

# Ambiente Dedicado para Aplicações Educacionais Interativas com Realidade Misturada

Celso Providelo<sup>1</sup>, Daniel Henrique Debonzi<sup>1</sup>, Mario Alexandre Gazziro<sup>2</sup>, Izis Cavalcanti A. de S. Queiroz, Cláudio Kirner<sup>3</sup>, José Hiroki Saito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (USP)

<sup>2</sup>Departamento de Computação – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

<sup>3</sup>Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

{cprov, debonzi}@gwyddion.com, iziscavalcanti@gmail.com, {mariog, saito}@dc.ufscar.br, ckirner@unimep.br

**Abstract.** *This paper presents the reasons for the development of an embedded computer platform to be used as an environment running augmented reality applications based on ARToolKit software. The paper includes the description of the system architecture and performance analysis, considering its potential for educational applications.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta as motivações para o desenvolvimento de um ambiente computacional dedicado para a execução de aplicações de realidade aumentada baseadas no software ARToolKit. A arquitetura do sistema é descrita e são mostrados a análise de desempenho e o potencial de aplicações educacionais.*

## 1. Introdução

Sempre houve uma separação clara entre o mundo real, onde está o usuário, e as aplicações executadas no computador.

Com o advento da realidade virtual, que permite em alguns casos representar o ambiente real, o usuário, mesmo com recursos de imersão (capacete, caverna, etc.), tem a sensação de ser transportado para o local da aplicação.

Com o uso da tecnologia da realidade misturada, a situação muda: o usuário mantém o senso de presença, na medida em que o ambiente real, onde o usuário se encontra, e o ambiente virtual são sobrepostos - o usuário continua vendo e/ou sentindo os elementos do ambiente real.

A realidade misturada [3] abrange tanto a realidade aumentada, que consiste do enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, através de algum dispositivo tecnológico funcionando em tempo real, quanto a virtualidade aumentada, que permite a inserção de elementos reais em ambientes virtuais, possibilitando interação. Assim, quando, na mistura do real com o virtual, prepondera o real, tem-se realidade aumentada e quando prepondera o virtual, tem-se a virtualidade aumentada.

O fato da realidade aumentada propiciar a interação do usuário com o ambiente, usando as mãos, rastreadas por câmera, de maneira intuitiva, abre um espaço de aplicações sem precedente, na medida em que não exige das pessoas nenhum

equipamento e nem treinamento especial para lidar com a aplicação computacional \_ o computador pode ficar escondido. A educação, particularmente, pode usufruir desta facilidade, desde a educação infantil, até o ensino universitário, passando pela educação especial.

Há vários recursos computacionais para a implementação de aplicações com realidade misturada, mas o software ARTOOLKIT[1] [7] se destaca, pelo fato de ser aberto, gratuito, simples e multiplataforma. Ele usa pequenos marcadores (molduras com sinais internos) que, através de técnicas de visão computacional e processamento de imagens, são rastreados e identificados por câmera de vídeo, de forma a possibilitar que, nas imagens de vídeo, sejam sobrepostos elementos tridimensionais atrelados aos marcadores. A movimentação dos marcadores faz com que os objetos virtuais associados sejam movimentados igualmente no espaço.

Apesar de ser interessante, simples e importante para o desenvolvimento de aplicações educacionais interativas, o software ARTOOLKIT precisa ser instalado e configurado e as aplicações precisam ser desenvolvidas, o que prejudica as vantagens do sistema ser intuitivo e de fácil manipulação pelo público leigo em computadores.

Para resgatar essas vantagens e eliminar a necessidade de operação de um computador, optou-se pelo desenvolvimento de um sistema dedicado para aplicações com ARTOOLKIT, denominado DRAI - Dispositivo de Realidade Aumentada Interativo, de forma que, para usar o sistema, o usuário deverá somente conectá-lo a uma TV ou monitor e ligá-lo.

Com os marcadores, previamente confeccionados e fornecidos ao usuário, ele poderá executar as aplicações disponíveis.

Através de uma memória externa de aplicações, o usuário poderá escolher uma, entre várias aplicações existentes, usando o conjunto respectivo de marcadores.

Usuários, com algum traquejo com o computador e conhecendo os elementos de aplicação, poderão desenvolver outras aplicações, gravando-as em memória para uso no sistema dedicado.

