD) facilitam a construção e manipulação de objetos geométricos no computador. Segundo Aguiar (2009), nos SGD, as relações geométricas são exploradas de maneira interativa e os teoremas são descobertos empiricamente. Existem vários sistemas deste tipo, entre eles pode-se citar: Cabri-Géomètre, Geometer's Sketchpad e Tabulæ. Há diversos trabalhos que estudam os impactos do uso de SGD no aprendizado. Gomes (2006) acredita que “os trabalhos conduzidos sobre a contribuição dos SGD à aprendizagem de Geometria mostram que eles facilitam a emergência de conceitos geométricos”.

Para Costa et al. (2009), o estudo de Geometria é de suma importância para o desenvolvimento da capacidade de abstração, resolução de problemas práticos do cotidiano, estimar e comparar resultados, reconhecer propriedades das formas geométricas. Ainda para Costa et al. (2009), podemos elencar que algumas vezes a Geometria é trabalhada separadamente da matemática, o que leva o aluno a não desenvolver habilidades como, noção espacial, raciocínio dedutivo e representação geométrica. Já para Lima et al. (2005), os objetos da geometria podem ser representados de modo gráfico, material, porém seu trabalho matemático envolve abstração do real e implicam na utilização de um conjunto de relações lógico-matemáticas. Observando deficiência do ensino matemático Brasileiro de tal abstração, o grupo se interessou pelo tópico em busca de nova abordagem que auxiliasse os professores. Além disso, conhecer Geometria permite que se elaborem modelos da realidade e que se resolvam diversos problemas práticos, como por exemplo, nas áreas de Arquitetura, Engenharia, Geografia, Artes Plásticas, planejamento urbano e regional, design de superfície, etc. Neste contexto, a utilização da Realidade Aumentada (RA) pode oferecer informações sensíveis mais ricas, facilitando a associação e a reflexão sobre o tema que está sendo ensinado. O uso de RA pode fazer com que o usuário possa lidar de forma mais confortável com conceitos abstratos (AZUMA, 2001). Portanto, é razoável pensar em uma proposta que una os benefícios dos Sistemas de Geometria Dinâmica com a Realidade Aumentada.

## 3 Objetivos

Esta monografia apresenta a criação de um protótipo para a utilização de realidade aumentada para visualização e manipulação de objetos virtuais em aulas presenciais e a distância, facilitando assim certas demonstrações geométricas por parte do professor, que até então, com quadro e giz, não seria possível.

### 3.1 Objetivo geral

Propor um novo estilo de interação na construção de um protótipo utilizando realidade aumentada sem marcador para ser utilizado em sala de aula como quadro interativo.

### 3.2 Objetivos específicos

- Elicitar requisitos no processo de levantamento bibliográfico;
- Analisar ferramentas 3D de geometria inseridas no processo de aprendizagem;
- Avaliar os processos de interação com ferramentas 2D e 3D no ensino;
- Prototipar uma aplicação utilizando realidade aumentada com rastreamento de mãos.
- Testar com os usuários o protótipo desenvolvido.

## 4 Fundamentação Teórica

Nesta seção é apresentada a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento desta pesquisa, bem como, os conceitos fundamentais para se entender a tecnologia de realidade aumentada especificadamente com foco em educação, para tanto, abordamos os seguintes aspectos: um marco histórico sobre a evolução da realidade aumentada, características da realidade aumentada, principais aplicações, tecnologias educacionais, realidade aumentada na educação e por fim apresentamos um apanhado de trabalhos correlatos.

### 4.1 Marco Histórico

Ainda que a Realidade Aumentada seja pouco conhecida na educação e que as pesquisas nesta área estejam apenas se iniciando, sua concepção é mais antiga do que a princípio se poderia supor. O primeiro experimento de Realidade Aumentada considerado como tal foi feito por Sutherland ainda na década de 60, quando ele utilizou um capacete com visor transparente no qual foram apresentadas imagens 3D (AZUMA, 1997). A área de pesquisa formou-se, no entanto, apenas na década de 90, quando a existência de um número maior de trabalhos possibilitou que ela fosse identificada e caracterizada como um tópico distinto de outros. As pesquisas aceleraram-se a partir de 1997, quando um survey de Azuma (1997) definiu este campo de estudo, descrevendo os principais problemas e relacionou os trabalhos realizados até então. No final da década de 90, surgiram os primeiros workshops e simpósios, bem como organizações voltadas especificamente para a este tema. Outro fator que acelerou o número de pesquisas na área foi a disponibilização do ARToolKit, uma biblioteca para desenvolvimento rápido de aplicações de Realidade Aumentada. Inicialmente desenvolvido na Universidade do Japão, atualmente é apoiado pela Universidade de Washington, nos EUA, e pela Universidade de Canterbury, na Nova Zelândia.

A fim de compreender o que é Realidade Aumentada, é interessante situá-la no

contexto da Realidade Virtual, bem como verificar o que diferencia uma da outra. Credita-se a Jaron Lanier, fundador da VPL Research Inc, o termo Realidade Virtual (HEISS, 2003). Na década de 1980, ele teria utilizado este termo para diferenciar as simulações tradicionais dos mundos virtuais que ele tentava criar. A partir daí, muitas definições foram propostas. Aukstakalnis (citado em (VALLINO, 1998)) afirma que a Realidade Virtual é um ambiente tridimensional, interativo e gerado por computador no qual uma pessoa é imersa. Para Neto (2004), o termo refere-se, normalmente, a uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D, geradas em tempo-real por computador. Além disto, vários pesquisadores explicitam que a Realidade Virtual é uma interface (NETTO A. V.; MACHADO, 2005) (KIRNER, 2005).

Nas duas definições apresentadas estão presentes elementos que, em conjunto, caracterizam esta área de pesquisa: o ambiente gerado por computador, a tridimensionalidade e a interatividade em tempo real. Filmes e animações, não são dotados de interatividade e, portanto, não são considerados Realidade Virtual. Outro aspecto a ser observado é quanto ao nível de imersão: embora a desconexão total do mundo real seja o ambiente que mais caracteriza a Realidade Virtual e esteja presente em algumas definições, a imersão total nem sempre é exigida. Nestes casos, jogos tridimensionais em computadores convencionais podem ser considerados como Realidade Virtual. Devido às características de geração de imagens tridimensionais, de interatividade e de utilização de uma série de tecnologias, equipamentos e soluções comuns, a Realidade Aumentada é entendida como uma subárea da Realidade Virtual. De acordo com Santos (2001), o termo refere-se à composição de ambientes reais com ambientes simulados. Para Insley (2003a), ela é a melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais gerados por computador. Azuma (1997) considera que a Realidade Aumentada suplementa o mundo real com objetos virtuais que parecem coexistir no mesmo espaço do mundo real e define um sistema de Realidade Aumentada como sendo aquele que possui as seguintes características:

- combina objetos reais e virtuais num ambiente real;
- opera interativamente, e em tempo real, e
- registra (alinha) objetos reais e virtuais uns com os outros

Esta definição, ao contrário de outras, não restringe os sistemas de Realidade Aumentada a fazerem uso de determinada tecnologia de apresentação, como a dos capacetes HWD (Head-Worn Display). Também não se limita ao sentido da visão, já que, potencialmente, todos os demais sentidos podem ter seus equivalentes virtuais. Ainda outra

observação sobre a definição de Azuma é que ele considera como parte da Realidade Aumentada o que outros pesquisadores denominam Realidade Mediada ou Realidade Diminuída, isto é, a remoção de objetos reais da cena. Por exemplo, a inclusão de um objeto virtual na frente de outro real tem o efeito de subtraí-lo e fazer com que este não seja percebido.

