
Desafios para o uso de Realidade Virtual e Aumentada de maneira efetiva no ensino

Valéria Farinazzo Martins¹, Marcelo de Paiva Guimarães²

¹Faculdade de Computação e Informática - Grupo de Processamento Gráfico -
Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil

²Universidade Federal de São Paulo/membro do Programa de mestrado da Faculdade
Campo Limpo Paulista, São Paulo, Brasil

valfarinazzo@hotmail.com, marcelodepaiva@gmail.com

Abstract. *This paper aims to present the challenges in the use of Virtual Reality and Augmented Reality by schools. It is presented these technologies and the main challenges to be overcome to become part of the educational context daily. It discusses the difficulties faced by the teachers to generate content; the tools and the software process development to Virtual Reality and Augmented Reality applications; and the cost required. At last, it is presented some educational examples of applications based on Virtual Reality and Augmented Reality.*

Resumo. Este artigo versa sobre os desafios encontrados no uso das tecnologias de Realidade Virtual e Realidade Aumentada em escolas. Para isso, discute estas tecnologias e os pontos principais a serem superados para que elas façam parte do contexto educacional de maneira cotidiana. São discutidos, principalmente: as dificuldades na geração de conteúdos por professores; o processo e as ferramentas de desenvolvimento; e os custos envolvidos. Por fim, são apresentados e discutidos alguns exemplos de aplicações educacionais baseadas em Realidade Virtual e Realidade Aumentada.

1. Introdução

Nos últimos anos, os recursos computacionais têm estado cada vez mais presentes no processo de ensino-aprendizagem. As novas tecnologias têm proporcionado avanços nos métodos tradicionais de ensino, podendo tornar mais fácil o aprendizado por parte dos alunos e também alterando a forma como o professor transmite o conhecimento. O crescimento ocorreu principalmente devido à diminuição dos custos dos computadores e ao surgimento de novas ferramentas de software. Contudo, algumas tecnologias computacionais, devido às suas peculiaridades, como as que envolvem Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA), são restritas a apenas poucas instituições de ensino. Em uma análise ampla nota-se que isso ocorre devido à disparidade entre o estado da arte dessas tecnologias e o tempo necessário de amadurecimento para ser implantada de maneira efetiva, ou seja, disponibilizada de maneira fácil e com custo acessível.

Tanto RV quanto RA possuem grande capacidade de auxílio na transmissão do conhecimento. Elas podem ser utilizadas nas mais diversas áreas do ensino, como, por exemplo, simulando processos químicos ou físicos. Além disso, podem ser aplicadas para os diversos graus de instrução e faixas etárias. Para que sejam utilizadas em larga escala, é necessário atender a diversos requisitos, como, por exemplo, deve ser fácil o suficiente para que os próprios professores desenvolvam os conteúdos educacionais. Além disso, para a tecnologia agregue valores no processo de ensino, é necessária a criação e adoção de uma metodologia eficaz de inserção delas no contexto educacional.

Aplicações de RV e RA já foram desenvolvidas em diversas áreas educacionais, como na medicina, engenharia, química e física. Devido à complexidade envolvida, estas aplicações são construídas por especialistas de Computação. Além disso, geralmente tratam-se apenas de protótipos desenvolvidos e, assim, não são implantados em escola. Dessa forma, elas não passam por uma avaliação formal e pela validação dos usuários finais – professores e alunos, tampouco estas aplicações são focadas nos requisitos funcionais apropriados, exatamente por não envolverem estes usuários finais.

Este artigo trata do desafio do desenvolvimento rápido e eficaz de sistemas e conteúdo educacionais de alta qualidade baseados no uso de RV e RA. Assim, visa-se, principalmente, discutir as questões ligadas ao uso não efetivo destas tecnologias, visto que, atualmente, a maioria dos professores desconhece a potencialidade de RV e de RA; as ferramentas não atendem o requisito de facilidade de desenvolvimento de novas aplicações; e o custo de laboratórios específicos ainda é alto para a maioria das instituições.

Este artigo apresenta, na seção 2, as características, potencialidades e restrições de RV e RA; a seção 3 analisa o desenvolvimento rápido e eficaz de conteúdo educacional baseado em RV e RA. Para isso, trata de assuntos como a falta de conhecimento tecnológico dos envolvidos; a falta de um processo de desenvolvimento de software adequado e de ferramentas eficazes; e a restrições orçamentárias. Em continuação, a seção 4 apresenta alguns casos de estudo que já foram desenvolvidos, porém com diversas restrições. Por fim, são apresentadas as conclusões.

