

Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Quebra-cabeças Educacionais

Ezequiel R. Zorzal¹, Arthur A. B. Buccioli¹, Claudio Kirner^{1,2}

¹Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP)
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação
Estrada de Itapecerica, 5859
05858-001 – São Paulo – SP – Brasil
Fone: (11) 5822-6166

²Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)
Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação
Rodovia do Açúcar, Km 156 – Taquaral
13400-911 – Piracicaba – SP – Brasil
Fone: (19) 3124-1560

{ezorzal,arthurbuccioli}@gmail.com, ckirner@unimep.br

Abstract. *The jigsaw puzzles always fascinated the persons and were used in the cognitive development. Using augmented reality, it is possible to have virtual libraries of three-dimensional jigsaw puzzles, working in the user environment. This paper discusses the use of the augmented reality technology in the development of three-dimensional jigsaw puzzles, visualized with the help of the computer. The paper demonstrates the feasibility of a simple computational platform and a free software to create electronic jigsaw puzzles, which can be easy to use, stimulating the user.*

Resumo. *Os quebra-cabeças sempre fascinaram as pessoas, sendo muito usados no desenvolvimento cognitivo. Com o advento da realidade aumentada, tornou-se possível dispor-se de bibliotecas virtuais de quebra-cabeças tridimensionais, que podem ser trazidos para o ambiente do usuário. Este trabalho discute o uso da tecnologia de Realidade Aumentada no desenvolvimento de quebra-cabeças tridimensionais, visualizados com a ajuda do computador, mostrando que é possível, através de uma plataforma computacional simples e software gratuito, criar quebra-cabeças eletrônicos enriquecidos, motivadores e de fácil usabilidade.*

1. Introdução

A invenção do quebra-cabeça ocorreu aproximadamente na década de 1760. Nessa época, os desenhistas de mapas começaram a colar suas obras em madeira e cortá-los em pequenos pedaços. Logo se compreendeu que a montagem das peças poderia ser utilizada para fins didáticos, auxiliando o aprendizado escolar. Um fato interessante é que até hoje as crianças dos Estados Unidos aprendem geografia montando quebra-cabeças [Williams 1997].

Com o passar do tempo, os quebra-cabeças infantis passaram a ser, além de ferramentas de aprendizado, instrumentos de entretenimento e diversão para as crianças. Temas foram acrescentados às peças, como animais, cenários da natureza, personagens de histórias, entre tantos outros. Graças a essas e outras melhorias, os quebra-cabeças também se tornaram objeto de interesse do meio adulto, impulsionando a produção do brinquedo.

A princípio, os quebra-cabeças apresentavam custo proibitivo. Em 1908 um quebra-cabeça custava em média 5 dólares, sendo que o salário mensal de um trabalhador da época era em torno de 50 dólares. Esse custo era devido a uma diversidade de fatores, entre eles o tempo necessário para se cortar cada peça, a dificuldade de manipulação precisa do material que tipicamente era madeira, erros de produção e muitos outros [Williams 1997].

Com o surgimento do papel cartão, o custo de produção foi reduzido consideravelmente, possibilitando a popularização do brinquedo, até então restrito à alta sociedade.

Algumas variações do brinquedo surgiram, como as versões tridimensionais da Stave Puzzles [Williams 1997]. Nos dias atuais, é possível construir quebra-cabeças tradicionais a baixo custo e com boa qualidade. Além das versões tradicionais de quebra-cabeças, existem hoje formas eletrônicas do brinquedo, populares em alguns videogames e computadores.

As versões eletrônicas do jogo apresentam algumas desvantagens em sua jogabilidade, sendo que a principal delas é a necessidade de adaptação a dispositivos especiais como joystick, teclado e mouse [Zorzal et. al. 2005a], [Zorzal et. al. 2005b].

Com o advento da Realidade Aumentada, tornou-se possível unir o ambiente virtual com o real, produzindo um único ambiente sobreposto ao ambiente físico disposto na frente do usuário, visualizados diretamente no capacete ou indiretamente no monitor, por exemplo.

