

**CENTRO PAULA SOUZA**

GOVERNO DO ESTADO DE  
**SÃO PAULO**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA**

**JOGOS EDUCACIONAIS COM USO DE  
REALIDADE AUMENTADA**

**FERNANDO PIARDI**

**Americana, SP  
2010**

**CENTRO PAULA SOUZA** GOVERNO DO ESTADO DE  
**SÃO PAULO**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA**

# **JOGOS EDUCACIONAIS COM USO DE REALIDADE AUMENTADA**

**FERNANDO PIARDI**

E-mail: [fpiardi@gmail.com](mailto:fpiardi@gmail.com)

**Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Desenvolvimento de Jogos Digitais, sob a orientação do Prof. Me. Carlos H. R. Sarro.**

**Área: Jogos Digitais**

**Americana, SP  
2010**

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Me. Carlos H. R. Sarro (Orientador)**

**Prof. Me. Cleberson Eugenio Forte**

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Mariana Godoy Vazquez Miano**

## **AGRADECIMENTOS**

A minha esposa Priscila Fernanda Caetano Piardi que sempre me incentivou. Meu Orientador pelo apoio e a aceitação do tema. Meu irmão, meus pais e amigos que acompanharam minha caminhada.

## RESUMO

Atualmente crianças e jovens estão acostumados com o uso de tecnologias no dia-a-dia, como por exemplo, celulares e computadores. Eles recebem muita informação ao mesmo tempo. Neste sentido, as escolas e os professores necessitam utilizar novos recursos para manter a atenção dos alunos e facilitar seu aprendizado. Os professores devem estar preparados para ajudá-los a selecionar e pensar sobre a informação recebida.

Uma tecnologia relativamente recente e promissora no contexto educacional é a Realidade Aumentada, pois tem uma interface intuitiva que facilita a interação e retenção do conteúdo aprendido. Com a Realidade Aumentada, jogos ou aplicativos educacionais podem enriquecer as metodologias de ensino, ajudando também pessoas com deficiência visual ou auditiva.

O presente trabalho apresenta alguns benefícios do uso de jogos na educação, bem como a definição, os tipos e as ferramentas utilizadas no desenvolvimento de jogos e aplicativos com realidade aumentada. Também são apresentados exemplos de softwares existentes com realidade aumentada, que são úteis na educação de crianças, jovens, adultos e portadores de necessidades especiais.

**Palavras Chave:** realidade aumentada, jogos educacionais, softwares educacionais.

## ABSTRACT

Currently children and young people are accustomed to the use of technology in day-to-day, such as phones and computers. They receive much information at once. In this sense, schools and teachers need to use new features to keep students' attention and facilitate their learning. Teachers must be prepared to help them to select and think about the information received.

A relatively new and promising technology in the educational context is the Augmented Reality, it has an intuitive interface that facilitates interaction and retention of content learned. Games and educational applications with augmented reality can enrich the teaching methodologies, and helps people with visual or hearing impairment.

This paper presents some improvement about using games in education, as well as the definition, types and tools used to develop games and applications with augmented reality. Also, this paper presents examples of existing software with augmented reality, useful in the education of children, young, adults and people with special needs.

**Keywords:** augmented reality, educational games, educational software.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Caracterização do problema.....	10
1.2. Objetivo e contribuições do trabalho.....	10
1.3. Organização do Trabalho .....	10
2. OS BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE JOGOS NA EDUCAÇÃO. ....	11
2.1. Introdução.....	11
2.2. Multimídia .....	12
2.3. Jogos Educacionais.....	15
2.4. Projetos e pesquisas sobre jogos educacionais .....	17
3. REALIDADE AUMENTADA. ....	19
3.1. Introdução.....	19
3.2. Tipos de sistemas de Realidade Aumentada conforme o tipo display .....	21
3.2.1 Sistema de visão ótica direta .....	21
3.2.2 Sistema de visão direta por vídeo.....	23
3.2.3 Sistema de visão indireta ou por vídeo baseado em monitor .....	23
3.2.4 Sistema de visão ótica por projeção .....	24
3.3. Ferramentas para desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada.....	25
3.3.1 ARToolKit.....	25
3.3.2 ARToolKit Plus.....	27
3.3.3 ARTag.....	28
3.3.4 DART .....	28
3.3.5 osgART .....	29
4. JOGOS EDUCACIONAIS COM REALIDADE AUMENTADA. ....	30
4.1. Quebra-cabeça 3D .....	30
4.2. Jogo de Palavras .....	31
4.3. GenVirtual: um Jogo Musical, em Realidade Aumentada, para auxílio à Reabilitação Física e Cognitiva de Indivíduos com Necessidades Especiais .....	32
4.4. LIRA – Livro Interativo com Realidade Aumentada .....	34
4.5. Ensino Geometria Espacial Euclidiana com Realidade Aumentada .....	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1</i> – Estímulos recebidos por uma pessoa em função dos sentidos (UFPE, 2004).....	12
<i>Tabela 2</i> – Capacidade de retenção da informação em função das formas de apresentação (UFPE, 2004).....	13
<i>Tabela 3</i> – Dados retidos após três horas (UFPE, 2004).....	14
<i>Tabela 4</i> – Dados retidos após três dias (UFPE, 2004). ....	14

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama de realidade/virtualidade contínua (MILGRAM, 1994).</i>	19
<i>Figura 2. Aplicações de realidade aumentada (KIRNER; ZORZAL, 2005)</i>	20
<i>Figura 3. Aplicação de RA permitindo a manipulação dos objetos virtuais</i>	21
<i>Figura 4. Diagrama do sistema de visão ótica direta (AZUMA, 1997).</i>	22
<i>Figura 5. Dispositivos de visão ótica direta (AZUMA, 2001 ) (OSHIMA, 1998).</i>	22
<i>Figura 6. Diagrama e dispositivo do sistema de visão direta por vídeo (AZUMA, 1997) (PRINCE, 2002).</i>	23
<i>Figura 7. Diagrama e dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor (AZUMA, 1997).</i>	24
<i>Figura 8. Sistema de visão ótica por projeção (LUZ, 2009).</i>	25
<i>Figura 9. Marcador com objeto virtual posicionado (SANTIN, 2004).</i>	26
<i>Figura 10. Funcionamento da realidade aumentada com ARToolKit (KATO, 2000)</i>	27
<i>Figura 11. Ambiente do quebra-cabeça 3D. (ZORZAL, 2006)</i>	30
<i>Figura 12. Exemplo de placas e objetos virtuais correspondentes. (ZORZAL, 2006)</i>	31
<i>Figura 13. Peças e o ambiente do quebra-cabeça com palavras. (ZORZAL, 2006)</i>	32
<i>Figura 14. Interação com o GenVirtual. (CORRÊA, 2007)</i>	33
<i>Figura 15. Usuário interage com o LIRA (KIRNER, 2010).</i>	35
<i>Figura 16. Exemplo de manipulação de Marcadores Dinâmicos (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006)</i>	36
<i>Figura 17. Ambiente aumentado com sua respectiva legenda, mostrando uma pirâmide em diferentes modos de visualização (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006)</i>	36
<i>Figura 18. Exemplo de proposição de exercícios no ambiente</i>	37
<i>Figura 19. Representação da escala de um objeto</i>	37

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Caracterização do problema**

Crianças iniciam o aprendizado através de brincadeiras, passando posteriormente para a educação formal, a passagem do lúdico para o formal, muitas vezes ocorre de forma brusca com a alfabetização, provocando um choque na criança. Neste sentido é necessária a utilização de processos pedagógicos que facilitem a transição do lúdico para o formal.

Os estudantes da geração atual estão acostumados com o uso da tecnologia (videogames, e-mail, chat, telefones celulares) e a receber muita informação ao mesmo tempo. Por este motivo, o modelo de ensino onde apenas o professor fala e os alunos escutam, pode se tornar cansativo. As escolas e os professores precisam buscar novos recursos para se aproximar do aluno e facilitar o seu entendimento.

### **1.2. Objetivo e contribuições do trabalho**

O objetivo deste trabalho é apresentar os benefícios da utilização de jogos na educação. Explicar o que é realidade aumentada, suas características e ferramentas utilizadas no desenvolvimento de jogos. Apresentar especificamente como jogos com realidade aumentada podem contribuir para a retenção de conteúdos aprendidos.

### **1.3. Organização do Trabalho**

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2 - Os benefícios da utilização de jogos na educação.
- Capítulo 3 - Realidade Aumentada – definições, tipos e ferramentas.
- Capítulo 4 - Apresentação de alguns jogos educacionais com Realidade Aumentada.
- Capítulo 5 - Considerações Finais.

## **2. OS BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE JOGOS NA EDUCAÇÃO.**

### **2.1. Introdução**

Diversos autores, entre eles GUERRA (2000) e DIAS (2006) discutem a eficácia do modelo tradicional de ensino aplicado aos jovens da atualidade, da chamada era digital. O modelo tradicional trata o conhecimento como um conteúdo, coisas, fatos e informações que o professor deve transmitir aos alunos. Na educação moderna, que abrange o modelo cognitivo, o educador deve auxiliar o aluno a descobrir e aprender. O modelo cognitivo envolve a aprendizagem, a linguagem, o raciocínio, a memória, a percepção e o pensamento.