2. Ambientes de Realidade Virtual e Realidade Aumentada

RV e RA são tecnologias multissensoriais baseadas em recursos multimídia, que possibilitam a criação de ambientes totalmente ou parcialmente artificiais. Elas ampliam as limitações físicas naturais dos usuários, enriquecendo a manipulação das informações. Para tanto, os ambientes de RV e RA usam os diversos dispositivos convencionais e não-convencionais de entrada/saída (*trackers*, capacetes de visualização, luvas, *spaceball* e *joystick*) para tornar a interação o mais real e natural possível.

Em relação aos avanços no desenvolvimento de dispositivos não convencionais, já é possível oferecer recursos computacionais para auxiliar os seres humanos em suas limitações; por exemplo, já existem dispositivos hápticos exo-esqueléticos que habilitam os usuários a carregarem mais peso do que podem com seu próprio corpo. Porém, ainda existe muito pesquisa a ser desenvolvida, como, o desenvolvimento de sistemas hápticos mais fiéis à realidade e a disponibilização de ferramentas de criação de conteúdos voltados para usuários com pouco conhecimento técnico.

Enquanto RV cria ambientes totalmente virtuais, RA mistura elementos do mundo real com elementos virtuais. São características de ambas as tecnologias a imersão (a aplicação deve ser apresentada de forma que o usuário se sinta integrado ao ambiente); a interação (possibilidade de executar ações que tenham reflexos neste ambiente); e o envolvimento (engajamento do usuário na atividade).

Numa definição simplificada, RV é uma das formas mais avançadas de interface do usuário com o computador até o momento. [Kirner & Pinho 1996 ; Kirner & Martins 2000]. De acordo com [Kalawsky 1993] e [Vince 1995], entre outros, um ambiente virtual típico deve agregar características que o tornem:

- Sintético: o ambiente é gerado em tempo-real por um sistema computacional (ele não é pré-gravado, como acontece com sistemas de multimídia).
- Tridimensional: o ambiente virtual é representado tridimensionalmente e, além disso, que existem recursos que dão a ideia de que ele possui profundidade e que o usuário pode mover-se através dele.
- Multisensorial: significa que mais de uma modalidade sensorial é usada, ao mesmo tempo, para representar o ambiente, como sentido visual, sonoro, espacial, de reação do usuário com o ambiente, etc.
- Imersivo: é uma sensação mais forte do que olhar e ouvir um *display* vindo de um monitor; o usuário tem o sentimento de que está dentro do ambiente produzido computacionalmente. Normalmente, um sistema totalmente imersivo é obtido com o uso de capacetes de visualização e CAVes (*Cave Automatic Virtual Environment*). Além da visualização, a imersão é também obtida por intermédio da exploração de outros sentidos, como audição e tato.
- Interativo: está ligado à capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele.
- Realístico: refere-se à precisão com que o ambiente virtual reproduz os objetos reais, as interações com os usuários e o próprio modelo do ambiente.

Uma grande vantagem de RV sobre outras formas de interação homem-computador é a capacidade do usuário visualizar o ambiente, a partir de qualquer ângulo, à medida que vão sendo feitas alterações em tempo real. Também, permite que comportamentos e atributos possam ser fornecidos a objetos pertencentes ao ambiente, o que propicia a simulação de respostas e funções do mundo real enfocado. Esse tipo de interface resulta no uso do conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico durante a manipulação do mundo virtual [Stuart 1996; Vince 1995; Kirner & Pinho 1996].

RA é uma tecnologia recente advinda da Realidade Virtual. O funcionamento dela envolve a sobreposição de objetos virtuais no mundo real, proporcionando, desta forma, o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais em tempo real [Billinghurst 2002]. Segundo [Azuma 2001] existem três características principais nos sistemas de RA:

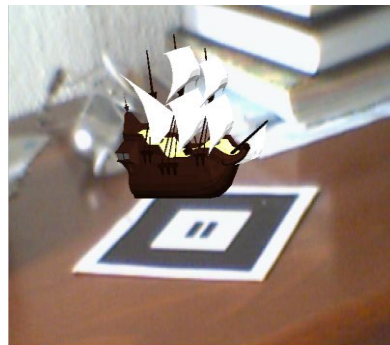
- Combinação do mundo real com os objetos virtuais dentro do ambiente real;
- Interatividade em tempo real ; e

- Alinhamento exato dos objetos virtuais no ambiente real.