Além de permitir que objetos virtuais possam ser introduzidos em ambientes reais, a Realidade Aumentada proporciona também, ao usuário, o manuseio desses objetos com as próprias mãos sem a necessidade de equipamentos especiais, garantindo então, um processo de interação natural com o ambiente mencionado. O fato de o usuário permanecer no seu ambiente garante-lhe segurança e conforto para atuar nos quebra-cabeças.

O presente artigo apresenta uma série de quebra-cabeças desenvolvidos em ambiente de Realidade Aumentada, visando ressaltar seu potencial de utilização e apresentar as vantagens desta tecnologia.

Assim, a seção 2 apresenta o conceito de Realidade Aumentada, suas características e o software de desenvolvimento. A seção 3 apresenta os quebra-cabeças desenvolvidos utilizando técnicas de Realidade Aumentada. Finalmente, na seção 4, são apresentadas as conclusões do trabalho.

2. Realidade Aumentada (RA)

2.1. Definições

Uma definição bastante difundida de Realidade Aumentada é de que ela é a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador num ambiente real, utilizando para isso algum dispositivo tecnológico [Milgram 1994]. No entanto, essa definição faz parte de um contexto mais amplo denominado Realidade Misturada.

A Realidade Misturada é a fusão do ambiente real com o ambiente virtual gerado por computador, podendo particularizar-se de duas maneiras: A Virtualidade Aumentada, onde existe predominância de elementos virtuais no ambiente misturado, e a Realidade Aumentada, onde os elementos reais predominam sobre os virtuais [Kirner and Tori 2004], [Milgram 1994]. Assim, a Realidade Aumentada é uma particularização da Realidade Misturada.

A figura 1 apresenta o diagrama adaptado de realidade/virtualidade contínua, onde são mostradas as possibilidades gradativas de sobreposição do ambiente real com o virtual e vice-versa.



Figura 1. Diagrama de realidade/virtualidade contínua [Milgram 1994].

A Realidade Aumentada proporciona ao usuário uma interação segura e agradável, eliminando em grande parte a necessidade de treinamento, pelo fato de trazer para o mundo real os elementos virtuais, enriquecendo e ampliando assim a visão que ele tem do mundo real. Para que isso se torne possível, é necessário combinar técnicas de visão computacional, computação gráfica e realidade virtual, o que gera como resultado a correta sobreposição de objetos virtuais no ambiente real [Azuma 1993], [Bajura 1995] [Feiner et. al. 1993], [Billinghurst et. al. 2001], [Kirner and Tori 2004], [Boman 1995].

A figura 2 mostra um exemplo de aplicação desenvolvida em Realidade Aumentada, onde os objetos virtuais são sobrepostos ao mundo real.



Figura 2. Objetos virtuais sobreposto ao mundo real.

O estímulo visual conseguido nas aplicações de Realidade Aumentada é, por si só, uma excelente característica, passível de utilização em diversas áreas do conhecimento humano. Porém, além de permitir que objetos virtuais possam ser introduzidos em ambientes reais, a Realidade Aumentada também proporciona ao usuário a possibilidade de interagir com os elementos virtuais através das mãos, eliminando assim dispositivos tecnológicos complexos e tornando a interação com o ambiente misturado muito mais agradável, atrativa e motivadora [Billinghurst et. al. 2001], [Billinghurst 2001], [Santin et. al. 2004], [Kirner et. al. 2004], [Zhou et. al. 2004], [Zhou et. al. 2005].

A manipulação dos objetos virtuais é muito interessante, mas para que possa ser possível a sua correta utilização, se faz necessário o uso de um software que tenha capacidade de observar o ambiente real, analisando os dados e extraíndo de alguma forma informações sobre a localização, orientação e interações sobre os objetos virtuais. Existem diversos softwares com esse propósito, cada um com vantagens e desvantagens. Ao analisar as possibilidades existentes, um software que apresenta uma boa relação custo-benefício é o ARToolKit. Por esse motivo, as implementações dos jogos de quebra-cabeça do presente artigo foram feitas com o auxílio deste software.

2.2. O Software ARToolKit

ARToolKit [ARToolKit 2005], [Kato et. al. 2000] é um software livre construído para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada, que faz uso de técnicas de visão computacional, processamento de imagens e programação para o seu funcionamento.

Uma das maiores dificuldades, que ocorrem no desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada, é fazer com que essas aplicações calculem precisamente e em tempo real o ponto de vista do usuário, de forma que os objetos do mundo virtual possam ser corretamente posicionados, orientados e escalados de acordo com os objetos do mundo real. Outra grande dificuldade é estabelecer formas de interação com os objetos virtuais. Nesse contexto, através de técnicas de visão computacional, o software ARToolKit permite rastrear e calcular a posição de marcadores de referência, de forma suficientemente rápida, identificando seus símbolos e posicionado sobre eles objetos virtuais.

Para que isso ocorra, algumas etapas de processamento são necessárias. Primeiramente, o ARToolKit transforma a imagem de vídeo capturada pela câmera em uma matriz de pontos com valores binários (em P&B). Em seguida, ele examina essa matriz buscando encontrar regiões onde aconteçam padrões de imagem com formas quadradas ou retangulares. Assim, o software compara a imagem existente no interior de cada quadrado ou retângulo encontrado com algumas imagens pré-cadastradas, buscando semelhança. Se existir uma certa similaridade, o programa considera que encontrou um dos marcadores de referência. Então, o ARToolKit usa o tamanho conhecido do quadrado (pré-cadastrado) e a orientação do padrão encontrado para calcular a posição real da câmera em relação à posição real do marcador. Uma matriz 3x4 conterá as coordenadas reais da câmera em relação ao marcador. Esta matriz é usada para calcular a posição das coordenadas da câmera virtual. Se as coordenadas virtuais e reais da câmera forem as mesmas, o objeto virtual pode ser desenhado precisamente sobre o marcador real.

3. Quebra-cabeças com Realidade Aumentada

Esta seção apresenta alguns exemplos de quebra-cabeças desenvolvidos em ambiente de Realidade Aumentada.

3.1 Quebra-cabeça 2D

Esta versão de quebra-cabeça virtual é a que mais se aproxima do quebra-cabeça clássico, onde se tem peças com diversos formatos e encaixes que devem ser unidas para formar uma figura qualquer.

Primeiramente, foram desenvolvidas na linguagem VRML as peças que iriam compor o quebra-cabeça. Cada peça foi separada em um arquivo VRML próprio, reforçando assim o conceito de que cada peça é um elemento distinto no jogo.

A seguir, foram confeccionados e cadastrados no ARtoolKit diversos marcadores de referência, com o número das peças virtuais do quebra-cabeças.

O último procedimento foi associar corretamente os marcadores cadastrados às peças virtuais previamente criadas, fazendo alguns ajustes no posicionamento e escala sobre o marcador, visando assim uma melhor interação, evitando a oclusão involuntária dos marcadores, o que causaria o desaparecimento das peças. A figura 3 mostra algumas fases da montagem do jogo e a apresentação final.



Figura 3. Montagem do jogo e exibição final.

Como pode ser observado na figura 3, a forma de jogar utilizada neste modelo de quebra-cabeça é muito semelhante a do quebra-cabeça clássico, devendo o usuário manipular os marcadores de referência corretamente para conseguir encaixá-los e formar com sucesso a figura completa. Uma das vantagens dessa abordagem é que, diferentemente do quebra-cabeça clássico, é possível agregar novas funcionalidades aos quebra-cabeças, como sons e estímulos visuais de vitória, possibilidade de fácil mudança de imagem, trocando as texturas das peças, além da nova forma de interação que por si só já dá ao brinquedo um ar mais renovado e atraente.

3.2 Quebra Cabeça Sanduíche

Os quebra-cabeças clássicos trazem como principal meta e desafio de conseguir, ao final da montagem, visualizar uma figura qualquer em sua forma completa. A proposta deste novo quebra-cabeça [Akagui and Kirner 2004], [Nunes et. al. 2005] é utilizar a montagem clássica do quebra-cabeça, com peças físicas normais. Porém, no verso do quebra-cabeça é inserido um marcador de referência que abrange todas as peças existentes.

Para que esse marcador possa ser visualizado, o quebra-cabeça é montado sobre uma base transparente de plástico ou vidro e, ao final da montagem, é colocada uma

outra placa transparente sobre a figura montada, prensando as peças do quebra-cabeça entre as duas placas. Isso possibilita a visualização do verso das peças e impede o quebra-cabeça de desfazer a montagem.

Quando o quebra-cabeça montado é virado, a câmera captura a imagem do marcador no verso da montagem, exibindo um troféu de vencedor, que pode ser uma animação referente à imagem da montagem, entre outras possibilidades. Assim, fica estabelecida uma nova forma de premiação ao jogador, com um estímulo adicional para finalizar a montagem, o que torna o jogo mais atrativo e motivador.

Na aplicação desenvolvida foi utilizado um quebra-cabeça que contém a figura do mapa do Brasil e a legenda de seus determinados estados com suas respectivas capitais. Ao terminar a montagem das peças o jogador pode prensar o quebra-cabeça utilizando um vidro transparente, fazendo dele um sanduíche. Ao virá-lo, a webcam captura o marcador anexado no verso e após o programa fazer o reconhecimento deste marcador é possível visualizar a bandeira virtual do Brasil tremulando. A figura 4 mostra o funcionamento desse tipo de quebra-cabeça.



Figura 4. Montagem do jogo e exibição final.

3.3 Quebra cabeça 3D

Como foi dito anteriormente, o objetivo de um quebra-cabeça clássico é montar todas as peças de forma que a figura tema do brinquedo fique visível na sua forma completa. No entanto, essa figura é sempre plana e bidimensional, devido à natureza do brinquedo.

No quebra-cabeça 3D [Zorzal et. al 2005] proposto, 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 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 (Figura 5), 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.

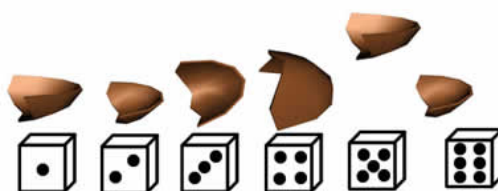


Figura 5. Objeto virtual com ângulos, escalas e posições diferenciadas.

Esta variação do quebra-cabeça pode ser utilizada tanto para entretenimento quanto para outros fins, como desenvolvimento de raciocínio espacial e treinamento. A figura 6 mostra o ambiente desta modalidade de quebra-cabeça.



Figura 6. Ambiente do quebra-cabeça 3D.

3.4 Quebra cabeça ordenador

O quebra-cabeça do tipo ordenador utiliza um princípio de um jogo muito conhecido, onde existe um quadro com diversas células de quadrados, que precisam ser rearranjadas para formar uma figura ou símbolo.

Nesse caso, foi construído um jogo semelhante, utilizando papel cartão e os símbolos anexados são marcadores que, ao serem reconhecidos pelo ARToolKit, mostram ao jogador objetos virtuais sobrepostos a eles. Esses símbolos podem ser trocados com o auxílio de uma placa de controle [Santin et. al. 2004], que corresponde a um marcador auxiliar. Ao ser colocado no campo de visão da webcam, a placa de controle faz com que seja executado um processo de alteração na identificação do objeto virtual com seus respectivos marcadores, fazendo com que eles recebam um novo valor em sua identificação e consequentemente um novo objeto virtual associado. Isto pode, por exemplo, alterar a formação de números para letras ou até mesmo um objeto 3D com recortes, que, ao ser montado, apresenta comportamento semelhante ao quebra-cabeças 3D citado na seção anterior.

A figura 7 apresenta o cenário do quebra-cabeça.



Figura 7. Cenário do quebra-cabeça ordenador.

3.5 Quebra-cabeça com palavras

Uma das primeiras formas de quebra-cabeça a surgir foi o jogo de palavras. Através da combinação de algumas letras e dicas, é possível antever as outras palavras e facilitar a resolução dos enigmas.

A proposta desta variação de quebra-cabeça é muito interessante e utiliza o princípio da junção de letras dos jogos de palavras [Zorzal and Kirner 2005] com técnicas de Realidade Aumentada para enriquecer os resultados finais.

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. Quando o usuário forma uma sequência de letras previamente cadastrada, o software ARtoolKit mostra um objeto virtual associado àquela combinação.

A figura 8 apresenta alguns modelos de placas cadastradas junto aos seus respectivos objetos virtuais, usando palavras em inglês.



Figura 8. Exemplo de placas e objetos virtuais correspondentes.

Essas características fazem desse jogo, além de um ótimo entretenimento, uma fonte de aplicações práticas como alfabetização, aprendizado de idiomas, entre outras. A figura 9 mostra algumas peças utilizadas e o cenário do jogo.



Figura 9. Peças e o ambiente do quebra-cabeça com palavras.

3.6 Torre de Hanói

A Torre de Hanói é um jogo interessante que usa a técnica de recursividade para a sua solução. O jogo baseia-se no uso de uma base com três pinos e de um certo número de argolas ou discos com diferentes diâmetros, contendo um furo no centro. Inicialmente, os discos são colocados em um pino, formando uma torre com a base maior. O objetivo principal deste jogo é transferir todos os discos, um de cada vez, de um pino origem para outro pino destino, usando um terceiro pino como auxiliar, de forma que um disco menor nunca fique debaixo de um disco maior. O problema se resume em planejar o jogo de forma a usar sempre o disco de baixo e a torre de cima, contendo o restante dos discos. Assim, a ação se restringe em movimentar a torre de cima e o disco de baixo. Como não é permitido movimentar-se mais do que um disco de cada vez, a movimentação da torre de cima adota o mesmo procedimento, até que a torre de cima se resuma a um disco. Aí o movimento físico poderá ocorrer.

Para isto, foram confeccionados quatro cubos, cada um com quatro marcadores de referência. Cada cubo representa um disco, sendo que cada face marcadora permite colocar o respectivo disco em uma posição no espaço. Na lateral de cada cubo, foram

impressos números de um a quatro, servindo como auxílio ao usuário para indicar as posições de cada face. A figura 10 ilustra o posicionamento do disco vermelho no espaço, em função do posicionamento das faces do cubo. Os cubos dos outros discos não foram mostrados.

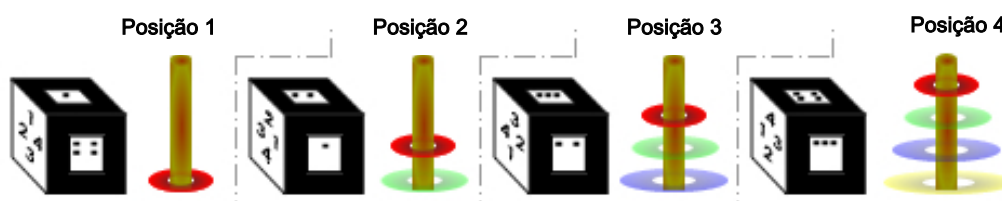


Figura 10. Posição do disco referente à sua marca.

Este novo método de jogo é interessante, pois além das características do jogo tradicional, ele apresenta outras que fazem com que o jogador exercite sua capacidade de raciocínio espacial e sequencial.

A figura 11 mostra o ambiente do quebra-cabeça Torre de Hanói.



Figura 11. Cenário do quebra-cabeça desenvolvido.

3.7 Quebra-cabeça Cubos Mágicos

O quebra-cabeça cubo mágico [Zhou et. al. 2004], [Zhou et. al. 2005], [Zorzal et. al. 2005c] é um jogo constituído por um conjunto de oito cubos individuais de madeira ou plásticos interligados. Esse conjunto se desdobra resultando em diversas formas. Em cada face dos cubos individuais há uma imagem impressa. Ao desdobrar o conjunto, essas imagens se unem formando uma figura por completo, acompanhada da exibição de um pequeno marcador associado. A figura 12 demonstra as possíveis formas do cubo mágico.

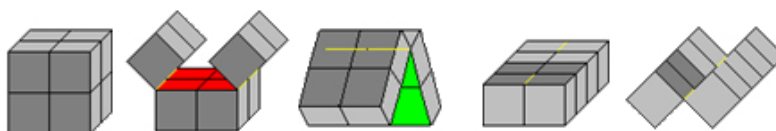


Figura 12. Formato do quebra-cabeça [Köller 2000].

A figura 13 apresenta o modelo para construção do quebra-cabeça cubo mágico, onde os retângulos amarelos indicam a necessidade de junção dos cubos individuais com alguma fita adesiva ou outro material fixador.

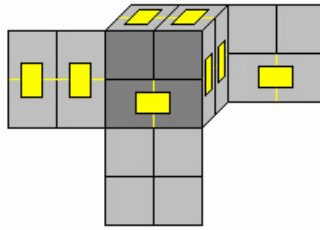


Figura 13. Modelo para construção do quebra-cabeça cubo mágico [Köller 2000].

Nesse caso, foi feita uma alteração no software ARToolKit, de forma que além de disparar a visualização de um objeto ou cenário virtual sobre o marcador, é disparado também o acionamento de um trecho de gravação de áudio. Assim, em cada posição formada pelo quebra-cabeça cubo mágico, pode-se ver a cena virtual correspondente e ouvir sons, relatos ou trechos de uma história. Posicionando corretamente e em sequência o cubo mágico no campo de visualização da webcam, o usuário poderá ver e ouvir uma história, por exemplo. Como aplicação, foi relacionada a esse quebra-cabeça a história bíblica de Davi e Golias. A figura 14 apresenta os cenários virtuais que contam a história e seus respectivos marcadores de referência.

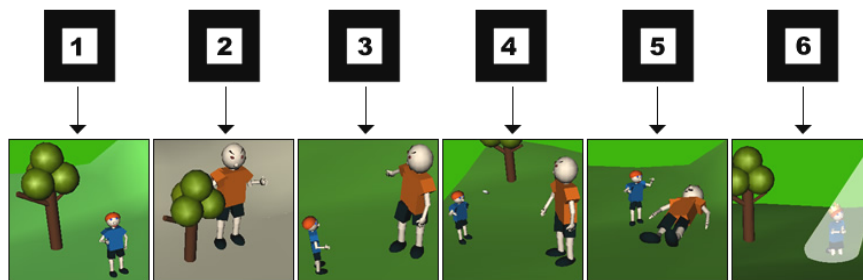


Figura 14. Cenas virtuais e seus respectivos marcadores.

Esse modelo de quebra-cabeça permite que o usuário assista a história bíblica de Davi e Golias em um ambiente 3D, podendo inclusive examinar todos os ângulos, escutar a narração e a fala dos personagens e ouvir sons do ambiente virtual. Isso é conseguido através do posicionamento correto dos cubos.

A figura 15 mostra o ambiente da aplicação do quebra-cabeça cubos mágicos.

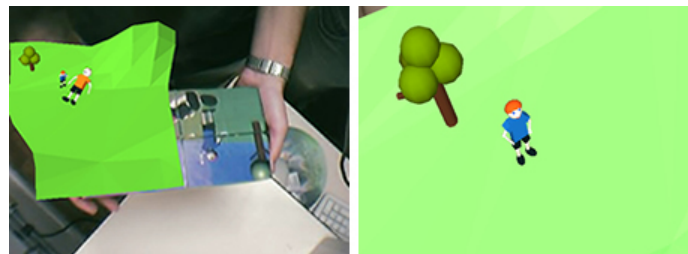


Figura 15. Quebra-cabeça cubos mágicos.

4. Conclusões

A Realidade Aumentada é uma tecnologia em expansão, com vasto campo de exploração, contribuindo de maneira significativa para a área de entretenimento e

educação e aumentando o potencial de criação de jogos. Neste caso, os jogos se restringiram à construção de novos quebra-cabeças ou à potencialização de quebra-cabeças conhecidos, com o apoio do ambiente computacional, permitindo uma interação natural, de fácil adaptação e livre de dispositivos especiais.

Os quebra-cabeças desenvolvidos com a tecnologia de Realidade Aumentada permitem que o usuário tenha uma visão enriquecida e ampliada do ambiente. Ao lidar com os objetos virtuais tridimensionais sobrepostos ao cenário real, o usuário estimula sua capacidade de percepção e o raciocínio espacial.

Os jogos com Realidade Aumentada têm um potencial muito grande de desenvolvimento, tendo sido até agora pouco explorados. A área de jogos e quebra-cabeças colaborativos, especificamente, apresenta um espaço interessante de desenvolvimento, em função da existência de múltiplos usuários interagindo em um mesmo espaço compartilhado. Esses ambientes exigirão novas formas de interação, gerando novas interfaces que deverão facilitar o trabalho das pessoas e o seu desenvolvimento cognitivo. Esse campo, particularmente deverá ser objeto de exploração em trabalhos futuros.

5. Referências

- Akagui, D. and Kirner, C. (2004) “LIRA – Livro Interativo com Realidade Aumentada”. VII Symposium on Virtual Reality, SP – Brazil. October.
- ARToolKit. (2005) “ARToolKit”. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>. Acesso em 08 de março de 2005.
- Azuma, R. T. (1993) “Tracking Requirements for Augmented Reality”, Communications of the ACM, 36(7):50-51, July.
- Bajura, M.; Neumann, U. (1995) “Dynamic Registration Correction in Video-Based Augmented Reality Systems”, IEEE Computer Graphics & Applications, 15(5):52-60, Sept.
- Billinghurst, M. (2001) “Crossing the Chasm. Presented at International Conference on Augmented Tele-Existence”, (ICAT 2001), 5-7 December, Tokyo, Japan. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-2002-62/r-2002-62.pdf>. Acesso em 30 de março de 2005.
- Billinghurst, M. et al. (2001) “The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality”. Computer Graphics and Applications, 2001. 21(3), 2-4. Disponível em <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-2002-29/r-2002-29.pdf>. Acesso em 30 de março de 2005.
- Boman, D. K. (1995) “International Survey: Virtual Environment research”, IEEE Computer, 28(6):57-65. Junho.
- Feiner, S. et al. (1993) “Knowledge-Based Augmented Reality”, Communications of the ACM, 36(7):52-62. Julho.
- Kato, H., Billinghurst, M., and Poupyrev, I. (2000) “ARToolKit version 2.33 Manual”, Novembro.

- Kirner, C., and Tori, R. (2004) “Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade”. In: Claudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. 1ed. São Paulo, v. 1, p. 3-20.
- Kirner, C. et al. (2004) “Uso de Realidade Aumentada em Ambientes Virtuais de Visualização de Dados”. Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP, outubro.
- Köller, J. (2000) “Magic Cube”. Disponível em: <http://www.mathematische-basteleien.de/magiccube.htm>, Acesso em 23 de novembro de 2005.
- Milgram, P. et al. (1994) “Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum”. Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351.
- Nunes, C. et al. (2005) “EIC-RA – Desenvolvimento de Ambiente Virtual com ARToolKit para Inclusão Digital de Crianças Hospitalizadas”. II Workshop sobre Realidade Aumentada. Unimep. Piracicaba, SP;
- Santin, R. et al. (2004) “Ações interativas em Ambientes de Realidade Aumentada com ARToolKit”. Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP, outubro.
- Williams, A. D. (1997) “Jigsaw Puzzles – A Brief History”. Disponível em: <http://www.oldpuzzles.com/history.htm>. Acesso em 20 de dezembro de 2005.
- Zhou, Z. et al. (2004) “Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes”, Australian Workshop on Interactive Entertainment, p. 19-22.
- Zhou, Z. et al. (2005) “Magic Cubes for Social and Physical Family Entertainment. Human Interface Technology Laboratory”. Department of Electrical & Computer Engineering. National University of Singapore. Singapore. Disponível em: <http://www.techkwondo.com/external/pdf/reports/p1156.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2005.
- Zorzal, E. R., and Kirner, C. (2005) “Jogos Educacionais em Ambiente de Realidade Aumentada”. II Workshop sobre Realidade Aumentada. Unimep. Piracicaba, SP;
- Zorzal, E. R., Buccioli, A. A. B., and Kirner, C. (2005a) “O Uso da Realidade Aumentada no Aprendizado Musical”. WARV - Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, UFU, Uberlândia, MG.
- Zorzal, E. R., Queiroz, E. A., Buccioli, A. A. B., Guimarães, M. P., and Kirner, C. (2005b) “A Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Jogos em Primeira Pessoa”. WARV - Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, UFU, Uberlândia, MG, 2005.
- Zorzal, E. R., Buccioli, A. A. B. and Kirner, C. (2005c) “Desenvolvimento de Jogos em Ambiente de Realidade Aumentada”. SBGAMES – Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital, WJogos, USP, São Paulo, SP;