A maioria dos sistemas dedicados, executando ARTOOLKIT, foi desenvolvida para funcionar com computador móvel para aplicações externas de realidade aumentada, baseando-se em plataformas de notebooks e PDAs [8]. Apesar de executar o sistema de realidade aumentada de forma dedicada, esses sistemas são usados por pessoas com familiaridade com os equipamentos, que mantém suas funcionalidades gerais.

O restante do artigo fará: uma análise do software ARTOOLKIT e seus requisitos de hardware; uma descrição do sistema dedicado e uma análise de desempenho; e, por fim, a discussão de aplicações educacionais, descrevendo uma aplicação específica.

## **2. Ambiente Dedicado**

O ambiente dedicado é baseado em um SBC (Single Board Computer), amplamente utilizado como base de equipamentos de automação, devido às seguintes vantagens:

- Alta disponibilidade ,
- Alta compatibilidade com a arquitetura PC,
- Baixo consumo,
- Dimensões reduzidas.

Este tipo de plataforma pode ser encontrada com facilidade no mercado a custos acessíveis e em diferentes faixas de performance, começando com equipamentos de Low performance, destinados á aplicações restritas (50 MIPS), passando por Mid-Low e Mid performance, usados em aplicações interativas e expansíveis, as mais comuns (150 MIPS) e, finalizando com High-performance, destinados a aplicações High-End, aplicações multimídia de alta confiabilidade (>300 MIPS), estes já com um custo mais elevado.

Especificamente neste projeto, optou-se pela utilização de uma plataforma de performance média (GENE-4310), conforme a Figura 1.

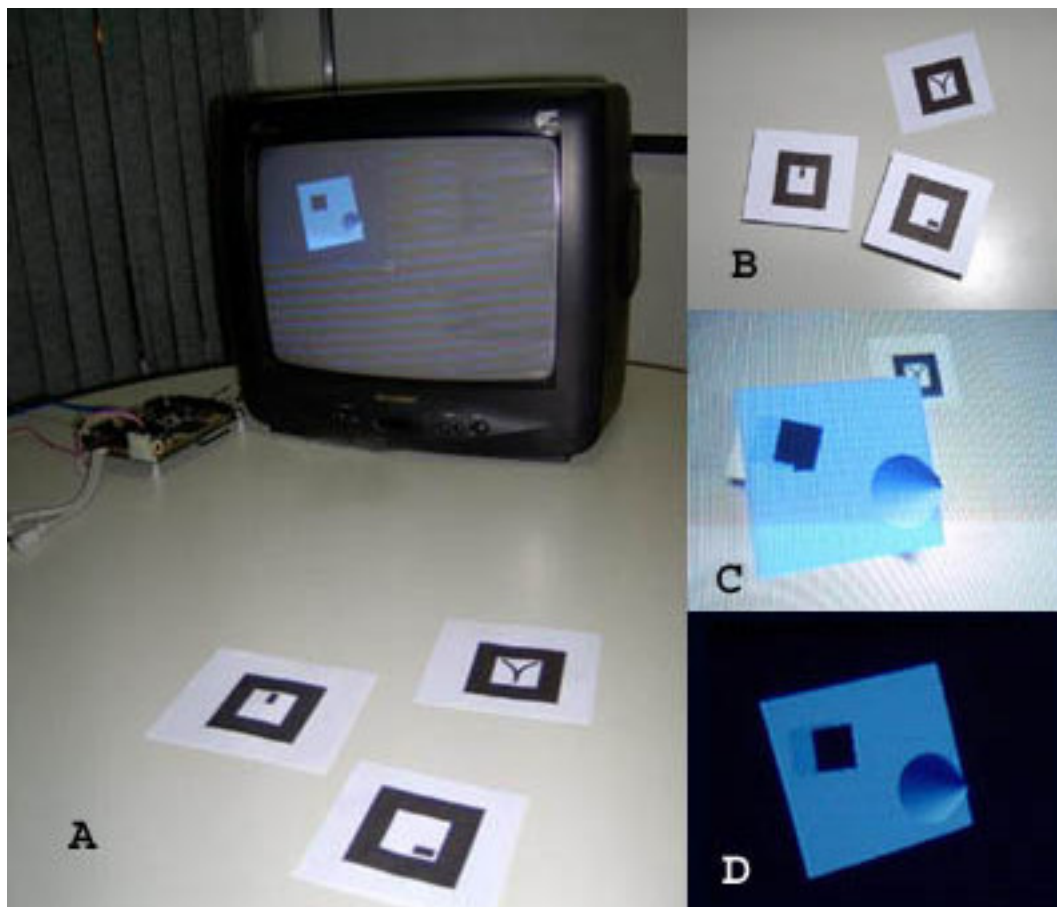


Figura 1. Ambiente dedicado (A), mostrando a visão da câmera (B), realidade aumentada com fundo (C) e objetos virtuais sem fundo (D).