Em 1994, Milgram P.; Kishino (1994) propôs uma taxonomia ao observar que o termo Realidade Virtual vinha sendo aplicado a uma série de ambientes, nem sempre com imersão total. Ele identificou que estes ambientes se encontravam em algum ponto do que ele denominou *Virtuality Continuum*, ou um *Contínuo de Virtualidade*, cujos extremos são o Ambiente Real e a Realidade Virtual. Entre um extremo e outro, está o que ele denominou de Realidade Misturada e definiu como sendo aquela em que objetos do mundo real e do mundo virtual são apresentados juntos num único dispositivo de apresentação, ou seja, em qualquer local entre os extremos do continuum. Neste contexto, a Realidade Aumentada caracteriza-se pelo predomínio do mundo real sobre o virtual, enquanto que na Virtualidade Aumentada ocorre o predomínio do virtual sobre o real.

## 4.2 Características da realidade aumentada

Em função da abundância de termos e de interesses das áreas de realidade virtual e aumentada, em função de sua multidisciplinaridade, serão abordados em seguida alguns conceitos e definições envolvidos com o assunto.

### 4.2.1 Multimídia

Multimídia consiste na integração, controlada por computador, de textos gráficos, imagens, vídeo, animações, áudio e outras mídias, que possam representar, armazenar, transmitir e processar informações de forma digital (MARSHALL, 2001). Aplicações multimídia são potentes e simples de usar, mas restringem a visualização do usuário à tela do computador (2D). Esta deficiência pode ser atenuada com o aproveitamento do espaço da tela do monitor, através de múltiplas janelas sobrepostas ou espalhadas.

### 4.2.2 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma interface avançada do usuário para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do

usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de realidade virtual, mas os outros sentidos, como tato, audição, etc. também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário. A modelagem dos ambientes virtuais, usando linguagens como VRML (Virtual Reality Modeling Language) [VRML97, 2007] e sua sucessora, X3D (WALSH A.E., 2001), além de outras linguagens e ferramentas de autoria, permite, ao usuário, visualizar ambientes tridimensionais, movimentar-se dentro deles e manipular seus objetos virtuais. Os objetos virtuais podem ser animados, apresentando comportamentos autônomos ou disparados por eventos.

A interação do usuário com o ambiente virtual é um dos aspectos importantes da interface e está relacionada com a capacidade do computador detectar e reagir às ações do usuário, promovendo alterações na aplicação (BOWMAN D. A., 2004). O usuário, interagindo com um ambiente virtual tridimensional realista, em tempo-real, vendo as cenas serem alteradas como resposta aos seus comandos, como ocorre nos videogames atuais, torna a interação mais rica e natural, gerando mais engajamento e eficiência.

Nos ambientes virtuais, a interação mais simples é a navegação, decorrente da movimentação do usuário no espaço tridimensional, através de algum dispositivo, como o mouse 3D, comandos de voz ou de gestos detectados por algum dispositivo de captura, resultando na visualização de novos pontos de vista do cenário. Nesse caso, não há mudanças no ambiente virtual, mas somente um passeio exploratório. Interações, propriamente ditas, com alterações no ambiente virtual, ocorrem quando o usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, explora, manipula e aciona ou altera os objetos virtuais, usando seus sentidos, incluindo os movimentos tridimensionais de translação e rotação naturais do corpo humano.

A interface baseada em realidade virtual permite que habilidades e conhecimento intuitivos do usuário possam ser utilizados para a manipulação dos objetos virtuais. Esse tipo de interação é realizado, através de dispositivos não convencionais, como capacete de visualização ou luvas, o próprio corpo, como gestos e comandos de voz, ou até mesmo dispositivos convencionais como mouse, teclado e monitor de vídeo. O usuário deve ter a impressão de estar atuando dentro do ambiente virtual, apontando, pegando, manipulando e executando outras ações sobre os objetos virtuais, em tempo-real. Normalmente, os atrasos admissíveis para que o ser humano tenha a sensação de interação em tempo-real estão em torno de 100 milissegundos, tanto para a visão, quanto para as reações de tato, força e audição. Isto impõe um compromisso do sistema (processadores, software, dispo-

sitivos, complexidade do ambiente virtual, tipo de interação, etc) em funcionar com taxas mínimas de 10 quadros por segundo na renderização das imagens (sendo desejado algo em torno de 20 quadros por segundo para suportar melhor as cenas animadas) e de 100 milissegundos de atraso nas reações aos comandos do usuário. Assim, a complexidade do mundo virtual, os dispositivos usados, o software e a configuração do sistema devem ser ajustados para funcionar com as taxas mínimas de renderização e reação. Existem muitas definições de realidade virtual, envolvendo diversos aspectos (BURDEA G.; COIFFET, 2003) (VINCE, 2004). Uma definição, sintetizando as várias considerando as discussões apresentadas até agora, é a seguinte:

Realidade virtual é uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário navegar e interagir, em tempo real, com um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multisensoriais.

Apesar da realidade virtual também usar múltiplas mídias, ela enfatiza a interação do usuário com o ambiente tridimensional e a geração das imagens em tempo real. Para que isso ocorra, a plataforma computacional deve ser apropriada para aplicações de realidade virtual, apresentando boa capacidade de processamento gráfico para a renderização de modelos tridimensionais em tempo real, e suportando dispositivos não convencionais de interação para atender à demanda multisensorial.

A comparação entre multimídia e realidade virtual pode ser vista da seguinte maneira:

Multimídia envolve imagens capturadas ou pré-processadas; prioriza a qualidade das imagens; exige alta capacidade de transmissão; usa técnicas de compressão de dados; atua no espaço 2D; e funciona com dispositivos convencionais.

Realidade virtual envolve imagens calculadas em tempo real; prioriza a interação com o usuário; exige alta capacidade de processamento; usa técnicas e recursos de renderização de modelos tridimensionais e funciona com dispositivos especiais. Tanto na multimídia, como na realidade virtual, o usuário tem de ser transportado para o domínio da aplicação (ambiente virtual), podendo causar-lhe desconforto frente ao desconhecido, além da necessidade de adaptação e treinamento.

### **4.2.3 Realidade aumentada**

A realidade aumentada é definida de várias maneiras: a) é o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real; b) é uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais,

gerados por computador (INSLEY, 2003b); c) é a mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua, que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais; d) é um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades:

- combina objetos reais e virtuais no ambiente real; - executa interativamente em tempo real; - alinha objetos reais e virtuais entre si; - aplica-se a todos os sentidos, incluindo audição, tato e força e cheiro (AZUMA, 1997).

Essa tecnologia deverá ter grande impacto no relacionamento das pessoas, através de novas maneiras de realizar visualização, comunicação e interação com pessoas e informação. A realidade aumentada e a realidade virtual (BIMBER, 2004) podem ser comparadas da seguinte forma: - a realidade aumentada enriquece a cena do mundo real com objetos virtuais, enquanto a realidade virtual é totalmente gerada por computador; - no ambiente de realidade aumentada, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real, enquanto que, na realidade virtual, a sensação visual é controlada pelo sistema; - a realidade aumentada precisa de um mecanismo para combinar o real e o virtual, enquanto que a realidade virtual precisa de um mecanismo para integrar o usuário ao mundo virtual.

#### 4.2.4 Hiper-realidade

O próximo passo da evolução das interfaces é incrementar a combinação do mundo real com o mundo virtual, através de novos

elementos e comportamentos para facilitar e potencializar a interação do usuário com os recursos que ele necessita no dia a dia. Nesse contexto, surge o conceito de hiper-realidade (TIFFIN J., 2001), cuja definição é a seguinte: hiper-realidade é a capacidade tecnológica de combinar realidade virtual, realidade física, inteligência artificial e inteligência humana, integrando-as de forma natural para acesso do usuário.

Ambientes de hiper-realidade permitirão que habitantes reais interajam com habitantes remotamente localizados, bem como com objetos ou formas de vida imaginárias ou artificiais, gerados por computador, em um mundo misturado. Esse mundo será formado por pessoas, animais, insetos, plantas, terrenos, construções e objetos virtuais inteligentes, todos integrados. Com a visão do mundo misturado, cada usuário poderá enxergar o que lhe interessa, de acordo com seu perfil ou sua necessidade, e interagir com os objetos, de forma a ter suas necessidades satisfeitas. Como exemplo, o usuário, ao caminhar ou dirigir

seu automóvel por uma cidade (usando um capacete de visão óptica direta), poderá fazer solicitações por comandos de voz e ver legendas virtuais nos prédios e ruas orientando-o ou mostrando opções como: o melhor caminho para chegar a um destino; restaurantes de determinados tipos ou padrões; entretenimentos específicos; lojas; supermercados; hospitais; e assim por diante.

Muito do que se desenvolveu na Internet para facilitar a vida do usuário, poderá ser transportado para o mundo misturado de forma gráfica e seletiva. Assim, nesse mundo misturado com hiper-realidade, as pessoas deverão satisfazer muitas de suas necessidades, atuando num ambiente integrado inteligente, sendo atendidas de forma explícita ou implícita.

#### **4.2.5 Rastreamento**

O rastreamento, em ambientes de realidade virtual e aumentada, tem a função de identificar a posição da mão, da cabeça, do próprio usuário ou de algo atrelado a ele, como uma placa. Com isto, o sistema permite que o usuário exerça um controle de posicionamento em ambientes virtuais ou aumentados, podendo, por exemplo, movimentar-se e tocar, agarrar, mover e soltar objetos virtuais. Para uso em aplicações de realidade virtual, muitos dispositivos de rastreamento foram desenvolvidos, usando princípios mecânicos, magnéticos, de ultrassom, etc. Cada tipo apresenta vantagens e desvantagens, mas em geral são caros. Mais recentemente, com a popularização da webcam e com o avanço das técnicas de visão computacional e do poder de processamento dos microcomputadores, o rastreamento óptico passou a ser uma realidade, em função da disponibilidade e do baixo custo. A biblioteca ARToolKit (LAMB, 2006), usada em aplicações de realidade aumentada, utiliza esse tipo de rastreamento.

#### **4.2.6 Interação**

A interação consiste na capacidade do usuário atuar em ambientes virtuais e aumentados, promovendo alterações e reações às suas ações. Esta é a principal característica dos jogos por computador, sendo o fator determinante para o envolvimento do usuário e o sucesso da aplicação.

Para que uma interação tenha efeito, é necessário um controle de posicionamento do usuário (rastreamento) e outros atributos do sistema como: apontamento e seleção de objetos e ativação de ações.

No contexto de interface homem-máquina, interação é a maneira com que o usuário se comunica com a aplicação, podendo esta comunicação ocorrer através de dispositivos ou de forma simbólica (SCHNEIDERMAN B. E PLAISANT, 2004). De acordo com Bowman, interação é um método que permite a um usuário realizar uma tarefa através da interface do usuário. Uma técnica de interação inclui tanto componentes de hardware (dispositivos de entrada/saída) quanto de software. As técnicas de interação utilizadas nos componentes de software são responsáveis por mapear a informação de um dispositivo de entrada em alguma ação dentro do sistema, e por mapear a saída do sistema de forma que esta possa ser interpretada pelos dispositivos de saída (BOWMAN D. A., 2004).

No início da era computacional, não se deu muita importância ao processo de interação homem-máquina (HCI). A prioridade era obter um processamento preciso dos dados. Com a evolução e disseminação dos computadores pessoais cresceu a necessidade de serem adotadas metodologias específicas para a HCI. Os usuários não estão dispostos a consumir seu tempo precioso com aplicações que possuam interfaces que utilizam técnicas primárias de interação. A busca por estratégias avançadas de interação contempla, atualmente, grande parte do tempo dos projetistas quando se inicia o processo de desenvolvimento de um novo software ou de um novo dispositivo.

Inúmeros são os benefícios que um bom projeto de interação pode agregar a um software. Entre estes, podem-se citar a usabilidade do sistema, menor curva de aprendizagem, localização e uso de todas as potencialidades da aplicação, otimização do tempo do usuário na busca pela informação, entre outros.

Técnicas de interação para controle do sistema servem basicamente para modificar o estado do sistema ou o modo de interação utilizado pelo mesmo. Normalmente, estas ações são realizadas através de comandos disponíveis na interface. Comandos de controle do sistema muitas vezes são integrados com outras tarefas de interação, quando modificam o estado do sistema, ou com todas as outras atividades de interação disponíveis no sistema, quando o usuário os utiliza para controlar o modo de interação a ser utilizado. Um exemplo clássico são comandos acessíveis via menus, como salvar um arquivo, entre outros. As técnicas de interação para controle do sistema são Menus Gráficos, Comandos de Voz, Comandos de Gestos e Ferramentas. Estas categorias possuem várias técnicas associadas e uma descrição mais detalhada das mesmas encontra-se em Bastos N. C. (2006). A Figura 1 ilustra a utilização de menus 2D adaptados para um cenário 3D. Neste caso, o usuário pode utilizar o menu como está habituado a fazê-lo em aplicações 2D, para diversas tarefas de manipulação de arquivos em um cenário 3D. A figura apresenta um

dos menus da aplicação mivaDesk (TEIXEIRA J., 2007).



Figura 1: Menus 2D Adaptados, para controle de sistema

A implementação das técnicas de controle do sistema deve facilitar o foco na tarefa a ser realizada pelo usuário, evitando que sua atenção seja desviada do objetivo inicial. Além disto, é importante usar uma referência espacial consistente, posicionando corretamente os comandos no ambiente virtual.

#### 4.2.7 Principais Aplicações

Segundo Robinett (citado em [(AZUMA, 1997)]), a Realidade Aumentada pode ser usada em qualquer situação que requeira a apresentação de informação não diretamente disponível ou detectável pelos sentidos humanos e que a aplicação possa torná-la visível (ou audível, palpável, etc.). Embora seja ainda pouco explorada, pesquisas com Realidade Aumentada em áreas bastante distintas já vêm sendo desenvolvidas.

A medicina é uma atividade em que o uso de imagens para fins de exame, cirurgia e pesquisa é intenso. Estas imagens têm a característica observada por Robinett, pois não são diretamente visíveis, a menos que os pacientes sejam operados. Por este motivo, sistemas de Realidade Aumentada têm muito a oferecer à área médica. Por exemplo, a localização mais precisa da região a ser operada ou de onde exatamente se encontra um feto no útero pode oferecer uma precisão muito maior do que a atualmente disponível. A questão fundamental neste caso é quanto à demanda de registro extremamente acurado: por exemplo, a agulha de uma biópsia terá que chegar de maneira absolutamente correta

na região a ser investigada, sob pena de produzir um resultado falso.

Outra área que tem natural interesse pela Realidade Aumentada é a militar. Em aviões de guerra já são apresentadas informações no pára-brisa da cabine ou em seu capacete de vôo. Num treinamento simulado, pode-se utilizar áreas reais e acrescentar inimigos e construções virtuais, bem como situações perigosas como bombas e incêndios. Em tempo de guerra, as informações adicionais providas através da Realidade Aumentada dariam um diferencial significativo em relação a um inimigo desprovido desta tecnologia.

Um sistema para treinamento simulado possui muitas semelhanças com diversos jogos cujo objetivo é destruir o inimigo. O famoso jogo Quake já deu início, inclusive, uma versão em Realidade Aumentada. Os jogos, que são uma área forte da Realidade Virtual, são naturais candidatos à adoção ampla da Realidade Aumentada. Outras atividades de entretenimento, bem como a arte, também oferecem possibilidades inovadoras. Pintura virtual sobre objetos reais, brinquedos de montar que misturam peças reais e virtuais, espetáculos de circo e teatro e brincadeiras de criança poderão gerar novas e instigantes situações. O livro MagicBook (BILLINGHURST, 2001) inclui objetos virtuais na sua história. Mais do que isto, seus leitores podem optar por entrar no modo de Realidade Virtual, imergindo totalmente neste ambiente. A partir daí os demais leitores irão vê-lo, no ambiente da Realidade Aumentada, como um avatar.

O desenvolvimento de livros, materiais didáticos e de cursos, como os já mencionados sistemas de treinamento na área médica e militar, faz da educação um área fértil para o desenvolvimento de sistemas de Realidade Aumentada. No esporte, exemplos de possíveis aplicações são, por exemplo, transmitir um jogo de futebol onde a linha de impedimento é mostrada em tempo real ou assistir a uma corrida de carro com dados adicionais sobre cada veículo mostrados próximo a eles, como nível de óleo e temperatura do motor, e sobre os esportistas, como seus batimentos cardíacos. Aplicações já identificadas na área de engenharia, arquitetura e desenho industrial são os sistemas para elaboração de projetos de maneira colaborativa, através de CADs 3D com Realidade Aumentada. Modificações em prédios e máquinas poderão ser antevistas com estes novos recursos. Na área de instalação e manutenção de equipamentos, operadores podem ser guiados por objetos virtuais que indiquem os próximos passos ou as peças necessárias naquele momento. Manuais de produtos poderão se tornar, finalmente, mais fáceis de serem seguidos.

Por último, uma área que irá explorar exhaustivamente os sistemas de Realidade Aumentada é a do comércio. A inserção de propagandas no espaço urbano através de objetos

virtuais será muito mais barata, direcionada e flexível. Além disto, uma vez que a propaganda está embutida no sistema e é vista apenas por seu usuário, ela pode tornar-se independente de legislações relativas à poluição visual impostas pelas prefeituras das cidades. No setor de vendas, será possível, por exemplo, experimentar móveis na sua própria casa, vestir virtualmente uma roupa ou experimentar um corte de cabelo novo antes de fazê-lo. Um bom ponto de partida para conhecer os sistemas que vêm sendo pesquisados nesta área é no site do StudierStube [StudierStube], uma plataforma de desenvolvimento usada em muitos projetos. Observa-se, portanto, que a aplicações possíveis são inúmeras mas, conforme será visto na próxima seção, a tecnologia necessária para os sistemas de Realidade Virtual funcionarem em larga escala não é simples e ainda se encontra em fase experimental.



Figura 2: Áreas de aplicação

A figura 2 ilustra as potencialidades da Realidade Aumentada em diversos campos de atuação: apoio a cirurgias (figura 2a), jogos (figura 2b), busca de livro numa biblioteca (figura 2c), previsão de movimentos de robô (figura 2d), manutenção de uma máquina copiadora (figura 2e), apoio à colaboração (figura 2f), marcação de limites e áreas em jogos (figura 2g) e livro infantil (figura 2h).

### 4.3 Tecnologia na Educação

O computador pode ser utilizado de diferentes formas na escola, tanto em atividades administrativas, quanto em atividades de ensino-aprendizagem. No processo ensino-aprendizagem, ele normalmente serve para ensinar computação (ensino de informática:

linguagens de programação ou aplicativos como Windows ou Office, por exemplo) ou para a aprendizagem de disciplinas da formação geral do currículo escolar (ensino pela informática), tais como matemática, física, história, geografia, etc. Já faz algum tempo que o uso do computador como recurso pedagógico tem sido visto de uma forma dicotômica: ou ele é um instrumento em que o aluno apenas aperta suas teclas e obedece às instruções dadas, ou ele é a solução para todos os problemas educacionais. O mais importante, entretanto, é refletir sobre a relação entre informática e educação como uma transformação da própria prática educativa. O segundo argumento foi mais intenso nos primeiros anos em que o computador era uma novidade na escola. Esta tendência tende a pensar sobre computadores como objetos que agem diretamente no pensamento e na aprendizagem, reduzindo os mais importantes componentes no processo educacional, as pessoas e as culturas, a um papel secundário (CYSNEIROS, 1996).

Papert (2002) utiliza o termo tecnocentristas para se referir àqueles que acreditam que o uso dos computadores na educação pode acarretar mudanças nas culturas, transformando também, em consequência, a forma de pensar e de aprender das pessoas. Algumas perguntas podem ser feitas a partir da utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem, como: “Que mudanças esta tecnologia traz para o dia-a-dia das escolas?”; “Os programas de ensino devem ser modificados para a incorporação desta tecnologia?”; “Qual é o papel do professor nesta nova realidade?”; “E o dos alunos?”; “Há alguma mudança na postura dos alunos (motivação, cooperação etc.)?”; “Esta motivação os leva a aprender mais rápido e com maior profundidade?”; “É maior ou menor o número de alunos que podem desfrutar deste novo recurso”. Algumas destas perguntas continuam sem respostas definitivas e têm sido objetos de estudos e pesquisas. Entretanto é possível apontar ganhos e/ou impactos que a introdução desta nova tecnologia trouxe para o cotidiano da sala de aula ou para os sujeitos envolvidos no processo ensino-aprendizagem: “O maior impacto que o computador tem provocado no processo educacional advém do fato do seu uso ter causado o questionamento dos métodos e processos de ensino utilizados (VALENTE, 1993); ”Em concordância com o impacto anterior, pode-se também dizer que as tecnologias educacionais, de um modo geral, e as tecnologias informáticas, em particular, têm ampliado as formas convencionais de utilização de recursos materiais no trabalho dos professores em sala de aula (CYSNEIROS, 1996); Para que os professores possam ampliar esta atuação, eles necessitam de um aperfeiçoamento profissional, e a inserção desta tecnologia na escola estimula este aperfeiçoamento. O computador pode criar novas possibilidades para o seu desenvolvimento como profissional; ”Num primeiro momento pode-se dizer que a inserção do computador traz uma motivação a mais para o cotidiano escolar,

uma vez que ele possui variedade de cores, movimentos, imagens etc. Há indícios superficiais, entretanto, de que tal motivação pode ser passageira, pois se um recurso digital for mal utilizado em aula, depois de algum tempo pode se tornar tão enfadonho quanto uma aula com uso intensivo de giz, ou outra baseada em discussão de textos, que também podem não motivar (BORBA M.C.; PENTEADO, 2001); O computador, muitas vezes, oferece melhores condições para que o professor acompanhe as atividades desenvolvidas por um determinado aluno, em comparação com as tecnologias tradicionais. Ele permite, por exemplo, a análise dos passos intermediários utilizados pelo estudante durante a tentativa de resolver uma situação-problema e não apenas dos resultados obtidos. Além do mais, o professor-pesquisador pode gerar estatísticas sobre os resultados dos alunos, possibilitando que se trabalhe sobre algumas hipóteses e se obtenha explicações para o processo de aquisição de conhecimento. Para analisar e compreender melhor os ganhos ou as desvantagens que o uso desta tecnologia traz para a escola é necessário que se conheça as relações existentes entre os componentes da prática educacional com a utilização de tecnologia informática. De acordo com Valente (1993), a implantação da informática no cotidiano da escola consiste basicamente de quatro ingredientes: o computador, o software educativo, o professor preparado para utilizar o computador como ferramenta educacional e o aluno. O professor e o aluno são componentes de qualquer situação que se considere no processo de ensino e aprendizagem, assim como a uso de alguma tecnologia, seja ela de papel e lápis, de quadro e giz ou de um aparelho de DVD e televisão. No caso de utilização de tecnologia informática, dois novos ingredientes são introduzidos: o computador e o software, sendo este último de grande importância, já que sem ele, fica impossível propor qualquer atividade educacional mediado pelo computador. Valente (1993) indica ainda dois pólos que caracterizam a relação entre os quatro citados ingredientes no processo ensino-aprendizagem. Nos dois pólos existem os mesmos ingredientes, mas a polaridade é marcada pela forma como estes ingredientes são utilizados: ora o computador, através do software, ensina o aluno; ora o aluno, através do software, "ensina" o computador. Através dessa abordagem compreendemos que a simples introdução do computador no cotidiano escolar não implica mudanças significativas para a aprendizagem. Diante deste contexto sente-se a utilização de tecnologias, especificadamente a realidade aumentada em softwares educacionais pode trazer grandes benefícios para a educação.

### **4.3.1 Realidade Aumentada e educação**

A Educação pode ser vista como um processo de descoberta, exploração e de observação, além de eterna construção do conhecimento. Diante disso, as características

específicas da Realidade Aumentada podem transformá-la num poderoso instrumento a serviço de todos que buscam a evolução da educação. Muitas coisas que até pouco tempo atrás eram sonhos, atualmente, com os avanços tecnológicos existentes torna-se uma realidade. A Realidade Aumentada dará um grande salto em inúmeras as áreas do conhecimento existentes, mas principalmente na educação, por nos permitir experiências com o conhecimento de forma imersiva e interativa; ou seja, permitirá que ocorra aprendizagem sobre um determinado tema inserido no contexto, e com isso a cada ação que fizer, receber um feedback.

A Realidade Aumentada em seu conjunto reúne especificidades e atributos que a tornam a ferramenta ideal para as múltiplas situações e contextos de pesquisa e aprendizagem. Cada um tem o seu estilo de aprendizagem, uns visuais, outros verbais, uns gostam de explorar e outros preferem deduzir. Mas o interessante da Realidade Aumentada é que em cada um desses estilos ela possa ser usada de forma diferente. Sendo assim, permite também a criação de ambientes onde a aprendizagem se realiza por etapas, sendo as barreiras entre as etapas facilmente colocadas ou removidas. À medida que se for caminhando acontece a familiarização dos conteúdos pelos usuários, assim como com rotina com os equipamentos, até se constatar que as capacidades exigidas estejam totalmente adquiridas e a informação que foi passada esteja adequadamente assimilada.

Estando o usuário, envolvido e totalmente imerso no ambiente virtual, ele poderá desenvolver um comportamento natural e intuitivo, buscando agir como agiria no mundo real e através da interação receber resposta ideal para suas ações.

A introdução da Realidade Aumentada na educação demonstra um novo paradigma que relata uma educação de forma dinâmica, criativa, colocando o aluno no centro dos processos de aprendizagem e buscando uma formação de um ser crítico, independente e construtor de seu conhecimento.

As novas tecnologias permitem a interatividade, a participação, a intervenção, a bidirecionalidade e a multidisciplinaridade. Ampliam a sensorialidade e rompem com a linearidade e também com a separação emissor/receptor. É importante estarmos atentos para essa nova tendência, para esse novo receptor e suas necessidades, pois assim poderemos moldar a educação de forma substancial nesse novo modelo do processo ensino-aprendizagem, e fazer da sala de aula um espaço diversificado e não de uniformidade, de rotina. A criação de um ambiente artificial para aprendizagem seria uma forma apropriada para aquisição do conhecimento. A artificialidade ajuda na concentração do conteúdo a ser ensinado; as relações com o exterior conferem veracidade às propostas e geram possi-

bilidades de troca.

### 4.3.2 Trabalhos correlatos

Na área da Educação, foi desenvolvido na Áustria o Construct 3D, ferramenta de Realidade Aumentada no ensino de Geometria. Esse aplicativo é baseado em HMD. Segundo os autores, O Construct 3D não foi criado para ser um modelador 3D profissional e sim uma simples ferramenta de construção 3D, sem animação, num ambiente imersivo com propósitos educacionais. (KIRNER C.; TRINDADE, 2008).

Os estudantes trabalhando diretamente no espaço 3D podem compreender problemas e relações espaciais melhor e mais rápido que nos métodos tradicionais. (NOGUERA E.T; GOMES, 2006). Porém os autores afirmam que o Construct 3D não foi criado para substituir o ensino tradicional ou o baseado em CAD e sim para se somar a estes.

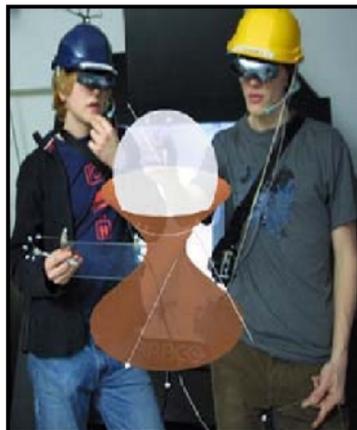


Figura 3: Alunos estudando Geometria através do Construct 3D

No Brasil, fruto do convênio da Universidade Metodista de Piracicaba com a Universidade de Coimbra, o Projeto LIRA-EC - Livro Interativo com Realidade Aumentada para o Ensino de Ciências, resultou em vários aplicativos, sempre baseados na ferramenta AR-Toolkit e modelos virtuais gerados no programa de código aberto Blender 3D (J.GLÜCK, 65-76). Suas diversas aplicações destinam-se ao ensino de Mecânica Quântica, Geometria, Ciências, Histórias Infantis, Portadores de Necessidades Especiais e Jogos Educativos (SILVA GUILHERME DIAS; KELNER, 2006).

Na Universidade Federal do Rio de Janeiro, entre outras aplicações, foi desenvolvido um livro infantil com o recurso de Realidade Aumentada (MEIGUINS B.S; ALMEIDA, 2006), sendo que o HMD é substituído pelo monitor do computador para apresentar imagens mixadas de vídeo e ambientes virtuais (tal modalidade de Realidade Aumentada recebe



Figura 4: Livro Interativo do Projeto LIRA

o nome de Monitor based AR) (LIMA, 2006).



Figura 5: Livro infantil

No Brasil, na Universidade Federal do Pará, foram desenvolvidos Cartões Marcadores Reconfiguráveis em Ambiente de Realidade Aumentada.

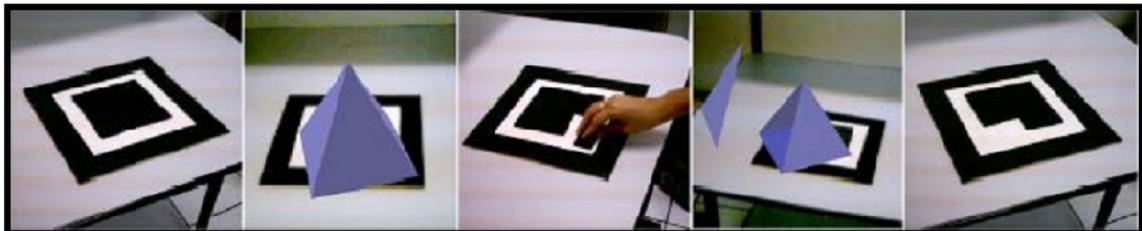


Figura 6: Aplicação dos marcadores reconfiguráveis

Tais marcadores do sistema ARToolKit, podem ter seus elementos alterados pelo usuário ao mudar sua configuração, seguindo uma legenda, e conseqüentemente, os modelos virtuais também se alteram em tempo real. Sua primeira aplicação foi para o ensino da Geometria Espacial. Como vantagem desse sistema está a dispensa de equipamentos dispendiosos para a criação do ambiente de RA e a grande interatividade disponível, bastando o usuário consultar uma legenda (ABREU, 2002).

Outro trabalho relevante e com grande potencial educacional é o Jogo das Palavras (ZORZAL E. R.; CARDOSO, 2006). O objetivo é fazer a junção de letras para formar pa-

lavras e resgatar a imagem através de técnicas de Realidade Aumentada para enriquecer os resultados finais. Conforme pode ser observado na Figura 7, foram desenvolvidos marcadores com letras em seus interiores, e cadastradas combinações de palavras, formando assim marcadores compostos. Quando o usuário forma uma seqüência de letras previamente cadastrada, o ARtoolKit mostra um objeto virtual associado àquela combinação. Essas características fazem desse jogo, além de um ótimo entretenimento, uma fonte de aplicações práticas como alfabetização, aprendizado de idiomas, além de permitir desenvolver habilidades motoras para usuários com deficiências motores.



Figura 7: Quebra-cabeças com palavras

Zorzal E. R.; Cardoso (2006) apresenta outro sistema de Realidade Aumentada para aprendizagem musical, demonstrando três formas de aprendizado, cada uma delas enfocando áreas distintas da música. A primeira forma de aprendizado utiliza oclusão de marcadores para executar sons pré-definidos. Essa execução é guiada pela apresentação de símbolos ao usuário que deverá fazer a oclusão do marcador apropriado, quando o símbolo mostrado atingir um certo ponto fixo do cenário. Assim, uma pequena melodia pode ser executada, capacitando o usuário na percepção rítmica, enquanto utiliza o sistema. A segunda forma enfoca o aprendizado de leitura musical, baseado em uma notação de pentagrama em branco e um marcador impresso em transparência que é reconhecido diferentemente, de acordo com o posicionamento do marcador na notação em branco. Quando um símbolo é reconhecido, o sistema mostra sua identificação visual e emite o som correspondente, facilitando assim o aprendizado de leitura e escrita desta notação. A última aplicação simula um leitor automático de partitura, onde os símbolos podem ser criados em forma de apresentação a partir de um software de fácil usabilidade, como por exemplo, o PowerPoint.

O presente trabalho vem contribuir com uma aplicação educacional em Realidade Aumentada através de um jogo musical. Com base nas referências apresentadas e nas pesquisas relacionadas ao uso das novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem (GARBIN T. R.; DAINESE, 2006), acredita-se que este jogo possibilite agregar funções além das atividades lúdicas propostas pela maioria dos jogos digitais, promovendo o desenvol-



Figura 8: Sistema de Realidade Aumentada para

vimento da percepção espaço-corporal, adequando a coordenação motora ao ritmo e à expressividade.

## 4.4 Desenvolvimento do protótipo

Como estudo de caso, durante o decorrer desta monografia, foi desenvolvido um protótipo de uma aplicação utilizando técnicas de realidade aumentada, como forma de demonstrar o potencial da tecnologia no âmbito educacional, foi prototipado uma aplicação utilizando rastreamento de mão sem marcadores, tendo em vista que esta é uma área de pesquisa muito recente e é a evolução da técnica de rastreamento com marcadores.

## 4.5 Metodologia

Foi iniciada pela revisão de literatura, análise de competidores, prototipagem e avaliação eurística do protótipo. De início, foi realizada uma revisão da literatura, para levantar os trabalhos que vêm sendo realizados no campo da realidade aumentada, trabalhos que facilitam o ensino e a visualização de figuras geométricas. Foram conduzidas entrevistas com alunos de graduação em matemática para levantar idéias de como a Realidade Aumentada auxiliaria as aulas de geometria e também validar os requisitos elicitados durante a revisão da literatura. Também foi realizada uma análise de competidores para levantar requisitos. Com o resultado da revisão da literatura em mãos e as idéias que surgiram durante a realização das entrevistas foi desenvolvido um protótipo de baixa fidelidade para ser avaliado através de uma avaliação heurística. De acordo com a avaliação feita, o protótipo foi refinado e transformado em um protótipo funcional.

### 4.5.1 Revisão da literatura

Com a revisão da literatura tivemos a intenção de contextualizar o trabalho discutindo em torno da temática abordada e fazendo um levantamento bibliográfico em de uma série de estudos realizados anteriormente. A revisão de literatura resultou do processo de levantamento e análise do que já foi publicado sobre o problema apresentado. A utilização desta técnica permitiu um mapeamento do que já foi escrito sobre o problema dessa pesquisa. Foram pesquisados trabalhos relacionados à proposta deste projeto para se ter uma visão geral das soluções que já foram publicadas para o problema em questão. Com a leitura de vários documentos foi possível elencar vários requisitos necessários para a prototipagem inicial do software.

### 4.5.2 Análise de competidores

A análise de competidores foi uma das técnicas da engenharia da usabilidade que utilizamos durante os passos da metodologia, que teve como meta estudar produtos concorrentes utilizando critérios específicos de avaliação de forma a conhecer seus pontos fortes e fracos. Entre as vantagens da análise de competidores, podemos citar:

- Avaliar pontos fortes e fracos da concorrência;
- Obtenção de idéias para o design de software;
- Obtenção de requisitos.

De acordo com Maguire, avaliar programas concorrentes pode fornecer informações valiosas sobre até que ponto esses produtos atendem os requisitos de seus usuários, sendo também útil para identificar problemas a serem evitados no software em desenvolvimento. A análise de competidores foi utilizada neste trabalho para elicitare boas práticas de design para interfaces educacionais. Os resultados obtidos permitiram a identificação de requisitos para o software educacional desenvolvido neste trabalho.

As análises realizadas nos softwares de geometria foram feitas com base na instalação das ferramentas e uso delas. Já as análises dos softwares de RA foram baseadas em vídeos e depoimentos do uso destas ferramentas. Foram analisados seis softwares: dois de geometria 3D (Poly e K3Dsurf), dois de Realidade Aumentada com marcadores (ARToolkit e FLARToolkit) e dois de Realidade Aumentada sem marcadores (Motion Tracker e Ostrich Flash).



em verde . Depois que a caixa é feita , é possível acompanhar o movimento em torno do campo da câmera de vista e a partir daí detectar a região onde ocorreu o movimento.

#### 4.5.5 Desenvolvimento

O protótipo funcional foi desenvolvido baseado na prototipagem e análise de requisitos feitos anteriormente, para isso foi utilizado técnicas de computação gráfica e processamento de imagem, um dos requisitos obtidos durante a análise de requisitos foi que a aplicação pudesse ser visualizada via browser, para isso foi feito um levantamento de linguagens que dessem esse suporte ao domínio da da aplicação.

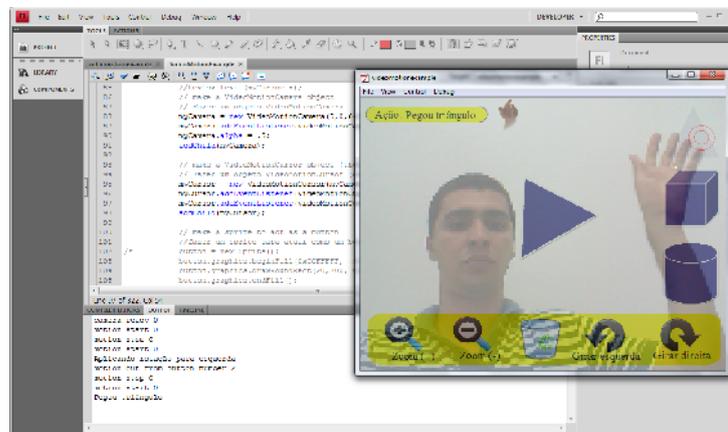


Figura 10: Protótipo funcional

Após avaliar esse protótipo, o mesmo foi refinado gerando uma segunda versão de forma funcional, Figura 10.