Um ambiente de RA é composto por um cenário predominante real com alguns objetos virtuais inseridos [Kirner 2003]. Para interagir com o ambiente de RA, o usuário pode utilizar desde marcadores até as próprias mãos para manipular os objetos virtuais no mundo real. A interação é sempre em tempo real, não importa o meio utilizado para interagir. A Figura 1(a) mostra um exemplo de ambiente de RV – todo o ambiente é sintetizado; já a Figura 1(b) mostra um exemplo de ambiente de RA, nele somente o barco é virtual.



(a)



(b)

Figure 1. Aplicações de Realidade Virtual (a) e Realidade Aumentada (b)

A evolução das ferramentas de desenvolvimento de ambientes de RV e RA na última década é considerável; hoje há uma gama de soluções disponíveis. Porém, ainda exigem um elevado conhecimento técnico e/ou requerem bastante tempo para geração de conteúdos, o que torna a criação de ambientes educacionais e a geração de conteúdos de RV e RA de maneira fácil e eficaz um desafio.

3. Desenvolvimento rápido e eficaz de conteúdo educacional baseado em Realidade Virtual e Aumentada

A implantação efetiva da RV e RA no ensino ainda é um desafio, pois exige transpor diversas barreiras. A primeira delas é a identificação dos conteúdos que podem usufruir dessas tecnologias. Isso acontece porque a potencialidade delas não é ainda conhecida o suficiente pelos envolvidos, no caso, os professores. A segunda barreira é tecnológica, que trata do descompasso entre o processo de desenvolvimento proposto na Engenharia de Software para aplicações interativas [Sommerville 2001; Pressman 2004] e como estes projetos estão sendo desenvolvidos. Por fim, a última barreira, refere-se à viabilidade financeira para a incorporação delas no contexto educacional. Embora uma das áreas mais citadas para o uso de RV/RA seja a educacional, muito poucos projetos são, de fato, implantados em escolas, públicas ou privadas, para apoio ao aprendizado, de maneira efetiva.

3.1. Desafio 1: geração de conteúdo

A criação de conteúdos para aplicações de RV e RA demanda de um grande tempo e esforço. Para desenvolver tais conteúdos são necessários não apenas conhecimento técnico computacional, mas, também, conhecimento do tema, além de possuir habilidades pedagógicas. Devido às ferramentas de desenvolvimento não serem de alto nível, ou seja, fáceis de serem utilizadas, os professores sentem-se incapazes de gerar

tais aplicações. A solução encontrada por alguns professores é a busca por equipes de apoio, o que restringe a tecnologia a apenas algumas instituições.

Para que conteúdos educacionais sejam desenvolvidos amplamente, existe a necessidade que as ferramentas sejam de alto nível, permitindo que os professores foquem apenas no conteúdo das aulas. Dessa forma, evitarão a necessidade de conhecimento profundo de material de base (como computação gráfica, conhecimento em linguagens de programação, interface com o sistema operacional etc.), que atualmente é exigido. Além disso, é necessária a criação de metodologias educacionais que justifiquem o emprego de tais tecnologias.

3.2. Desafio 2: Processo de desenvolvimento para as aplicações de RV e RA voltadas ao ensino

O processo de desenvolvimento para aplicações RV e RA é composto por quatro etapas que são interrelacionadas, como pode ser visto na Figura 2.