Esse sistema prima pela otimização de recursos, disponibilidade no mercado e custo reduzido, com as seguintes características:

- CPU NS GEODE GXLV 300 MHz ,
- Chipset NS CS5530,
- Controlador de Memória SDRAM (133 MHz) ,
- Controlador EIDE (UDMA 33) ,
- Controlador USB (2 portas),
- Watchdog Timer.

A GENE-4310 apresenta algumas características importantes que favoreceram sua escolha: NS GEODE e CS5530 Media GX apresentam fatores, tais como: consumo; performance; compatibilidade e custo; melhores que outros da mesma classe. A plataforma já conta com suporte multimídia e saída de vídeo (PAL-M e NTSC).

O Sistema Operacional escolhido para o desenvolvimento da aplicação foi o GNU/Linux (<http://www.linux.org>) o que possibilitou as seguintes ações:

- Aperfeiçoamento e adequação de aplicativos utilizados no desenvolvimento, devido ao acesso ao seu respectivo código fonte;
- Colaboração de diversas comunidades para a implantação de modificações no aplicativos utilizados;
- Troca irrestrita de Informações entre pesquisadores e outras equipes de pesquisa envolvidas em trabalhos semelhantes;
- Custo de Licenças ou Royalties de Software nulos.

A distribuição do Sistema Operacional, utilizada no desenvolvimento, foi a Gwynnix (<http://gwynnix.gwyddion.com>), também resultado de um processo de customização de um conjunto de aplicações já existentes. Esta distribuição foi desenvolvida a partir de uma distribuição Debian GNU/Linux Sarge (<http://www.debian.org>) e utiliza recursos de ROMFS e compactação, para preservar a integridade do sistema em aplicações dedicadas e reduzir a quantidade de memória necessária para o seu armazenamento.

### **3. Arquitetura**

O sistema residente do DRAI é constituído pela associação de softwares aplicativos, bibliotecas, Device Drivers e o Kernel, configuração semelhante à encontrada em Desktops.

Afim de otimizar a utilização de memória não-volátil, o FileSystem utilizou um recurso interno do kernel Linux, denominado cloop, constituído por um componente de descompactação "on the fly" e uma imagem binária compactada do sistema customizado.

Este recurso possibilita a redução de memória destinada para o sistema residente de aproximadamente 70 % e ainda garante a integridade de todos os componentes, uma vez que o Sistema de Arquivos tem somente propriedade de leitura, "Read Only FileSystem" .

Mais informações, relacionadas ao funcionamento do sistema residente, aos seus componentes e sua performance, podem ser encontradas no site dos desenvolvedores (<http://gwynnix.gwyddion.com>).

Uma vez ligado, o equipamento recupera todas as configurações de periféricos inseridas no momento de sua concepção, de maneira semelhante ao consoles de video-games. Esta característica facilita a sua utilização, uma vez que elimina grandes fontes de perda de funcionalidade ou incompatibilidade de periféricos.

Entre os componentes da Arquitetura, podemos destacar os seguintes:

- USB Camera ov518 OmniVision :
  - Linux Device Driver ov511+ versão 2.27 (<http://alpha.dyndns.org/ov511/>);
  - Interface de Captura de Vídeo Padrão para Sistemas GNU/Linux, Video for Linux (<http://www.exploits.org/v4l/>);
  - Formato Imagem YUV420P.
- Interface de Saída de Vídeo Composto Media GX :
  - XFREE86-4.3.0 distribuído em Debian GNU/Linux Sarge (<http://www.xfree86.org/>);
  - Driver de Vídeo "Frame Buffer";
  - Resolução de 640x480 pixels e Definição de cor de 16 bits.
- Interface de Áudio SoundBlaster Compatível:  
Linux Device Driver específico;
- Codec 16 bits de alta definição.
- Aplicativo Gerenciador "Draipek\_Manager":
  - Componente de software que identifica e gerencia a inclusão e execução de novas mídias contendo novos aplicativos;
  - A mídia adotada para inclusão de novos aplicativos é a plataforma SD/MMC, cartões portáteis e robustos baseados em memória Flash, como capacidade variando de 16 Mbytes até 1 Gbytes;
  - Os aplicativos serão transferidos já em formato binário específico para a arquitetura;
  - Ferramentas Desktop serão aprimoradas especificamente para o desenvolvimento aplicações DRAI.