##### 4.5.5.1 Linguagem e bibliotecas utilizadas

Um dos requisitos encontrados para este protótipo foi que o mesmo pudesse ser contruido de forma a ser utilizado via browser, para isto utilizamos a API (biblioteca) em Flash chamada de Ostrich (<http://ostrichflash.wordpress.com/>), essa biblioteca nos permitiu implementar as características propostas para o protótipo. A API Ostrich foi estudada e analisada como outras bibliotecas disponíveis para detecção de movimentos utilizando a linguagem ActionScript 3.0, essa biblioteca é composta por três classes principais: OstrichButton, OstrichCamera, OstrichCursor:

- OstrichCamera - cria uma web cam para a captura de movimento;
- OstrichCursor - cria um cursor que acompanha o movimento em OstrichCamera;

- OstrichButton - cria eventos para um hotspot invisível por OstrichCursor - coloca gotas em qualquer movimento;

A escolha de uma API para a tecnologia Flash foi feita pela simplicidade de se executar a aplicação pelo o usuário final e a portabilidade de seu produto final ser executando tanto para a Web quando em desktop, que o Flash nos proporciona. O sistema com o auxílio da API Ostrich foi desenvolvido e uma primeira versão do protótipo para demonstração, obtendo resultado satisfatório.

# 5 Aplicação e Avaliação do Protótipo

Depois de concluída a construção da aplicação, um cenário foi elaborado onde seria aplicado o protótipo para ser avaliado. Esse cenário foi constituído de uma sala com computadores ligados a webcam onde foram instalados o protótipo desenvolvido.

## 5.1 Avaliação

Foram utilizados o cenário para alunos do IFPE - campus Belo Jardim, onde a aplicação aconteceu em dois momentos: no primeiro momento, os alunos interagiram com o protótipo acima mencionado individualmente e no segundo momento houve a utilização do protótipo com uma ferramenta da web onde o professor explanou o conteúdo por meio da utilização da ferramenta de RA, os alunos observam e depois replicam a ferramenta tirando suas dúvidas via chat (texto ou áudio).



Figura 11: Validação do protótipo

O documento de perfil do usuário que foi realizado anteriormente ao primeiro momento e tinha como objetivo saber a experiência prévia dos alunos em relação às seguintes variáveis: i. Atributos Pessoais; ii. Habilidades e competências na realização da tarefa de uso de ferramentas virtuais. Além da observação foi realizada uma entrevista semi-

estruturada, após o segundo momento com os participantes cujo objetivo foi analisar os cinco critérios básicos de usabilidade citados por (Nielsen, 1993): Intuitividade, Eficiência, Memorização, erro e satisfação.

Os resultados da avaliação da usabilidade do protótipo foram coletados com seis alunos do IFPE - campus Belo Jardim, que são alunos do curso técnico de informática e agroindústria.

## 5.2 Resultados

Segundo os resultados obtidos na validação do protótipo analisado tivemos alguns avanços com relação às experiências anteriores dos alunos que foram colhidas por meio dos questionários, onde se observa que todos já tinham utilizados ferramentas virtuais anteriormente e relatam algumas dificuldades de visualização pontuando como pontos principais: manuseio; excesso de informações e baixa velocidade.

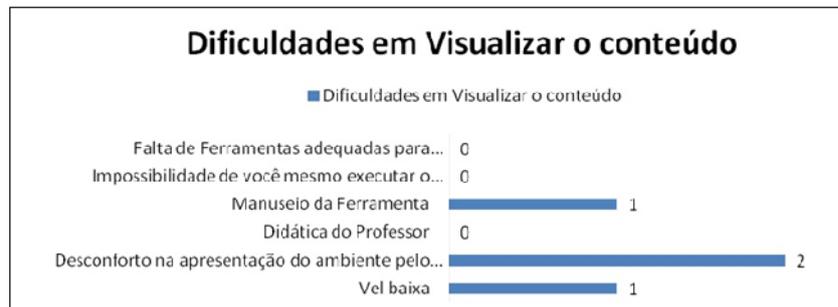


Figura 12: Resultado dos questionários antes do primeiro momento

Ao analisarmos as suas dificuldades em relação a nossa aplicabilidade (protótipo em validação), os relatos colhidos por meio das entrevistas nos indicam que todos gostaram da ferramenta e os vídeos gravados confirmam essa afirmação.

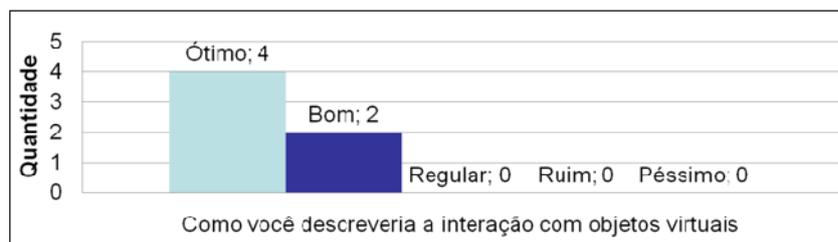


Figura 13: Interação com objetos virtuais

Com relação às suas desmotivações, em relação ao protótipo em validação, foram poucas, e foi resumido em: contato físico (a posição das máquinas no laboratório faziam

os usuários da fileira de trás interferir no usuário da fila da frente) e a falta de controle total da ferramenta (provavelmente devido ao tempo curto da manipulação, que foi confirmada não só pelos resultados das entrevistas mas também pela afirmação feita por um dos participantes quando os observávamos: “a gente quer usar como se fosse o mouse e tem que ser com as mãos, esse a hábito atrapalha”. Apesar de fatores desmotivadores apontados na entrevista, no item de avaliação do seu aprendizado.

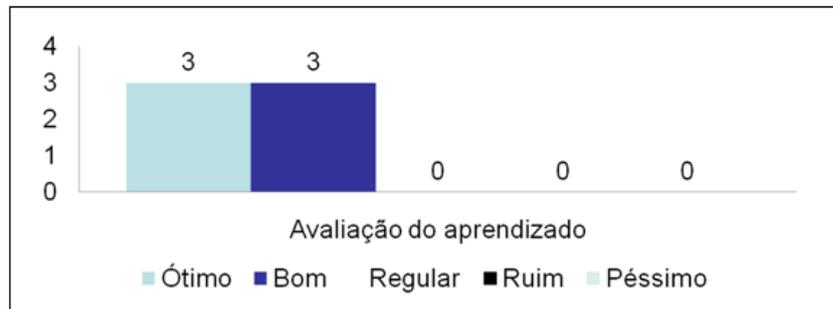


Figura 14: Avaliação do aprendizado

Diante do que foi visto e interpretado pode-se concluir que a ferramenta foi muito bem aceita para a utilização em sala de aula no ensino, trazendo um envolvimento total do aluno e uma iteração de forma agradável e divertida. Além disso, para sanarmos os pontos desmotivastes do protótipo deve-se considerar que no planejamento de suas aulas o professor também deve considerar: o posicionamento das máquinas para diminuir as interferências com os outros usuários; e um tempo pedagógico disponível para a utilização da ferramenta, onde o aluno se sinta mais seguro para manipular os objetos de estudo. Com os resultados da avaliação o recurso que foi desenvolvido neste projeto foi de fácil manuseio para que os professores não tenha que dedicar muito tempo para aprender a utilizar este ambiente. Com isso o propósito da ferramenta teve seu objetivo atendido. Como trabalhos futuros, temos como meta a finalização do protótipo melhoramento da biblioteca de rastreamento e disponibilização da biblioteca para que essa ferramenta possa ser adaptada para outros contextos educacionais.

## 6 Conclusão

Este trabalho abordou as técnicas e necessidades envolvidas no desenvolvimento de um protótipo para suporte à aprendizagem, utilizando realidade aumentada sem uso de marcadores, tendo em vista a maior imersão do usuário. Os estudos neste trabalho mostraram que este se trata de uma inovação significativa do ponto de vista acadêmico, visto seu potencial inovador e forma intuitiva de interação com o usuário, apresentando uma solução de baixo custo. Para dar continuidade ao desenvolvimento do projeto, foi proposto a prototipagem da ferramenta e a investigação de como adaptar estas novas tecnologias entre potenciais usuários, destacou-se também que o ambiente mostrou-se de fácil utilização e com interface motivadora, requisitos importantes para o segmento em que se propõe. A avaliação de desempenho mostrou novas alternativas para otimizar o processo de visualização, bem como novos caminhos no sentido de viabilizar o uso deste tipo de recurso em aplicações presentes no cotidiano, com o uso de equipamentos comumente encontrados no mercado. Portanto este se encontra como um trabalho inovador, na medida em que traz uma contribuição significativa para a utilização da realidade aumentada para visualização de objetos em 3D. Isto é apenas o começo, uma vez que novos desdobramentos poderão surgir a partir desse estudo em diversas áreas do conhecimento. Como trabalhos futuros pretendemos otimizar os processos de rastreamento e contruir uma versão final da ferramenta afim de ser testada em um ambiente educacional real afim de tentar entender os reais benefícios cognitivos sobre o uso da ferramenta.

# Referências

- ABREU, K. Uma aplicação de inteligências múltiplas no aprendizado de matemática ? representação gráfica de funções de primeiro e segundo graus. *Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção ? Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis*, 2002.
- AMADO, A. E. P. *Avaliação de usabilidade de ambientes de realidade virtual e aumentada*. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Electrónica Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, Portugal, 2007.
- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators and virtual environments*, p. 355–385, 1997.
- BASTOS, N. C. Uma metodologia para avaliação de usabilidade de interfaces de realidade mista interativas. *XXXV Conferencia Latinoamericana de Informática*, 2007.
- BASTOS N. C., T. V. e. K. J. Interação com realidade virtual e aumentada. *SBC*, 2006.
- BILLINGHURST, M. The magicbook - moving seamlessly between reality and virtuality. *Computer Graphics and Applications*, 2001.
- BIMBER, O. Augmented reality - part 1 - introduction and overview. *http://www.uni-weimar.de/bimber/Pub/AR/1*, 2004.
- BOANANNI L.; LEE, C. S. T. Attention-based design of augmented reality interfaces. *ACM, CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*, Portland, OR, USA, 2005.
- BORBA M.C.; PENTEADO, M. Informática e educação matemática. *Coleção Tendências em Educação Matemática. Belo Horizonte: Autêntica*, p. 98, 2001.
- BOWMAN D. A., K. E. L. J. e. P. I. 3d user interfaces: Theory and practice. *Addison-Wesley*, 2004.
- BURDEA G.; COIFFET, P. Virtual reality technology. *Wiley-Interscience*, v. 2a edição, 2003.
- COSTABILI M.; MARISCO, M. L. R. P. V. R. T. On the usability evaluation of e-learning applications. *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, p. 3–6, 2005.
- CYSNEIROS, P. A assimilação da informática pela escola. *In: III Congresso da RIBIE ? Rede Iberoamericana de Informática Educativa. Anais*, 1996.
- FERNANDES B. C. A.; SANCHES, J. F. Realidade aumentada aplicada ao design. *Holos*, p. 28–47, 2008.

- 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.
- GARBIN T. R.; DAINESE, C. A. K. C. Sistema de realidade aumentada para trabalho com crianças portadoras de necessidades especiais. *VIII Symposium Virtual Reality, Belém-PA*, p. 289–296, 2006.
- HAGUETTE T. M. FHAGUETTE, T. M. F. Metodologias qualitativas na sociologia. *5ª edição. Petrópolis: Vozes,, 1997.*
- HEISS, J. Coding from scratch: a conversation with virtual reality pioneer jaron lanier, part one. *Sun.com: Technical Articles*, 2003.
- INSLEY, S. Obstacles to general purpose augmented reality. *Information Security & Cryptography, Oregon, EUA*, 2003.
- INSLEY, S. Obstacles to general purpose augmented reality. <http://islab.oregonstate.edu/koc/ece399/f03/final/insley2.pdf>, 2003.
- JEON S.; SHIM, H. K. G. J. Viewpoint usability for desktop augmented reality. *IJVR*, p. 33–39, 2006.
- J.GLÜCK, H. K. S. A. D. General training of spatial abilities by geometry education in augmented reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine: A Decade of VR*, v. 3, p. 2005, 65–76.
- KIRNER, C. Sistemas de realidade virtual. *Tutorial. Universidade Federal de São Carlos, SP*, 2005.
- KIRNER C.; TRINDADE, J. A. Projeto lira. In <http://www.unimep.br/~ckirner/lira.htm>, 2008.
- KULAS C. S. C.; KLINKER, G. M. T. U. S. L. F. A. Towards a development methodology for augmented reality user interfaces. *The International Workshop exploring the Design and Engineering of Mixed Reality Systems*, 2004.
- LAMB, P. Artoolkit documentation. <http://artoolkit.sourceforge.net/apidoc>, 2006.
- LAUDON K; LAUDON, J. Information systems. *Prentice Hall*, 2007.
- LIMA, A. . H. C. J. O uso da realidade aumentada no ensino da geometria descritiva. *III Workshop de Realidade Aumentada. Rio de Janeiro*, p. 91–94, 2006.
- MARSHALL, D. What is multimedia? <http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Multimedia/node10.html>, 2001.
- MEIGUINS B.S; ALMEIDA, I. . O. M. Cartões marcadores reconfiguráveis em ambientes de realidade aumentada. *VIII Symposium on Virtual Reality. Pará*, 2006.
- MILGRAM P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol E77-D, No.12, 1994.

- NETO, R. A. A. E. Arquitetura digital - a realidade virtual, suas aplicações e possibilidades. *Dissertação (Mestrado) - COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2004.*
- NETTO A. V.; MACHADO, L. S. M. O. M. C. F. Realidade virtual - definições, dispositivos e aplicações. *UFPB, 2005.*
- NOGUERA E.T; GOMES, D. . C. G. Realidade aumentada aplicada a visualização de histórias infantis em 3d. *In III Workshop de Realidade Aumentada, UERJ/UFRJ, p. 43-46, 2006.*
- PAPERT, S. Máquina das crianças: Repensando a escola na era da informática. *Tradução: Sandra Costa. Porto Alegre: Artmed, 2ª reimpressão, 2002.*
- SANTOS, E. T. Estado da arte e a pesquisa na usp. *15º. Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, São Paulo, 2001.*
- SCHNEIDERMAN B. E PLAISANT, C. Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction. *Addison- Wesley Publishers, 2004.*
- SCHOENFELDER R.; SCHMALSTIEG, D. Augmented reality for industrial building acceptance. *In Virtual Reality, IEEE, p. 83-90, 2008.*
- SILVA GUILHERME DIAS; KELNER, J. T. V. Quad detector: Um modulo em hardware para detecção de quadrados em tempo real. *Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2006.*
- TEIXEIRA J., S. D. M. G. C. L. T. V. e. K. J. miva: Constructing a wearable platform prototype. *Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2007.*
- TIFFIN J., T. N. Hyper-reality: Paradigm for the third millennium. *Routledge, 2001.*
- VALENTE, J. A. Usos do computador na educação. N° 57. Ano 12, p. 3-16, 1993.
- VALLINO, J. *Intercative Augmented Reality*. Dissertação (Mestrado) — Ph.D. Thesis, Department of Computer Science, University of Rochester, Rochester, NY, 1998.
- VANDERDONCKT J.; CHIEU, C. K. B. L. T. D. Model-based design, generation, and evaluation of virtual user interfaces. *The ninth international conference on 3D Web technology (WEB3D'04)*, New York. ACM Press, p. 51-61, 2004.
- VINCE, J. Introduction to virtual reality. *Springer-Verlag, v. 2nd edition, 2004.*
- WALSH A.E., B.-S. M. Core web3d. *Prentice Hall, 2001.*
- 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.*
- ZORZAL E. R.; CARDOSO, A. K. C. L. E. Realidade aumentada aplicada em jogos educacionais. *V Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais - WEIMIG, 2006.*