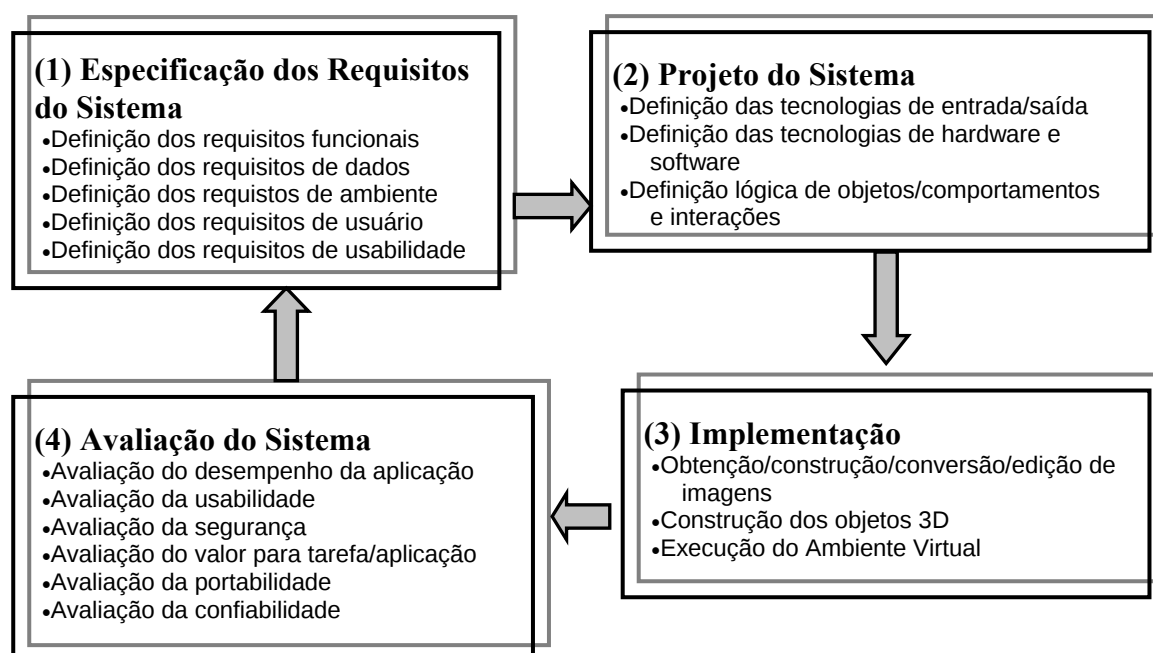


Figure 2. Processo de Desenvolvimento para Aplicações de RV e RA (fonte: autores)

3.2.1. Análise de Requisitos

Nesta fase, são elicitados os requisitos tanto funcionais quanto não funcionais. Preece (2007) propõe que os requisitos não funcionais sejam detalhados, o que faz com que estes requisitos sejam divididos em requisitos funcionais, ligados ao escopo da aplicação: requisitos de dados, que captam volatilidade, quantidade e precisão da massa de dados; requisitos de ambiente, que se referem às restrições do ambiente físico aonde a aplicação será executada; requisitos de usuário, que tem por objetivo conhecer quais os potenciais usuários da aplicação e, finalmente, os requisitos de usabilidade, que são focados em metas como facilidade de aprendizado, facilidade de memorização e eficiência.

Estes requisitos só podem ser alcançados se o desenvolvedor conhecer a demanda da aplicação e o contexto em que será utilizada, através, por exemplo, de entrevistas com professores e alunos, a fim de se descobrir onde esta tecnologia poderia ser aplicada de uma maneira mais produtiva. Aqui também é necessário conhecer o ambiente onde esta aplicação que está sendo desenvolvida será executada, tais como: restrições de equipamentos e de espaço físico.

Para um uso eficaz destas tecnologias, o desenvolvimento de aplicações depende de um correto e completo levantamento dos requisitos. Mesmo assim, vários trabalhos na literatura [Alcantara et al 2011; Rodrigues et al 2010; Forte & Kirner 2009] apontam que esse levantamento de requisitos não é realizado de maneira eficiente, pois a análise de requisitos limita-se ao foco do desenvolvedor, não envolvendo os potenciais usuários finais, tampouco se conhecendo a realidade das escolas que poderiam utilizar tal aplicação.

3.2.2 Projeto do Sistema

Esta etapa tem por objetivo examinar fatores ligados às tecnologias que serão empregadas no sistema, incluindo a definição das tecnologias de entrada/saída usadas na aplicação; a definição das tecnologias de suporte e computacionais, tanto de hardware quanto de software; e a definição dos objetos virtuais que compõem o ambiente, seus comportamentos e interações.

Para uma aplicação que tem o intuito de ser utilizada em escolas, é preciso conhecer o ambiente físico em que será utilizada, atentando-se às restrições de hardware e software já existentes, o que geralmente não ocorre. Este tema será detalhado no item 3.3 deste trabalho.