#### **4. Desempenho**

Na documentação da ferramenta ARtoolkit, não se faz menção precisa quanto à performance necessária para sua utilização, a única recomendação feita é que o computador deve ter um processador com pelo menos 500 Mhz e uma placa aceleradora gráfica.

No âmbito de plataformas dedicadas, SBCs ou PDA, não se encontram, de maneira geral, equipamentos com os requisitos recomendados.

Como a proposta do trabalho é adaptar o ARToolkit a equipamentos dedicados encontrados no mercado, partiu-se para uma avaliação de cada componente da ferramenta, em busca de otimizações representativas no desempenho da aplicação. Em uma visão simples, mas suficiente, o diagrama de funcionamento da ferramenta ARToolkit pode ser visto na Figura 2. Pode-se ainda identificar o bloco responsável pela inserção da imagem real, capturada pela câmera de vídeo, ao ambiente virtual, onde foi identificada a seguinte característica:

- A imagem real é inserida ao ambiente virtual, visualizado via OpenGL, como textura de fundo, processo altamente demorado e com baixa definição.

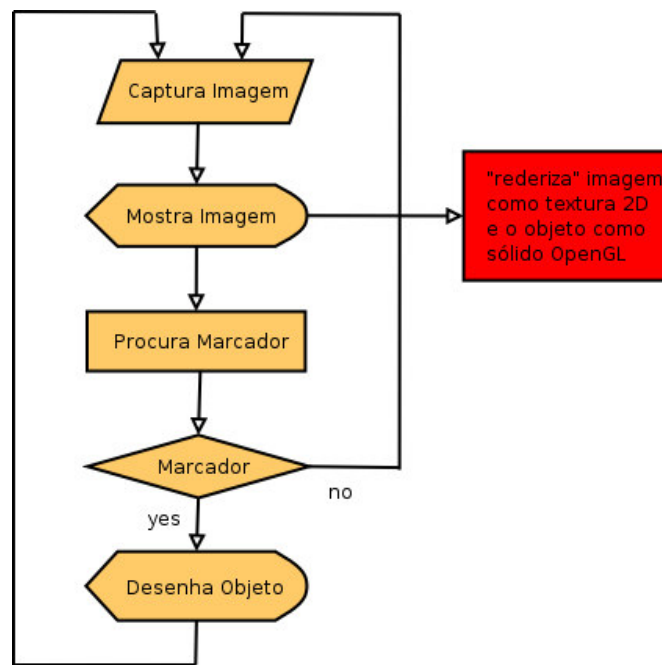


Figura 2. Componentes funcionais do ARToolkit

O desempenho de uma aplicação simples, com o reconhecimento de apenas um padrão imagem e construindo o objeto virtual tridimensional via OpenGL, apresenta uma taxa de aproximadamente 15 quadros por segundo em equipamentos Desktop comuns e não sofre variação sensível, mesmo como relativa diferença de desempenho local.

A API do software ARTOOLKIT possibilita a escolha de dois métodos de visualização da imagem real, proveniente da câmera de vídeo, através de uma variável global (argDrawMode), inserida no contexto das rotinas de utilização da biblioteca OpenGL (lib/Gl/gsub.c): DEFAULT\_DRAW\_MODE e

AR\_DRAW\_BY\_GL\_DRAW\_PIXELS. Estes métodos especificam a utilização da rotina `glDrawPixels()` ou `glTexImage2D()` da referida biblioteca, respectivamente; implicando em praticamente nenhuma diferença sensível de visualização e na diferença de desempenho mostrada no gráfico da Figura 3. Os resultados apresentados sugerem a existência de um limite superior de performance, imposto por outras características, que extrapolam a própria CPU, como no caso, a câmera de vídeo.

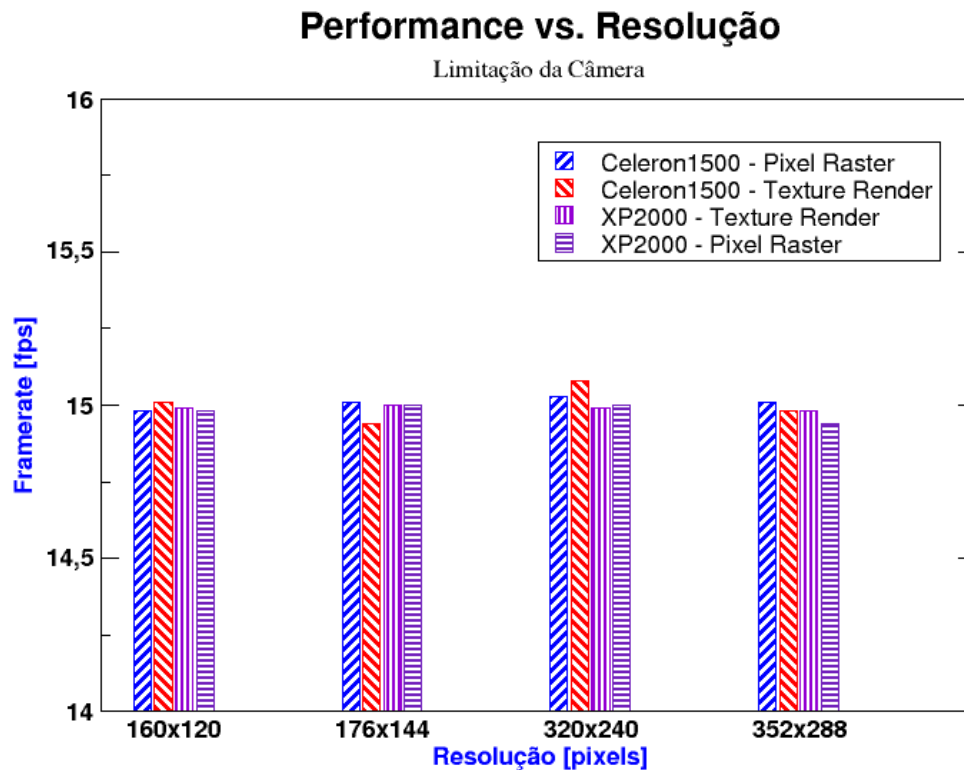


Figura 3. Desempenho da renderização em desktops

Ainda baseado na proposta inicial, de buscar as otimizações mais relevantes, verificou-se a possibilidade de substituir o processo de "texturização" da imagem real no fundo do ambiente, por um processo mais simples, como a "rasterização" da imagem, ou mesmo a eliminação deste recurso, resultando uma espécie de filtro; os resultados são apresentados na Figura 4.

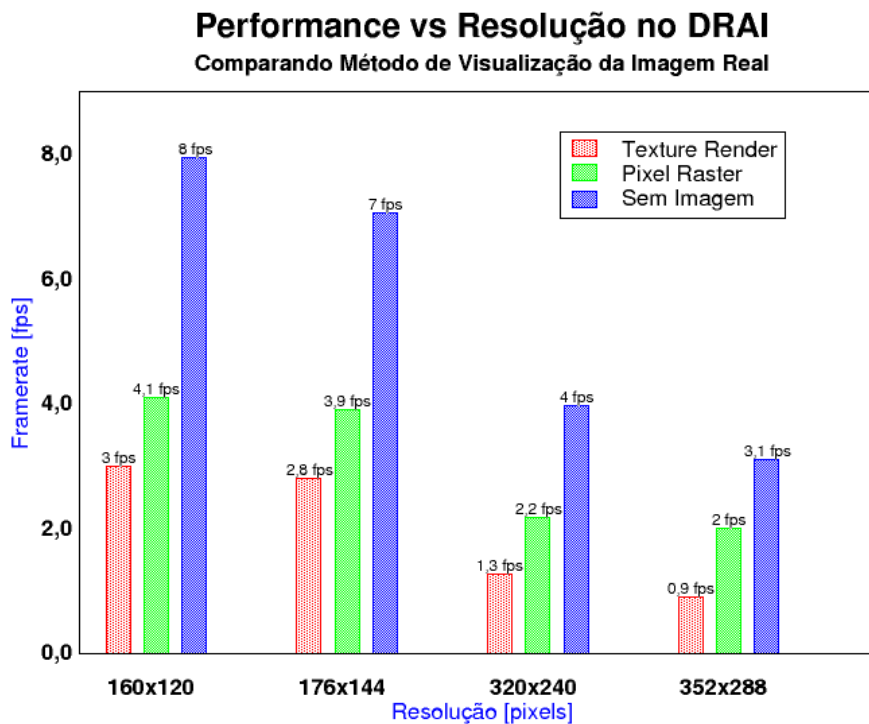


Figura 4. Resultados das otimizações na renderização

Em aplicações triviais de Realidade Aumentada, praticamente não se percebe os efeitos da troca do processo de "texturização" pelo de "rasterização", pelo contrário, a imagem se mostra mais definida, além de um acréscimo de praticamente 100% no desempenho final; já a ausência de imagem pode ser utilizada somente em alguns tipos de aplicação: aqueles onde o propósito é somente a utilização da interface para manipular objetos no mundo virtual, ou ainda como ferramenta de rastreamento de movimento ou padrões (símbolos), onde a correlação natural do padrões com o mundo real não é importante ou muitas vezes é indesejada (citar melhores exemplos).

## 5. Aplicações

Dada a capacidade simplificada de interação com ambientes virtuais provida pelo uso de técnicas de realidade aumentada, esta se torna de grande potencial quando utilizada para sistemas de ensino, quer sejam eles de nível especial, fundamental, médio ou superior.

### 5.1. Educação Infantil e Ensino Fundamental

A vertente construtivista da psicologia determina que o aprendizado é um processo ativo, baseado nos conhecimentos prévios e nos que estão sendo estudados [6].

A utilização de realidade aumentada facilita em muito a interação com ambientes virtuais, os quais podem ser construídos visando gerar padrões de associação para utilização em ensino fundamental e educação especial.



No ensino fundamental podem ser criadas aplicações, desde alfabetização básica, apresentando as letras, sílabas e palavras em associação com objetos e animais com os quais têm relação, seguindo um modelo de cartilha eletrônica.

Aplicações em matemática e contagem também se tornam muito mais interessantes. Em geral, a grande maioria de aplicações de ensino já desenvolvidas para ensino fundamental pode ser portada para ambientes de realidade aumentada, ampliando-se o grau de interatividade.

A figura 5 apresenta uma aplicação para educação infantil baseada em um jogo da memória convencional. A criança deve seguir as mesmas regras do jogo convencional, sendo que as placas de controle simbolizam os objetos a serem memorizados em suas respectivas posições.



(a) placas contendo os padrões



(b) objetos virtuais associados

Figura 5. Jogo da memória utilizando realidade aumentada

## 5.2. Educação Especial

Com relação à educação especial, especificamente para crianças surda-mudas [6], a utilização de realidade aumentada se torna muito interessante na questão do aprendizado do alfabeto especial libras (utilização de símbolos manuais).

No dicionário libras existe variação dos significados, não só com relação à forma das mãos, como também de sua posição espacial com relação ao resto do corpo. Como exemplo, levar a mão próximo à boca significa “comer”, sendo que levá-la próximo à testa significa “pensar”.

Desta maneira, as cartilhas convencionais se tornam muito limitadas, devido ao fato de não levarem em conta a informação espacial, o que pode ser solucionado facilmente com objetos tridimensionais representando o corpo humano como um todo em um computador.

Porém, é difícil ensinar uma criança surda-muda analfabeta a lidar com um computador. Uma tarefa mais simples seria ensiná-la a manipular as placas contendo os padrões de reconhecimento da realidade aumentada, a fim de aprender através de associações entre o significado do símbolo e o objeto tridimensional do corpo todo (apresentando a representação do símbolo em libras).

### **5.3. Ensino Médio**

Aplicações de realidade aumentada devem, de imediato, melhorar a compreensão em diversas disciplinas. Em química, a combinação de elementos pode ser realizada por meio das placas de controle, gerando os resultados visuais adequados. Em biologia, e anatomia dos seres vivos pode ser observada de forma tridimensional com interação muito simples.

Na geografia, mapas físicos podem ser justapostos sobre estatísticas locais variadas, como densidade da população, renda per capita, minérios, indústrias, etc, sendo cada mapa associado a uma placa e a alternância entre as estatísticas controladas por uma placa especial, classificada como ‘placa de controle’.

Em matemática, especificamente em geometria, é possível realizar a visualização das figuras geométricas, usando um livro interativo com realidade aumentada [2] [5], ou aplicações de ensino/aprendizagem de geometria, onde uma base receba poliedros que possam se cortados e seccionados em tempo real [4].

Explorando a mesma analogia, é simples perceber que o uso da realidade aumentada pode ser estendido para todas das disciplinas do ensino fundamental. Uma outra possibilidade é a criação de jogos educativos para aprofundamento nos temas.

### **5.4. Jogos de RPG para Educação**

A utilização de jogos de RPG (Role Playing Game) vem sendo explorada para uso em educação, sendo que recentemente foram criados simpósios específicos sobre esta abordagem. Trata-se de uma abordagem a fim de despertar mais o interesse dos estudantes de nível médio, indo muito além do método de simples associação.

Em um jogo de RPG são necessários atenção aos níveis de detalhamento dos problemas, de forma a desenvolver nos participantes um raciocínio lógico capaz de levar a solução dos mesmos.

A utilização de realidade aumentada neste ambiente deverá ampliar a sensação de imersão, que os participantes terão ao tratar com os problemas a serem solucionados, sendo que a cada etapa ultrapassada será possível realizar uma premiação áudio-visual aos participantes, nos moldes da própria realidade aumentada.

### **5.5. Nível Superior**

É possível ainda fazer uso das técnicas de realidade aumentada, mesmo para o ensino superior. Aulas expositivas e simulações podem tornar assuntos outrora complexos em coisas mais simples. Aplicações profissionais ligadas com indústria, engenharia, medicina, entretenimento e outras poderão ser usadas para ilustrar os estudos e ampliar o potencial de aplicação dos conhecimentos e técnicas aprendidos nas várias áreas do conhecimento.

## **6. Conclusões**

Este artigo apresentou as motivações para o uso de ambientes dedicados para aplicações educacionais interativas com realidade misturada, descrevendo a plataforma desenvolvida e mostrando o potencial das aplicações educacionais.

Algumas otimizações e ajustes, envolvendo câmera de vídeo, foram implementadas para dar mais desempenho e flexibilidade ao sistema, além de testar

várias possibilidades de renderização com técnicas de raster, textura e fundos virtuais, representando o ambiente real (espaço de trabalho).

Os fundos virtuais, apesar de eliminar o sinal de vídeo, continuou dando a mesma sensação de presença, com a vantagem de eliminar situações indesejáveis, em alguns casos, como flutuação de iluminação e poluição visual, ressaltando somente o foco de interesse do trabalho.

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.

A partir dos dados provenientes deste artigo, parte-se para a pesquisa mais detalhada seguida por experimentos mais profundos para implementar estas soluções em situações reais, além de produzir material consistente somado ao de outros grupos de pesquisa no contexto mundial, usufruindo das possibilidades oferecidas pela utilização de software livre.

Do ponto de vista das aplicações educacionais, o sistema mostrou-se altamente motivador para as pessoas sem familiaridade com o computador, pelo fato de exigir somente manipulação e interações intuitivas.

## Referências

- [1] ARToolKit - Disponível em [http://www.hitl.washington.edu/research/shared\\_space](http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space)
- [2] AKAGUI, D. ; KIRNER, C. - Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Aumentada com ARToolKit. In: **I Workshop de Realidade Aumentada**, 2004, UNIMEP, Piracicaba-SP, pp. 5-8.
- [3] AZUMA.R.et al. Recent Advances in Augmented Reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v .21, n.6, p. 34-47, 2001.
- [4] BARAKONYI, I.; WERNER FRIEB, W.; SCHMALSTIEG, D. - Augmented Reality Videoconferencing for Collaborative Work. In: **Proc. of the 2nd Hungarian Conference on Computer Graphics and Geometry**, Budapest, Hungary, May 2003. 8pp.
- [5] Billinghurst, M., Kato, H., Poupyrev, I. (2001) *The MagicBook: A Transitional AR Interface*. **Computers and Graphics**, November 2001, pp. 745-753.
- [6] DAINESE.C.A.; GARBIN,T.R.; KIRNER,C. Sistema de Realidade Aumentada para Desenvolvimento Cognitivo da Criança Surda. In: **VI Symposium on Virtual Reality**, 2003, Ribeirão Preto, SBC, 2003. p.273-282.
- [7] KATO, H.; BILLINGHURST M.; POUPYREV, I. - **ARToolKit version 2.33**, Manual, Nov., 2003.
- [8] WAGNER, D.; SCHMALSTIEG, D. - **ARToolKit on PocketPC Platform**. TR-188-2-2003-23. Disponível em: <http://www.ims.tuwien.ac.at>