DUARTE (2010), alerta para a necessidade de reformulação que deve ocorrer nas instituições de ensino, para se adaptar ao modelo de aluno dessa geração. Esses alunos estão acostumados a receber muita informação ao mesmo tempo, com o risco deles se perderem em tanta informação ou não refletirem adequadamente sobre a informação recebida. O papel do professor neste novo cenário é ajudar os alunos na seleção e reflexão do conteúdo.

Os educadores e instituições de ensino precisam buscar novas metodologias, tecnologias que criem mais oportunidades para que o aluno participe de forma mais ativa do seu processo de ensino-aprendizagem, sabendo como e onde procurar, filtrar a informação recebida para construir seu próprio conhecimento.

Neste cenário, o computador é uma ferramenta poderosa, que pode ter as suas potencialidades utilizadas com propósitos educacionais, proporcionando ao professor a possibilidade de enriquecer sua prática pedagógica com recursos multimídia, tais como jogos educacionais, vídeos, animações, gráficos e outros materiais que possibilitem ao aluno aprender de forma divertida e motivadora.

Para (TAROUCO et al, 2004) os jogos educacionais podem ser um elemento catalisador, capaz de contribuir no processo de resgate do interesse do aprendiz, na tentativa de melhorar sua vinculação afetiva com as situações de aprendizagem. A vinculação afetiva exerce um papel fundamental, pois, cansado de muitas vezes tentar e não alcançar resultados satisfatórios no chamado "tempo" da escola, o aluno experimenta sentimentos de insatisfação constantes os quais funcionam como bloqueadores nos avanços qualitativos de aprendizagem.

## 2.2. Multimídia

Uma pesquisa feita pelo Grupo de Pesquisa de Realidade Virtual e Multimídia da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE, 2004), e citada por FORTE(2009), apresenta a importância do uso de recursos multimídia na capacidade de captação e retenção de informações segundo os estímulos recebidos pelo ser humano. O estudo considera uma pessoa desprovida de necessidades especiais, pois para este público, a distribuição dos resultados seria diferente, considerando-se cada uma das necessidades distintas.

Na tabela 1, abaixo reproduzida, os autores apresentam a distribuição dos estímulos que um ser humano recebe em condições normais durante a interação com o ambiente em que se insere.

**Tabela 1 – Estímulos recebidos por uma pessoa em função dos sentidos (UFPE, 2004).**

Sentido	Porcentagem
Gosto	1 %
Tato	1,5%
Olfato	3,5%
Audição	11%
Visão	83%

De acordo com os dados apresentados na tabela 1, podemos notar o quanto somos suscetíveis aos estímulos recebidos através da visão e audição. Esses dados mostram a importância do uso destes recursos ao trabalhar com o desenvolvimento

de aplicações/métodos que tenham por objetivo a transmissão de informações para a criação do conhecimento.

Na tabela 2, é evidenciada a relação entre a forma de apresentação de determinado conteúdo e a capacidade de retenção do mesmo.

**Tabela 2 – Capacidade de retenção da informação em função das formas de apresentação (UFPE, 2004)**

Forma de apresentação	Capacidade de retenção
Leitura	10%
Narração	20%
Vídeo sem som	30%
Vídeo com som	50%
Debate	70%
Debate e prática	90%

Segundo FORTE(2009), uma das maneiras mais recorrentes de se confirmar a eficácia de determinado método é a aferição da capacidade de retenção do conteúdo apresentado em função do tempo. Neste sentido, através das tabelas 3 e 4, podemos verificar a eficácia dos meios audiovisuais multimídia quando comparada às técnicas que empregam apenas uma mídia para a transmissão da informação.

**Tabela 3 – Dados retidos após três horas (UFPE, 2004).**

Forma de apresentação	Capacidade de retenção
Somente oral	70%
Somente visual	72%
Oral e Visual	85%

**Tabela 4 – Dados retidos após três dias (UFPE, 2004).**

Forma de apresentação	Capacidade de retenção
Somente oral	10%
Somente visual	22%
Oral e visual	65%

Dados como estes ilustram a positividade do emprego da multimídia como recurso tecnológico empregado na educação, fato já apontado há algum tempo por diferentes autores.

GUERRA (2000), afirma que a multimídia é um recurso que parece ter uma vocação natural para a educação. Segundo o autor, sua utilização no ambiente escolar vem transformando as formas de aquisição do conhecimento. Uma interface multimídia bem projetada pode enriquecer o ambiente de aprendizagem e permitir que o aluno participe da construção do seu conhecimento.

Os jogos educacionais são ferramentas que aumentam a capacidade de retenção do que foi ensinado, eles divertem enquanto motivam, facilitando o aprendizado. Estão entre as aplicações multimídia mais utilizadas no ambiente escolar, podendo exercitar as funções mentais e intelectuais do jogador (TAROUCO ET AL, 2004).

### 2.3. Jogos Educacionais

A utilização de jogos educativos interativos surgiu como uma alternativa capaz de trazer um ganho significativo de qualidade ao processo de ensino apoiado pela Internet. Os jogos oferecem a oportunidade de ampliar o potencial do uso de imagens, animações e interatividade, além de resgatar o aspecto lúdico e prazeroso da aprendizagem. Os jogos são vivências, portanto, viabilização do ciclo de aprendizado: ação, reflexão, teorização, planejamento e prática (HAGUENAUER et al, 2007).

Os jogos podem se tornar ferramentas instrucionais eficientes, pois eles divertem e motivam, facilitando assim o aprendizado, pois aumenta a capacidade de retenção do que foi ensinado. Além disto, o jogo ativa e desenvolve as estruturas cognitivas do cérebro, facilitando o desenvolvimento de novas habilidades como observar e identificar, comparar e classificar, conceituar, relacionar e inferir, além de desenvolver a criatividade, perseverança e sociabilidade.

Para (HAGUENAUER et al, 2007), o jogo como mero elemento de diversão e recreação, mesmo dentro do contexto educacional, tem seu valor. No entanto, a fim de alcançar uma efetiva melhoria do processo de ensino, o jogo deve ser utilizado a partir de um planejamento criterioso. Neste sentido o uso de jogos pedagógicos deve seguir um rigoroso e cuidadoso planejamento, marcado por etapas muito nítidas e que efetivamente acompanhem o progresso dos alunos.

O prazer e o aspecto lúdico devem estar presentes no processo educativo, mesmo quando lidamos com adultos. O jogo ajuda a preparar o indivíduo para o trabalho, e a inseri-lo no grupo social, pois, ele deve cumprir uma função e ter um lugar na equipe. No jogo, o indivíduo entra em contato com outros, se habitua a considerar outros pontos de vista. Portanto, pode-se afirmar que uma das funções mais importantes do jogo é educar o indivíduo para a convivência social. Além disto, os jogos podem auxiliar o desenvolvimento de capacidades, atitudes e habilidades, como a aceitação de hierarquias, o trabalho em equipe, a aceitação de normas, a resolução de problemas e a observação de novos procedimentos (HAGUENAUER et al, 2007).

Conforme SILVEIRA (1998), os jogos podem ser empregados em uma variedade de propósitos dentro do contexto de aprendizado. Eles podem despertar

no aluno: motivação, estímulo, curiosidade, interesse em aprender. O aluno constrói seu conhecimento de maneira lúdica e prazerosa.

“O jogo estimula a curiosidade, traz novidade e provoca surpresa. Com relação ao desafio, dizemos que, se uma pessoa se envolve com alguma atividade muito difícil, onde sua habilidade é pequena, ela fica ansiosa. Por outro lado, uma situação em que se coloca uma tarefa muito simplificada, em que a dificuldade é muito menor do que a habilidade do indivíduo acaba levando ao tédio. A situação ideal é aquela em que a dificuldade apresentada se iguala à habilidade do jogador, levando-o a um movimento de fluxo constante. O sujeito fica horas jogando porque o desafio é contínuo. Cada vez que o jogador acerta uma resposta, é desafiado com outra de um grau de dificuldade um pouco maior, sendo, desta forma, constantemente desafiado “(HAGUENAUER et al, 2007).

Há diferentes tipos de jogos, que pode ser classificados de acordo com seu gênero, tais como: ação, aventura, estratégia, role-playing games (RPGs), esporte, simulação, lógico (jogos de tabuleiro e quebra-cabeças). Alguns destes tipos podem ser utilizados com propósitos educacionais, conforme (TAROUCO et al, 2004):

**Ação** – os jogos de ação podem auxiliar no desenvolvimento psicomotor da criança, desenvolvendo reflexos, coordenação olho-mão e auxiliando no processo de pensamento rápido frente a uma situação inesperada. Na perspectiva instrucional, o ideal é que o jogo alterne momentos de atividade cognitiva mais intensa com períodos de utilização de habilidades motoras.

**Aventura** – os jogos de aventura se caracterizam pelo controle, por parte do usuário, do ambiente a ser descoberto. Quando bem modelado pedagogicamente, pode auxiliar na simulação de atividades impossíveis de serem vivenciadas em sala de aula, tais como um desastre ecológico ou um experimento químico.

**Lógico** – os jogos lógicos, por definição, desafiam muito mais a mente do que os reflexos. Contudo, muitos jogos lógicos são temporalizados, oferecendo um limite de tempo dentro do qual o usuário deve finalizar a tarefa. Aqui podem ser incluídos clássicos como xadrez e damas, bem como simples caça-palavras, palavras-cruzadas e jogos que exigem resoluções matemáticas.

**Role-playing game (RPG)** – Um RPG é um jogo em que o usuário controla um personagem em um ambiente. Nesse ambiente, seu personagem encontra outros personagens e com eles interage. Dependendo das ações e escolhas do usuário, os atributos dos personagens podem ir se alterando, construindo

dinamicamente uma história. Esse tipo de jogo é complexo e difícil de desenvolver. Porém, se fosse desenvolvido e aplicado à instrução, poderia oferecer um ambiente cativante e motivador.

**Estratégicos** – os jogos estratégicos se focam na sabedoria e habilidades de negócios do usuário, principalmente no que tange à construção ou administração de algo. Esse tipo de jogo pode proporcionar uma simulação em que o usuário aplica conhecimentos adquiridos em sala de aula, percebendo uma forma prática de aplicá-los.

#### **2.4. Projetos e pesquisas sobre jogos educacionais**

Projetos e estudos sobre o uso de jogos de aprendizagem, conduzidos por pesquisadores de instituições respeitadas como Harvard, MIT (Massachusetts Institute of Technology), Georgia Tech, Universidade de Wisconsin-Madison, Carnegie Mellon, Oxford, Universidade de Copenhagen e outras, e também de numerosas companhias privadas e laboratórios de pesquisa, estão dando legitimidade ao uso de jogos na educação (WANG, 2005).

O projeto “Education Arcade”, um dos pioneiros no estudo de jogos na educação, é uma junção entre o projeto Games-to-Teach da Microsoft e o Departamento de Estudos de Mídia Comparativa do MIT, que trabalham com escolas de Boston para avaliar a efetividade do uso dos games no aprendizado (Games-to-Teach Project “Education Arcade”, 2010).

O projeto Games-to-Teach é uma parceria entre o MIT e a Microsoft para desenvolver protótipos conceituais para a próxima geração de ferramentas de entretenimento educacional interativo. Abordam estruturas de jogos para matemática, ciências, humanidades e ciências sociais.

O projeto SICARA (Sistema Complexo Aprendente) é um projeto de pesquisa do uso de Realidade Aumentada para Educação, coordenado pelo prof. Dr. Cláudio Kirner (KIRNER, 2010). O projeto apresenta o desenvolvimento de vários cenários de aprendizagem integrando o lúdico com o formal, um exemplo apresentado neste trabalho está relacionado ao projeto LIRA, no capítulo 4.5.

WANG (2005) expõe resultados de um estudo feito em 2002, no Centro Geórgia Tech, com duas classes de estudantes usando um software com um ambiente gráfico desenhado para apoiar a livre exploração de conceitos matemáticas em 3 dimensões, o qual apresentou resultados desapontadores. Entre os fatores de insucesso estava o conflito com o tradicional e inflexível horário das aulas. O grupo de estudo teve dificuldades para reservar os computadores dos laboratórios para as sucessivas sessões de treinamento necessárias para o estudo. Eles também apontaram que as expectativas dos estudantes excederam o que o software não-comercial oferecia, um problema da questão da qualidade dos recursos de software, ampliado em função dos softwares que os estudantes possuíam em casa.

Segundo WANG (2005), três pilares são fundamentais para o sucesso na utilização dos jogos nas escolas: educadores preparados, estrutura escolar e planejamento adequado, e boa variedade e qualidade de jogos à disposição que possibilitem escolhas adequadas. Sem esses pilares, a experiência educacional com o uso de jogos pode gerar resultados frustrantes.

Outras utilizações benéficas dos jogos eletrônicos, porém não é o foco desta pesquisa, está relacionado a pesquisas que apontam que jogos eletrônicos também podem ajudar na educação de crianças com problemas cognitivos. Estudos recentes sugerem que vídeo games que propiciam estímulos visuais e rítmicos, tais como o jogo Dance Dance Revolution, disponível para Sony PlayStation II e Microsoft Xbox, podem melhorar a leitura, a concentração e a memória em crianças portadoras do Transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). Esses estudos foram apresentados na conferência Digital Games Research (Canadá) por Tammy McGraw, especialista em educação do Appalachian Education Laboratory (WANG, 2005).

### 3. REALIDADE AUMENTADA.

#### 3.1. Introdução

Para KIRNER e KIRNER (2007), Realidade Aumentada é a inserção de objetos virtuais no ambiente real e apresentada ao usuário em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico. No entanto, essa definição faz parte de um contexto mais amplo denominado Realidade Misturada.

A Realidade Misturada pode receber duas denominações: Realidade Aumentada quando o ambiente principal ou predominante é o mundo real e, Virtualidade Aumentada quando o ambiente principal ou predominante é o mundo virtual (KIRNER; TORI, 2004) (MILGRAM, 1994).



**Figura 1. Diagrama de realidade/virtualidade contínua (MILGRAM, 1994).**

Para obter a correta sobreposição de objetos virtuais no ambiente real, a Realidade Aumentada utiliza a combinação de técnicas de visão computacional, computação gráfica e Realidade Virtual. (AZUMA, 1993).

Uma forma simplificada de explicar a técnica é o uso de um microcomputador com uma webcam, executando um software que, através de técnicas de visão computacional e processamento de imagens, mistura a cena do ambiente real, capturada pela webcam, com objetos virtuais gerados por computador após reconhecer os marcadores da cena. O software reconhece os marcadores existentes

e cuida do posicionamento, oclusão e interação dos objetos virtuais, dando a impressão ao usuário que o cenário é único.

Segundo AZUMA (1997), para que um sistema possa ser denominado como um sistema de Realidade Aumentada, ele deve apresentar as seguintes características:

- Combinar o ambiente real e virtual;
- Possibilitar interatividade em tempo real;
- Apresentar registro espacial 3D.

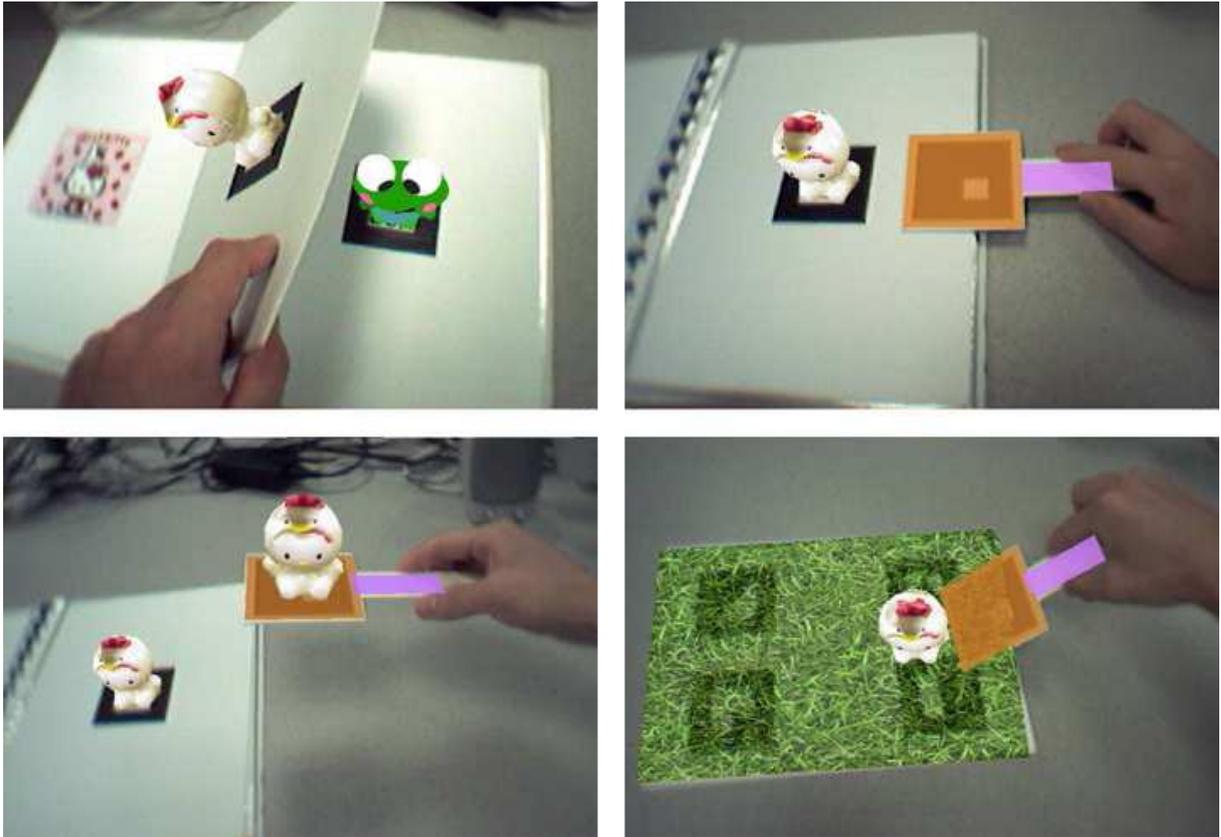
A Figura 2 mostra uma aplicação de realidade aumentada, onde pode ser visualizada a sobreposição de objetos virtuais no ambiente real.



**Figura 2. Aplicações de realidade aumentada (KIRNER; ZORZAL, 2005)**

A Realidade Aumentada também permite a interação do usuário com os objetos virtuais utilizando as mãos, eliminando o uso de dispositivos tecnológicos complexos, como por exemplo, capacetes e luvas especiais, tornando a interação com este ambiente mais atrativa e motivadora. (BILLINGHURST, 2001) (SANTIN, 2001) (KIRNER; TORI, 2004).

A Figura 3 mostra uma aplicação de realidade aumentada em que o usuário está manipulando os objetos virtuais.



**Figura 3. Aplicação de RA permitindo a manipulação dos objetos virtuais (ZHOU, 2004) (KIRNER; ZORZAL, 2005).**

As principais diferenças encontradas nos dispositivos tecnológicos utilizados na Realidade Aumentada estão situadas nos displays e rastreadores.

### **3.2. Tipos de sistemas de Realidade Aumentada conforme o tipo display**

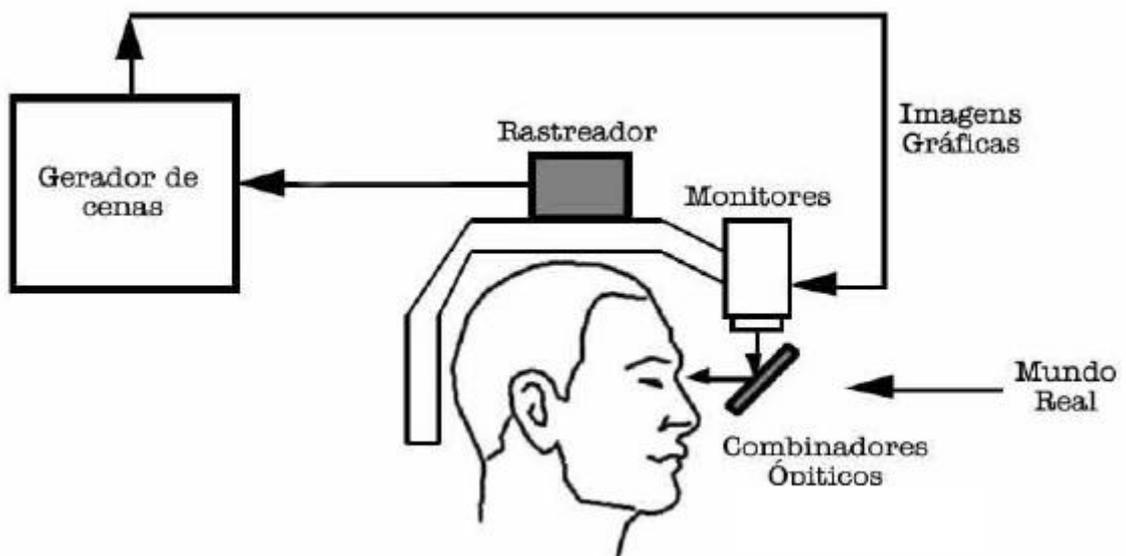
Segundo (AZUMA, 2001), os sistemas de realidade aumentada podem ser classificados conforme o tipo de display utilizado, dando origem a quatro tipos de sistemas, apresentados nas próximas seções.

#### **3.2.1 Sistema de visão ótica direta**

KIRNER e ZORZAL (2005), explicam que o sistema de visão ótica direta utiliza óculos ou capacetes, com lentes que permitam o recebimento direto da imagem real, ao mesmo tempo em que permitam a projeção de imagens virtuais devidamente ajustadas com a cena real. Uma maneira comum de se conseguir essa

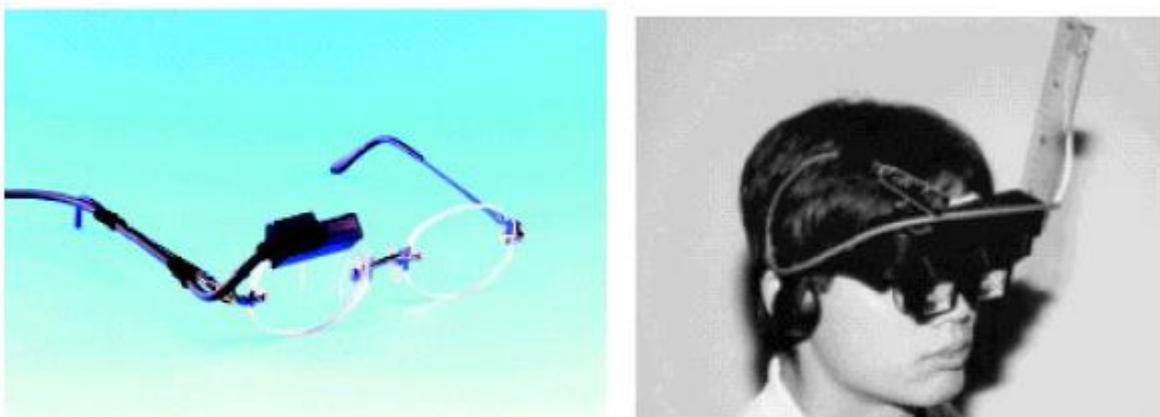
característica é usar uma lente inclinada que permita a visão direta e que reflita a projeção de imagens geradas por computador diretamente nos olhos do usuário. O autor considera esses sistemas de visão apropriados para situações onde a perda da imagem pode ser perigosa, como é o caso de uma pessoa andando pela rua, dirigindo um carro ou avião.

A Figura 4 apresenta o diagrama desse tipo de sistema.



**Figura 4. Diagrama do sistema de visão óptica direta (AZUMA, 1997).**

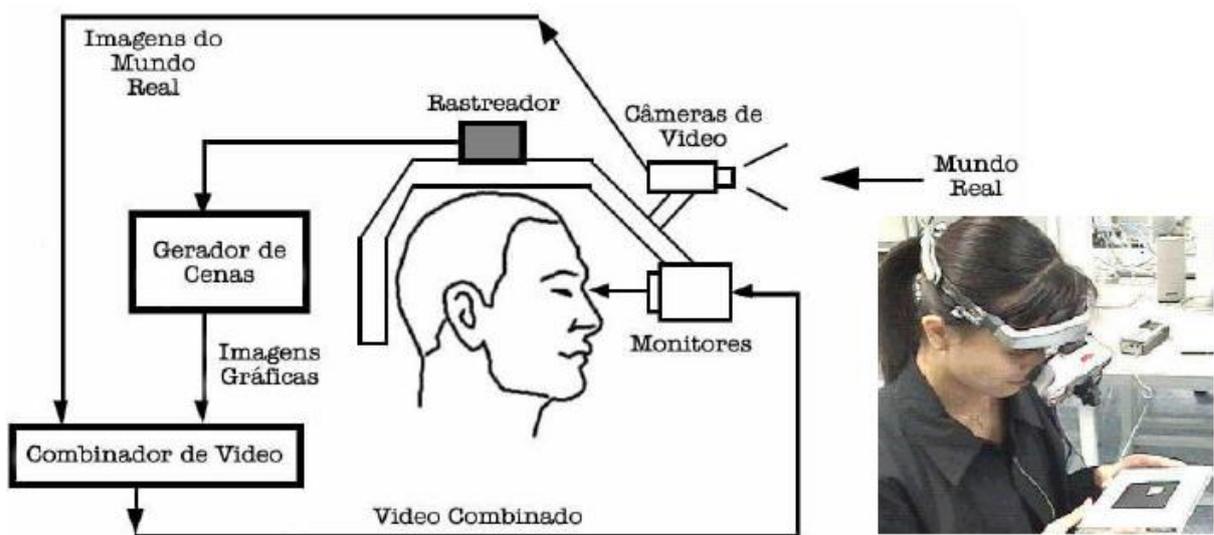
A Figura 5 apresenta alguns dispositivos utilizados nesses sistemas.



**Figura 5. Dispositivos de visão óptica direta (AZUMA, 2001 ) (OSHIMA, 1998).**

### 3.2.2 Sistema de visão direta por vídeo

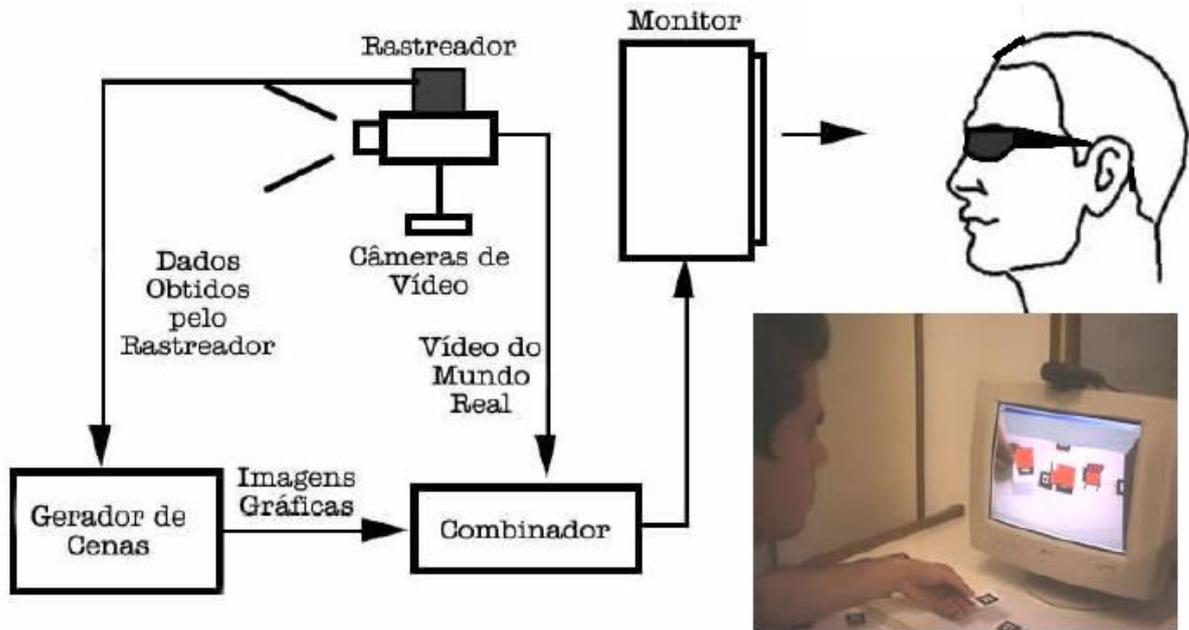
“O sistema de visão direta por vídeo utiliza capacetes com microcâmeras de vídeo acopladas. A cena real, capturada pela microcâmera, é misturada com os elementos virtuais gerados por computador e apresentadas diretamente nos olhos do usuário, através de pequenos monitores montados no capacete. A Figura 6 mostra o diagrama e apresenta alguns dispositivos de visão direta por vídeo.” (KIRNER; ZORZAL, 2005)



**Figura 6. Diagrama e dispositivo do sistema de visão direta por vídeo (AZUMA, 1997) (PRINCE, 2002).**

### 3.2.3 Sistema de visão indireta ou por vídeo baseado em monitor

O sistema de visão indireta, ou por vídeo baseado em monitor, como também são conhecidos, utiliza uma webcam para capturar a cena real. Depois que a cena real é capturada, ela é misturada com os objetos virtuais gerados por computador e exibida no monitor. Por não utilizar dispositivos especiais de visualização, neste sistema, o usuário precisa olhar para a tela, onde o objeto está sendo mostrado, para que possa observá-lo. A Figura 7 mostra o diagrama e os equipamentos utilizados neste sistema.



**Figura 7. Diagrama e dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor (AZUMA, 1997).**

O sistema com visão por vídeo é bastante comum em aplicações com Realidade Aumentada, pois, por não utilizar dispositivos especiais, é mais barato e fácil de ser ajustado.

### 3.2.4 Sistema de visão ótica por projeção

O sistema de visão ótica por projeção utiliza superfícies do ambiente real, onde são projetadas imagens dos objetos virtuais. Neste sistema o usuário não precisa de nenhum equipamento auxiliar para visualizar o resultado, entretanto, esse sistema de visão é muito restrito às condições do espaço real, em função da necessidade de superfícies de projeção. (KIRNER; ZORZAL, 2005)



**Figura 8. Sistema de visão ótica por projeção (LUZ, 2009).**

### **3.3. Ferramentas para desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada**

Existem diversas ferramentas para o desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada. Abaixo será apresentado o funcionamento do software ARToolKit e posteriormente alguns detalhes de outras ferramentas.

#### **3.3.1 ARToolKit**

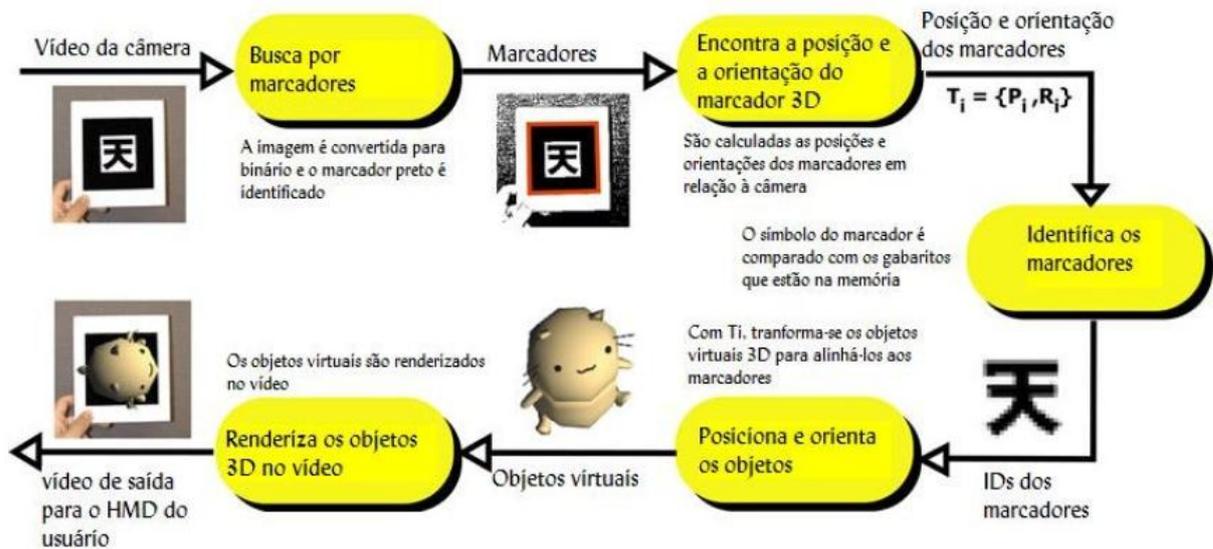
O ARToolKit (ARTOOLKIT, 2010) é uma biblioteca criada por (KATO, 2000), para desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada. Ela é bastante popular entre os pesquisadores da área e amplamente utilizado por ser um software livre, para fins não comerciais. O ARToolKit utiliza a imagem capturada pela câmera para gerar objetos virtuais e misturar com a cena real.

Para ajustar a posição dos objetos virtuais na cena, ela utiliza marcadores, que são imagens/placas com molduras quadradas, circundando símbolos escolhidos pelo usuário, conforme a Figura 9.



**Figura 9. Marcador com objeto virtual posicionado (SANTIN, 2004).**

A moldura do marcador serve para o cálculo de sua posição, em função da imagem em perspectiva do quadrado, previamente cadastrado, enquanto que o símbolo interno funciona como identificador do objeto virtual com ele associado em uma etapa anterior do sistema. Assim, ao colocar a imagem/placa com o marcador no campo de visão da câmera, o software identificará sua posição e seu objeto virtual, gerando e posicionando o objeto virtual sobre a imagem/placa. Ao movimentar-se a placa, o objeto virtual é movimentado junto como se estivesse preso a ela. (KIRNER; ZORZAL, 2005)



**Figura 10. Funcionamento da realidade aumentada com ARToolKit (KATO, 2000)**

Existem várias versões do ARToolKit para desenvolvimento de aplicações em diferentes linguagens de programação, como por exemplo: Java (JARToolKit), C++, Flash com ActionScript (FLARToolKit), versão com suporte a VRML entre outras. Algumas variações são apresentadas nas próximas seções.

### 3.3.2 ARToolKit Plus

O ARToolKitPlus é uma biblioteca baseada na ARToolKit desenvolvida pela Graz University Technology e fez parte do projeto Studierstube. Apresenta algumas otimizações, como, por exemplo, possibilidade de se utilizar computações de ponto fixo ao invés de ponto flutuante, com o intuito de ganhar desempenho e gerar aplicações eficientes para dispositivos móveis, tais como PDAs e smartphones.

Os marcadores utilizados são semelhantes aos do ARToolKit, com a diferença que o desenho no interior do quadrado de bordas pretas consiste em uma codificação do identificador do marcador. Essa codificação possibilita que o usuário utilize até 512 diferentes marcadores, diminuindo a ocorrência da confusão entre marcadores diferentes.

Outra característica importante do ARToolKitPlus é a utilização da técnica de limiar adaptativo, a qual, permite o ajuste automático do sistema de detecção dos

marcadores conforme as alterações sofridas pela luz do ambiente, capturado pela câmera. (ZORZAL, 2010)

### **3.3.3 ARTag**

O ARTag é outra biblioteca baseada no ARToolKit, desenvolvida pelo National Research Council of Canada. Seu objetivo foi resolver alguns problemas encontrados no ARToolKit, principalmente no processo de detecção de marcadores, tais como o problema do falso positivo: quando o sistema acusa a presença de um marcador, mas ele não existe; o problema do falso negativo: quando o sistema não acusa a presença de um marcador, mas ele existe; e o problema de confusão: quando o marcador no ambiente é um e o sistema o identifica como sendo outro.

ARToolKit e o ARTag utilizam padrões para identificação dos marcadores, porém o ARTag compara códigos digitais compostos de 0's e 1's, ao invés de imagens como o ARToolKit, diminuindo o processamento requerido para sua identificação. Outra característica do ARTag é que ele detecta a presença de oclusão e controle de luz, que são pontos falhos do ARToolKit. (ZORZAL, 2010)

### **3.3.4 DART**

O DART (Designer's Augmented Reality ToolKit) é uma poderosa ferramenta de autoria para construção rápida de aplicativos em Realidade Aumentada, desenvolvido pelo GVU Center no Georgia Institute of Technology como um conjunto de extensões do ambiente de programação multimídia Macromedia Director (atualmente Adobe Director). Ela é composta por extensões do Director escritas na linguagem LINGO e plugins escritos na linguagem C++, além de usar a biblioteca ARToolKit como suporte para a captura de vídeo, rastreamento e reconhecimento de marcadores.

Esta ferramenta é voltada para aplicações onde a mídia gerada por computador é diretamente integrada à percepção dos participantes. Ela suporta o sistema operacional Windows e MacOSX. Apesar de estar disponível para uso livremente, ele exige o Adobe Director, que é um software comercial. (ZORZAL, 2010)

### 3.3.5 osgART

A biblioteca osgART facilita o desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada, por meio da combinação das funcionalidades de rastreamento de marcadores do ARToolKit com as funções para construção de modelos virtuais da biblioteca OpenSceneGraph. Ela apresenta alta qualidade na renderização dos objetos virtuais e permite a importação e exportação de arquivos gerados pelo 3D Studio Max e Maya.

Segundo (ZORZAL, 2010), as características que mais se destacam são:

- a facilidade de integração com vídeos.
- suporte a várias entradas de vídeo.
- suporte a técnicas de renderização de sombras.
- suporte a múltiplos marcadores.
- se constitui pelo paradigma orientado a objeto e possui suporte a várias linguagens de programação.

A osgART possui 2 versões: Standard que pode ser usada livremente para fins não comerciais e a versão Professional voltada para empresas que utilizaram a biblioteca para fins comerciais.

## 4. JOGOS EDUCACIONAIS COM REALIDADE AUMENTADA.

Nesta parte do trabalho serão apresentados jogos educacionais existentes com uso de realidade aumentada.

### 4.1. Quebra-cabeça 3D

Um quebra-cabeça clássico tem como objetivo montar todas as peças de forma que a figura tema do brinquedo fique visível na sua forma completa. Entretanto, essa figura é sempre plana e bidimensional, devido à natureza do brinquedo.

No quebra-cabeça 3D apresentado por ZORZAL (2006), o objetivo é montar um modelo qualquer com algumas peças que se encaixam. Estas peças são associadas a marcadores montados em cubos de madeira com seis faces. A princípio foram criadas apenas cinco peças, que encaixadas corretamente montam o quebra-cabeça, o que pode fazer parecer demasiadamente fácil a montagem do modelo. Porém, em cada um dos cinco cubos foi cadastrada a mesma peça nas seis faces, variando sua posição, orientação e escala, tornando assim a solução do enigma bem mais complexa e desafiadora, possibilitando inclusive mais de uma solução possível, pois se as mudanças nas peças forem similares em todos os cubos, seis soluções diferentes são possíveis, variando ao final a posição, orientação ou escala do modelo montado. (ZORZAL, 2006).

Esta variação do quebra-cabeça pode ser utilizada tanto para entretenimento quanto para outros fins, como desenvolvimento de raciocínio espacial e treinamento.

A Figura 11 mostra o ambiente desta modalidade de quebra-cabeça.



**Figura 11. Ambiente do quebra-cabeça 3D. (ZORZAL, 2006)**

## 4.2. Jogo de Palavras

A proposta do jogo de palavras é fazer a junção de letras para formar palavras. Quando uma palavra formada estiver cadastrada nas combinações do jogo, um objeto virtual referente a palavra será apresentada ao usuário, usando realidade aumentada.

O software ARtoolKit utiliza marcadores de referência com formas retangulares ou quadradas. Essas marcas não precisam ser necessariamente uma peça inteira, podendo ser compostas por vários fragmentos, desde que ao final o marcador formado esteja satisfatoriamente alinhado e possibilite o reconhecimento do padrão quadrado ou retangular. Baseando-se nisso, foram desenvolvidos marcadores com letras em seus interiores, e cadastradas combinações de palavras, formando assim marcadores compostos. (ZORZAL, 2006)

A Figura 12 apresenta alguns modelos de placas cadastradas junto aos seus respectivos objetos virtuais, usando palavras em inglês.



**Figura 12. Exemplo de placas e objetos virtuais correspondentes. (ZORZAL, 2006)**

Essas características fazem desse jogo, além de um ótimo entretenimento, uma fonte de aplicações práticas como alfabetização, aprendizado de idiomas, entre outras. (ZORZAL, 2006)

A Figura 13 mostra algumas peças utilizadas e o cenário do jogo.



**Figura 13. Peças e o ambiente do quebra-cabeça com palavras. (ZORZAL, 2006)**

O posicionamento no espaço dos objetos virtuais resultantes das montagens das palavras permite que sejam montados cenários virtuais ajustados pelo usuário, de forma que o jogo possa ser considerado um sistema de autoria baseado em palavras. Uma maneira de camuflar os marcadores, mostrando só os objetos, é colocando uma placa que gere uma base virtual um pouco acima da mesa, escondendo todas as palavras no monitor, mas mantendo-as visíveis na mesa para o usuário. (ZORZAL, 2006)

#### **4.3. GenVirtual: um Jogo Musical, em Realidade Aumentada, para auxílio à Reabilitação Física e Cognitiva de Indivíduos com Necessidades Especiais**

O GenVirtual é um jogo musical que possibilita seguir uma seqüência de cores e sons emitidos a partir dos objetos virtuais projetados no mundo real.

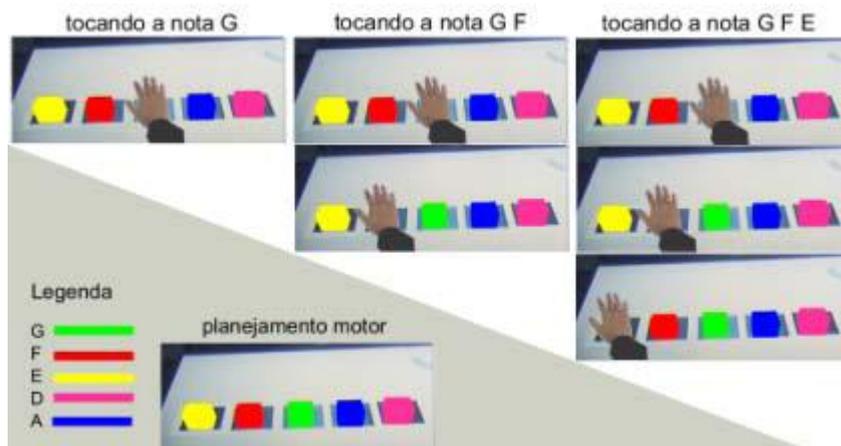
Inicialmente é necessário definir o processo de geração da seqüência musical do jogo. Uma seqüência musical é composta por notas musicais (por ex.: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si), que ao serem arranjadas seqüencialmente, formam uma determinada melodia. Esta seqüência pode ser gerada aleatoriamente ou ser criada por meio de uma melodia conhecida pelo usuário.

Cada nota musical foi relacionada a um marcador específico, podendo ser utilizado até 12 marcadores simultaneamente (doze notas musicais, de Sol até Fa#). A associação de um determinado marcador a uma nota musical também facilita o planejamento motor feito pelo musicoterapeuta.

As melodias podem ser criadas manualmente ou importar arquivos MIDI na biblioteca de melodias disponíveis no jogo. A segunda forma possibilita que os terapeutas utilizem o jogo com músicas utilizadas em seu dia-a-dia.

“Após gerar a seqüência musical, é necessário iniciar a Captura de Vídeo para execução do ARToolKit e conseqüentemente, a criação dos objetos virtuais para interação. O terapeuta pode criar vários layouts diferenciados e adequá-los a cada tipo de paciente (planejamento motor), dependendo de suas limitações motoras. Os cubos virtuais “acendem” de acordo com a seqüência musical a ser tocada, e simultaneamente, a nota musical referente àquele cubo virtual é executada. As notas musicais são emitidas uma por vez, e o sistema fica à espera da interação do usuário que deverá obstruir o marcador referente à nota musical emitida. A cada acerto, a seqüência ganha um novo item (nota musical), aumentando o desafio de memória e retenção de informação do jogo. “ (CORRÊA, 2007)

A Figura 14 mostra um exemplo de interação com o GenVirtual.



**Figura 14. Interação com o GenVirtual. (CORRÊA, 2007)**

Uma matéria do jornal Folha de São Paulo, do dia 6 de outubro de 2010 mostra o uso do software GenVirtual no tratamento de distrofia muscular na Abdim (Associação Brasileira de Distrofia Muscular). Segundo Adriana Nathalie Klein, coordenadora do setor de terapia ocupacional da Abdim, o uso do jogo aumentou a motivação dos pacientes e funciona de maneira complementar a outras terapias.

#### 4.4. LIRA – Livro Interativo com Realidade Aumentada

O projeto do LIRA - Livro Interativo com Realidade Aumentada, inspirado no MagicBook, propõe um livro que é enriquecido com objetos virtuais, tornando o processo de leitura e compreensão dos conteúdos mais dinâmicos, motivadores e facilitados.

O LIRA pode ser utilizado na educação de crianças de forma prazerosa. É um projeto que foi sendo atualizado, em uma de suas versões, foi adicionado a possibilidade de retorno sonoro, além da exibição dos objetos virtuais animados. Com isso, o LIRA poderá ser utilizado também na educação de alunos com necessidades especiais, como deficiência visual ou auditiva.

Segundo FERRAZ (2006), um dos autores relacionados a uma das versões do livro, o projeto vem com a proposta de ajudar no processo de veiculação da educação, tanto para usuários portadores de necessidades especiais, quanto para o leitor sem essas necessidades. Ele explica que o processo acontece por meio da reunião das informações difundida através de vários meios: o visual, com textos, imagens e animações; e o sonoro, com a narração e apresentação de ruídos característicos.

Para utilizar o LIRA, o usuário deve colocar o livro em frente a uma webcam, visualizando os objetos virtuais 3D animados e sonorizados sobre a imagem do livro que aparece no monitor. Quando o usuário manipular o livro, os objetos 3D vão juntos.

Há um potencial muito grande de aplicação do LIRA também para pessoas portadoras de necessidades especiais. Por exemplo, o deficiente auditivo pode usar o livro, explorando seus aspectos visuais, enquanto o deficiente visual pode usá-lo, explorando os sons associados, incluindo ruídos, músicas e voz (texto falado e locução) (KIRNER, 2010).



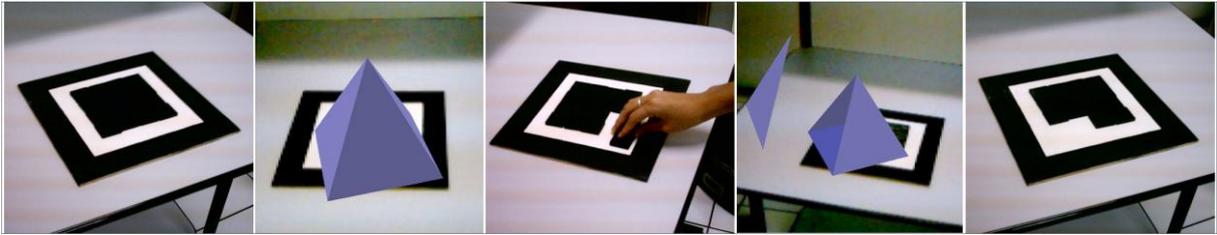
**Figura 15. Usuário interage com o LIRA (KIRNER, 2010).**

#### **4.5. Ensino Geometria Espacial Euclidiana com Realidade Aumentada**

No estudo convencional da Geometria Espacial Euclidiana, percebe-se que existe certa dificuldade do aluno na percepção e visualização de alguns conceitos fundamentais, já que, usualmente, o conteúdo é ensinado em uma superfície plana, como o quadro-negro (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006).

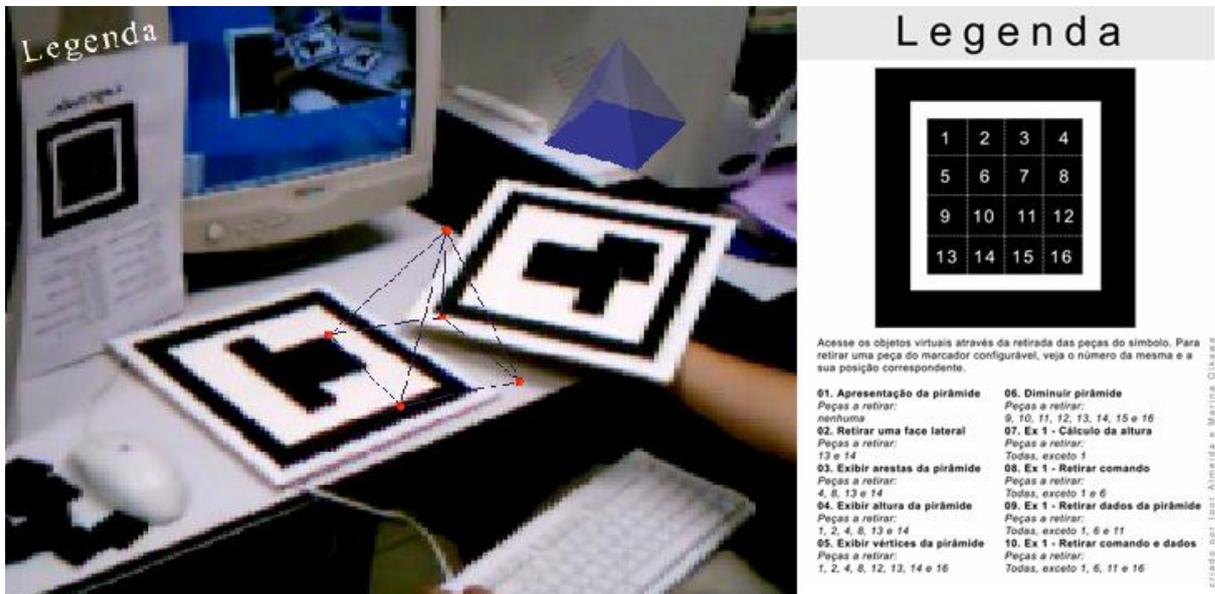
Diante disso, foi desenvolvido na Universidade Federal do Pará um aplicativo/jogo com Realidade Aumentada que utiliza marcadores dinâmicos para manipulação direta dos símbolos, isto é, o usuário pode reconfigurá-lo com a mesma simplicidade que teria ao montar um quebra cabeça, resultando diferentes objetos virtuais. Para utilizar marcadores dinâmicos, recomenda-se a construção de uma legenda para auxiliar o usuário na identificação dos símbolos a serem utilizados.

Por exemplo, supondo que se quer explicar os elementos que formam uma pirâmide, pode-se utilizar um símbolo inicial que mostre somente seus vértices. Em seguida, acrescentar algumas peças ao símbolo, para a exibição das arestas conectando tais vértices. Adicionando-se outras peças, poderia formar as faces da pirâmide. Do mesmo modo, a retirada de peças implicaria na retirada destes elementos do ambiente. Na figura 16, é ilustrada a retirada de uma face lateral da pirâmide.



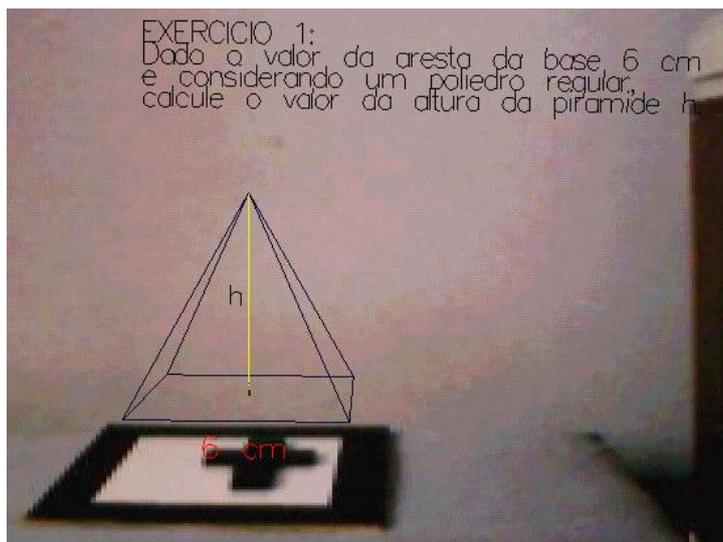
**Figura 16. Exemplo de manipulação de Marcadores Dinâmicos (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006)**

Utilizando os marcadores configuráveis, o professor pode fazer a explicação incluindo e removendo peças que poderão, por exemplo, mostrar as arestas, os vértices e os demais elementos da pirâmide ou outro objeto, sem ter a necessidade de desenhar e redesenhar as figuras, facilitando a visualização do aluno.

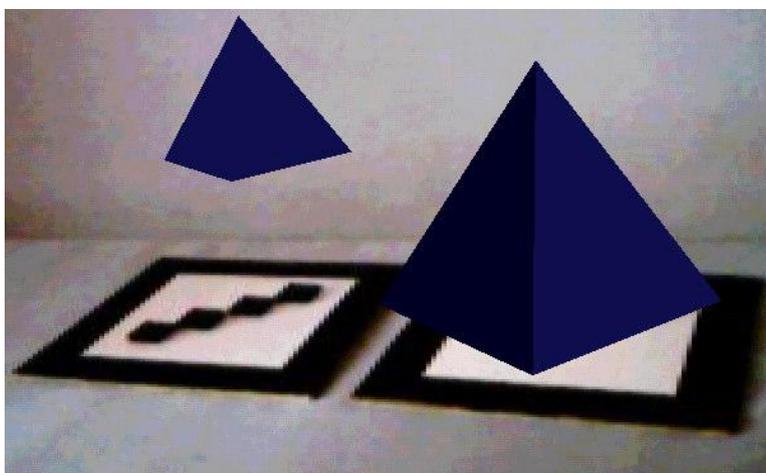


**Figura 17. Ambiente aumentado com sua respectiva legenda, mostrando uma pirâmide em diferentes modos de visualização (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006)**

Pode-se ainda trabalhar com mais de um marcador no ambiente, como no caso de haver interesse em se fazer estudos comparativos de um mesmo sólido, mas sob diferentes óticas, bem como entre dois sólidos geométricos distintos.



**Figura 18. Exemplo de proposição de exercícios no ambiente**



**Figura 19. Representação da escala de um objeto**

Com a proposta de (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006) construiu-se um ambiente para visualização de sólidos geométricos que não requer equipamentos de alto custo e performance e com uma riqueza de detalhes que não é conseguida no modo convencional de ensino.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a maioria dos celulares fabricados tem câmera digital, suporte a Java, a capacidade do processador e memória dos celulares aumentou. Com isso, o desenvolvimento de aplicativos e jogos com realidade aumentada está em expansão, com vasto campo de exploração, podendo contribuir de maneira significativa na área educacional.

No jogo de palavras e quebra-cabeças 3D, o jogador estimula sua capacidade de percepção e raciocínio espacial, ao lidar com os objetos virtuais tridimensionais sobrepostos no cenário.

O projeto LIRA permite que pessoas com deficiência visual ou auditiva, tenham a mesma possibilidade de leitura de um livro que uma pessoa sem necessidades especiais. O software GenVirtual está sendo utilizado como um recurso adicional no tratamento de distrofia muscular na Abdim (Associação Brasileira de Distrofia Muscular).

Conforme jogos, aplicativos, projetos e pesquisas já existentes, apresentados neste trabalho, é possível verificar que jogos e aplicativos com realidade aumentada pode ser extremamente úteis na educação de crianças, jovens e adultos, portadores de necessidades especiais ou não.

O desenvolvimento de jogos com realidade aumentada para celulares é uma área que tende a crescer bastante, visto que atualmente a maioria dos celulares possui câmera e suporte a aplicativos Java. Por exemplo, editoras poderiam lançar livros com marcadores de realidade aumentada impresso e junto deles disponibilizar um aplicativo para ser instalado no celular para visualização dos objetos virtuais e sons. Outro exemplo seria um jogo com todas as letras em forma de marcadores como do jogo de palavras, e um aplicativo para celular com várias palavras cadastradas, e por estar no celular, seria facilmente utilizado para formar palavras e visualização dos objetos e sons relacionados a palavras formadas.

Um exemplo do potencial do uso das câmeras dos celulares, e que utiliza um conceito e tecnologia parecida com a realidade aumentada é o “QR Code”, que é, resumidamente um código de barras em 2D. Bastante utilizado em propagandas, o QR Code pode ser utilizado para exibir mais informações sobre um produto em supermercado, links em jornais e revistas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTOOLKIT. **Human Interface Technology Laboratory**. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/> Acesso em: out. 2010.
- AZUMA, Ronald. **A Survey of Augmented Reality**. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments. 1997.
- AZUMA, R. T. et al. **Recent Advances in Augmented Reality**, IEEE Computer Graphics and Applications, 2001, v .21, n.6, p. 34-47.
- AZUMA, R. T. **Tracking Requirements for Augmented Reality**, Communications of the ACM, 36(7):50-51, July, 1993.
- BILLINGHURST, Mark; KATO, Hirokazu; POUPYREV, Ivan. **The MagicBook – Moving Seamlessly Between Reality and Virtuality**. IEEE Computer Graphics and Applications, v.21, n3, 2001.
- CORRÊA, Ana G.D. Et Al. **GenVirtual: um Jogo Musical, em Realidade Aumentada, para auxílio à Reabilitação Física e Cognitiva de Indivíduos com Necessidades Especiais**. 2007. Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/nate/projetos/genvirtual/download/publicacoes/Cap17.AnaGrasiela.p115-120.pdf> Acesso em: out. 2010.
- DIAS, Isabela Fani. **Modelo Tradicional x Modelo Cognitivo**. 2006. Disponível em [http://www.usinadeletras.com.br/exibelotexto.php?cod=3236&cat=Teses\\_Monologos&vinda=S](http://www.usinadeletras.com.br/exibelotexto.php?cod=3236&cat=Teses_Monologos&vinda=S) Acesso em: out 2010.
- DUARTE, Letícia. **Juventude conectada desafia modelo tradicional de ensino**. 2010. Jornal Pioneiro/Zero Hora 22/02/2010. Disponível em <http://www.clicrbs.com.br/pioneiro/rs/plantao/10,2817023,Juventude-conectada-desafia-modelo-tradicional-de-ensino.html> Acesso em:out 2010.
- FERRAZ, Nikson L. Desenvolvimento de Versões do Livro Interativo com Realidade Aumentada. 2006. Disponível em: <http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/4mostra/pdfs/456.pdf> Acesso em: out. 2010.
- FORTE, Cleberson E. **Software Educacional Potencializado com Realidade Aumentada para uso em Física e Matemática**. Dissertação – Mestrado em Ciências da Computação, Universidade Metodista de Piracicaba, 2009. 215p. Disponível em <http://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/2006/NGVUIGPRGGAJ.pdf> Acesso em: out 2010.
- Games-to-Teach Project (Education Arcade)**. Parceria entre MIT, University of Wisconsin, Microsoft e outros. Putting Research into Practice, Creating the Next Generation of Educational Games. Disponível em <http://www.educationarcade.org/> Acesso em out. 2010.

GUERRA, João H. L. **Utilização do Computador no Processo de Ensino-Aprendizagem: Uma Aplicação em Planejamento e Controle da Produção**. São Carlos: USP - Universidade de São Paulo, 2000. 159p. Dissertação – Mestrado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos.

HAGUENAUER, Cristina J. *Et al.* **Uso de Jogos na Educação Online: a Experiência do LATEC/UFRJ**. 2007. Disponível em: [http://www.latec.ufrj.br/revistaeducaonline/vol1\\_1/2\\_jogos.pdf](http://www.latec.ufrj.br/revistaeducaonline/vol1_1/2_jogos.pdf) Acesso em: out 2010.

KATO, Hirokazu, et al. - ARToolKit 2.33. Documentation. Seattle, 2000.

KIRNER, Cláudio; TORI, Romero. **Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade**. In: Cláudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. 1ed. São Paulo, 2004, v.1, p.3-20.

KIRNER, Cláudio; KIRNER, Tereza G. **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization**. In: El Sheikh, A.A.R.; Al Ajeeli, A.; Abu-Taieh, E.M.O.. (Org.). Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications. 1 ed. Hershey-NY: IGI Publishing, 2007, v. 1, p. 391-419.

KIRNER, Cláudio; ZORZAL, Ezequiel R. **Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos com Realidade Aumentada**, Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Anais do SBIE 2005

KIRNER, Cláudio. **Projeto SICARA**. Disponível em: <http://www.ckirner.com/claudio/?PROJETOS:SICARA> Acesso em: out. 2010.

LUZ, Roger Amandio. **Aplicações de Realidade Aumentada**. 2009. Disponível em: [http://www.faculdadeatual.edu.br/atuattec/Download/Aplicacoes\\_de\\_Realidade\\_Aumentada\\_na\\_Educacao.pdf](http://www.faculdadeatual.edu.br/atuattec/Download/Aplicacoes_de_Realidade_Aumentada_na_Educacao.pdf) Acesso em nov 2010.

MEIGUINS,B.S; ALMEIDA,I.A; OIKAWA,M.A. **Cartões Marcadores Reconfiguráveis em Ambientes de Realidade Aumentada**. In VIII Symposium on Virtual Reality. Pará 2006.

MILGRAM, Paul. et. al. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**, Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, 1994, V.2351, p. 282-292.

OHSHIMA, T., Satoh, K., Yamamoto, H. and Tamura, H. **AR2 Hockey: A Case Study of Collaborative Augmented Reality**, 1998, Proc. IEEE VRAIS '98, p. 268-275 .

PRINCE S. et al. **3D Live: Real Time Captured Content for Mixed Reality**, 2002, IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR'02, p. 7-13.

SANTIN, R. et al. **Ações interativas em Ambientes de Realidade Aumentada com ARToolKit**, VII Symposium on Virtual Reality, SBC, p. 161-168., 2004.

SILVEIRA, R. S; BARONE, D. A. C. **Jogos Educativos computadorizados utilizando a abordagem de algoritmos genéticos.** UFRGS. Instituto de Informática. Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação. 1998.

TAROUCO, Liane M. Rockenbach. *Et al.* **Jogos Educacionais.** 2004. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo3/af/30-jogoseducacionais.pdf> Acesso em: out 2010.

UFPE. **Realidade Virtual e Multimídia.** 2004. Disponível em: <http://www.cin.ufpe.br/~if124/multimidia.htm>. Acesso em: out 2010.

WANG, Wanderley S. **O aprendizado através de jogos para computador: por uma escola mais divertida e mais eficiente.** 2005. Disponível em: [http://www.portaldafamilia.org/args/Aprendizado\\_atraves\\_de\\_jogos\\_para\\_computador.pdf](http://www.portaldafamilia.org/args/Aprendizado_atraves_de_jogos_para_computador.pdf) Acesso em set 2010.

ZHOU, Z. et al. **Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes,** Australian Workshop on Interactive Entertainment, p. 19-22., 2004.

ZORZAL, Ezequiel R. **Realidade Aumentada Aplicada.** Disponível em: <http://www.realidadeaugmentada.com.br> Acesso em nov. 2010.

ZORZAL, Ezequiel R. et al. **Realidade Aumentada Aplicada em Jogos Educacionais.** In : V Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais - WEIMIG 2006, Ouro Preto, 2006.