3.2.3. Implementação

É clara a necessidade de ferramentas para o desenvolvimento de aplicações e conteúdos de RV e RA. Elas devem atender os requisitos básicos de software, como: usabilidade, suporte a novas tecnologias, desempenho, facilidade de manutenção, tolerância a falhas, portabilidade e reusabilidade. Devem também fornecer recursos específicos para as áreas de RV e RA, como suporte a dispositivos de entradas não convencionais e geração de imagens em tempo real. Além disso, devem ser de fácil uso e permitir a rápida geração de conteúdos.

A construção, atualmente, de aplicações de RV e RA pode ser dividida em quatro partes básicas: um ambiente físico (iluminação, ar condicionado, eletricidade); um sistema computacional de processamento (hardware); um sistema de visualização (saída: incluindo vídeo, áudio, retorno tátil etc.); e um sistema de interação (entrada: *joysticks*, *trackers*, câmeras etc.). Para a integração das três últimas partes, é necessário um sistema de software que una os sistemas de forma apropriada, que, de maneira geral, são os seguintes:

- Ferramentas de modelagem: a criação de um mundo virtual requer a modelagem da cena: o ambiente virtual, os personagens, os objetos etc. Para fazer essa modelagem, são utilizados programas de modelagem, capazes de manipular a geometria, texturas e preparar animações dos objetos. Em alguns casos, é possível ainda atribuir ações ou comportamentos aos objetos dentro do próprio

programa de modelagem. Exemplos de ferramentas de modelagens são: Blender, 3D Studio e o Maya.

- *Engines* gráficos : a síntese (geração) de imagens de um software de RV e RA é coordenada pela *engine* (motor) gráfico, como, por exemplo: Ogre, Panda3D, OpenSceneGraph , OpenSG, Crystal Space e Irrlicht.
- *Frameworks* para RV/RA: eles apresentam funcionalidades específicas para cada tipo de aplicativo, como: suporte a dispositivos de entrada não-convencionais de forma abstrata, permitindo que novos dispositivos sejam usados sem modificação (ou com poucas modificações) do software; suporte a dispositivos complexos de saída, por exemplo com múltiplas saídas de vídeo em disposição arbitrária, algo raramente suportado por *engines*.
- Software de administração de hardware: sistemas de RV e RA podem se tornar consideravelmente complexos, e sua administração deve ser reduzida ao mínimo. Geralmente, utiliza-se o próprio software do fabricante ou constrói-se o mesmo.

Enquanto não houver ferramentas que possam eliminar ou facilitar estes quatro itens supracitados, somente especialistas estarão aptos a desenvolver tais sistemas.

3.2.4. Avaliação do Sistema

Não se deve subestimar a importância da avaliação de um sistema. Se o sistema que se projetou será utilizado para a aplicação desejada, ele será avaliado; a única questão é se alguém avaliará um protótipo ainda não pronto, usando-o para modificar e melhorar o projeto, ou se os usuários finais do produto utilizado desempenharão a avaliação, quando já é bastante tarde para melhorá-lo. A filosofia do projeto iterativo propõe que se avaliem protótipos e ativamente use os resultados para aprimorá-lo antes que a aplicação seja instalada.

Obviamente, para se avaliar, de maneira eficiente, as aplicações de RV e RA na área educacional, o usuário deve ser envolvido desde muito cedo no processo de desenvolvimento. Isso significa que o desenvolvedor deve conhecer seu público-alvo – professores e alunos – e estabelecer uma relação próxima com eles de modo a envolvê-los na avaliação. Vale a pena ressaltar que é de suma importância que estes projetos sejam implantados nas escolas-alvo, a fim de que os testes finais sejam realizados no ambiente em que deverão ser utilizados.

3.3. Desafio 3: Montagem de laboratórios de RV e RA

Se forem analisados os recursos computacionais disponíveis atualmente nas escolas públicas no Brasil, pode ser percebido que, num cenário otimista, os laboratórios destinados à inserção do aluno no mundo tecnológico são compostos por computadores geralmente com hardware e software defasados. É válido ressaltar que estas escolas, em sua quase totalidade, não dispõem de recursos financeiros para a compra de softwares e dispositivos de entrada e saída não-convencionais, tais como luvas, *joysticks*, capacetes - que permitiriam que as aulas se tornassem mais dinâmicas e motivadoras, aliado ao despreparo de pessoas que gerenciam estes laboratórios. Assim, é possível notar que laboratórios ideais para o uso de RV e RA são complexos e caros ainda, e exigem um elevado conhecimento técnico da Instituição envolvida. A realidade

é que os laboratórios de Informática destas escolas limitam-se, ainda, na sua grande maioria, a recursos para acesso à Internet para pesquisas bibliográficas.

Torna-se então um desafio computacional criar laboratórios *commodities*, que possibilitem a sua montagem por usuários leigos, e com poucos recursos financeiros. Tanto RA quanto RV podem ser utilizadas com soluções simples, como visualização em monitores dos computadores pessoais ao invés de ambientes imersivos proporcionados por CAVEs. Apesar de soluções simples, como as que utilizam monitores convencionais, não explorarem toda a potencialidade da RV e RA, elas podem ser suficientes para diversas situações de ensino.

4. Exemplos de Projetos de RV e RA desenvolvidos

A seguir são mostrados alguns exemplos de sistemas desenvolvidos com as tecnologias de RV e RA voltados para o aprendizado. Estes aplicativos citados a seguir mostram que é possível utilizar RV e RA na Educação, principalmente ligados ao ensino fundamental e médio. Porém, fica clara a dependência do envolvimento de profissionais de tecnologia, o que dificulta a implantação real de RV e RA nas escolas. Todos eles foram desenvolvidos por especialistas em Computação.

4.1 RV para Ensino de Português

[Abreu et al 2011] mostra uma solução de software de RV de baixo custo voltada à área de Língua Portuguesa, que tem como objetivo ensinar novas normas técnicas da língua portuguesa.

Um ponto fundamental deste projeto é que ele foi realmente implantado em uma escola pública na cidade de São Paulo. Com os resultados alcançados através desse sistema, abordando uma avaliação formal com alunos e professores da escola pública foco do estudo, foi demonstrada a viabilidade de utilização do sistema com usuários reais. Assim o sistema foi desenvolvido levando em consideração às limitações de infraestrutura da escola-alvo da pesquisa. Um fato interessante é que os alunos, focos do estudo, se sentiram tão motivados com a aplicação, que convidaram seus próprios professores para experimentar a aplicação.

4.2. RV para Ensino de Matemática

[Oliveira & Martins 2010] mostraram todos os passos para a implantação de RV não-imersivo, em uma escola pública da cidade de São Paulo, destinado ao ensino de Matemática. Foram realizadas avaliações formais com alunos e professores da escola. Percebeu-se que se houvesse um repositório de objetos de aprendizagem utilizando RV para as diferentes disciplinas que os alunos cursam no ensino fundamental e médio, haveria um maior entusiasmo no aprendizado. Os exemplos – objetos de aprendizado em Matemática - apresentados aos alunos foram muito bem recebidos.

4.3. RA para Ensino de Geometria

[Varela & Martins 2010] também mostraram os passos para a construção de objetos de aprendizagem utilizando RA destinados ao ensino de Geometria; este sistema foi testado por alunos universitários. Neste projeto, o aluno teve que apresentar RA para a professora de Matemática a fim de que ela pudesse perceber as oportunidades do uso desta tecnologia no aprimoramento do conteúdo de sua disciplina. Feito isto, a professora percebeu a importância de melhorar a visualização de algumas figuras

geométricas tridimensionais quando sofrem rotação e que RA poderia contribuir para isso.

5. Conclusões

É constante a evolução das tecnologias relacionadas a RV e RA, o que as tornam cada vez mais sofisticadas e complexas. Tornou-se cotidiano o desenvolvimento de hardwares e softwares cada vez mais robustos. Os softwares estão sendo aprimorados, com melhora do desempenho, da qualidade de reconhecimento de padrões em RA e da qualidade de imagem final gerada; há também maior suporte a problemas específicos, como a renderização estereoscópica ou deformada, suporte transparente aos dispositivos de entrada e a computação distribuída. Entretanto, estas tecnologias são ainda bastante difíceis de serem utilizadas por pessoas não especialistas em Computação, o que limita a construção de aplicações na área educacional por professores, que são os geradores de conteúdo apropriado para suas disciplinas.

Embora haja soluções de RV e RA com licenças de baixo custo, as escolas públicas não estão preparadas para a conversão de seus laboratórios de informática em laboratórios para o uso dessas duas tecnologias. Entre os pontos de dificuldade estão: hardware e software - falta de equipamentos não convencionais e despreparo de pessoas que gerenciam estes laboratórios. Atrelado a estes problemas supracitados, ainda é possível salientar que os professores atualmente não estão preparados (capacitados) para o uso de recursos computacionais em suas aulas, mesmo os mais simples, limitando, muitas vezes, ao uso de Internet para produção de material de referência bibliográfica.

Outro ponto bastante importante é notar que o desenvolvimento atual, por especialistas, de muitas aplicações de RV e RA na área educacional não envolve verdadeiramente os usuários finais – professores e alunos – e não abordam nem a implantação destas aplicações em escolas, tampouco avaliações formais.

Dessa maneira, é possível notar que o desenvolvimento de conteúdo educacional baseado no uso de RV e RA e a implementação deles nas escolas, com alta qualidade e com rapidez, é um desafio a ser superado.

Referências

- Abreu, F. R. and Militino, R. and Fukuoka, S. and Martins, V. F. (2011). “Realidade Virtual de Baixo Custo Aplicada ao Ensino - Estudo de Caso na área de Português”. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- Alcantara, N. and Coelho, O. B. and Turnes Junior, P. P. and Martins, V. F. (2011) “Um Laboratório Virtual De Física Baseado Em Realidade Aumentada: Uma Alternativa Para O Ensino De Eletricidade”. In: ICECE 2011 VII International Conference on Engineering and Computer Education, 2011, Guimarães. Anais do ICECE 2011 VII International Conference on Engineering and Computer Education.
- Azuma, R.; et. al. (2001). “Recent Advances in Augmented Reality”: IEEE Computer Graphics and Applications, v. 21, n. 6, p. 34-47.
- Billinghurst, M.; et. al. (2002). “Real World Teleconferencing. IEEE Computer Graphics and Applications”, Vol 22, No 6, pp. 11-13.

-
- Forte, C.E. and Kirner, C. (2009). “Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Ferramenta para Aprendizagem de Física e Matemática”. In: 6º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada - WRVA 2009, 2009, Santos - SP. Anais do 6º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada. Santos - SP : Unisanta. v. 1. p. 1-6.
- Kalawsky, R. S. (1993). The Science of Virtual Reality and Virtual Environments, Great Britain. Addison-Wesley Reading.
- Kirner, C.; et. al. (2006) “Fundamentos de Realidade Virtual Aumentada”. In: Kirner, C.; Tori, R.; Siscoutto, R. editores. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual Aumentada. Livro do pré-simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality, SBC p. 29-45, Porto Alegre.
- Kirner, C., and PINHO, M. (1996). “Introdução à Realidade Virtual”, Minicurso JAI/SBC, Recife, PE.
- Kirner, T. G. and Martins, V. F. (2000). “Development of an Information Visualization Tool Using Virtual Reality”, ACM Symposium on Applied Computing – SAC 2000, Vila Olmo, Como, Itália.
- Oliveira, A. J. G. and Martins, V. F. (2010). ”Realidade Virtual: Projeto de Baixo Custo para Criação de Ambientes Virtuais na Área Educacional”. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- Preece, J. and Yvonne R. and Sharp. H. (2005). ”Design de Interação: além da interação homem-computador “, trad. Viviane Possamai. – Porto Alegre: Bookman.
- Pressman, R.S. (2004). ”Software Engineering”. 7th ed., New York: Addison-Wesley.
- Rodrigues, R.L. and Soares, M. and Souza, G.G. and Lacerda, A. and Souza, C. and Gomes, A.S. and Alves, C. (2010) “Realidade Aumentada para o Ensino de Geometria Espacial”, Anais do SBIE.
- Sommerville, I.”Software Engineering” (2001), 6th ed., Addison Wesley, ISBN 0-201-39815-X.
- Stuart, R. (1996).”The Design of Virtual Environmets”. Fairfield, Pennsylvania, McGraw-Hill.
- Varela, M. and Martins, V. F. (2010) “Relidade Aumentada Aplicada no Estudo de Geometria”. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- Vince, J. (1995). “Virtual Reality Systems”. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley.