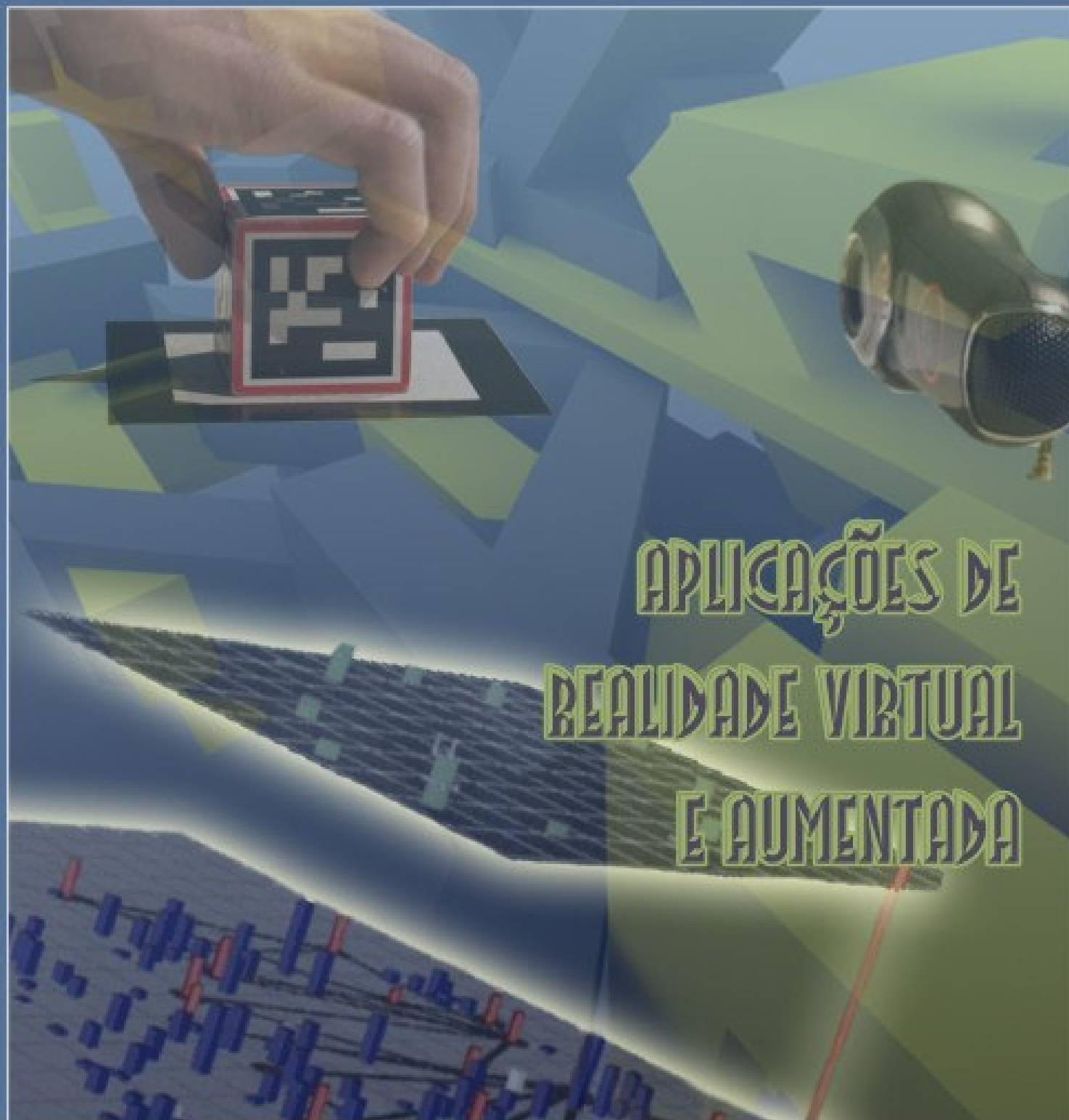


Pré-simpósio **SVR2009**

XI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada



APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA

Organizadores

Rosa Maria Costa
Marcos Wagner S. Ribeiro

Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada

SVR
2009

XI SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA

Livro do
Pré-Simpósio

25 a 28 de maio de 2009
Porto Alegre-RS - Brasil

Editora

Sociedade Brasileira de
Computação - SBC

Organizadores

Rosa Maria Costa
Marcos Wagner S. Ribeiro

Realização

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Faculdade de Informática
Grupo de Realidade Virtual

Promoção

Sociedade Brasileira de Computação - SBC

© 2009 pelos editores e autores

Todos os direitos reservados pelos respectivos detentores
Figuras e citações referenciadas: direitos reservados aos respectivos detentores

Coordenação de Produção e Editoração
Marcos Wagner S. Ribeiro – ULBRA

Capa e Projeto Gráfico
Aline Santa Pereira – ULBRA

Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada
Rosa Maria E. M. Costa, Marcos Wagner S.
Ribeiro - organizadores. – Porto Alegre - RS,
Editora SBC – Sociedade Brasileira de
Computação, Porto Alegre, 2009.
“Livro do pré-simpósio, XI Symposium on Virtual
and Augmented Reality”

Bibliografia.
1. Realidade Virtual, Realidade Aumentada I.
Costa, Rosa II. Ribeiro, Marcos.

ISBN 857669236-8

Índice para catálogo sistemático:

1. Realidade Virtual e Aumentada: Ciência da Computação 006

Este livro foi especialmente editado, em tiragem limitada, a partir de conteúdos desenvolvidos para as palestras do pré-simpósio do *XI Symposium on Virtual and Augmented Reality*, realizado em Porto Alegre – Rio Grande do Sul, de 25 a 28 de maio de 2009, promovido pela Sociedade Brasileira de Computação e organizado pelo Grupo de Realidade Virtual da PUC-RS.

SUMÁRIO

Capítulo 1

Realidade Virtual: Histórico, Conceitos e Dispositivos 08

Capítulo 2

Uso de Realidade Virtual em Vida Artificial ----- 31

Capítulo 3

Aplicações de RV e RA na Educação e Treinamento -- 53

Capítulo 4

RV e RA Aplicadas à Saúde ----- 69

Capítulo 5

Aplicações de RV no entretenimento ----- 90

Capítulo 6

Aplicações de Realidade Aumentada na criação de Interfaces Distribuídas -----108

Capítulo 7

Aplicações de Visualização de Informação em Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada -----128

Organizadores



Prefácio

O Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR) é o principal evento no Brasil relacionado com tecnologias e aplicações de interfaces avançadas interativas, tais como Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Uma das atividades do evento são as apresentações do pré-simpósio. Esta parte do evento ocorre no primeiro dia e tem como objetivo nivelar o conhecimento de todo público interessado em RV e RA para um aprofundamento nos momentos posteriores do simpósio. O pré-simpósio destina-se a aderir pesquisadores, estudantes, professores, empresários e profissionais interessados em conhecer a Realidade Virtual (RV) e suas aplicações em diferentes campos.

Este livro foi editado com base no texto das apresentações do Pré Simpósio e trouxe como temas:

RV e RA Conceitos
RV e RA aplicadas em Vida Artificial
RV e RA aplicados em Treinamento
RV e RA aplicadas em Saúde
RV e RA aplicadas em Entretenimento
RV e RA aplicadas em Distribuição de Ambientes
RV e RA aplicadas em Visualização de Informações

Com isto, temos a intenção que este livro seja uma referência para profissionais, pesquisadores e estudantes da área, bem como iniciantes e profissionais de outras áreas do conhecimento. Esperamos que aproveitem e apreciem este trabalho.

Organizadores

Rosa Maria Costa e Marcos Wagner S. Ribeiro

rosamcosta@yahoo.com, marcos_wagner@yahoo.com.br

Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada

Capítulo

1

Realidade Virtual: Histórico, Conceitos e Dispositivos

Leonardo Castro Botega (UNIVEM-UFSCAR) e Paulo Estevão Cruvinel
(EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA)

Abstract

History of the Virtual Reality (VR) in Brazil and abroad, aiming the first groups, systems and applications of this kind of interface. Later, the available kinds of VR systems are presented and classified, representing their employability into several applied scientific contexts. Finally, the input and output devices used in virtual environments are identified, since their components working methods, until their insertion into the three-dimensional context.

Resumo

Histórico da Realidade Virtual (RV) no Brasil e no exterior, apontando os primeiros grupos, sistemas e aplicações desta modalidade de interface. Posteriormente, são apresentadas e classificadas as diversas modalidades de RV disponíveis, retratando sua empregabilidade dentro de vários contextos científicos aplicados. Finalmente, são identificados os dispositivos de entrada e saída de dados utilizados em ambientes de RV, desde o funcionamento de seus componentes formadores, até sua inserção no contexto de interfaces tridimensionais.

1.1. Histórico

A Realidade Virtual configura-se como uma interface avançada de terceira geração para aplicações computacionais, na qual o usuário pode interagir, em tempo real, a partir de um ambiente tridimensional sintético, utilizando dispositivos multisensoriais (Kirner *et al*, 1995).

A tecnologia surgiu com o pesquisador Ivan E. Sutherland, que desenvolveu o primeiro sistema gráfico interativo, o qual interpreta desenhos como dados de entrada e realiza associações com topologias conhecidas, gerando novos desenhos (Sutherland, 1963). Já o termo Realidade Virtual (RV) surgiu em meados dos anos 70, onde

pesquisadores sentiram a necessidade de uma definição para diferenciar as simulações computacionais tradicionais dos mundos digitais que começavam a ser criados. Nasceram então as interfaces de terceira geração, onde interações eram produzidas sobre as situações geradas, utilizando-se de comandos não convencionais, diferenciando-se das interfaces dotadas apenas de reprodução multimídia, mantidas até então por interfaces bidimensionais de primeira e segunda geração (Krueger, 1977) (Bolt, 1980) (Lanier, 1984). O termo é bastante abrangente, e logo, acadêmicos, desenvolvedores de *software* e pesquisadores procuram definir Realidade Virtual baseados em suas próprias experiências. Pimentel define Realidade Virtual como sendo o uso de tecnologia para convencer o usuário de que ele está em outra realidade. Em geral, Realidade Virtual refere-se a uma experiência interativa e imersiva baseada em imagens gráficas tridimensionais geradas em tempo real por computador (Pimentel, 1995).

Machover afirma que a qualidade dessa experiência de Realidade Virtual é essencial, pois deve estimular ao máximo, de forma criativa e produtiva, o usuário. Os sistemas de Realidade Virtual também precisam fornecer uma reação de forma coerente aos movimentos do participante, tornando a experiência consistente (Machover, 1994). O principal objetivo desta nova tecnologia é fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual (Jacobson, 1994). Para propiciar esta sensação de presença os sistemas de RV integram sofisticados dispositivos, os quais podem ser aplicados em ferramentas das mais diversas áreas, contribuindo para a análise e manipulação de representações virtuais. Estes dispositivos podem ser luvas de dados (Sun, 2007) (Immersion, 2007) e capacetes imersivos (*Head Mounted Displays*) (Sensics, 2007) (Darpa, 2007) (VRRealities, 2007).

Na prática, a RV permite que o usuário navegue e observe o um mundo tridimensional sob seis graus de liberdade (6 DOF)¹. Isso exige a capacidade do *software* de definir, e do *hardware* de reconhecer, seis tipos de movimento: para frente/para trás, acima/abaixo, esquerda/direita, inclinação para cima/para baixo, angulação à esquerda/à direita e rotação à esquerda /à direita. Na essência, a RV é um espelho da realidade física, na qual o indivíduo existe em três dimensões, tem a sensação de estar imerso no ambiente e tem a capacidade de interagir com o mundo ao seu redor. Os dispositivos de RV simulam essas condições, chegando ao ponto em que o usuário pode tocar virtualmente os objetos de um mundo virtual e fazer com que eles respondam, ou mudem, de acordo com suas ações (Von Schieber, 1995).

No final de 1986 uma equipe da NASA já possuía um ambiente virtual que permitia aos usuários ordenar comandos pela voz, escutar fala sintetizada e som 3-D, e manipular objetos virtuais diretamente através do movimento das mãos. O mais importante é que através desse trabalho verificou-se a possibilidade de comercialização de um conjunto de novas tecnologias, com o custo de aquisição e desenvolvimento cada vez mais acessível (Pimentel, 1995).

A conscientização de que os empreendimentos da NASA tornavam-se tecnologias comercializáveis deu início a inúmeras pesquisas em RV no mundo inteiro. Organizações variando de empresas de *software* até grandes corporações de informática começaram a desenvolver e vender produtos e serviços ligados à Realidade Virtual. Em 1987, a VPL Research Inc. começou a vender capacetes e luvas digitais e em 1989 a AutoDesk apresentava o primeiro sistema de RV baseado num computador pessoal (PC) (Jacobson, 1994).

1. DOF (*Degrees of freedom*): Graus de liberdade, relativo aos movimentos de translação e rotação do dispositivo de RV.

Apesar de a RV ter sido inventada há mais de 30 anos, a mesma tem a cada ano evoluído substancialmente. Seu custo permaneceu alto durante muito tempo devido aos equipamentos de alta tecnologia envolvidos. Entretanto, a evolução das indústrias de computadores e o grande avanço tecnológico possibilitaram a utilização da RV a um preço acessível, cerca de metade dos custos de dez anos atrás, fazendo com que deixasse de ser exclusividade de instituições de pesquisa ou governamentais (Machado, 1995).

No Brasil, um dos primeiros grupos de pesquisa em Realidade Virtual (RV) foi organizado no Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (DC/UFSCar), criado em outubro de 1995 (Kirner, 1995). Seu principal projeto, denominado AVVIC-PROTEM-CC, baseou-se na criação de um ambiente e aplicações de pesquisa de RV distribuída, provendo melhorias nas condições de visualização interativa e compartilhada em ambiente colaborativo. Neste âmbito, é possível encontrar na literatura da área trabalhos desenvolvidos que contribuíram para a popularização das técnicas e dispositivos de RV no País, tais como: Modelagem dinâmica de mundos virtuais (Schneider, 1997), detecção de colisão (Peruzza, 1997), ambiente virtual interativo tridimensional (Ipolito, 1997), suporte virtual para ensino a distância (Kubo, 1997), suporte para aplicações de RV e visualização (Santos, 1998). Ainda neste período, junto à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), outro trabalho relevante desenvolvido neste segmento foi a especificação e análise de um sistema distribuído de Realidade Virtual, a primeira tese de doutorado no país abordando RV (Araújo, 1996).

Atualmente, além do DC/UFSCar encontram-se no País outros grupos que desenvolvem estudos de RV (aproximadamente 30), onde segundo dados da Sociedade Brasileira de Computação (<http://www.sbc.org>), os principais estão localizados nas seguintes instituições: SVVR/LNCC, TecGraf/PUC, Interlab/USP, LSI/USP, GRV/UNESP, GRVa/UFRJ, GRV/UFU, GMRV/UNIMEP, GRV/UFPE e LApIS/UNIVEM. Dentre os principais trabalhos desenvolvidos encontram-se: sistema de reconstrução de mandíbula (Villamil *et al*, 2005), ambiente virtual para planejamento de hepatectomia (Benes e Bueno, 2003), prototipagem a partir de imagens reconstruídas (Bazan, 2004) (Souza *et al*, 2001), ferramentas estereoscópicas para treinamento médico (Botega e Nunes, 2005), sistemas de geração de modelos tridimensionais a partir de imagens médicas (Perdigão *et al*, 2005), *Frameworks* de simulação de procedimentos médicos (Oliveira, 2006), simuladores de segmentação de imagens (Delfino, 2006), sistema de análise de amostras agrícolas tridimensionais (Botega e Cruvinel, 2007), *framework* de Realidade Aumentada baseado em FPGA (Lima *et al*, 2007), gerador de jogos utilizando Realidade Aumentada (Tsuda *et al*, 2007), integração de Realidade Aumentada em interação entre robôs (Calife *et al*, 2007), iluminação realística (Pessoa *et al*, 2008), gerador de aplicações multimídia com RV (Malfatti *et al*, 2008), estimador de profundidade em ambientes de RV (Sanchez *et al*, 2008), incorporação de comandos de voz em ambientes de RV (Pizzolato *et al*, 2008) e sistema de rastreamento virtual (Teixeira *et al*, 2008).

1.2. Sistemas de Realidade Virtual

Os sistemas de RV diferem entre si de acordo com os níveis de imersão e de interatividade proporcionado ao usuário. Esses níveis são alcançados pelos diversos tipos de dispositivos de entrada e saída de dados do sistema, além da performance do

computador que o hospeda. Existem algumas formas de classificação dos sistemas de RV. Shepherd (1993) identifica duas grandes classes: tele-presença, em que um ambiente sintético comum é compartilhado entre várias pessoas como uma extensão ao conceito de trabalho cooperativo suportado por computador, e tele-operação, onde robôs agem sobre um elemento, seja ele um corpo humano ou um produto sendo manufaturado. Entretanto, esses termos sofreram vários desdobramentos e mesmo inversões.

Segundo Araújo (1996), as aplicações de RV, em geral, são classificadas da seguinte forma: tele-colaboração, tele-presença e visualização científica 3-D. Sistemas de tele-colaboração implementados permitem aos usuários compartilhar um mesmo espaço e manipular objetos, sentindo o peso dos mesmos por meio de dispositivos de *feedback*. Um sistema de tele-presença, ou tele-existência, estende as capacidades sensoriais de um usuário humano, bem como a suas habilidades de solução de problemas, para um ambiente remoto. Na tele-presença, também conhecida como tele-operação ou tele-robótica, o robô executa as tarefas fisicamente separadas de seu operador humano. As ações executadas pelo operador são traduzidas em ações executadas pelo robô em seu ambiente remoto, ao mesmo tempo em que é emitido *feedback* sensorial ao operador humano, que se sente como se estivesse realmente presente no ambiente remoto. A tele-presença pode ser mais claramente vista como uma técnica de visão computacional que realça a função intermediária entre o participante e o ambiente (Latta, 1994).

Já a Visualização Científica permite que grandes quantidades de dados gerados por simulações computacionais sejam traduzidas em representações visuais tridimensionais. Dados podem ser renderizados como pontos, linhas, curvas, superfícies, volumes, cores, e mesmo como sons. Também permite a manipulação dos modelos sob vários ângulos e posições, permitindo uma ampla exploração de propriedades matemáticas intrínsecas (Upson *et al*, 1989) (Hultquist *et al*, 1992) (Spencer, 2001).

Jacobson (1994) e Pimentel (1995) consideram que sistemas ou estilos de RV podem ser classificados como RV de Simulação, RV de Projeção, Realidade Aumentada ou Realçada (*Augmented Reality*), Tele-presença, *Displays* Visualmente Acoplados (*Visually Coupled Displays*) e RV de Mesa.

A RV de Simulação trata-se do estilo mais antigo, originado com os simuladores de vôo desenvolvidos pelos militares americanos após a Segunda Guerra Mundial. Um sistema desse tipo basicamente imita o interior de um carro, avião ou jato, colocando o participante dentro de uma cabine onde se encontram monitores que apresentam um mundo virtual que reage aos comandos do usuário. Um sistema de RV de Simulação não processa imagens em estéreo, as imagens são geradas de forma bastante rápida. Em alguns sistemas as cabines são montadas sobre plataformas móveis, e os controles oferecem *feedback* tátil e auditivo (Burdea *et al*, 1994).

A RV de Projeção, também conhecida como Realidade Artificial, foi criada nos anos 70 por Myron Krueger (Krueger, 1977). Na RV de Projeção o usuário está fora do mundo virtual, mas pode se comunicar com os personagens virtuais. O sistema VIDEOPLACE, criado por Krueger naquela época, capturava a imagem do usuário e projetava-a em uma grande tela que representava um mundo virtual nas quais os usuários podiam interagir uns com os outros ou com os modelos virtuais. Krueger usou o termo Realidade Artificial para descrever o tipo de ambiente criado pelo seu sistema,

o qual não exigia que o participante vestisse ou usasse dispositivos de entrada.

Já a Realidade Aumentada *Augmented(Reality)* utiliza os dispositivos não convencionais de mais baixo custo para promover a imersão e interação do usuário com modelos 3-D. Utilizando-se de câmeras, marcadores de papel e técnicas de visão computacional, esta modalidade de RV captura a cena real onde se encontram os marcadores, reconhece a estrutura constante nos mesmos e insere o modelo virtual correspondente na cena real, a qual pode ser visualizada por monitores, *HMD's* ou algum sistema de projeção (Kirner *et al*, 2007). A Figura 1 demonstra o processo de reconhecimento dos marcadores e o posicionamento dos modelos virtuais na cena real.

Em sistemas de Realidade Aumentada (RA) mais custosos, utilizam-se dispositivos visuais transparentes, por onde o usuário pode ver dados, diagramas, animações e gráficos tridimensionais sem deixar de enxergar o mundo real, obtendo informações geradas por computador, sobrepostas ao mundo real. Esses *displays* transparentes são chamados *heads-up-displays (HUD's)*. O usuário pode, por exemplo, estar consertando algo e visualizando nos óculos os dados necessários a esta operação.

A RA visa aprimorar a percepção sensorial e pode ser entendida como uma forma de interface homem máquina de quarta geração que não tem um único foco de atenção, sendo que a interação se dá com o meio de forma global e ampliada. São características básicas de sistemas de RA: o processamento em tempo real, a combinação de elementos virtuais com o ambiente real e o uso de elementos virtuais concebidos em 3-D.

Por outro lado, a Tele-presença, utiliza câmeras de vídeo e microfones remotos para envolver e imergir o usuário profundamente no mundo virtual. Controle de robôs e exploração planetária são exemplos de pesquisas de Tele-presença em desenvolvimento. Contudo, existe também um grande campo em aplicações médicas, onde são utilizadas câmeras de vídeo e cabos de fibra óptica em intervenções cirúrgicas para auxiliar a visualização dos corpos de seus pacientes. Através da RV eles podem, literalmente, entrar no paciente, diretamente no ponto de interesse (Heeter, 1992) (Steuer, 1992).



Figura 1. Representação do processo de reconhecimento dos marcadores e o posicionamento de modelos virtuais (traduzido de Kato et al, 2000).

Os *Displays Visualmente Acoplados (Visually Coupled Displays ou Head Mounted Displays)* correspondem a uma classe de sistemas na qual imagens são exibidas diretamente ao usuário, que está olhando em um dispositivo que deve acompanhar os movimentos de sua cabeça. Esses dispositivos geralmente permitem imagens e sons em estéreo e detecção de movimentos da cabeça do usuário, usando essa informação para realimentação da imagem exibida (Azuma *et al*, 1994) (Romano, 2004).

A RV de Mesa (*Desktop VR*) é um subconjunto dos sistemas tradicionais de RV em que, ao invés de *Head Mounted Displays (HMD)*, são utilizados grandes monitores ou algum sistema de projeção para apresentação do mundo virtual. Alguns sistemas permitem ao usuário ver imagens tridimensionais no monitor com óculos obturadores, polarizadores ou filtros coloridos. Outros ainda utilizam-se de espelhos e displays horizontais, onde a imagem é retroprojetada em uma mesa translúcida, cujo resultado se assemelha com os hologramas (Cruz-Neira *et al*, 1993) (Burdea *et al*, 1994).

1.3. Imersão, Interação e Envolvimento

A RV também pode ser caracterizada pela coexistência integrada de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento (Morie, 1994). A idéia de imersão está intimamente ligada ao sentimento de fazer parte do ambiente. Normalmente, um sistema imersivo é obtido com o uso de capacete de visualização, cavernas e projeções das cenas nas paredes, teto e piso (Cruz-Neira, 1992). Além do fator visual, dispositivos ligados aos demais sentidos também são importantes para o sentimento de imersão, principalmente o som (Begault, 1994; Gradecki, 1994), além do posicionamento do usuário e dos movimentos da cabeça. A visualização de uma cena 3-D em um monitor é considerada não imersiva. Dessa forma, tem-se a conceituação de RV imersiva e não imersiva (Leston, 1996).

De modo geral, do ponto de vista da visualização, a RV imersiva utiliza capacete ou cavernas, enquanto a RV não imersiva utiliza monitores. Entretanto, dispositivos baseados nos demais sentidos podem introduzir algum grau de imersão à RV utilizando monitores (Robertson, 1993). Ainda assim, os mesmos ainda apresentam alguns pontos positivos, como o baixo custo e a facilidade de uso, evitando as limitações técnicas e problemas decorrentes do uso do capacete. Todavia, a tendência deve ser a utilização da RV imersiva, considerando que a imersão, aliada à interação, justifica-se como o grande propósito das aplicações em RV.

A interação está ligada à capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual em função das ações efetuadas sobre ele (capacidade reativa ou *feedback*). As pessoas sempre procuram uma boa simulação em um sistema de RV, onde que as cenas mudam em resposta aos seus comandos, que é a característica mais marcante dos *videogames*. Para que um sistema de RV pareça mais realista, o ambiente virtual deve ser interativo (Araújo, 1996).

A idéia de envolvimento, por sua vez, está ligada ao grau de motivação para o engajamento de uma pessoa em determinada atividade. O envolvimento pode ser passivo, como ler um livro ou assistir televisão, ou ativo, como participar de um jogo com algum parceiro. A RV tem potencial para os dois tipos de envolvimento ao permitir a exploração de um ambiente virtual e propiciar a interação do usuário com o mundo virtual dinâmico.

1.4. Dispositivos de Realidade Virtual

A interface em RV envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. A grande vantagem é que o conhecimento intuitivo do usuário sobre o mundo físico pode ser transportado para o mundo virtual.

Como consequência do advento da RV, surgiu a necessidade de se redefinir o paradigma de interface homem-computador. O sistema tradicional mouse-teclado-monitor foi substituído por dispositivos não-convencionais, que permitem maior imersão do usuário no ambiente sintético e o manuseio de todas as potencialidades dessa nova tecnologia (Kirner, 1995).

1.4.1. Dispositivos de saída de dados

A maioria das aplicações de RV é baseada no isolamento dos sentidos, principalmente a visão. Assim, cabe ao *hardware* de RV de saída de dados estimular tais sentidos. A saída dos sistemas de RV, seja ele imersivo (HMD's) ou parcialmente imersivo (monitores), tem como preocupação principal a estereoscopia, seja ela passiva, como a polarização, anaglifos e difração de luz, ou ativa, como os óculos obturadores (Gattas *et al.*, 2004).

1.4.1.1. Dispositivos convencionais de saída de dados

Os dispositivos convencionais de saída de dados são periféricos de comum utilização, destinados à visualização e análise de sistemas de propósito geral. São eles: monitor de vídeo, impressoras, autofalantes, etc. Envolvendo sistemas de Realidade Virtual, os dispositivos convencionais de saída de dados podem contribuir para o desenvolvimento de ambientes interativos e semi-imersivos, porém, não são capazes de prover realismo e o envolvimento tal qual fornecidos por sistemas virtuais dotados de dispositivos não-convencionais, os quais serão amplamente utilizados no presente projeto e descritos minuciosamente na seção a seguir.

1.4.1.2. Dispositivos não-convencionais de saída de dados

Os dispositivos não-convencionais de saída de dados são responsáveis em fornecer grande parte do efeito imersivo ao sistema de RV. Assim, tais dispositivos, implementados sob *interfaces* intuitivas, são capazes de transpor o usuário à cena sintética, tornando real sua experiência.

1.4.1.2.1. Head Mounted Displays

O vídeo-capacete (*Head-Mounted Display*, HMD) é um dos dispositivos de interface para RV mais populares, por tratar-se do dispositivo não-convencional de saída de dados que mais isola o usuário do mundo real. Este dispositivo é constituído basicamente de uma ou duas minúsculas telas e um conjunto de lentes especiais. Com duas telas, a tecnologia pode ser utilizada para exibir imagens estereoscópicas, apresentando os respectivos pontos de vista de cada olho para cada tela, contribuindo para o efeito imersivo.

As lentes ajudam a focalizar imagens que estão a alguns milímetros dos olhos do usuário, ajudando também a ampliar o campo de visão do vídeo. Os HMD's funcionam também como um dispositivo de entrada de dados, porque contém sensores de rastreamento que medem a posição e orientação da cabeça, transmitindo esses dados para o computador. Conseqüentemente, o computador gera uma seqüência de imagens por quadro correspondente às ações e perspectivas do usuário (Gradescki, 1994).

Os *HMD's* são construídos, normalmente, usando três tipos de telas: os monitores de TV (CRT), os monitores de cristal líquido (LCD), os mais usados atualmente, e os de diodo emissores de luz orgânicos (OLED).

1.4.1.2.1.1. *Displays* CRT

Os monitores de TV, em função da avançada tecnologia disponível nesta área, podem exibir imagens de alta resolução (1280x1024 *pixels*) com uma qualidade de cor excelente, mesmo em pequenas dimensões, sob campo de visão horizontal de até 127 graus. Entretanto, são relativamente pesados, volumosos e colocam altas voltagens muito próximas à cabeça do usuário (> 100v) (Kalawski, 1993). O funcionamento básico de um monitor CRT baseia-se na emissão de um raio de elétrons (raios catódicos) por um canhão de elétrons. O raio passa por um sistema de ajuste de foco (anodo) e deflexão, que direciona o raio para posições específicas de uma tela fosforescente. O fósforo então emite um pequeno ponto de luz em cada posição atingida pelo raio catódico. Devido ao rápido enfraquecimento da luz, a maioria dos HMD's CRT possuem um sistema de *refresh*, responsáveis por redesenhar a imagem repetidas vezes na tela. As cores na tela podem ser representadas através de duas maneiras: por uma dupla camada de fósforo, vermelha e verde, onde as cores exibidas na tela dependem de quanto os raios catódicos penetram nestas camadas e atravessam as máscaras coloridas, posicionadas no caminho do raio. Tais máscaras possuem três pontos de cor em cada posição de *pixel* (verde, vermelho e azul) e três canhões de elétrons, cada um para um ponto de cor. Quando os raios atravessam a máscara, eles ativam o triângulo de cores, o qual aparece em um pequeno ponto na tela. Cada cor específica pode ser alcançada por emissões específicas de raios catódicos (Hearn e Baker, 1997).

Os HMD's CRT usam dois Monitores de Raios Catódicos (CRT) que são posicionados nas laterais do HMD. Refletores de imagens são usados para dirigir a cena para o olho do usuário (Lane, 1993) A Figura 2 demonstra a emissão de raios catódicos e a Figura 3 demonstra um HMD com *display* CRT.

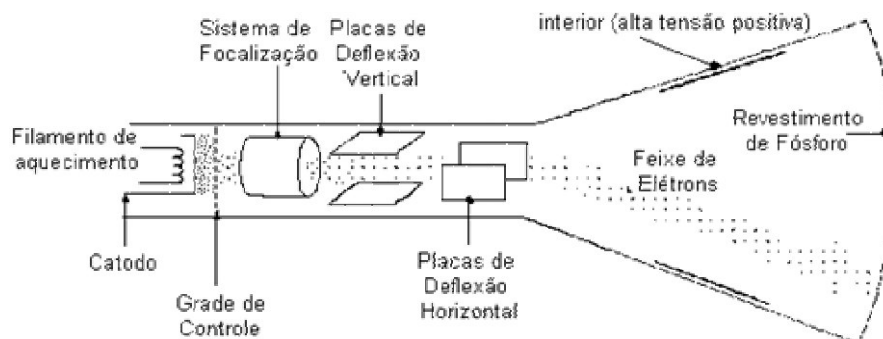


Figura 2. Representação do funcionamento de um CRT, partindo da emissão de raios catódicos, passando por sistemas de focalização, deflexão e controle, até atingir a tela fosforescente



Figura 3. HMD CRT de 2 telas desenvolvido na NASA, onde o canhão de elétrons é posicionado nas laterais do dispositivo, expondo o usuário a altas voltagens próximas da cabeça (Kalawski, 1993).

1.4.1.2.1.2. Displays LCD

Os HMD's LCD's, por sua vez, são leves e podem ser usados com pequenas voltagens (entre 20 e 100v). Sua resolução espacial em monitores pequenos pode variar desde extremamente baixa VGA (640x480 *pixels*) (Darpa, 1996), até uma amostragem satisfatória SXGA (1280x1024 *pixels*) (Vrlogic, 2007) com baixo ângulo de visão no campo horizontal (60 graus). Este tipo de HMD usa tecnologia LCD para exibir a cena, através da emissão de luz polarizada por um material de cristal líquido.

O termo cristal líquido atribuído a tal material refere-se ao fato de que os componentes do mesmo possuem uma disposição cristalina de moléculas, fluindo como líquido. O display é construído com cristal líquido nemático, duas superfícies de vidro, contendo polarizadores de luz e separadas pelo cristal líquido. Uma camada horizontal e outra vertical de condutores transparentes são atreladas às superfícies de vidro e a interseção dos condutores define a posição de um *pixel*. Quando uma luz polarizada ultrapassa todo o material, ela é rotacionada para que ultrapasse a outra superfície polarizadora e ative os *pixels*. Quando os *pixels* de cristal líquido são ativados, bloqueiam a passagem de luz. Milhares desses *pixels* são localizados em duas matrizes para cada exibição. Depois que o cristal líquido bloqueia a passagem de luz para exibir a cena, a luz deve ser refletida da matriz LCD para os olhos, provendo brilho para a cena. As cores podem ser obtidas em processo semelhante ao CRT, onde são utilizadas máscaras com as cores: vermelho, verde e azul, responsáveis por filtrar as posições

específicas de cada *pixel*. A Figura 4 demonstra o esquema dos componentes dos monitores LCD (Hearn e Baker, 1997) e a Figura 5 demonstra um HMD com *display* LCD.

1.4.1.2.1.3. Displays OLED

Já os monitores dos HMD's OLED, os mais recentes do mercado, trabalham de maneira semelhante aos LCD's, entretanto, são baseados em diodos orgânicos emissores de luz e não necessitam de luz traseira para funcionar, acarretando um menor consumo de energia à baixa voltagem. Esta tecnologia possui telas planas muito mais finas, leves e baratas que as atuais telas de LCD. A idéia é usar diodos orgânicos, compostos por moléculas que emitem luz ao receberem uma carga elétrica através de filamentos metálicos que conduzem os impulsos elétricos a cada célula. Quando uma voltagem é aplicada aos eletrodos, a carga começa a se mover no dispositivo sob influência do campo elétrico, assim, os elétrons deixam o catodo e as cargas positivas deixam o anodo em direções opostas. A combinação das cargas, na camada emissora, leva à criação de um fóton de moléculas emissoras, que sob energia elétrica gera a luz.

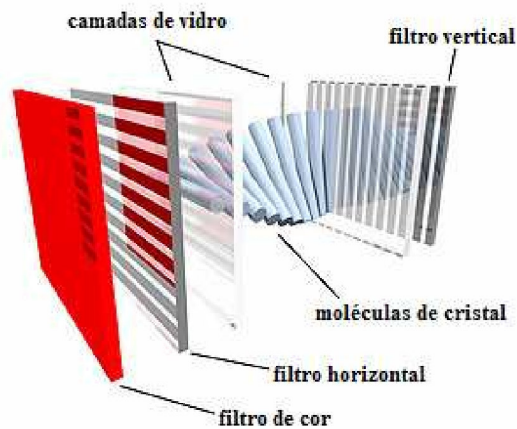


Figura 4. Esquema dos componentes formadores dos monitores LCD(GeorgiaTech, 2006)

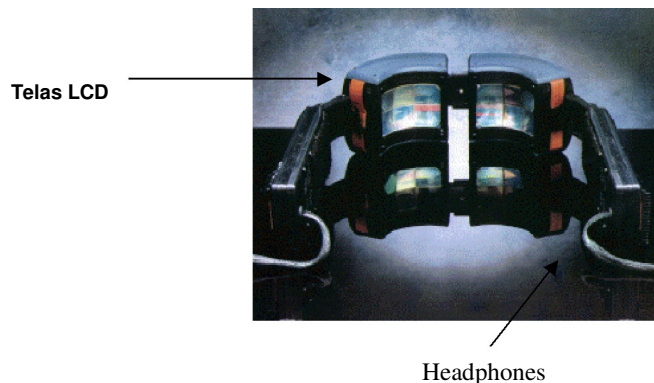


Figura 5. Exemplo de HMD com duas telas LCD e dois *headphones* (Darpa, 1996)

A vantagem é que ao contrário dos diodos tradicionais, estas moléculas podem ser diretamente aplicadas sobre a superfície da tela. Como desvantagens apresentam uma rápida degradação do material que compõe as telas, não suportam resolução maior que 800x600 *pixels* e têm baixo ângulo de visão horizontal (42 graus) (Daeyang, 2005). A Figura 6 demonstra a movimentação de cargas para a formação da luz e a Figura 7 mostra um HMD com *display* OLED.

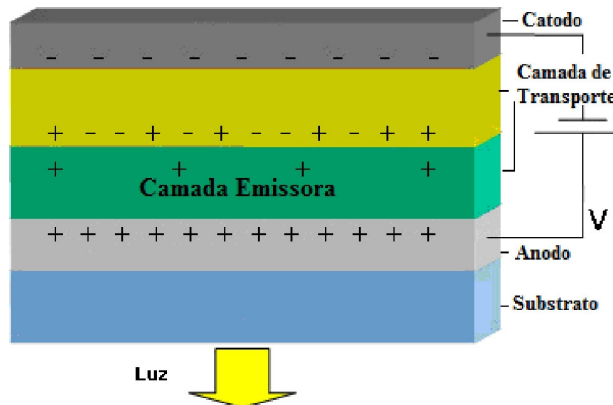


Figura 6. Representação da movimentação das cargas positivas e negativas para a formação da luz, aplicada sobre a superfície da tela (Nieto, 2006)



Figura 7. Representação de HMD OLED com duas telas e dois headphones (Vrealities, 2007)

O correto funcionamento de um HMD baseia-se em duas principais diretivas: o posicionamento do plano de imagem e a disparidade focal (VRresources, 2007).

Para entender o processo, faz-se necessária compreensão da teoria do stress biológico humano, a qual diz que notamos a presença de um plano de imagem localizado a alguns metros dos olhos do observador. O valor sugerido de 2 metros representa o

melhor ponto de operação pelas seguintes razões. Esta distância é utilizada para minimizar o stress muscular causado pela grande variação entre a distância do plano da imagem e a distância do objeto virtual.

Com o plano da imagem a 2 metros, é possível exibir um objeto a 1 metro de distância e ter 5% de variações do esforço necessário. Além disso, todos os objetos exibidos atrás do plano de imagem ainda estarão próximos do foco necessário desde que a variação do esforço a partir de 2 metros até o infinito seja sempre inferior a 5%. Em modelos mais recentes, o esforço muscular absoluto nunca ultrapassa 10%, sob qualquer circunstância, não importando a posição do objeto virtual.

Assim, os 2 metros de distância do plano de imagem permitem a visualização de uma imagem relativamente clara, sob uma escala de 1 metro até o infinito, mesmo com um foco óptico fixo, como na maioria dos HMD's encontrados no mercado. Evidente que mesmo com um esforço mínimo, ainda não é o ideal. Assim, pesquisadores da área buscam desenvolver um sistema óptico adaptativo, capaz de alterar a distância do plano da imagem dinamicamente.

O Segundo principal ponto relativo aos HMD's trata-se do campo de visão (FOV), e a sua relação com a mínima distância onde o objeto se apresenta, considerando que as ações devem ocorrer de forma com que a magnitude do campo de visão e os limites humanos devem trabalhar em conjunto.

Dependendo do campo de visão e da distância entre o plano de imagem e o observador, o mínimo ponto de aparição de um objeto virtual será, geometricamente falando, variável. Se o objetivo do uso de HMD's na aplicação for um nível de imersão razoável, deve assegurar-se que o campo de visão seja suficiente, levando em conta a distância do plano de imagem, para permitir a geração de imagens dentro dos limites fisiológicos do ser humano.

Geralmente, pode-se afirmar que o campo de visão de um HMD não consta como fator limitante, considerando a distância mínima de aparição de um objeto virtual na cena. Assim, o limite é imposto pelo máximo stress suportado pelo usuário. Desta maneira, 1 metro ocorrerá no pior caso.

1.4.1.2.2. Projetores

Os projetores desempenham um papel crucial nos sistemas de RV imersivos ou parcialmente imersivos. O brilho e a alta resolução são fatores que melhoram a qualidade da imagem, assim aumentam a sensação de imersão. Alguns projetores possuem a capacidade de gerar imagens para estereoscopia ativa e outros, através da combinação com outro projetor, são capazes de fornecer estereoscopia passiva. Atualmente existem três tipos de projetores: CRT, LCD e DLP (Gattass *et al*, 2004).

Os projetores CRT, os mais antigos, possuem três canhões de elétrons, responsáveis pela geração das três componentes de cores primárias. A imagem é então formada, semelhante ao método descrito na seção anterior, e depois projetada com o auxílio de lentes na tela de projeção.

Os projetores baseados em sistemas LCD também se baseiam no processo descrito anteriormente, com a diferença de sempre possuírem matriz ativa, a qual permite que uma determinada linha e coluna da tela de cristal líquido seja endereçada e

receba uma carga capaz de ser mantida até o próximo ciclo de atualização da tela. Com esta carga é possível controlar a intensidade da luz que irá passar por determinado *pixel*. Ao fazer isso em pequenos incrementos, é possível criar uma escala de cinza.

Já os projetores DLP's utilizam semicondutores óticos para a manipulação digital da luz, dividida em três fases: semicondutor, onde o processo de acender um *pixel* ocorre pela movimentação de micro-espelhos posicionados em uma malha retangular; imagem cinza, obtida pela frequência de movimentação dos micro-espelhos ao serem atingidos pela luz, onde quanto maior a frequência, mais claro será o *pixel*, dentre 1024 níveis; e adição de cor, obtida pela utilização de máscaras, semelhante aos LCD's. A combinação da frequência de cada micro-espelho com as componentes da máscara pode produzir 16.7 milhões de cores diferentes.

1.4.1.2.3. Workbenchs e CAVEs

Com o emprego de projetores, múltiplas telas de projeção e espelhos, é possível criar as mais variadas configurações de ambientes de visualização para RV, como as *Responsive Workbenchs* e CAVE's, de maneira que a projeção de imagens sobre tais espelhos, permite o direcionamento dos raios para superfícies específicas, como telas translúcidas (Gattasset *al*, 2004).

A *Workbench* é um espaço interativo e tridimensional, onde imagens estereoscópicas são projetadas em um topo de mesa horizontal, utilizada como superfície de visualização.

A projeção ocorre por um sistema de projetores e espelhos, onde os raios projetados atravessam a superfície translúcida da mesa e são visualizados por meio de óculos 3-D estéreo-ativos (óculos obturadores). O movimento da cabeça do usuário é acompanhado utilizando um sistema de rastreamento com seis graus de liberdade (6DOF). Desta maneira, o usuário pode ver o ambiente virtual através do ponto de vista correto, entretanto restrito a apenas uma pessoa. A Figura 8 apresenta um exemplo de *Responsive Workbench*.

Já a CAVE trata-se de uma sala cujas paredes, teto e chão são superfícies de projeção, ou seja, sobre cada superfície semitransparente da sala existe um sistema de câmeras e espelhos responsáveis por transmitir determinada porção da cena virtual. A fusão das partes de cada câmera forma a cena completa e provê ao usuário a sensação de imersão no ambiente.

Este dispositivo requer que as projeções estejam sincronizadas e as bordas das imagens sejam combinadas, para que uma junção seja imperceptível. A geração de uma perspectiva do usuário em uma CAVE não é um problema simples e deve ser calculada com base na posição do usuário, a rotação sua cabeça e a tela de projeção. A Figura 9 ilustra o funcionamento de uma CAVE.

Atualmente, tanto as *Workbenchs* quanto as CAVEs são utilizadas nas mais diversas áreas, científicas ou não, tais como a medicina e a indústria automotiva, onde o alto grau de imersão propiciado por tais dispositivos possibilita a total exploração de estruturas internas e componentes muito específicos, atingindo o nível máximo de envolvimento com o objeto de estudo.

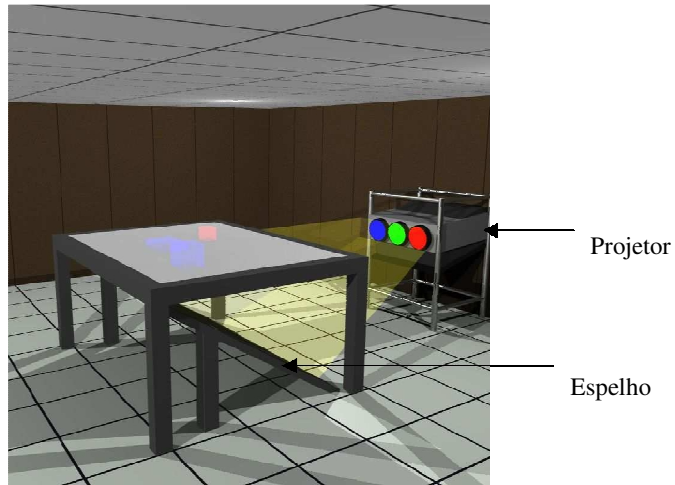


Figura 8. Representação de uma *Responsive Workbench*, onde as imagens são projetadas sobre um espelho abaixo da mesa e incididas em sua superfície translúcida (Scgl, 2006)

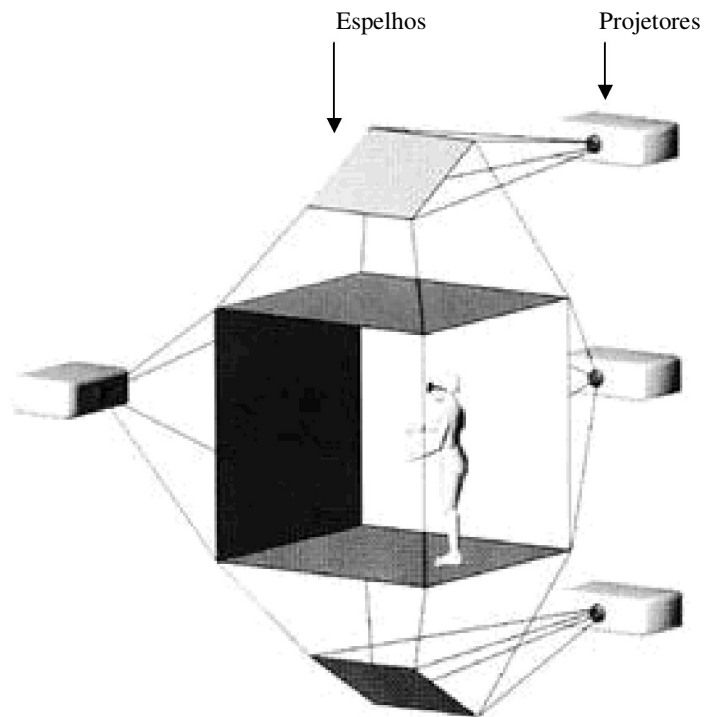


Figura 9. Representação do funcionamento de uma CAVE, onde o usuário sente-se imerso através das diversas projeções a sua volta, cada qual retratando uma parte da cena (Buxton e Fitzmaurice, 1998)

1.4.2. Dispositivos de entrada de dados

O usuário de um sistema de RV pode sentir-se dentro do ambiente sintético por intermédio dos dispositivos de saída de dados. Já os dispositivos de entrada, por outro lado, permitem o envolvimento do usuário e sua interação com tal ambiente. Sem um dispositivo de entrada de dados adequado o usuário participa da experiência de RV de forma passiva.

Pimentel (1995) divide os dispositivos de entrada em duas categorias: dispositivos de interação e dispositivos de trajetória. Os dispositivos de interação permitem ao usuário a movimentação e manipulação de objetos no mundo virtual (mouse, teclado, joysticks). Os dispositivos de trajetória, por sua vez, monitoram partes do corpo do usuário, detectando seus movimentos e criando a sensação de presença no mundo virtual (dispositivos de rastreamento).

1.4.2.1. Dispositivos de convencionais de entrada de dados

Os dispositivos de convencionais de entrada são periféricos de usabilidade comum, destinados a usuários comuns e sistemas de propósito geral. São eles: teclado, mouse, *trackballs*, digitalizadores de mesa (*scanners*), canetas digitais e microfones. No âmbito de sistemas de Realidade Virtual, os dispositivos não-convencionais de entrada de dados podem contribuir para o desenvolvimento de ambientes interativos e semi-imersivos, porém, não provêem o realismo e o envolvimento tal qual fornecidos por sistemas virtuais dotados de dispositivos não-convencionais, descritos na próxima sessão e utilizados no presente trabalho.

1.4.2.2. Dispositivos não-convencionais de entrada de dados: Rastreadores e Luvas Digitais

Os dispositivos de rastreamento tratam-se de periféricos não-convencionais de entrada de dados destinados a sistemas de RV. Graças a estes dispositivos, o usuário pode interagir com os objetos da cena virtual através de comportamentos interativos de manipulação direta (*behaviors*), contextualizando-se com a idéia original básica de um sistema de RV, onde se busca a interação natural do usuário com o ambiente virtual (VRresources, 2007).

O modo como os participantes interagem com o sistema de RV influencia enormemente suas experiências, afetando a facilidade de uso do sistema, a sensação de imersão do usuário e a variedade de ações que podem que o usuário pode tomar dentro do ambiente de RV (Gattass *et al*, 2004).

Já as luvas digitais comportam-se como dispositivos de entrada, devido principalmente a uma característica em comum: seus dispositivos de rastreamento. Assim, as luvas digitais funcionam como suporte aos vários sensores, mecânicos, óticos, acústicos, inerciais e magnéticos, utilizados para capturar dados físicos como a posição e a orientação espacial de um objeto, com complexidade variável.

1.4.2.2.1. Rastreamento por campo magnético

Este modo de detecção permite o rastreamento no espaço através de 6 graus de liberdade (6DOF). O princípio consiste em emitir três impulsos de rádio utilizando antenas e bobinas, orientadas segundo os eixos de coordenadas cartesianas, as quais, sob corrente elétrica, geram um campo magnético. O usuário tem a mesma configuração de antenas como o emissor, para que possa captar cada onda de rádio e assim determinar a intensidade do sinal sob cada eixo. A força global das três antenas do receptor dará a distância relativa da fonte emissora. A presença de objetos metálicos na área provoca interferências na transmissão, configurando-se um inconveniente ao método. Além disso, o sistema é restrito a pequenos espaços, devido ao alcance do campo magnético de no máximo 3 metros, sem canal de comunicação desobstruído.

Os movimentos são então interpretados por *software*, que podem acompanhar o dispositivo ou ser programado manualmente. Alguns modelos podem ainda fornecer *feedback*, provendo a sensação de tato e categorizando as luvas de dados também como um dispositivo de saída.

Estes dispositivos são bastante precisos, cerca de 1 a 2 mm para posição e 0.1° para orientação, sendo que sua velocidade de captura varia de 100 a 200 leituras por segundo. A Figura 10 apresenta uma luva digital *5DTGlove* com sensores magnéticos.

1.4.2.2.2. Rastreamento por correlação óptica

Este método utiliza-se de análise estereoscópica, correlacionando *pixels* comuns a duas imagens, vistas por 2 câmeras *offset*. Como na transmissão magnética, esta técnica requer uma desobstrução do canal de comunicação, para que as câmeras possam ver os pontos a serem triangularizados (correlação de *pixels* entre as imagens) em posições tridimensionais, representados por diversos LED's posicionados no dispositivo. Entretanto, este dispositivo de rastreamento é livre de interferências.

Sua velocidade depende muito do sensor empregado, limitado a amostragem no caso de uma câmera padrão NTSC, a qual consegue capturar imagens a 30 quadros por segundo. Já sua precisão, usualmente suficiente, depende de técnicas de calibração das câmeras e extração de informação da imagem, em geral empregadas sob algoritmos de visão computacional. A Figura 11 apresenta uma *Impulse Glove* com emissores para correlação óptica.

1.4.2.2.3. Rastreamento Mecânico

Este dispositivo baseia-se no princípio de medição de ângulos e distâncias entre juntas, onde dada uma posição conhecida, todas as outras podem ser determinadas pela relação entre as juntas. Os rastreadores podem estar presos ao chão ou mesmo anexos ao corpo do usuário, na forma de exoesqueleto. Rotações e distâncias podem ser medidas por engrenagens, potenciômetros ou sensores de dobra. Suas vantagens encontram-se na facilidade de implementação de *feedback* de força, aplicando uma força contrária ao movimento do usuário. Possui alta precisão (0.1° para orientação) e baixo tempo de resposta (200ms). A Figura 12 apresenta uma luva com sensores mecânicos e suas engrenagens.



Figura 10. 5DTGlove com sensores magnéticos, onde o receptor detecta a intensidade do sinal sob os três eixos, caracterizando o movimento (Dayeang, 2007)



Figura 11. *Impulse Glove* com rastreamento óptico, que determina a posição por correlação de posições sob diversos emissores LED's (PhaseSpace, 2008)

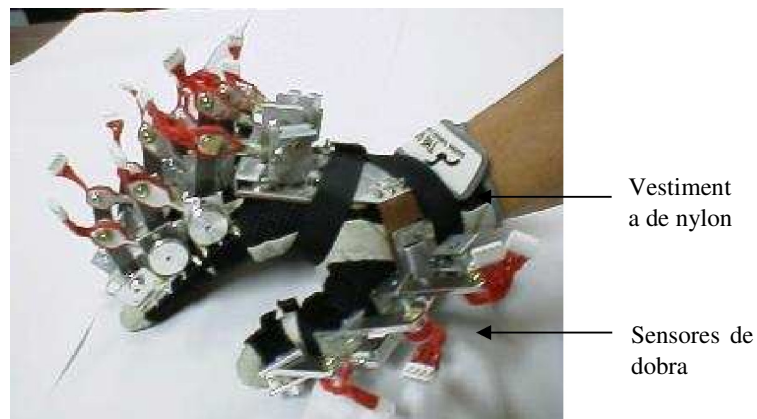


Figura 12. Representação da luva digital com sensores mecânicos, os quais mapeiam os movimentos na cena através de deslocamentos físicos do exoesqueleto (Marcus, 1991)

1.4.2.2.4. Rastreamento Acústico

Utilizam ondas sonoras ultra-sônicas para medir distância, baseando-se em tempo de vôo e coerência de fase, tendo como objetivo transformar tempo de resposta em distância. Neste método de rastreamento, utiliza-se apenas um par emissor/receptor, o qual fornece a distancia de um objeto em relação a um ponto fixo e três pares fornecem a posição exata do periférico.

Quanto à precisão, o rastreador acústico provê um atraso devido à espera do sinal, dependente da baixa velocidade da velocidade do som. Paralelamente, o desempenho do dispositivo é degradado em ambiente ruidoso e sob caminho obstruído entre os alto-falantes e microfones. Devido a estas restrições de interferência, a distancia entre receptor e transmissor não deve ultrapassar 15 metros. A Figura 13 demonstra uma luva digital com rastreamento acústico *Logitech Tracker*.

1.4.2.2.5. Rastreamento Inercial

Os dispositivos de rastreamento inerciais têm seu princípio de funcionamento baseados na segunda lei de Newton onde, $F = ma$ e $M = I\alpha$, sendo assim, o sistema deve integrar a leitura para obter a velocidade e a posição (Gattass *et al*, 2004). Possui três variantes de sensores: os magnetômetros passivos, que medem o campo magnético do ambiente e fornece medidas angulares, os girômetros, que fornecem apenas medidas angulares e os acelerômetros, que fornecem medidas lineares.

Este método de rastreamento apresenta grande precisão, sendo capaz de alcançar uma resolução angular de até 0.2° em alguns casos. Também é livre de interferências, pois o sistema é autocontido, não havendo a necessidade de um ponto externo para a obtenção de dados, e livre de restrições físicas, limitado apenas pela conexão entre o dispositivo e o computador. Um exemplo de periférico não-convencional que utiliza esse tipo de sensor é a *CyberGlove* (Immersion, 2007), representada na Figura 14.

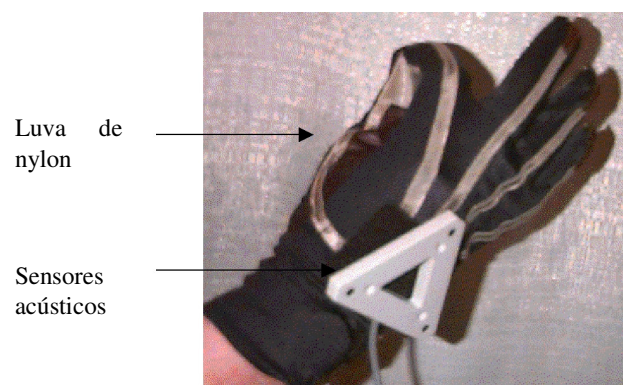


Figura 13. Luva digital com rastreamento acústico, onde a mesma pode ser localizada no espaço através do tempo de resposta da onda sonora dos três receptores, relativos aos três eixos tridimensionais (VRDepot, 2007)

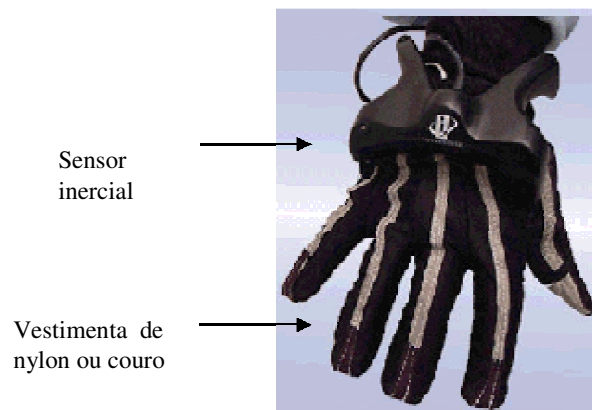


Figura 14. Representação de uma CyberGlove com sensores inerciais, os quais registram os deslocamentos a partir de uma posição de origem definida pelo sistema (Immersion, 2007).

1.5. Referências Bibliográficas

Araújo, R.B. **Especificação e Análise de um Sistema Distribuído de Realidade Virtual.** Tese de Doutorado, EPUSP, 1996

Azuma, R., Bishop, G. *Improving Static and Dynamic Registration in a See-Through HMD.* Proceedings of SIGGRAPH, Annual Conference Series, pp. 197-204, 1994.

Bazan, O. **Usinagem de Próteses para Cranioplastia a partir de Imagens Tomográficas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, 2004.

Begault, D. R. *3-D Sound for virtual reality and multimedia,* Academic Press, Cambridge, MA, 1994.

Benes, J.A; Bueno, R.P. **Ambiente Virtual para Planejamento de Hepatectomia.** Trabalho de conclusão de curso. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS. Porto Alegre, 2003.

Bolt, R.A. *“Put-that-there”:* *Voice and Gesture at the graphics interface.* 7th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, pp. 262-270, Washington, 1980.

Botega, L.C.; Cruvinel, P. E. *Three-Dimensional Soil Physics Image Analysis Based on a Virtual Reality Environment.* IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis, 2007.

Botega, L.C., Nunes, F.L.S., **Implementação de estereoscopia de baixo custo para aplicações de Realidade Virtual para treinamento médico.** Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens – SIBGRAPI. Natal, 2005.

Burdea, G., Coiffet, P. *Virtual Reality Technology.* John Wiley & Sons, 1994.

Buxton, W. e Fitzmaurice, G.W.(1998). *HMD's, Caves & Chameleon: A Human-Centric Analysis of Interaction in Virtual Space.* *Computer Graphics: The SIGGRAPH Quarterly,* 32(4), 64-68

Calife, D.; Tomoyose, A.; Spinola, D.; Bernardes, J.; Tori, R. **Robot ARena: Infrastructure for Applications Involving Spatial Augmented Reality and Robots**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis, 2007.

Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., Defanti, T. A. **Sorround-screen projection based virtual reality: the design and implementation of the CAVE**. Proceedings of the 20th Annual Conference of Computer Graphics and Interactive Techniques, pp. 135-142, 1993.

Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., Hart, J.C. **The CAVE audio visual experience automatic virtual environment**, *Communication of the ACM*, 35(6):64-72, 1992.

Darpa. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). **Darpa HMD Project Summaries**. Disponível em <<http://www.darpa.mil/mto/displays/hmd/projects>>. Acesso em Janeiro de 2007.

Dayeang Co. 5DT, fifth dimension technology, **5DT data glove specification**. Disponível em <<http://www.dayeang.com>>. Acesso em Janeiro de 2007.

Delfino, S.; Nunes, F.L.S. **Estudo Comparativo entre Algoritmos de Segmentação para Simulação Tridimensional de Imagens Mamográficas**. Anais do II Workshop de Visão Computacional, 2006, São Carlos-SP, 2006.

Gattass, M; Biasi, S. C. **Utilização de Quatérnios para representação de rota ções em 3-D**. *Reports from academic research*. Disponível em: <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/>>, 2002.

GeorgiaTech. **Self-Aligning Liquid Crystal Technique Could Simplify Manufacture of Display Devices**.

Disponível em <gtresearch.gatech.edu>. Acesso em Janeiro de 2007.

Gradeski, J. **The virtual reality construction kit**, John Wiley & Sons, 340 Pp., 1995.

Hearn, D. e Pauline, M. **Computer Graphics: C Version**. Second edition prentice hall. 1997

Heeter, C. Presence: **Teleoperators and Virtual Environments**. MIT Press, 1992.

Hultquist, J.P.M., e Haible, E.L. **Superglue: A programming environment for scientific visualization**, *Procedure Visualization*, pp. 243-250, 1992.

Immersion Corp3D. **Interaction Overview**. Disponível em <<http://www.immersion.com/3d/>>. Acesso em Janeiro de 2007.

Ipolito, J e Kirner, C. **Técnicas de otimização e realismo em aplicações de Realidade Virtual**. Workshop de Realidade Virtual – WRV, pp. 91-100, UF SCar, São Carlos, 1997.

Jacobson, L. **Garage Virtual Reality**, SAMS Pub., Indianapolis, IN, 1994

Kalawsky, R. S. **The science of virtual reality and virtual environments**, Ed. Addison- Wesley, 405 Pp., 1993.

Kirner, C., Deriggi, F., Kubo, M.M., Sementille, A. C., Brega, J, F., Santos, S. **Virtual Environments for Shared Interactive Visualization**. Workshop of the german-brazilian cooperative program in informatics, Berlin – Alemanha, 1995.

Kirner, C; Siscoutto, R. **Realidade Virtual e Aumentada: conceitos, projetos e aplicações. Livro do pré-simpósio**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 290Pp, 2007.

- Krueger, M. W. *Responsive environments*. NCC Proceedings, pp. 375–385, 1977
- Kubo, M.M. Santos, S.G., Deriggi J.R., Kirner, C.. *Múltiplas visões em um ambiente virtual multiusuário*. Workshop de Realidade Virtual – WRV, pp. 62-70, U FSCar, São Carlos, 1997
- Latta, J. N. e Oberg, D. J. *A conceptual virtual reality model*, *IEEE Computer Graphics & Applications*, pp. 23-29, Jan., 1994.
- Lane, C. Display Technologies (1993). *Encyclopedia of Virtual Environments*. Disponível em <<http://www.hitl.washington.edu/scivw/EVE/I.A.1.Displays.html>>. Acesso em Janeiro de 2007.
- Lanier, J. “*Virtual Reality: The promise of the future*” . *Interactive Learning International*, 8(4), pp. 275-279, New York, 1992.
- Leston, J. *Virtual reality: the it perspective*, *Computer Bulletin*, pp. 12-13, June, 1996.
- Machado, L. S. **Conceitos básicos da realidade virtual**, Monografia, INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP. Disponível em <<http://www.lsi.usp.br/~liliane/conceitosrv.html>>, 1995.
- Machover, C; Tice, S.E. *Virtual Reality*. *IEEE Computer Graphics & Applications*, Jan. 1994
- Malfatti, S.; Santos, S.; Oliveira, J.; Justel, C.; Fraga, L.; *EnCima: A Graphics Engine for the Development of Multimedia and Virtual Reality applications*. X Symposium on Virtual and Augmented Reality, João Pessoa, 2008.
- Marcus, B. A., Beth A. *EXOS Research on Master Controllers for Robotic Devices*. In *Proceedings of 1991 SOARP Conference*. 1991. Minas Gerais, 1996.
- Morie, J. F. *Inspiring the future: merging mass communication, art, entertainment and virtual environment*, *Computer Graphics*, 28(2):135-138, May, 1994.
- Nieto, A. U. Vandersteegen, P., Buggenhout, C., Verstuyft, S., Bienstman, P., Neyts, K., Baets, R. *Increasing light extraction of a substrate emitting OLED using a 2D surface grating*. *IEEE LEOS Annual Meeting*. 2006.
- Oliveira, A.C.M.T., Pavarini, L., Botega, L.C., Nunes, F. L. S., Bezzera, A. *Virtual Reality Framework for Medical Training: Implementation of a Deformation class using Java*. *ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications*, 2006, Hong Kong.
- Perdigão, N., Manuel, J., Tavares, R. S., Martins, J.A.C., Pires, E.B., Jorge, R.M.N. **Sobre a Geração de Malhas Tridimensionais para fins computacionais a partir de Imagens Médicas**. *Anais do Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia*. Granada, Espanha, 2005.
- Peruzza, A.P.P.M., Nakamura, E.Y., Kirner, C. **Solução do problema de detecção de colisão em ambientes de Realidade Virtual**. *Workshop de Realidade Virtual – WRV*, pp. 36-43, U FSCar, São Carlos, 1997.
- Pessoa, S.; Apolinário, E.; Moura, G.; Lima, J.; Bueno, M.; Teichrieb, V. *Illumination Techniques for Photorealistic Rendering in Augmented Reality*. X Symposium on Virtual and Augmented Reality, João Pessoa, 2008.
- Phasespace Motion Capture. *Impulse Glove Specification*. Disponível em <<http://www.phasespace.com/gloves.html>>, 2008.
- Pimentel, K; Teixeira, K. *Virtual Reality – through the new looking glass* . 2nd edition. New York, McGraw-Hil, 1995.

Pizzolato, E.; Fernandes, M.; Duarte, D. *Speech Enable 3D Browsers: Development Issues and Software Framework*. X Symposium on Virtual and Augmented Reality, João Pessoa, 2008.

Robertson, G. G., Card, S. K., Mackinlay, J. D. *Non-immersive virtual reality*, *IEEE Computer*, pp. 81-83, 1993.

Romano, J. M. S. **Integração de um dispositivo óptico de rastreamento a uma ferramenta de Realidade Virtual**. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. (Orientador: Marcelo Gattas). 2004

Sanches, S.; Rodello, I.; Brega, J.; Sementille, A. **Um componente para Construção de Cenas com Consideração de Profundidade em Ambientes de Realidade Misturada**. X Symposium on Virtual and Augmented Reality, João Pessoa, 2008.

Scgl. Stanford Computer Graphics Lab. *Responsive Workbench Tutorial*. Disponível em <<http://graphics.stanford.edu/projects/RWB/>>. Acesso em janeiro de 2007.

Schneider, B. O. e Kirner, C. **Controle de objetos deformáveis em ambientes virtuais. Workshop de Realidade Virtual – WRV**, pp. 44-51, UFSCar, São Carlos, 1997

Shepherd, B. J. *Rationale and strategy for VR standards*, *Proceedings of the IEEE Virtual*

Sun, Inc. *Java 3D 1.5.0 API Specification*. Disponível em: <<http://java.sun.com/products/java-media/3D/releases.html>>. Acesso em Novembro de 2006.

Sensic. High *Performance 3D displays: panoramic hmd's. Hmd specification*. Disponível em <http://www.sensics.com/products_specifications.html>. Acesso em Janeiro de 2007.

Spencer, R. *Information Visualization*. Addison-Wesley, 2001.

Steuer, J. *Defining Virtual Reality: Dimensions determining telepresence*. Journal of Communication, 1992.

Sutherland, I. E. *Sketchpad-A Man-Machine Graphical Communication System*. Anais do *Spring Joint Computer Conference*, Detroit, Michigan, 1963.

Teixeira, L.; Loaiza, M.; Raposo, A.; Gatass, M. *Um Sistema Híbrido baseado em Esferas Retroreflexivas e Características do Objeto Rastreado*. X Symposium on Virtual and Augmented Reality, João Pessoa, 2008.

Tsuda, F.; Hokama, P.; Rodrigues, T.; Bernardes, J. *Integration of jARToolKit and enJine: Extending with AR the Potential Use of a Didactic Game Engine*. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis, 2007.

Upton, C. T., Faulhaber, T., Kamins, D., Laidlaw, D., Schlegel, D., Vroom, J., Gurwitz, R., Van Dam, A.

The application visualization system: A computational environment for scientific visualization, *Computer Graphics and Applications*, 9(4), pp. 30-42, 1989.

Villamil, M.B., Nedel, L. P., Freitas, C. M. D. S., Machado, R.A., Silveira, R.L., da Silva, A. M. M. **Simulação do Movimento da Mandíbula e Comportamento da Articulação Temporomandibular**. Anais do V WIM – Workshop de Informática Médica. Porto Alegre, 2005.

Von Schweber, L. e Von Schweber, E. **Cover story: realidade virtual**, *PC Magazine Brasil*, pp. 50-73, v. 5, n. 6, 1995

Vrdepot. Products: **CyberGlove Specification**. Disponível em:
<<http://www.vrdepot.com/trkglv.htm>>. 2007

Vrealities. **Head mounted displays overview: 3d stereoscopic**. Disponível em
<<http://www.vrealities.com/hmd.html>>. Acesso em janeiro de 2007

Vresources. *Virtual Reality Resources*. **HMD Fundamental Concepts**. Disponível em <
http://vresources.org/articles/vre_articles/>. Acesso em Dezembro de 2006

Vrlogic. Products: **Head Mounted Displays Overview**. Disponível em:
<http://www.vrlogic.com/html/head_mounted_displays.html>. Acesso em Janeiro de 2007.

Capítulo

2

Uso de Realidade Virtual em Vida Artificial

Luciene Cristina Alves Rinaldi (USP), Daniel Costa de Paiva (USP),
Marcio Lobo Netto (USP)

Abstract

The research area called Artificial Life is interdisciplinary and aims to study the behavior of artificial systems (or synthetic systems) that show characteristics similar to those found in live organisms. This chapter emphasizes some aspects that try to define life. Moreover, it describes computational techniques used to conduct experiment simulations in a virtual environment and shows some examples that have been developed by members of the cognitive science group from University of Sao Paulo.

Resumo

A área de pesquisa denominada Vida Artificial é interdisciplinar e visa estudar o comportamento de sistemas artificiais (ou sistemas sintéticos) que apresentam características semelhantes àquelas de organismos vivos. Este capítulo ressalta alguns dos aspectos que tentam definir vida. Além disto, são abordadas as principais técnicas computacionais para a simulação de experimentos em um ambiente virtual e apresentados exemplos desenvolvidos principalmente por membros do Núcleo de Ciência Cognitiva da Universidade de São Paulo.

2.1. Introdução

Com o surgimento de novas tecnologias, particularmente em Computação Gráfica (CG) e Realidade Virtual (RV) pode-se estudar a vida analisando-se algumas de suas “características gerais” ou propriedades relativas ao comportamento, à aprendizagem, entre outros. Técnicas sofisticadas de visualização, manipulação e interação, em um ambiente tridimensional gerado por computador permitem uma melhor compreensão dos fenômenos complexos, ou ao menos de alguns de seus aspectos (Netto, 2004).

A relação entre as áreas de Vida Artificial (VA) e RV pode ser considerada como de simbiose. Afinal, modelos biológicos e evolucionários dão vida aos

personagens que habitam os mundos virtuais, incluindo plantas e animais. Estes personagens utilizam VA para simular muitos dos processos naturais que caracterizam os seres vivos, como crescimento, reprodução, evolução, morfogênese, adaptação, percepção e cognição (Bentley, 1999). Por outro lado, as simulações em RV contribuem para o estudo de VA por permitir através de sofisticados recursos visuais e interativos uma melhor compreensão dos processos acima relacionados.

2.2. O que é Vida?

Para compreender Vida Artificial (VA), é necessário primeiramente responder a pergunta “O que é vida?”, pois, de forma geral, VA tenta simular aspectos da vida real.

Trata-se de uma pergunta simples e ao mesmo tempo complexa que é alvo de discussões (Judson, 1979; Moore, 1989; Pauling, 1987; Perutz, 1987). Do ponto de vista científico, a resposta concentra-se nos aspectos que definem um organismo como vivo, sendo que estes podem ser: crescimento, reprodução, reação ao ambiente, assimilação de energia, excreção de dejetos, morte, entre outros. São, portanto, características de seres simples como um vírus, uma bactéria ou uma ameba.

Neste contexto, os estudos sobre a origem da vida mostram que os seres utilizaram o ambiente físico rico em carbono, nitrogênio e água para se desenvolver e se adaptar. Este ambiente era o único disponível para observação e conseqüente avaliação do fenômeno. Mas, a partir do reconhecimento dos seus princípios fundamentais é possível criar hipóteses de ambientes virtuais e de uma VA que nele possa se desenvolver. Neste sentido a vida pode ser avaliada segundo diferentes critérios e níveis, relacionados a seguir.

Do ponto de vista orgânico, o estudo de organismos vivos envolve a sua estrutura (anatomia) e a sua funcionalidade (fisiologia) incluindo ações como respirar, mover-se, entre outros (Adami, 1998), que são auto-sustentáveis. Neste contexto, explicam-se alguns aspectos de vida, mas não todos (por exemplo, seu surgimento).

Na definição metabólica, vida é a capacidade de trocar materiais e energia com o ambiente onde o ser está inserido. Com base nesta definição, a vida surgiu quando as condições do ambiente se tornaram favoráveis. O consumo de energia garante a sustentabilidade.

A bioquímica define sistemas vivos por sua potencialidade de armazenar informações hereditárias em moléculas de ácido nucléico, ou seja, o código genético (DNA) (*Deoxyribonucleic Acid*) (Adami, 1998).

A genética define o processo de evolução dos seres vivos autônomos. Francis Crick e James Watson em 1953 (Adami, 1998) reconstruíram a estrutura de dupla hélice do DNA e concluíram descrevendo como a informação genética poderia ser armazenada e transferida de geração para geração. É o vasto armazenamento de informação codificada como o RNA (*Ribonucleic Acid*) e o DNA que determina o comportamento humano e difere o homem de uma bactéria.

A evolução (geração da informação) foi possível, primeiro em um nível molecular, depois celular e a seguir orgânico, devido à reprodução e seleção. Seleção é a forma inerente de auto-organização e uma conseqüência física direta da auto-replicação (sem a qual a informação seria perdida após cada geração), da mutação (sem a qual a informação é “inalterável” e, portanto, não poderiam emergir novas estruturas) e do metabolismo (sem o qual o sistema regressiria para um estado de equilíbrio onde as modificações anteriores não seriam possíveis) (Muphy et al., 1997).

Outra abordagem é a da termodinâmica que expressa a capacidade do elemento de manter baixa sua entropia, ainda que imerso em um ambiente cuja entropia seja muito alta. Segundo Christoph Adami (1998), “vida” pode ser definida em um

contexto termodinâmico como: *“uma propriedade de uma amostra de unidades que compartilham informações codificadas em um substrato físico e que, na presença de ruído, esforça-se para manter sua entropia significativamente abaixo da entropia máxima da amostra, em escalas de tempo que excedem a escala ‘normal’ de decaimento do substrato (que contém a informação) por muitas ordens de magnitude”* (tradução nossa).

De forma geral, a pergunta “O que é vida?” tem ocupado a mente de filósofos e estudiosos durante os últimos séculos e gerou inúmeras contribuições. O livro “O que é vida? 50 anos depois” (Murphy, 1997) expressa idéias em dois temas: a natureza hereditária e a termodinâmica dos seres vivos segundo Erwin Schrödinger. Suas idéias têm sido criticadas como não originais ou erradas por alguns pesquisadores (Pauling, 1987; Perutz, 1987) e defendidas por outros (Moore, 1997; Schuneider, 1987), mas independente disso, serviu de inspiração para outros pesquisadores. Apesar da dificuldade de responder a questão, muitos autores apontam algumas características como necessárias para que exista vida, as quais estão abordadas na próxima seção.

2.2.1. Aspectos de Vida

Uma metodologia empregada no estudo de VA é a observação de alguns aspectos de vida como: Percepção, Comunicação, Cognição, Atuação, Adaptação e Reprodução.

Percepção e Comunicação

A percepção está diretamente ligada à identificação do estado no qual o ambiente se encontra. Para o personagem simulado, consiste em extrair informações a respeito da disposição espacial, ocorrência de eventos, bem como o seu enquadramento temporal.

Para a extração destas informações o personagem deve possuir alguns sensores responsáveis pelo processamento de sinais, e que levem em consideração todas as possibilidades da simulação e das suas possíveis simplificações. Tais sensores podem ser enquadrados de acordo com o tipo de sinal processado; similarmente aos cinco sentidos do ser humano: visão, audição, olfato, tato, e paladar. Os sensores visuais, auditivos e táteis são os mais utilizados, sobretudo nas aplicações em RV, por exemplo (Cony et al., 2007; Pletsch, 2006).

Com base na vertente de VA, os sensores visuais trabalharam com a síntese de imagens obtidas por uma câmera, onde estas imagens seriam os sinais a serem processados. No caso da audição são os sons capturados, já os sensores táteis são usados como mecanismo de detecção de colisão entre personagens e também entre estes e objetos do ambiente virtual.

Após a obtenção e a conseqüente extração dos sinais, tem-se o processamento destes símbolos, podendo-se aqui contemplar o reconhecimento de padrões, a extração dos signos, a aquisição do conhecimento, ou o reconhecimento do ambiente (auto-observação de outros seres e objetos).

Já a comunicação consiste na capacidade de um personagem emitir ou receber uma mensagem e esta ser registrada e interpretada. Sendo assim, a implementação deste recurso necessita de um sistema emissor e outro receptor. No caso do som, por exemplo, seriam necessários os sistemas fonador e auditivo. O primeiro para emitir sons e o outro para reconhecer barulhos presentes no ambiente.

Outra consideração importante a ser feita é a obrigatoriedade da representação interna dos símbolos reconhecidos, ou seja, da codificação do símbolo por parte da cognição do personagem. Essa representação consistiria, em outras

palavras, em associar signos aos símbolos interpretados. Torna-se evidente a necessidade da adoção de algum mecanismo capaz de representar as informações que compõem o ambiente. Ontologia é um exemplo de técnica que pode ser usada a fim de descrever as entidades bem como as informações a elas agregadas, representando assim, os possíveis fatos relativos ao ambiente e aos personagens virtuais.

Cognição

Os personagens podem interagir com o ambiente executando seqüências de ações para cumprir uma meta, buscar energia para sua sobrevivência, ou reagir a algum fato. A questão principal no entanto é como essas ações são determinadas e quem as controla.

Verificando algumas definições de agentes, Russel e Norvig (2004), explicitam que *“um agente é tudo o que pode ser considerado capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e agir sobre esse ambiente por intermédio de atuadores”*. Outra definição, esta da área de sistemas multiagentes, é a de Wooldridge (1999) que aponta que *“um agente é um sistema de computação capaz de agir independentemente de um usuário (autônomo)...”*. Aprimorando a definição é interessante frisar que o agente pode seguir um propósito ou objetivo para que suas ações modifiquem o ambiente de acordo com as suas necessidades.

Como já mencionado anteriormente, os sensores e os atuadores são fundamentais aos agentes, uma vez que desempenham o papel de interface com o ambiente. Essa interface garante a capacidade de trocar informações e definir internamente procedimentos condizentes com a realidade externa. Para tratar a comunicação, avaliar as informações vindas do ambiente ou produzir outras, destinadas ao meio externo, os agentes possuem uma estrutura que responde pelo seu comportamento (Weiss, 1999; Wooldridge, 2002). Esta estrutura representa como o personagem sente, é controlado e de que forma interagirá com o ambiente. Aspectos de vida são considerados para que os personagens sejam controlados de modo mais eficiente.

É dito comportamento reativo, quando o agente apenas mapeia os símbolos obtidos pela percepção em ações de modo direto e sem grandes considerações. Por outro lado, um comportamento cognitivo implementa algumas características dos seres mais evoluídos na escala biológica. Tais características recorrem ao raciocínio, à tomada de decisões, além da avaliação de um cenário com base em perspectivas, possibilidades e situações, por exemplo (Russel, Norvig, 2004). Também existe um processo de seleção de qual a ação deve ser realizada mediante um cenário e considerando uma janela de tempo mais imediata ou não. Outra possibilidade é a adoção de recursos referentes ao planejamento de ações. Este recurso consiste no alcance de metas (objetivos) dentro de uma janela de tempo formada entre a sua estipulação e seu cumprimento. Para isso, a cognição elabora uma seqüência de ações possíveis que são constantemente reavaliadas sob o intento do sucesso.

Outro mecanismo fortemente relacionado com a cognição é a interatividade social. Esta interação é útil para que um determinado personagem consiga mobilizar outros em prol do alcance de seu objetivo pessoal, ou ainda, em casos de cooperação, um objetivo social.

Atuação

Este aspecto de vida serve principalmente para permitir a locomoção dos personagens e a interação destes com o ambiente. A forma como isto é realizado depende da acuidade do modelo construído e de como este pretende representar os personagens. Na maioria das situações, formas simplificadas são utilizadas.

Virtualmente os personagens podem ter representação gráfica bidimensional ou tridimensional de acordo com a necessidade. Em alguns casos, é implementada uma biblioteca de animações ou de possíveis ações, como por exemplo, para que os personagens andem; dancem; peguem ou toquem um objeto, ou realizem alguma outra ação.

Adaptação, Aprendizado e Evolução

Um dos aspectos intrínsecos ao conceito de vida é a adaptação, ou seja, capacidade dos agentes de alterar seus comportamentos na busca por uma melhor interação com o ambiente. A adaptação pode ser desenvolvida através de evolução ou aprendizado. No caso da primeira, tem-se uma área conhecida como computação evolucionária que é fortemente fundamentada na teoria Darwinista.

O aprendizado pode ser baseado no método de instrucionismo (Vygotsky) que consiste na transmissão do conhecimento de forma passiva. Em outras palavras um determinado personagem recebe informações de outro. Tal cenário requer dois agentes, como por exemplo, aluno e professor, respectivamente.

Diferentemente do instrucionismo, o aprendizado baseado no construtivismo (Piaget) exige que um determinado personagem busque informações e as compile, desenvolvendo uma nova informação no sistema. Tal forma de aprendizado pode ser caracterizada como ativa ou interativa. Contudo, este método é mais complexo e requer uma estrutura cognitiva mais bem desenvolvida.

A principal diferença entre evolução e aprendizado é o fato de que os mecanismos de aprendizado não propagam as alterações de comportamento através do código genético como ocorre na evolução.

Reprodução

Além dos itens mencionados, outro importante aspecto com relação à vida é o caráter reprodutivo. A reprodução chegou a ser utilizada como fator determinante para definir se um ser era vivo ou não. Trata-se de uma parte fundamental para a biologia, pois é um recurso que altera não apenas as características do personagem, mas também a de seus descendentes e o conceito de espécie.

Para implementar este aspecto em VA usualmente se baseia em modelos biológicos, tratando de reprodução sexuada ou assexuada. Na primeira ocorre a transferência de material genético enquanto que na assexuada o novo ser é originado com base nos genes do seu progenitor. Isto pode ser feito usando *crossover*, clonagem e mutação, além de poderem ser aplicados em códigos tanto haplóides (n) quanto diplóides ($2n$) (veja item 2.4.2).

2.3. Vida Artificial

Vida Artificial é o estudo de um sistema ou organismo vivo através de simulações computacionais (modelos matemáticos). Segundo Christopher Langton (1995), *“a coisa mais importante a se lembrar sobre VA é que a parte artificial não é vida, mas os materiais. Coisas reais acontecem. Fenômenos reais são observados. É a vida real em uma mídia artificial”*.

Os objetivos da VA estão principalmente focados em descobrir os princípios gerais da vida e também aspectos particulares de sistemas vivos complexos, através de regras que nos levam a resultados complexos e até imprevisíveis (Sims, 1994; Thalmann, Thalmann, 1994; Terzopoulos, 1999; Netto, Del Nero, Ranieri, 2004).

Apesar das diversas definições de vida existentes, fisiológica, metabólica, bioquímica, genética e termodinâmica; elas não são universais o suficiente para

classificar os sistemas entre vivos e não vivos. Os experimentos científicos clássicos, baseados no pensamento positivista de Descartes e Newton de “decompor” o sistema vivo em componentes, na busca de identificar um objeto vivo elementar não se mostraram adequados uma vez que a vida é uma propriedade do conjunto e não de seus componentes (Adami, 1998). Assim, ao tentar reagrupar as partes não é possível reconstruir o sistema original. Estes experimentos são importantes na busca de uma teoria universal de vida, mesmo após saber que a vida surgiu na Terra há aproximadamente 3,5 bilhões de anos.

É interessante observar alguns exemplos como o sistema *Tierra*, desenvolvido por Tomas Ray (1992), foram “semeados” organismos digitais que sofrem mutações e ficou evidenciada a característica de evolução das criaturas, que é a base da definição genética do estado de vida. Além disso, o trabalho de Ray comprovou a hipótese de que a evolução das criaturas se deu a partir da adaptação entre elas, como ocorre na natureza, e não apenas ao ambiente físico.

2.4. Simulações em Vida Artificial

Duas abordagens são identificadas quando se intenciona simular computacionalmente o comportamento de um ser vivo usando regras procedimentais em um determinado período de tempo: a abordagem *Bottom-up* e *Top-down*.

A abordagem *Bottom-up* é a mesma adotada pela natureza. Nela são fornecidos mecanismos para que os seres se adaptem às regras impostas pelo ambiente e que são necessárias para sua sobrevivência. Estes mecanismos são avaliados temporalmente, recombinados e sofrem adaptações, até que o resultado seja atingido.

Já na abordagem *Top-down* é apresentada uma solução sistemática e estruturada para resolver os problemas (comum na área de engenharia). Os resultados não garantem, no entanto, que esta seja a melhor forma para resolver um problema proposto (Neves, 2003).

Questões como adaptação e evolução são abordadas através de métodos naturais para a solução de problemas. Neste sentido, os Autômatos Celulares, que serão tratados na seção 2.4.1, apresentam uma ferramenta computacional utilizada pela física para o estudo de fenômenos da natureza. Algoritmos Genéticos (Michalewic, 1996; Mitchell, 1997), por exemplo, abordados no item 2.4.2, aplicam conceitos de biologia e evolução (tais como hereditariedade e técnicas de cruzamento e mutação) na solução de problemas da ciência e engenharia. Combinando critérios adaptativos e conceitos de Inteligência Artificial, como as Redes Neurais Artificiais (seção 2.4.3) é possível desenvolver algoritmos eficientes, que consomem menor quantidade de recursos e levam a boas soluções.

2.4.1. Autômatos Celulares

O Autômato Celular (AC) foi inventado por Von Neumann quando eram estudados fenômenos biológicos e da auto-reprodução (Neumann, 1996). A idéia foi simplificada por outros autores como Myhil (1964) e Arbib (1969).

Os ACs tentam emular a suposta maneira pela qual as leis da natureza funcionam. É usada uma máquina de estados onde o número de estados é definido pelo número de *bits* avaliados no processo de decisão de cada elemento (também chamado de célula). A atualização de estados das células analisa os sinais e os representa como regras de evolução (Neves, 2003; Silva, 2003; Aguiar, 2005). Uma variação dos autômatos de Von Neumann foi apresentada por Stephen Wolfram (1994).

Na Figura 2.1 (a) tem-se um exemplo de um simulador de AC iniciado com uma célula e, em 2.1 (b) com mais de uma célula.

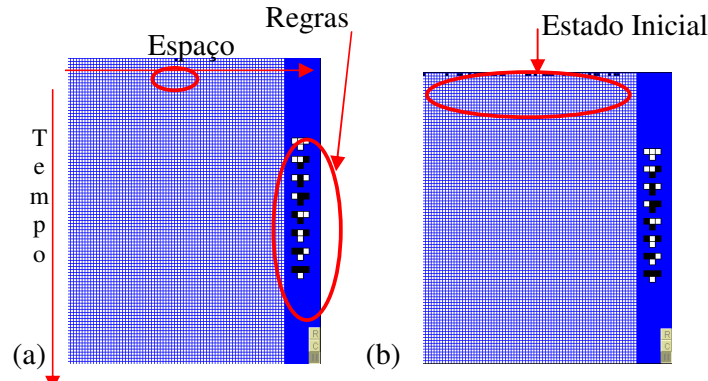


Figura 2.1 – Padrão espaço-temporal de um AC unidimensional com $k = 2$ estados e $N = 37$ células. Em (a) a simulação foi iniciada com uma célula cheia e em (b) com várias (Neves, 2009).

As regras apresentam grande variedade de comportamentos distintos. Numa grade de dimensão arbitrária de números binários (por exemplo, 1 – preto/vivo e 0 – branco/morto), o estado seguinte de cada célula (que pode possuir k estados) é determinado pelo seu estado atual e pelo estado das células vizinhas próximas. Um exemplo simples de regra, com uma dimensão, pode assumir 256 variações para um conjunto de três tipos de entrada e um de saída, conforme Tabela 2.1 (Adami, 1998).

Tabela 2.1 - Máquina de estado de AC (Adami, 1998; Neves, 2003).

Regra	Vizinho à esquerda	Estado Atual	Vizinho à Direita	Novo Estado
	0	0	0	0
	0	0	1	1
	0	1	0	1
	0	1	1	1
	1	0	0	1
	1	0	1	0
	1	1	0	0
	1	1	1	0

O valor de cada célula na posição i no tempo t é $a_i(t)$. Uma regra simples para a evolução no tempo dos valores das células é:

$$a_i^{(t+1)} = a_i^{-1(t)} + a_i^{+1(t)} \text{ mod } 2 \quad (\text{Aguiar, 2005}).$$

Nesta equação, $\langle \text{mod } 2 \rangle$ indica o resto da divisão por 2. De acordo com esta regra, o valor de cada célula em particular é dado pela soma, equivalente ao “ou exclusivo” da álgebra booleana, dos valores das células vizinhas à esquerda e à direita no passo de tempo anterior.

Os ACs possuem um número finito de configurações possíveis. Por exemplo, para um AC com $k = 2$ estados e $n = 10$ células, existirá um total de $k^n = 2^{10} = 1024$ configurações possíveis (Lewin, 1993). Logo, à medida que o tempo passa, o AC terá que reentrar, eventualmente, em um conjunto de configurações que já visitou. A partir

daí, se as regras do AC forem determinísticas, o sistema segue um ciclo chamado de padrão e permanecerá lá (Figura 2.2).

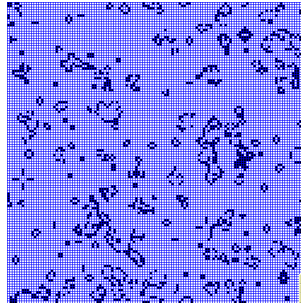


Figura 2.2 – Padrões espaciais do Jogo da Vida para vários passos de tempo.

Deve-se ressaltar que é possível ACs com mais de uma dimensão. Para o caso de 2 dimensões com vizinhança de 4, e havendo dois estados possíveis (k) têm-se $k^4 = 2^4 = 16$ estados possíveis, totalizando $2^{16} = 65536$ regras possíveis.

Um caso interessante de AC com 2 dimensões é o popular “Jogo da Vida”, criado pelo matemático John Holton Conway em 1970 (Neves, 2003; Silva, 2003). Neste jogo, para cada célula, com vizinhança de 8 casas, considera-se apenas o número de vizinhos “vivos” com valor binário igual a 1. Neste ambiente podem ser observados padrões de comportamento gerados a partir de regras de evolução simples que representam a competição pela sobrevivência em uma população. As regras de evolução do “Jogo da Vida” para uma célula viva são: (1) caso tenha 2 ou 3 vizinhos vivos permanece viva; (2) caso tenha menos de 2 vizinhos morre de solidão; (3) com mais de 3 vizinhos morre sufocada e (4) uma célula morta com 3 vizinhos vivos passa a viver.

Classificação de Padrões

Seguindo os padrões, os ACs foram classificados por Wolfram (1994) em quatro classes, que podem ser vistas na Figura 2.3. Estas levam em consideração padrões de espaços temporais gerados pela evolução e são: **Classe I** – Estado homogêneo no qual todas as células apresentam o mesmo estado (Figura 2.3 (a)); **Classe II** – Estado estável, seja uma variação periódica observável ou com período igual a 0 (Figura 2.3 (b)); **Classe III** – Estado caótico ou desordenado, que não possui um padrão reconhecível (Figura 2.3 (c)) e; **Classe IV** – Comportamento complexo. A evolução no tempo leva o AC a gerar estruturas complexas com evolução imprevisível, que podem se propagar, criar e/ou destruir outras estruturas. Esta evolução pode terminar após tempos relativamente longos (Figura 2.3 (d)).

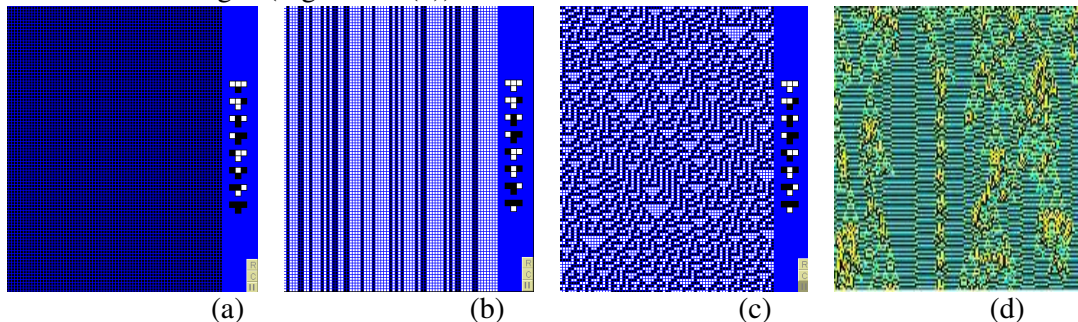


Figura 2.3 – Padrão espaço-temporal de regras típicas em cada uma das quatro classes de Wolfram (1994). Classe I (a), Classe II (b), Classe III (c) e Classe IV (d) (Neves, 2009; Silva, 2003).

Uma forma de estudar a estabilidade dos ACs é levar em consideração as leis da natureza, introduzindo perturbações como mutação e destruição. A conversão de um estado para o outro pode acontecer (célula ativa para inativa) com a introdução de fatores externos que podem ser influenciados através do ambiente durante várias gerações (por exemplo, crescimento, adaptação, evolução, entre outros). Isto pode ser observado na Figura 2.4 quando a simulação em um determinado padrão se altera de acordo com a mudança da regra, podendo levar à morte da célula (paralisação da simulação). É impossível neste ponto voltar para qualquer outro padrão sem a reinicialização do sistema. Isto demonstra a alta dependência na evolução do AC com relação às regras.

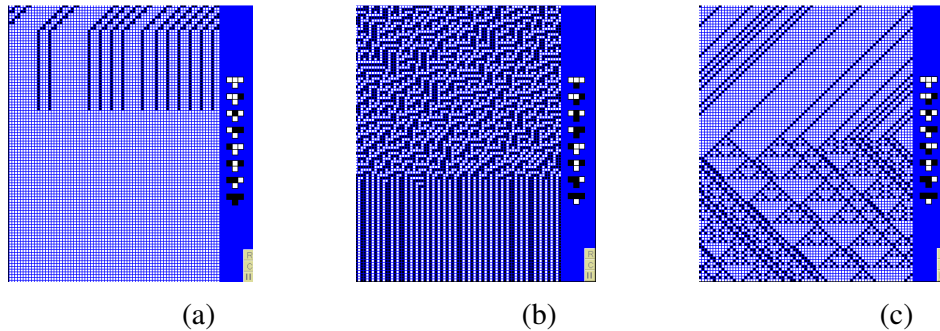


Figura 2.4 – Com a introdução de perturbações (através das regras), pode-se alterar os padrões.

As regras se aplicam a vários fenômenos internos e externos dos seres vivos, como crescimento de plantas, formação de corais, regeneração de tecidos, entre outros. A foto de uma concha marinha (Figura 2.5) mostra uma pigmentação similar à Figura 2.4 (c), que sugere que padrões naturais, inclusive biológicos, podem ser gerados e controlados usando-se algoritmos ou regras simples (Silva, 2003).



Figura 2.5 – Concha marinha encontrada na natureza, cujo padrão gerado pela Classe III (Figura 2.4 (c)) é similar à pigmentação.

Outro exemplo de simulação em que o AC pode ser empregado é em sociedades desenvolvidas de formigas (Neves, 2003). Uma formiga individualmente é uma criatura simples que pode desempenhar em média 40 funções específicas como cavar, bloquear o sol, criar caminhos, entre outras. Estas funções quando executadas no tempo correto, em grupo, demonstram como um conjunto de regras simples pode resolver problemas complexos (como encontrar o menor caminho em um conjunto de pontos). Diversas formigas imitam o mesmo padrão de comportamento, o que pode ser observado em simulações de VA (Neves, 2003). O resultado visual do sistema é extremamente complexo e os fenômenos observados imprevisíveis. É possível observar grande sensibilidade às condições iniciais, de modo que a modificação de apenas um *bit* possibilita que o estado final seja completamente diferente. No entanto o padrão formado é reconhecido em qualquer situação como pertencendo a uma mesma classe.

2.4.2. Algoritmos Genéticos

A idéia de Algoritmos Genéticos (AGs) foi desenvolvida por John Holland, seus colegas e estudantes na Universidade de Michigan (Goldberg, 1989). Tratam-se de métodos que simulam através de algoritmos, os processos da evolução natural (base biológica) visando resolver problemas cujas representações matemáticas são adequadas para o tratamento segundo a teoria de Darwin e conceitos da genética, o que resulta em uma solução mais adequada (Futuyama, 1992).

Holland inicialmente não queria projetar algoritmos para resolver problemas específicos, mas desenvolver métodos para representar mecanismos de adaptação natural em sistemas computacionais (Mitchell, 1997). A idéia é simular a teoria biológica dos sistemas naturais, ou seja, a sobrevivência dos melhores indivíduos de uma população (Ribeiro, Treleaven, Alipe, 1994). Estes, adaptados ao ambiente, poderiam se reproduzir em taxas maiores do que os indivíduos menos adaptados. Depois de muitas gerações, os indivíduos adquirem características que lhes conferem maior adaptabilidade ao ambiente desfavorecendo os membros de gerações anteriores, podendo-se dizer que a população evoluiu (Koza, 1992).

A simulação é iniciada com um número de indivíduos (população inicial) com características aleatórias que devem aprender algo sobre o ambiente. Durante o processo evolutivo, cada indivíduo da população é avaliado para determinar o valor de aptidão (*fitness*). Baseado neste valor são escolhidos os indivíduos que formarão uma nova geração mediante operadores de seleção. Estes operadores podem ser:

Seleção ou Roleta: onde cada indivíduo tem uma probabilidade de ser selecionado que é proporcional à sua aptidão. Considerando um círculo dividido em n regiões após um giro da roleta, a posição de parada indicará o indivíduo selecionado. Os indivíduos localizados na maior região terão maior chance de serem selecionados. Como consequência, podem-se ter várias cópias do mesmo indivíduo enquanto outros podem desaparecer (Miranda, 2009). Neste método existem problemas como a grande diferença entre os valores de adequação.

Classificação: se caracteriza pela ordenação da população e atribuição de um valor de adequação a cada indivíduo. Desta forma, o pior terá adequação igual a 1, o segundo pior igual a 2 e assim sucessivamente, de forma que o melhor terá adequação igual a n (número de indivíduos na população) (Obitko, 2009).

Permutação: neste caso, cada cromossomo é uma série de números que representa uma posição e uma sequência, isto é útil para problemas de ordenação, pois este tipo de codificação pode ser usado em problemas como do Caixeiro Viajante onde várias cidades precisam ser visitadas percorrendo a menor distância possível.

Crossover: é o processo que faz com que os filhos tenham cromossomos diferentes dos seus pais, criando novas descendências. Existem, segundo Goldberg (1989), Starkweather et. al (1991) e Whitley e Yoo (1995), diversas formas de se fazer este cruzamento, por exemplo: (1) Ponto de cruzamento único onde é escolhido um ponto de cruzamento e a série binária desde o início do cromossomo até este ponto é copiada do pai e o restante da mãe; (2) Dois pontos de cruzamento onde a série binária antes do primeiro ponto é copiada do pai. Entre os dois pontos é copiada da mãe e o restante é copiado do pai novamente; (3) Cruzamento uniforme quando os *bits* são copiados aleatoriamente do pai e da mãe; (4) Cruzamento aritmético onde é aplicada alguma operação aritmética para se obter a nova geração e (5) Cruzamento de árvores onde é escolhido um ponto de cruzamento em ambos, pai e mãe. Neste caso, os pais são divididos e as partes abaixo são trocadas para gerar os filhos.

Mutação: possibilita alterar o valor de um gene de um indivíduo sorteado aleatoriamente seguindo uma determinada probabilidade, ou seja, vários indivíduos de

uma nova população podem ter um de seus genes alterado aleatoriamente de 1 para 0, ou de 0 para 1. A hereditariedade confere estabilidade aos sistemas biológicos, mas nenhum mecanismo composto de moléculas e sujeito ao impacto do mundo físico pode ser perfeito. Erros na cópia produzem seqüências alteradas de DNA (mutações) que são perpetuadas. A mutação é freqüentemente definida de modo a incluir mudanças no número e estrutura dos cromossomos. Segundo Barcellos (2000), sem a mutação a vida não teria ido além de uma protobactéria.

Com a criação de uma nova população por cruzamento e mutação, tem-se grande chance de perder os melhores indivíduos. Para evitar isto é usado o **elitismo**, ou seja, são copiados os cromossomos dos melhores indivíduos para a nova população, melhorando o desempenho do AG e prevenindo a perda.

A cada nova geração os melhores indivíduos são selecionados para a criação dos descendentes e os piores são descartados acrescentando outros em seus lugares. Avaliando as novas gerações, em alguns casos, é possível perceber o chamado **estado estacionário**, caracterizado quando não há melhora de uma geração em relação à anterior. Este estado pode sinalizar que a solução foi encontrada ou que o objetivo proposto foi cumprido, no entanto, também pode ser um problema, pois o sistema não mais evolui mesmo não tendo avaliado todas as possibilidades, neste caso uma sugestão é a alteração da taxa de mutação, aumentando a variabilidade da população.

2.4.3. Redes Neurais

Segundo Karrer et al. (2005), as Redes Neurais Artificiais (RNAs) são capazes de absorver dados, modificando seus parâmetros de entrada e adaptando-se às características de um problema. Essa adaptação consiste no aprendizado e na busca pela capacidade de resposta para o maior número possível de situações. Além do aprendizado, é esperado que uma RNA seja capaz de dar respostas coerentes mesmo para dados não apresentados durante o treinamento, isto é chamado de generalização.

De forma geral, RNAs são modelos computacionais cuja estrutura e funcionamento básico imitam as redes neurais cerebrais. Talvez uma das definições mais aceitas é a de que *“uma rede neural é um processador paralelamente distribuído constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso”* (Haykin, 2002). Este processador paralelo e distribuído é composto por um conjunto de neurônios dispostos em camadas de acordo com a arquitetura da rede. Além disto, estão conectados através de sinapses e possuem pesos associados, os quais definem sua importância. Os neurônios artificiais são responsáveis pelo armazenamento e o processamento das informações (Medeiros, 1999; Ludwig Jr, Costa, 2007).

Os Neurônios

O cérebro humano possui aproximadamente 10 bilhões de células nervosas chamadas neurônios. Os neurônios biológicos podem diferir de tamanho e aparência, mas apresentam características em comum, pois são formados por um corpo celular, um axônio, dendritos e terminais sinápticos (Figura 2.6).

O axônio é um tubo longo que se divide em ramos finos e curtos que terminam em pequenos bulbos, chamados de terminais sinápticos. Os dendritos são ramificações arbóreas que formam uma malha de filamentos (Atkinson et al., 1995; Deiters, 1893 citado em Sabbatini, 2003).

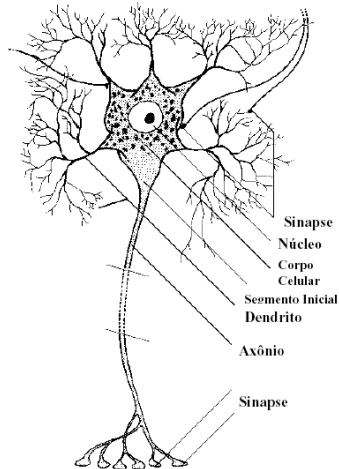


Figura 2.6 - Neurônio biológico (Osório, 1999).

A comunicação entre os neurônios é feita através das sinapses por neurotransmissores. Os estímulos são conduzidos dos dendritos ao corpo celular, até os ramos finais. Os terminais sinápticos não tocam os demais neurônios, há uma pequena lacuna entre eles que é chamada de fenda sináptica (Atkinson et al.; 1995).

Os neurônios artificiais (Figura 2.7) seguem os mesmos princípios dos biológicos. Assim as entradas têm a mesma função dos dendritos. As sinapses possuem um peso associado que interfere na forma com a qual os estímulos captados pelas entradas são processados pela função *Soma*. A resposta é obtida com uma função de transferência, que substitui o limiar de disparo do neurônio biológico (Tafner, 1998).

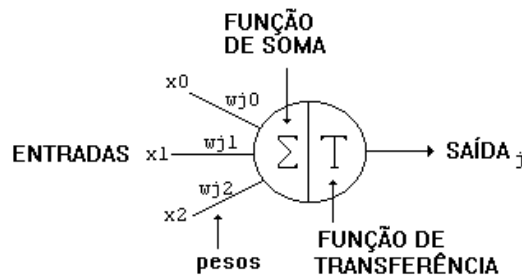


Figura 2.7 - Modelo de Neurônio Artificial (Tafner, 1998).

O primeiro modelo de neurônio artificial foi apresentado em 1943 por Warren McCulloch e o estatístico Walter Pitts (Freeman e Skapura citado em Medeiros, 1999), o qual é conhecido por MCP, iniciais dos nomes de seus criadores. Trata-se de um modelo computacional simples, ou seja, um dispositivo binário. As saídas podem ser pulso ou não pulso e as entradas excitatórias ou inibitórias. A comunicação entre as células é realizada através de sinais armazenados nos neurônios, sendo cada um multiplicado pelo peso sináptico (w_1 , w_2 , ...). Este peso influencia diretamente na memorização e pode ser estabelecido por meio de treinamento (Medeiros, 1999).

A função *Soma* produz um nível de atividade com base nos sinais de entrada. A resposta ou sinal de saída se propaga na rede após atingir um nível de atividade ou limiar de disparo (Medeiros, 1999).

Classificação das Redes Neurais Artificiais

Além das camadas de entrada e saída, nas Redes Neurais Artificiais é possível que existam camadas intermediárias, ocultas ou não. Estas são responsáveis pelo melhor processamento das informações de entrada. O uso de camadas ocultas possibilita a implementação de formas de decisão mais complexas, reconhecimento de características diferentes e também o aprendizado de modo mais complexo (Ludwig Jr, Costa, 2007).

A modelagem de uma RNA deve ser feita a partir do estudo dos problemas que se pretende solucionar. Afinal, a quantidade de neurônios em cada camada, os pesos sinápticos e também a quantidade de camadas são fatores importantes para o sucesso do projeto de uma RNA (Ludwig Jr, Costa, 2007). A partir destas variações são identificadas classificações das RNAs, como diretas, recorrentes ou com ciclos (Barreto, 2002).

Segundo Barreto (2002), uma RNA direta ou *feedforward* algumas vezes é chamada impropriamente de rede *backpropagation*. A particularidade das RNAs diretas é que elas não possuem ciclos de realimentação e o nível de decisão depende principalmente do número de neurônios em cada camada. Este é o tipo de rede mais utilizado e normalmente considerado como sendo um aproximador universal de funções.

As RNAs recorrentes além de apresentarem ciclos, utilizam neurônios dinâmicos. Nestas redes, pelo menos um neurônio fornece o seu sinal de saída para a entrada de outro, ou seja, há pelo menos um ciclo de retroalimentação. Os modelos de RNA recorrentes de maior importância são os propostos por Hopfield e bidirecional de Kosko. O primeiro e mais conhecido possui ao menos um ciclo (Barreto, 2002).

Aprendizado em RNA, segundo Osório (1999) “é a capacidade de se adaptar, modificar e melhorar seu comportamento e suas respostas”. Existem diversos tipos de algoritmos de aprendizado para diferentes tipos de RNA, sendo a principal diferença entre estes algoritmos a forma como os pesos são modificados e o modo como a RNA se relaciona com o ambiente.

O que diferencia as RNAs de outros algoritmos de processamento de informações, segundo Ludwig Jr e Costa (2007), é sua capacidade de “produzir saídas adequadas para entradas que não estavam presentes durante o treinamento”. Para Karrer et. al. (2005) mudanças nos parâmetros da RNA resultam na melhora gradativa do desempenho.

2.5. Exemplos de Aplicações em Vida Artificial e Realidade Virtual

Vários pesquisadores trabalham em diversos aspectos de VA, que vão desde simulações de bactérias, passando por estruturas gráficas evolutivas e cardumes, até complexas estruturas sociais de personagens humanos, por exemplo (Figura 2.8) (Sims, 1994), (Figura 2.9) (Terzopoulos, 1999) e (Figura 2.10) (Thalmann, Thalmann, 1994).

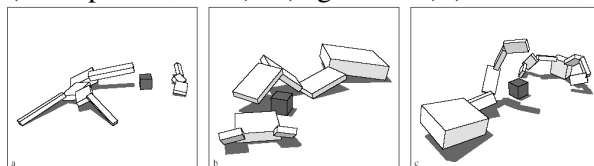


Figura 2.8 – Competição entre estruturas gráficas evolutivas (Sims, 1994).



Figura 2.9 – Dinâmica Predador / Presa (Terzopoulos, 1999).



Figura 2.10 – Simulação de multidões humanas (Thalmann, Thalmann, 1994).

Embora a maioria dos trabalhos se destine à estrutura genética e ao comportamento evolutivo, pesquisas no âmbito cognitivo vêm gerando sinergias consideráveis. Projetos voltados para comportamentos sociais e até mesmo grandes densidades demográficas, que podem ser identificadas como multidões, têm sido amplamente difundidos (Musse, 2001).

O Núcleo de Apoio à Pesquisa em Ciência Cognitiva – COGNITIO, situado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), se concentra tanto no estudo de aspectos cognitivos quanto na simulação de seres virtuais. Com relação ao comportamento são abordados aspectos de vida e computação evolucionária, já para a visualização são utilizadas técnicas de Realidade Virtual (Netto, 2007). A seguir estão alguns exemplos dos trabalhos desenvolvidos ou em desenvolvimento neste grupo.

O projeto WOXBOT (Miranda, 2001; Netto, 2007) trata da simulação da evolução genética (abordada no item 2.4.2) de modo a permitir a progressiva adaptação dos personagens a um *habitat*. Foi utilizada uma máquina de estados controladora do comportamento dos personagens. A filogênese, ou seja, a formação ou desenvolvimento da espécie é observada com relação à adaptação ao longo de gerações, ou seja na espécie como um todo e não apenas em alguns de seus particulares indivíduos. Do ponto de vista de escala de evolução é possível situar este projeto como sendo um simulador de organismos vivos primitivos, pois não há aprendizado individual, mas apenas coletivo (espécie).

Este projeto estabeleceu bases interessantes para tratar da questão da evolução por ilustrar um aspecto fundamental de como ela pode se manifestar para desenvolver a vida. Naturalmente organismos mais complexos da escala animal também integram este grupo, possuindo sistemas muito mais sofisticados e em número muito maior, com o que pode-se conseqüentemente observar diferentes especializações e propósitos (diferentes sistemas orgânicos).

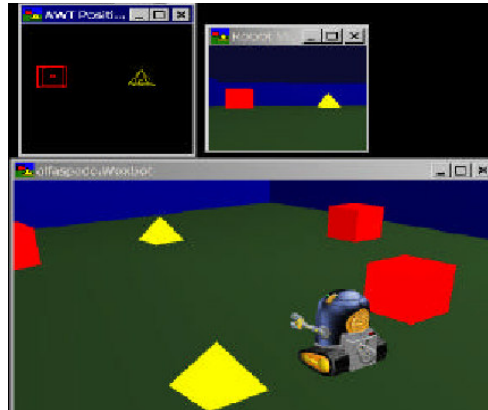


Figura 2.11 – Projeto WOXBOT (Miranda, 2001).

O personagem, que pode ser visto na Figura 2.11, foi dotado de um sistema sensorial que emula a visão e de um sistema motor que permite seu deslocamento numa arena. O propósito intrínseco era o de aumentar a quantidade de energia (capturando pirâmides amarelas) e evitar o choque com cubos vermelhos o que faz com que o agente perca energia. Foi definido um nível inicial de energia e, os personagens permanecem vivos enquanto este não atingir o valor zero.

Para a movimentação se busca simular uma mente virtual, a qual vai se aperfeiçoando ao longo de gerações de modo a buscar cumprir os objetivos. O modelo proposto e usado para implementar tal mente foi o de uma máquina de estados finita, controlada por dados provenientes do subsistema de visão, e cujas ações são comandos para o subsistema motor. O personagem colocado na arena é avaliado ao final de um período, observando-se a energia por ele acumulada, com o que são classificados. Tais personagens correspondem a uma geração. Ao final da qual foram criados novos personagens para uma próxima geração, num procedimento sucessivo em busca de personagens bem adequados ao propósito estabelecido – sobreviver o maior tempo possível. Os personagens foram então escolhidos para um processo de reprodução que privilegiava aqueles melhor adaptados de uma certa geração, de modo que, embora qualquer personagem pudesse ser selecionado para gerar descendentes, aqueles com maior pontuação teriam maior probabilidade de serem os eleitos. O método de Monte-Carlo foi usado para implementar tal conceito.

O projeto ALGA (Netto, 2007) envolve um aquário como ambiente virtual e os peixes como personagens (Figura 2.12). Neste é tratada a simulação do aprendizado, observando o indivíduo em particular. Para isto foi proposto que o personagem seria capaz de realizar decisões usando para tal um raciocínio simulado, baseado na capacidade deste indivíduo de observar fatos e dar a eles diferentes graus de importância, para poder então tomar suas decisões. O caráter lingüístico está evidenciado tanto na representação do conhecimento, como também na capacidade de trocar este mesmo conhecimento com outros personagens usando um mecanismo de comunicação. Este último simula o processo de fala e audição, acompanhado da respectiva interpretação.

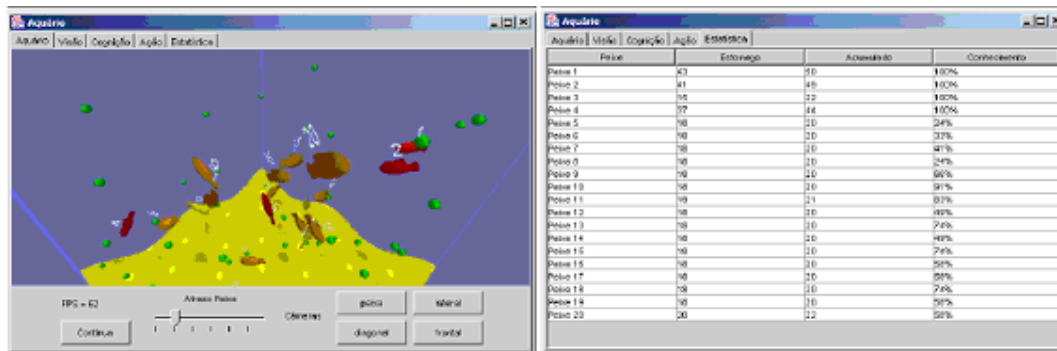


Figura 2.12– Interface do ALGA (Netto, 2007).

O ALGA trata da ontogênese, ou de uma de suas manifestações – a do desenvolvimento do indivíduo em decorrência da sua capacidade de aprendizado. Do ponto de vista da escala de desenvolvimento animal, esta simulação pode ser classificada como sendo aplicável a seres cuja complexidade é intermediária, pois já possuem um aparato cerebral que lhes confere a capacidade de serem treinados individualmente a fim de terem certos posicionamentos em determinadas situações. Este treinamento vai além daqueles de caráter puramente repetitivo pois explora uma mínima capacidade de raciocínio. O personagem pode absorver fatos e avaliá-los com base naquilo que sabe a respeito. Tal conhecimento é adquirido por um comportamento social no qual, os personagens ao serem colocados em contato com outros, participam de um processo de ensinamento, onde o mais experiente passa para outros algumas das coisas que conhece. Considera-se aqui conhecimento como a identificação de uma situação com a ação mais adequada para ser executada. Este projeto também foi desenvolvido para ser visualizado na Caverna Digital da Escola Politécnica, possibilitando a imersão no ambiente virtual, conforme Figura 2.13.

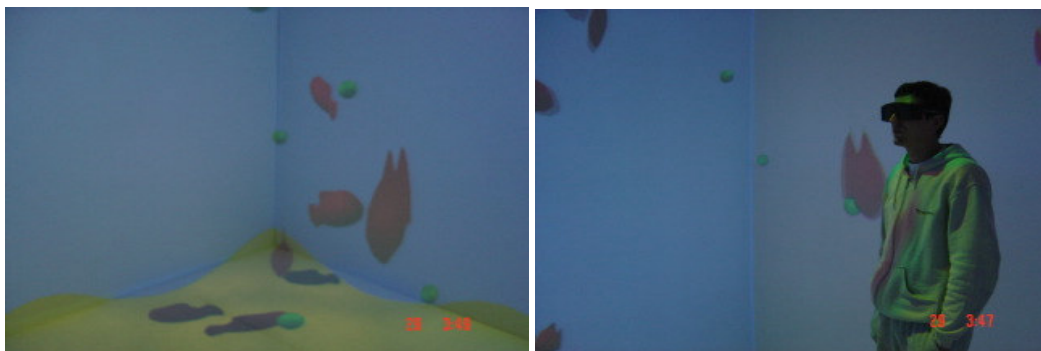


Figura 2.13 – Visualização do ALGA na Caverna Digital – USP (Netto, 2007).

O projeto ALIVE (Neves, 2003; Netto, 2007), é um estudo sobre laboratórios virtuais para simulação de vida artificial, onde se demonstra que ferramentas de apoio integradas a um *framework* adequado permitem a rápida prototipação de experimentos em VA (Figura 2.14 e 2.15). A idéia neste projeto era fornecer um ambiente para que cientistas de outras áreas como biólogos e ecologistas pudessem avaliar certos conceitos e, portanto não deveria exigir conhecimentos profundos em computação. O intuito foi fazer com que estes cientistas pudessem se concentrar na especificação das funções que quisessem analisar, e disporem de um ambiente de simulação e apresentação gráfica para observar os resultados.

Na Figura 2.14 tem-se um exemplo que simulava o comportamento de seres unicelulares, onde o importante era a adequação às condições ambientais representadas

por diferentes concentrações de substâncias e pela disponibilidade de luzes em determinados comprimentos de onda aos quais eram mais sensíveis. É possível observar a evolução genética da espécie que tenta se adequar ao ambiente, mesmo quando este sofre modificações.

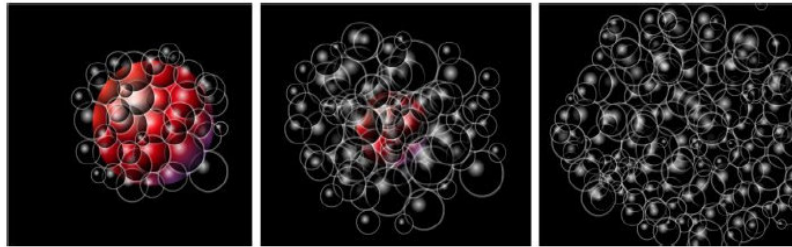


Figura 2.14 – Exemplos de dinâmica celular (Neves, 2003).

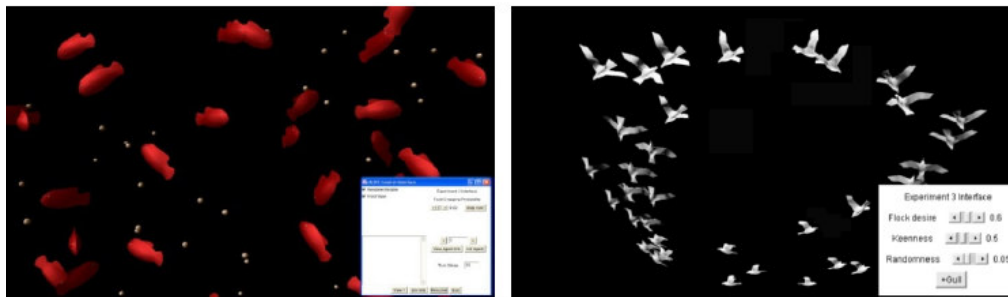


Figura 2.15 – Exemplos de colônias (peixes e pássaros) (Neves, 2003).

O experimento apresentado na Figura 2.15 tratou da capacidade dos seres de se reunirem em colônias para juntos se comportarem como um ser mais forte e mais bem adaptado ao ambiente. É possível observar a formação de tais colônias, e como a dinâmica do ambiente se reflete sobre as mesmas, que podem se reconfigurar em função das necessidades, se tornando maiores ou menores. Foi ainda observada em todas as simulações a capacidade de sustentação do ecossistema, ou seja a longevidade das populações. Em muitos casos depois de atingir um equilíbrio com um número máximo de seres as colônias começavam a desaparecer até a total extinção da espécie, o que sem dúvida pode ser de interesse para ecologistas interessados em verificar o equilíbrio de ecossistemas e as condições que os mantêm vivos ou que os levam a uma progressiva degradação culminando com sua extinção. Assim como o projeto ALGA, o ALIVE pode ser executado na Caverna Digital, com o que o usuário tem maior envolvimento com o experimento, passando a participar do mesmo, por ficar imerso no mundo virtual.

O projeto VIVO (Netto, 2007) foi concebido para permitir a simulação de personagens humanos virtuais, com particular destaque para a questão do convencimento, ou seja, da influência que a opinião de um personagem tem sobre a de outro. Neste trabalho o foco está em convencer alguém a respeito de alguma coisa, fato cuja duração fica restrita a um ou poucos encontros. Além disto, é algo que ocorre apenas com os seres mais desenvolvidos da escala animal, em particular os seres humanos. Este projeto iniciou-se com a definição de um grupo social, cujas relações demandavam convencimentos mútuos. No entanto uma primeira questão tinha que ser resolvida – como identificar o interlocutor para saber então qual postura ter na relação, objetivando o sucesso no processo de convencimento. Optou-se por fazer uso de um estereótipo, que sugeria qual o papel do personagem na comunidade, mas deixando espaço para alguma dúvida ou incerteza. A partir de então o projeto tomou o rumo do

uso de raciocínio probabilístico para dar subsídios para a conseqüente argüição em prol do convencimento. E para tal foram usados modelos Bayesianos (Figura 2.16).

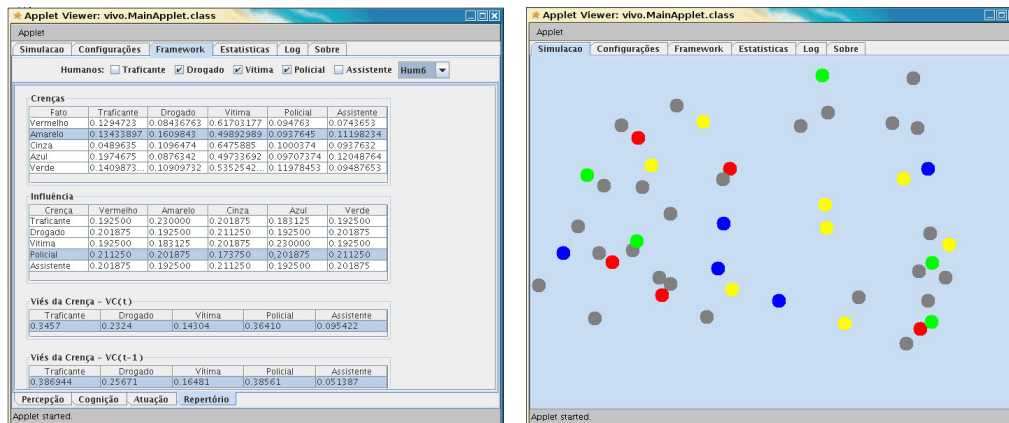


Figura 2.16 - Persuasão e Avaliação de Cenários (Netto, 2007).

O projeto MASTER-MIND (Netto, 2007; Canto, Netto, 2007) avaliou o processo cognitivo envolvido no aprendizado. O objetivo era entender como ocorre este processo, particularmente nas situações em que o aprendizado decorre da observação de procedimentos realizados por terceiros. Nestes casos o aprendiz tenta então inferir regras para que possa repetir tais procedimentos em situações análogas. Este projeto se propôs a oferecer um suporte computacional para acompanhamento deste processo, de modo que agentes virtuais, observando os humanos, possam criar modelos funcionalmente equivalentes àqueles desenvolvidos pelo humano durante sua aprendizagem. Com isto, na medida em que tais agentes também desenvolvem um método de aprendizagem, é possível estudá-los e assim propor estratégias corretivas ou de apoio para melhorar o aprendizado do aluno.

O projeto NEUROBOTS (Netto, 2007; Miguel, Silva, Netto, 2008) trata de neuro-evolução, ou seja, de mecanismos evolutivos aplicados a redes neurais com o intuito de criar sistemas que integrem controladores de personagens virtuais ou mesmo posteriormente de seus equivalentes reais – robôs cujo projeto e desenvolvimento faz uso de técnicas desta natureza. O objetivo neste caso é combinar procedimentos de aprendizado com outros de evolução, para que Redes Neurais Artificiais (RNAs) possam ser ajustadas da melhor maneira ao seu propósito. Estas técnicas são particularmente recomendáveis para configurar as RNAs em situações onde não se conhece bem a priori as condições em que elas irão operar, e quando procedimentos de aprendizado clássicos não apresentam bom desempenho.

O projeto VIRTUÁRIO (Netto, 2007) está em desenvolvimento e visa estabelecer uma plataforma de simulação de pequenas aglomerações humanas baseado num simulador inicialmente desenvolvido (Paiva, 2006). Até então as decisões dos agentes eram baseadas em modelos puramente estatísticos e, agora, está sendo realizada a extensão, incorporando mecanismos cognitivos aos personagens virtuais, como percepção, comunicação, raciocínio e formas de tomada de decisão mais apuradas. O uso de ontologias para a modelagem e a implementação de simulações multiagentes considerando meios de divulgação de informações estão sendo realizados. Além disto, a definição de redes sociais e, o conseqüente relacionamento entre agentes está sendo tratado. Um dos principais objetivos neste trabalho é de que as simulações resultantes sejam coerentes tanto quando se analisa o comportamento de um único agente como quando se analisa a movimentação global dos agentes no ambiente. Ao final se pretende

analisar fenômenos sociais emergentes, e ver em que medida diferem do caso anterior em que apenas métodos estatísticos eram usados (Paiva, 2006).

O projeto SOCIAIS (Netto, 2007) está sendo iniciado e propõe a concepção e simulação de mecanismos e técnicas com a finalidade de observar o comportamento coletivo de uma sociedade em diferentes cenários e de avaliar os resultados decorrentes das interações entre os personagens virtuais conforme sua cultura, costumes, crenças e características variadas. Desta forma, trata da construção de um ambiente de simulação social simples habitado por personagens virtuais que possuam capacidade cognitiva permitindo a percepção do ambiente, a tomada de decisões, o compartilhamento ou a competição por recursos, em função do que foi aprendido por meio da observação e experimentação, com um grau de fidelidade aceitável. Deseja-se também entender as influências a que estão sujeitos os personagens em algumas comunidades, quando há interação entre membros de diferentes locais, num processo de miscigenação cultural (Figura 2.17).

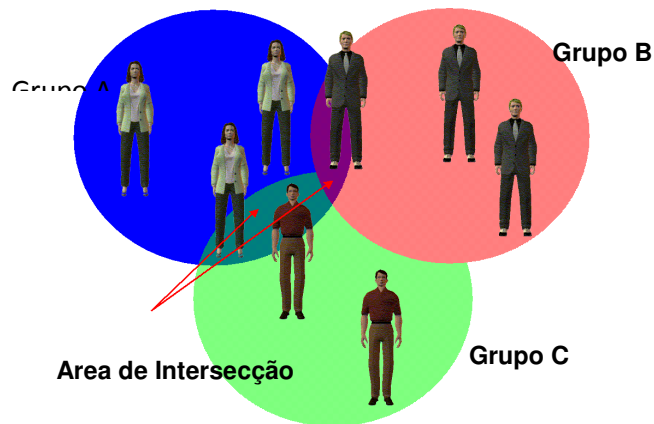


Figura 2.17 – Sociedades no projeto SOCIAIS.

A simulação do comportamento de uma sociedade complexa (seja pela riqueza de possíveis inter-relações entre personagens, seja pela riqueza dos próprios personagens), é naturalmente limitada às características retratadas em modelos computacionais, de modo que os modelos mentais e os correspondentes comportamentos sociais são, naturalmente, simplificações da realidade. A pretensão neste projeto é a combinação de várias tecnologias de computação como autômatos celulares, redes neurais e algoritmos genéticos, para construir uma ferramenta que permita a observação do comportamento coletivo e o provável resultado decorrente da interação entre personagens. Deste a ferramenta resultante deverá servir para prever comportamentos sociais, a partir do apoio dado pela simulação computacional.

2.6. Considerações Finais

Este capítulo apresentou conceitos de Vida Artificial e discorreu sobre modelos e métodos adequados para realizar a simulação de algumas das características dos sistemas que têm propriedades que os aproximam daquilo que é reconhecido como vida. Dada a complexidade destes fenômenos há uma necessidade de se ter representações gráficas para apresentar tais simulações, e neste contexto a Realidade Virtual contribui muito para a realização de experimentos interessantes. Particularmente considerando-se que as formas de visualização, imersão e interação de sistemas de RV contribuem para uma melhor compreensão da dinâmica dos sistemas simulados, bem como dos fenômenos envolvidos nestas simulações. Além disto, como os exemplos de trabalhos desenvolvidos exposto anteriormente, muitos dos ambientes virtuais que são de

interesse para a RV contemplam personagens virtuais que podem ser simulados com base nos conceitos e princípios apresentados neste capítulo.

Deve-se ressaltar que parte dos trabalhos apresentados tiveram seu desenvolvimento possível em virtude do auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob processo de número 06/60407-3 (Projeto Virtuário) e da Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (FUSP) no projeto Global Engineering Excellence (GEE) financiado pela Continental A. G..

Referências Bibliográficas

- Adami, C. Introduction to Artificial Life, Telos: Santa Clara, California, 1998.
- Aguiar, M. S. de; Costa, A. C. da R.. Autômatos celulares para Análise da Monotonicidade da declividade de Áreas Geológicas. Disponível em: <<http://gmc.ucpel.tche.br/aci/aci-pub1.pdf>>. Acessado em: 06 abr. 2005.
- Arbib, M. A. Theories of Abstract Automata. [S.1]: Prentice-Hall, 1969. 412 p.
- Atkinson, R. L.; Atkinson, R. C.; Smith, E. E.; Bem, D. J. Introdução à Psicologia. 11 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- Barreto, J. M. Introdução às Redes Neurais Artificiais. Florianópolis: UFSC, 2002. Laboratório de Conexionismo e Ciências Cognitivas UFSC – Departamento de Informática e de Estatística, Florianópolis, 2002. Disponível em <<http://www.inf.ufsc.br/~barreto/tutoriais/Survey.pdf> >. Acesso em 25 mar 2009.
- Barcellos, J. C. H. Algoritmos Genéticos Adaptativos: Um Estudo Comparativo. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Digitais, Politécnica, USP, São Paulo, 2000.
- Bentley, P. J. Evolutionary Design by Computers, Morgan Kauffmann, 1999.
- Canto, N. C. F.; Netto, M. L.. Mastermind: A Genetic Classifier for Extraction of Human Algorithms. In: 3rd Indian International Conference on Artificial Intelligence (IICAI), 2007, Pune. Proceedings of the 3rd Indian International Conference on Artificial Intelligence. p. 532-549.
- Cony, C. A., Bicho, A. L., Jung, C. R., Magalhães, L. P., Musse, S. R. (2007) A perceptive model for virtual agents in crowds. In: Computer Graphics International (CGI), Itaipava. Proceedings of Computer Graphics International, v. 1. p. 141-150.
- Futuyama, D. J. Biologia Evolutiva. Tradução: Fábio de Melo Sene, Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.
- Goldberg, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.
- Haykin, S. Redes Neurais. Bookman. 2ª Edição. Brasil. 2002.
- Judson, H. F. The Eighth Day of Creation: Makers of the Revolution in Biology. New York: Simon & Schuster, 1979.
- Karrer, D.; Carreira, R. F.; Vasques, A. S.; Benzecry, M. de A. Redes Neurais Artificiais: conceitos e aplicações. In IX ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UFRJ. Rio de Janeiro; 2005.
- Koza, J. R. Genetic Programming of Computers by Means of Natural Selection. Cambridge, MA: MIT, 1992.
- Langton, G. C. Artificial Life: An Overview (Complex Adaptive System). MIT Press; Reprint Edition (January, 1997), 1995.
- Lewin, R. COMPLEXITY, Life at the Edger of Chaos. Chicago University Press, 1993.

- Ludwig Jr, O.; Costa, E. M. M. *Redes Neurais: Fundamentos e Aplicações com Programas em C*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.
- Medeiros, J. S. de. *Banco de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território*. São Paulo, USP, 221 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 1999.
- Michalewic, Z. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution programs*, Springer Verlag, 1996.
- Miguel, C. G.; Silva, C. F.; Netto, M. L.. *Structural and Parametric Evolution of Continuous-time Recurrent Neural Networks*. In: 10th Brazilian Symposium on Neural Networks, 2008, Salvador.
- Miranda, F. R. et al. *An Artificial Life Approach for the Animation of Cognitive Characters*, *Computer & Graphics*, vol. 25, 6 ed., Amsterdam, Holanda, Elsevier Science, p. 955-964, 2001.
- Miranda, M. N. *Introdução a Algoritmos Genéticos*. Disponível em: <<http://www.gta.ufjf.br/~marcio/genetic.html>>. Acessado em: 25 mar. 2009.
- Mitchell, M. *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press, 1997.
- Moore, W. J. *Life and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Moore, W. J. *Schrödinger's entropy and living organisms*. *Nature*, v. 327, p. 561, 1997.
- Murphy, M. P.; O'NEILL, L. A. J. *O que é vida? 50 anos depois*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.
- Musse, S. R. *Behavioral Modeling of Virtual Human Actors*. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, UFRGS, Vol 8, Nº 2. 23-141p. Brasil, 2001.
- Myhil, J. *The Abstract Theory of Self-Reproduction*. In: Mesarovic, M. D. (Ed.). *Views on General Systems Theory*. New York: Jhon Wiley & Sons Inc., 1964. p. 106-118.
- Netto, M. L., Del Nero, H. S., Ranieri, C. *Evolutionary Learning Strategies for Artificial Life Characters*, *Recent Advances in Simulated Evolution and Learning*, Singapore, 2004.
- Netto, M. L. *Computação Evolutiva e Cognitiva: Simulação em Vida Artificial e Cognição*. Tese de Livre Docência em Neurocomputação Eletrônica e Sistemas Adaptativos, Politécnica, USP, São Paulo, 2007.
- Neumann, J. V. In: Burks A. W. (Ed.) *Theory of Self-Reproducing Automata*. Urbana: University of Illinois Press. 1996.
- Neves, R. P. O. *A.L.I.V.E. Vida Artificial em Ambientes virtuais: Uma Plataforma Experimental em Realidade Virtual para Estudos dos Seres Vivos e da Dinâmica da Vida*. Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos, Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/~rponeves/diss/dissert-final.pdf>>. Acessado em: 25 mar. 2009.
- Neves, R. P. O. *Página do projeto Autômato Celular*. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/~rponeves/>>. Acessado em: 25 mar. 2009.
- Obitko, M. *Genetic Algorithms*. Disponível em: < <http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/>>. Acessado em: 22 mar. 2009.
- Osório, F. *Redes Neurais – Do Aprendizado Natural ao Aprendizado Artificial*. In: *I FÓRUM DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL*; 1999, Canoas, RS.
- Paiva, D. C. de (2006) *Modelagem e Simulação de Multidões Humanas em Situações da Vida Cotidiana usando Ontologias*. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – UNISINOS Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil. Orientadora: Soraia Raupp Musse.

- Pauling, L. Schrödinger's contribution to chemistry and biology. In: Schrödinger: Centenary Celebration of Polymath. KILMISTER, C. W. (Ed.) Cambridge: Cambridge University Press, 1987, p. 225-233.
- Perutz, M. F. Erwin Schrödinger's What is Life and molecular biology. In: KILMISTER, C. W. (Ed.) Schrödinger: Centenary Celebration of a Polymath. Cambridge: Cambridge University Press, 1987, p. 234-151.
- Pletsch, E. (2006) Modelagem de Percepção de Humanos Virtuais baseada em dados Geométricos e Ray-Casting. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Orientador: Soraia Raupp Musse.
- Ray, T. S. An Approach to the Synthesis of Life. In: C.G. Langton et al. (ed.). Artificial Life II. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Anais, 10. Redwood City, Ca.: Addison-Wesley, 1992, p. 371-408.
- Ribeiro, R. J. L.; Treleven, P. C.; Alipe, C. Genetic-Algorithm Programming Environments. Computer, Jun. 1994.
- Russel, S., Norvig, P. Inteligência Artificial. Elsevier, Editora Campus, Tradução da Segunda Edição. Brasil. 2004. 34-54p.
- Schneider, E. D. Schrödinger's grand theme shortchanged. Nature, v. 328, p. 300, 1987.
- Sabbatini, R. M. E. Neurônios e Sinapses: a história de sua descoberta. Revista Cérebro & Mente, 25, maio. 2003.
- Silva, H. S. Um Modelo de Autômatos Celulares para Diferenciação Celular Dissertação de Mestrado em Física Aplicada da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.
- Sims, K. Evolving 3D Morphology and Behavior by Competition, Artificial Life, 1994.
- Starkweather, T.; McDaniel, S.; Mathias, K.; Whitley, C. A comparison of genetic sequencing operators. In: International Conference on Genetic Algorithms, Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1991. p. 69-76.
- Tafner, M. A. As redes neurais artificiais: aprendizado e plasticidade. Cérebro Mente, São Paulo, v. 5, 1998.
- Terzopoulos, D. Artificial Life for Computer Graphics, Communications of the ACM, vol. 42, nr. 8, EUA, p. 33-42, 1999.
- Thalmann, N. M; Thalmann, D. Artificial Life and Virtual Reality, John Wiley and Sons, 1994.
- Weiss, G. Multiagent Systems. MIT Press. EUA. 1999.
- Whitley, D. L.; Yoo, N. W. Modeling simple genetic algorithms for permutation problems, In: WHITLEY, D. L.; VOSE, M. D. (ed). Foundations of genetic algorithms 3. San Matco, CA: Morgan Kaufmann, 1995. p. 163-184.
- Wolfram, S. Cellular Automata and Complexity: Collected Papers. Readings: Addison-Wesley, 1994. 596 p.
- Wooldridge, M. An Introduction to MultiAgent Systems. John Wiley & Sons, England. 2002.
- Wooldridge, M., Rao, A. Foundations of Rational Agency. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. 1999.

Capítulo

3

Aplicações de RV e RA na Educação e Treinamento

Alexandre Cardoso (UFU) e Edgard Lamounier Jr (UFU).

Abstract

This chapter presents some possibilities of using Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in education and training, showing some successful experiment examples. Furthermore, important concepts and the main reasons why using VR/AR technology in education and training are discussed by the authors.

Resumo

Este capítulo apresenta algumas possibilidades de utilização de Realidade Virtual e Realidade Aumentada na Educação e no Treinamento, através de exemplos de experiências bem sucedidas. Além disto, conceitos importantes e as principais justificativas de utilização desta tecnologia em Educação e Treinamento são discutidos pelos autores.

3.1. Introdução

A discussão da utilização da Informática na educação e treinamento deve considerar muitos fatores, sob pena de falsas soluções serem apontadas como efetivas. A simples utilização de uma tecnologia não é a solução para os problemas, logo, informatizar o material tradicional (anteriormente aplicado em educação/treinamento presencial), sem uma adequada alteração das técnicas de ensino, não é solução por si só (Robles et al., 1997). O risco declarado consiste em confundir a entrega de informação com aprendizado, alijando elementos essenciais, tais como resolução de problemas, criatividade e imaginação dos instrutores e dos alunos (Bork; Britton, 1998). Neste contexto, tecnologias como a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) vêm apresentando diferenciais importantes (Lin et. al. 2008).

Estas tecnologias são definidas através da combinação de programas computacionais, computadores de alto desempenho e periféricos especializados, que permitem criar um ambiente gráfico de aparência realística, no qual o usuário pode se locomover em três dimensões, onde objetos gráficos podem ser sentidos e manipulados.

Assim, RV e RA permitem a criação de uma interface homem-máquina mais natural e poderosa, possibilitando ao usuário interação, navegação e imersão num ambiente tridimensional sintético, gerado pelo computador através de canais

multisensoriais de visão, audição, tato, olfato ou paladar.

Ressalta-se que um grande benefício oferecido por esta interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser utilizado para manipular o ambiente virtual, possibilitando ao usuário a manipulação de informações através de experiências próximas do real. Isso porque, no ambiente virtual, é possível criar a ilusão de mundo que na realidade não existe, através da representação tridimensional para o usuário.

Dessa forma, RV e RA têm potencial para propiciar um ambiente de educação e/ou treinamento como um processo de exploração, descoberta, observação e construção de uma nova visão do conhecimento, oferecendo ao aprendiz a oportunidade de melhor compreensão do objeto de estudo. Essa tecnologia, portanto, tem potencial de colaborar no processo cognitivo do aprendiz, proporcionando não apenas a teoria, mas também a experimentação prática do conteúdo em questão.

3.2. Justificativas para o Uso de RV e RA na Educação e Treinamento

A utilização de RV/RA com fins educativos, e mesmo para o desenvolvimento humano, tem merecido destaque e sido avaliada de forma intensiva nos últimos anos (Pantelidis, 1996), (Livingston, 2005), (Lockwood and Kruger, 2008). Os resultados destas avaliações mostram ganhos, em termos de aprendizagem superior a diversas outras formas de interação visando educação mediada por computador. Alguns relatos são destacados a seguir.

Byrne (1996) demonstrou que, estudantes do Ensino Médio utilizando aplicativos baseados em Realidade Virtual para análise de experiências de Química (relacionadas com visualização e manuseio de moléculas) apresentaram uma retenção de informações (após três meses) muito superior a estudantes que obtiveram tais informações através de outros meios, tais como sistemas audiovisuais. O experimento demonstrou assim que um dos principais fatores envolvidos com a aprendizagem é a interatividade proporcionada pelo ambiente. Este aspecto é apontado por Costa (2000), confirmando que a interação é a característica chave que distingue uma experiência em RV de uma experiência de, por exemplo, assistir a um filme.

Pausch et al. (1997) destaca que usuários de RV são muito melhores nas buscas sistemáticas da informação porque têm lembranças melhores daquilo que olharam na cena que os envolve. Pinho (2000) apresenta o consenso de que a mesma pode influenciar positivamente o processo de aprendizado, sendo que uma das principais justificativas a esta influência está na forma de aprendizado, que pode ser baseada em experiências de 1ª pessoa.

Experiências de 1ª pessoa são aquelas na qual o indivíduo conhece o mundo através de sua interação com ele, sendo caracterizado como um conhecimento direto, subjetivo e freqüentemente inconsciente (o aprendiz não tem a clara definição que está aprendendo). Tais experiências são naturais e, geralmente, privadas.

Por outro lado, experiências de 3ª pessoa são aquelas na qual o aprendiz ouve o relato de uma experiência ou aprende a partir da descrição feita por outra pessoa. Esta forma de aprendizado é objetiva, consciente e implícita. Como RV e RA permitem um maior grau de imersão e exploração individual, o aprendiz vive experiências de 1ª pessoa e explora a informação como uma experiência diária.

Conclusivamente, Bell e Foglerl (1995), Pinho (2000) e Meiguins (1999) apontam como principais vantagens da utilização de técnicas de RV/RA para fins educacionais, os seguintes itens:

- (a) Motivação de estudantes e usuários de forma geral, baseada na experiência de 1ª pessoa vivenciada pelos mesmos;
- (b) Grande poderio de ilustrar características e processos, em relação a outros meios multimídia;
- (c) Permite visualizações de detalhes de objetos;
- (d) Suporte às visualizações de objetos que estão a grandes distâncias, como um planeta ou um satélite;
- (e) Permite experimentos virtuais, na falta de recursos, ou para fins de educação virtual interativa;
- (f) Permite ao aprendiz refazer experimentos de forma atemporal, fora do âmbito de uma aula clássica;
- (g) Porque requer interação, exige que cada participante se torne ativo dentro de um processo de visualização;
- (h) Encoraja a criatividade, catalisando a experimentação;
- (i) Provê igual oportunidade de comunicação para estudantes de culturas diferentes, a partir de representações;
- (j) Ensina habilidades computacionais e de domínio de periféricos.

Experiências de utilização de sistemas que utilizam técnicas de Realidade Virtual ou Realidade Aumentada têm sido desenvolvidas e aplicadas nos mais diversos campos de ensino, desde Medicina, indústria e aplicativos para Matemática básica, experimentos virtuais de Óptica Geométrica e até simulações de circuitos integrados. A próxima seção relata algumas destas experiências.

3.3. Exemplos do Uso de RV e RA na Educação e Treinamento

3.3.1. Medicina

De acordo com um artigo de 1999 intitulado “To Err is Human” (Errar é Humano) do Institute of Medicine of the National Academy of Science, a cada ano, pessoas morrem mais de erros médicos do que de acidentes nas estradas, câncer de mama ou AIDS (Basdogan et al., 2007). Dentre as muitas razões apresentadas no relatório por estes números, destacam: a inexperiência de iniciantes, a inexperiência de especialistas com novas técnicas e situações médicas raras. Entretanto, uma grande deficiência encontrada foi falta de investimento em educação e treinamento médico. Especialmente, em cirurgias minimamente invasivas, que envolve uma pequena câmera de vídeo e instrumentos específicos para conduzir a cirurgia. Acredita-se que neste cenário as técnicas de Realidade Virtual e Aumentada podem ter uma significativa parcela de contribuição.

De fato, a Medicina e áreas de saúde relacionadas têm, substancialmente, se beneficiadas dos avanços tecnológicos apresentados pela Realidade Virtual e Aumentada, nos últimos anos. Pesquisadores acreditam que ambas providenciam um recurso ímpar para o ensino e treinamento em estruturas anatômicas. Entretanto, alguns desafios nesta área precisam ser combatidos, tais como:

- Variação na anatomia dos modelos – órgãos e patologias em dois diferentes pacientes não são, geralmente, iguais. Assim, é importante desenvolver técnicas de adequação guiadas pelo perfil de cada paciente;

- Propriedade dos materiais de cada órgão – é sabido que cada órgão do corpo humano possui material e constituição diferentes. Daí, a importância de se modelar situações típicas de cada órgão para providenciar um treinamento cirúrgico mais eficiente.
- Integração com os tipos de materiais dos órgãos com modelos de deformação – dependendo da textura de cada órgão, modelos de deformação precisam ser auto-adaptáveis para melhor conduzir o treinamento, dependendo do tipo de material cirúrgico que está sendo utilizado.
- Geração de modelos mais fotorealísticos – o custo de renderizar polígonos aumenta exponencialmente com a complexidade dos modelos – o que é um dado comum, quando se procura modelar fielmente os órgãos do corpo humano.

Finalmente, um dos principais problemas para a educação em Medicina, em geral, é como providenciar um senso realístico da inter-relação entre estruturas anatômicas no espaço 3D. Com RV/RA, o aprendiz pode repetidamente explorar as estruturas de interesse, separando-as ou agrupando-as com as mais diferentes formas de visualização, imersão e exploração. Isto seria, obviamente, impossível com um paciente vivo e é economicamente inviável manter com cadáveres em escolas de Medicina.

Projetos estão sendo desenvolvidos para suportar a cirurgia à distância. Os profissionais da Medicina podem, através de um ambiente virtual, controlar os braços de um robô para desenvolver uma cirurgia em um soldado, em um campo de batalha, como ilustrado na Figura 3.1, onde o robô da imagem à esquerda, controlado por um cirurgião à distância usando técnicas de RV, pode gerenciar a cirurgia da imagem à direita.

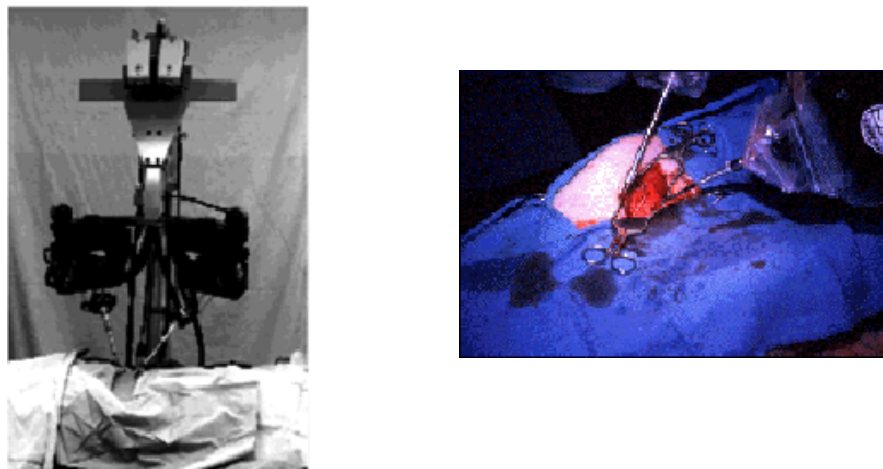


Figura 3.1. Controle de cirurgia/robô com técnicas de RV.

Realidade Virtual também tem sido utilizada para suportar localmente o treinamento de vários tipos de cirurgia como cirurgias endoscópicas, artroscopias (Figura 3.2) e cirurgias de medula. É importante destacar, que estes aparelhos baseados em RV ou RA não só reduzem o custo de treinamento de cirurgiões, mas também reduzem os riscos cirúrgicos dos pacientes.



Figura 3.2. Treinamento virtual de uma artroscopia.

É interessante observar o crescente uso de Realidade Aumentada na Medicina. Com a facilidade de integrar imagens reais com aquelas geradas e controladas por técnicas de Realidade Virtual, esta área de aplicação tem atraído vários pesquisadores e profissionais de Medicina, devido à proximidade que a mesma proporciona de casos reais. Como exemplo, pode-se citar o sistema de neuro-cirurgias (JHU/KRDL Skull-base Surgery Simulator – Figura 3.3), onde os cirurgiões podem planejar, treinar e simular toda a cirurgia, antes de efetivamente executá-la sobre o paciente.

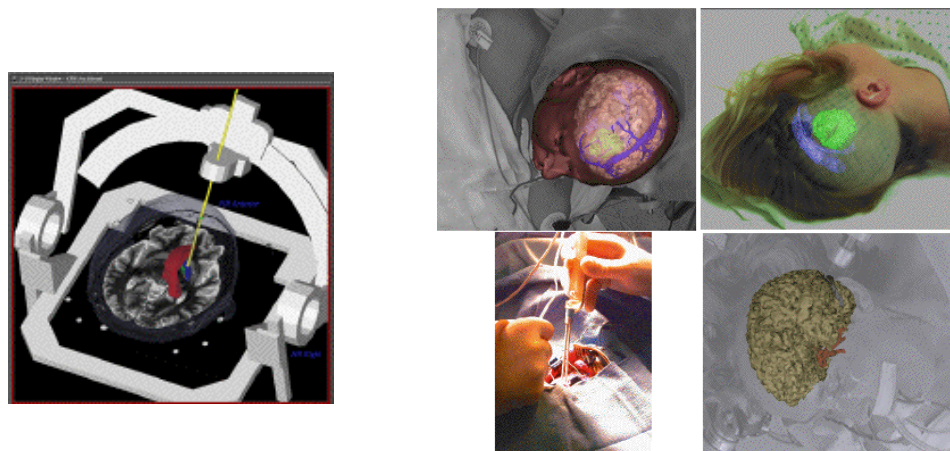


Figura 3.3. Neurocirurgias baseadas em Realidade Aumentada.

Recentemente, um sistema de Realidade Aumentada foi apresentado para apoiar casos de traumatologia e cirurgia ortopédica, o sistema EVI (Easy Visualization In-Situ) (Navab et al., 2007). Com pequenos marcadores retro-reflexivos anexados ao pé direito do paciente e com o uso de um estéreo vídeo *see-through*, o usuário podia escolher modo de visualização desejável de uma tomografia computadorizado do pé do paciente (Figura 3.4, à direita). Este sistema inspirou cirurgiões a desenvolver treinamento de cirurgias usando esta tecnologia.

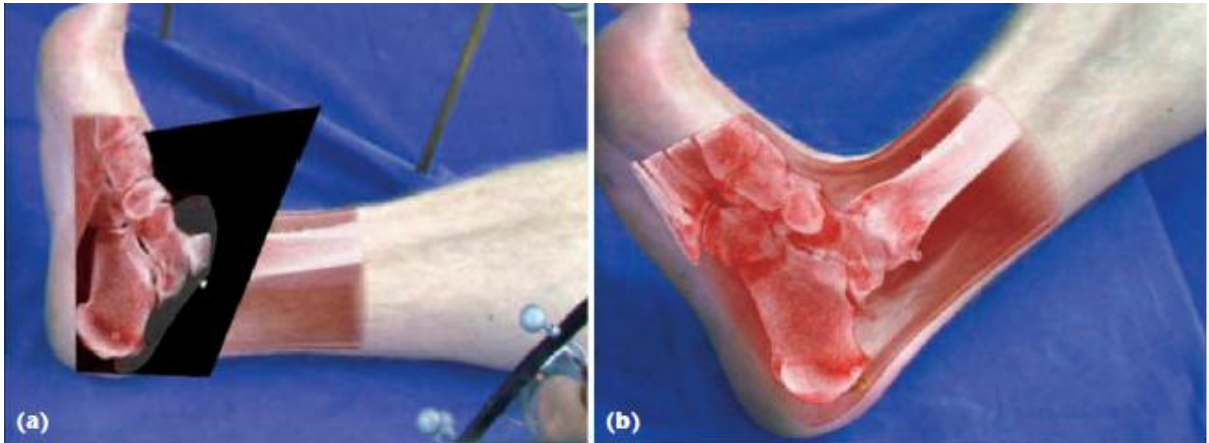


Figura 3.4. Imagens de TC para aumentar a visualização de traumatologia de um paciente (a) técnicas de volume *rendering* combinadas com (b) vistas de CTs (Navab et al., 2007).

3.3.2. Indústria

Analogamente à Medicina, várias são as áreas de aplicações de Realidade Virtual e Realidade Aumentada nos vários ramos da indústria. Dentro estas diversas áreas, podem-se destacar a área de petróleo e gás. As pessoas que trabalham na indústria petrolífera, como os geólogos, geofísicos e engenheiros de reservatórios, confirmam a facilidade em trabalhar com modelos em 3D dos reservatórios em estudo. Esses modelos, normalmente grandes e complexos, são construídos utilizando informações de muitas fontes diferentes: dados sísmicos, que revelam as características estruturais, como falhas ou horizontes em uma escala de dezenas de milhares de metros e registros do poço, que produzem informações locais em torno do poço sobre a porosidade, permeabilidade e outras propriedades da rocha (Figura 3.5).

Por meio da utilização de poderosas estações de trabalho gráficas em conjunto com técnicas de RV, um geólogo pode manipular, interrogar e investigar mais facilmente o modelo de um grande reservatório contendo todos esses tipos diferentes de dados. A RV também acelera o ritmo de descobertas, melhora a comunicação, reduz o risco de erros e torna o processo de tomada de decisões mais eficiente.



Figura 3.5. Realidade Virtual no treinamento de exploração e busca de petróleo.

É na sede da Petrobrás, empresa brasileira que possui 13 centros de Realidade Virtual espalhados por suas unidades, que está o mais moderno na área de exploração e produção de petróleo. É por meio dessa tecnologia que os geólogos e geofísicos analisam as propriedades do fundo do oceano, reconhecendo com precisão os pontos onde se deverá perfurar para chegar ao petróleo. Identificados os reservatórios, a Realidade Virtual também ajuda a aproveitar ao máximo a extração de cada um deles, o que ajuda a economizar tempo e dinheiro. "Um levantamento realizado em um campo de trabalho da Petrobrás, antes da utilização dessa tecnologia, indicou que eram necessários perfurar 65 poços, ao custo de 15 milhões de dólares cada, para a extração do petróleo. Com o uso da Realidade Virtual, esse número diminuiu para 51", compara Paulo Ricardo da Silva dos Santos, gerente setorial de Exploração e Produção da Petrobras (extraído da revista Galileu- Editora Globo, Edição 158, Setembro de 2004).

Uma vez identificado as vantagens de se usar RV e RA na exploração de óleo, novas iniciativas têm surgido no sentido de conduzir os engenheiros na exploração e treinamento das reservas. Recentemente, surgiu um projeto, chamado HydroVR, que permitia a exploração de novas reservas através de uma CAVE (Lidal et. al., 2007). Após o sucesso da experiência de exploração e treinamento proporcionado pelo ambiente virtual, a empresa financiadora iniciou um novo projeto baseado em *remote collaboration*. Isto porque a empresa possui muitos escritórios espalhados pelo mundo e queria estender as funcionalidades do HydroVR para suportar uma plataforma de colaboração do tipo *same type/different place*. Como resultado, após enfrentar os problemas de transmissões de banda larga, via satélite etc., o sistema foi adequado para suportar colaboração remota, como pode ser visto na Figura 3.6, onde dois clientes aprendem a explorar a área de estudo. É interessante notar que um dos clientes, usuário externo, é representado no ambiente de estudo e treinamento como um avatar.

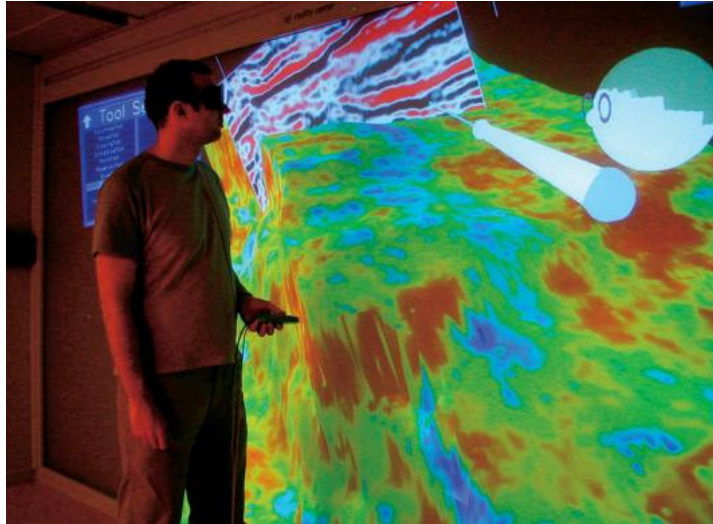


Figura 3.6. Colaboração remota no treinamento e exploração em reservas de óleo. Interessante notar a presença de um avatar (Lidal et. al., 2007).

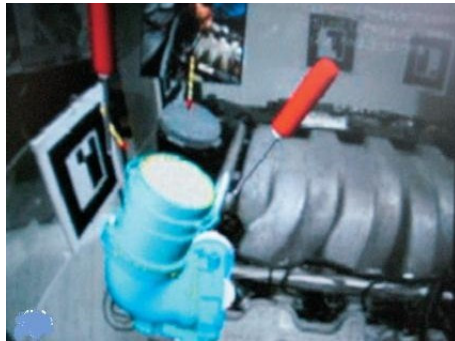
A Embraer, empresa brasileira na área de construção e manutenção de aviões, que, a exemplo de suas concorrentes, se beneficia das facilidades do mundo virtual para o desenvolvimento de seus aviões e treinamento de pilotos, desde 2001. É em uma sala, equipada com uma enorme tela e sistemas de visualização, que profissionais de diversas áreas da engenharia trabalham no desenvolvimento/treinamento virtual de algumas aeronaves, como ilustra a Figura 3.7.



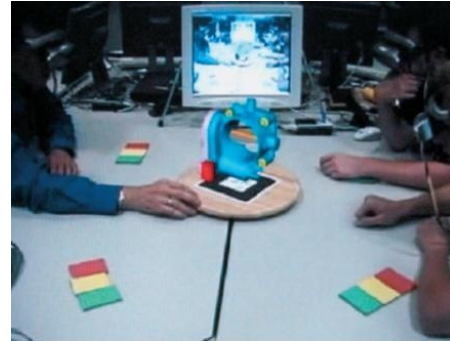
Figura 3.7. Uso de Realidade Virtual no treinamento de construção e simulação de aeronaves.

Com relação à Realidade Aumentada, podemos afirmar que o seu uso na indústria, como forma de treinamento, encontra-se ainda de forma embrionário (Regenbrecht et. al 2005). Iniciativas tais como manutenção de motores (Figura 3.8a), onde o diagnóstico de um problema pode ser visualizado e previamente tratado em uma peça virtual do motor ou em um projeto colaborativo de engenharia, onde vários engenheiros, de departamentos diferentes, participam previamente da construção de uma peça – fato este colaborativo por natureza, uma vez que o processo de tomada de decisões é muito complexo para repousar nas

mãos de uma única pessoa (Figura 3.8b) – são exemplos de sucesso de primeiras tentativas de uso de RA na Indústria.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.8. Uso de RA no treinamento: (a) de conserto de motores e (b) construção colaborativa de peças de motores (Regenbrecht et. al. 2005), (c) colocando um marcador em um sistema e (d) visualizando a malha de elementos finitos para o estudo particular de análises de temperatura (Weidlichet. al. 2008).

Entretanto, uma principal vantagem de se usar Realidade Aumentada para o treinamento quando comparado com Realidade Virtual, e outros tipos de multimídia, é possibilidade providenciada ao *trainee* para fazer experiência *in loco*. Isto é, ao invés de criar um ambiente mais ou menos abstrato de aprendizado, o objeto de estudo pode ser trazido diretamente para o ambiente onde a experiência final poderá ocorrer: o motor de um carro, a cabeça de um paciente etc., são todos ambientes reais que podem ser aumentados com uma informação didática em questão (Regenbrecht et. al 2005).

Como exemplo, podemos citar a dificuldade de inicializar pessoas no processo de aprender a dirigir um carro. Além de adquirir experiência em manipular o volante estando atento às situações da estrada e ainda aos sinais de

trânsito, o aprendiz pode ainda deparar com situações inesperadas (bolas, crianças, deslizamento de terra, má ultrapassagens por outros motoristas etc.) que muitas vezes não são detectados a tempo, apesar da variedade de sensores encontrados em carros mais caros e modernos. Assim, pesquisadores têm desenvolvido sistemas que criam estas situações reais através do uso de Realidade Aumentada. Como mostra a Figura 3.9a, o aprendiz de direção e seu instrutor estão munidos de capacetes HMD dirigindo numa estrada real. Enquanto isso, computadores instalados no carro criam situações de emergência como a da criança correndo repentinamente na frente do carro Figura 3.9b.



Figura 3.9. (a) Instrutor e aprendiz numa situação de direção real com HMDs (b) cena de uma criança atravessando em frente ao carro em tempo real (Regenbrecht et. al 2005).

Relatos dos fabricantes têm mostrado que os aprendizes têm comportado de maneira semelhante quando comparado com situações reais, demonstrando assim a eficiência em se aumentar conteúdos com RA em ambientes de aprendizagem.

3.3.3. Fobias

O tratamento de fobias tem também se beneficiado com o uso de técnicas de RV e RA. As principais vantagens destas técnicas no tratamento de fobias diversas podem ser sumarizadas:

1. O paciente não necessita imaginar o que lhe causa fobia, uma vez que uma simulação virtual, que lhe é apresentada, o faz;
2. A terapia é mais segura e menos traumática para o paciente, uma vez que é realizada totalmente dentro do consultório do psicólogo ou em área de pouco risco;
3. Permite-se a exposição gradual, controlada pelo psicólogo, do paciente à situação de fobia;
4. O tratamento tem custo reduzido, se considerarmos a necessidade de exposição do fóbico a situações reais.

Existem sistemas, atualmente, que simulam situações de pânico e risco, tais como viagens aéreas, elevadores e medo de animais. Por exemplo, o sistema, SPIDERWORLD (Figura 3.10) é um sistema baseado em Realidade Virtual projetado para auxiliar paciente em sua luta contra fobia de aranhas. A paciente usa um HMD que projeta uma aranha virtual. Através de uma aranha de brinquedo, o sistema rastreia a mão da paciente, permitindo que a mesma toque a criatura virtual



Figura 3.10. Sistema RV para fobia de aracnídeos.

Recentemente, a Realidade Virtual tem-se apresentado também como opção no tratamento de PTSD (Post-Traumatic Stress Disorder), como no caso de ex-combatentes (Macedonia, 2008). Através de técnicas de RV, os pacientes são colocados em situações de stress no sentido de combater a origem de seus problemas de desordem. Na Figura 3.11a, vemos um soldado usando um HMD, simulando uma cena de combate que pode gerar momentos de stress. Nestes experimentos, os soldados são treinados para enfrentar tanto situações fictícias do futuro como situações ocorridas no passado e que agora precisam ser simuladas para providenciar a devida recuperação (Figura 3.11b).



Figura 3.11. (a) Soldado usando HMD no campo (b) Ambiente virtual projetado para o soldado que usado para tratar um posterior stress traumático (Macedonia, 2008).

Entretanto, pesquisadores acreditam que para o tratamento de fobias, em particular, a Realidade Aumentada apresenta-se com vantagens adicionais quando comparada à Realidade Virtual. Isto porque com RA é possível providenciar uma maior sensação de presença do objeto de fobia em questão. Por exemplo, podemos colocar um paciente dentro de uma jaula real com um leão virtual! Além disso, considerando o exemplo em questão, RA pode providenciar um maior nível de julgamento do que RV, devido à presença do real na cena de treinamento, onde o paciente pode ver suas próprias mãos e pés e o objetos de interesse ao alcance (Juan et. al. 2005).

Assim, acredita-se que existem duas situações onde a Realidade Aumentada apresenta vantagem sobre a Realidade Virtual, no tratamento de fobias:

1. Quando os pacientes podem utilizar elementos reais tais como mãos e pés para interagir com a aplicação e os objetos de fobia em questão;
2. Quando é possível usar ou reproduzir o ambiente real (com baixo custo e tempo) ou reproduzir um ambiente alternativo.

Se nenhuma das duas premissas acima é determinada, possivelmente, a Realidade Virtual deverá ser preferencial como tecnologia adotada no tratamento de fobias (Juan et. al. 2005). Ressaltando ainda que, o fator determinante na escolha da tecnologia será o tipo de fobia em questão.

3.3.4. Ciências e Matemática

As vantagens para o ensino e treinamento proporcionadas pela Realidade Virtual e Realidade Aumentada apresentadas nas seções anteriores, também são profundamente exploradas, como era de se esperar, para auxiliar estudantes nos estudos e avaliações das mais diversas áreas da Ciência e Matemática. Inúmeros são os sistemas de Realidade Virtual desenvolvidos nos últimos anos que auxiliam os alunos a explorar novos conhecimentos. Esta seção apresenta apenas alguns destaques.

O projeto ScienceSpace (www.virtual.gmu.edu/vrhome.htm) apresenta uma coleção de ambientes virtuais que visa auxiliar estudantes e professores na compreensão de conceitos científicos, principalmente relativos à Química e Física. Atualmente, o sistema é composto de três ambientes: Newton World (cinemática e dinâmica), Maxwell World (eletrostática e leis de Gauss) e Pauling World (estudo de estruturas moleculares), como mostram as imagens na Figura 3.12, respectivamente.

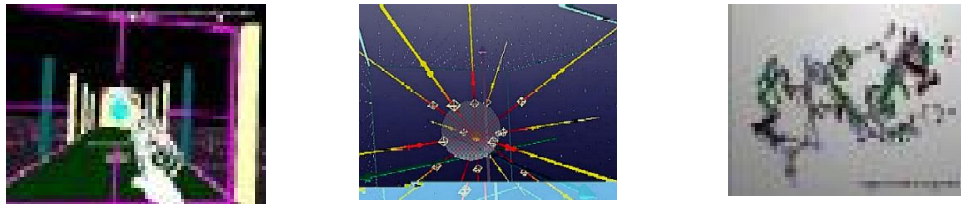


Figura 3.12. Ambientes virtuais do sistema ScienceSpace.

A disciplina de Matemática tem, igualmente, usufruída dos inúmeros benefícios advindos da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada, particularmente a área de Geometria. Isto porque um dos problemas tradicionalmente apresentado na literatura é o fato de os livros serem em 2-D, o que dificulta ao aluno a sensação tridimensional de imersão e profundidade. Tais itens são largamente explorados por sistemas atuais que utilizam técnicas de RV no ensino de Geometria.

O sistema Construct3D (www.ims.tuwien.ac.at), por exemplo, é uma ferramenta de construção de geometria tridimensional, projetado especificamente para o ensino de Matemática e Geometria. Baseado em técnicas de Realidade Aumentada (Azuma 1997), o sistema foi projetado para proporcionar um ambiente natural de colaboração entre professores e estudantes, como mostrado na Figura 3.13. A principal vantagem de usar RA, neste caso, é que e os estudantes podem de fato visualizar e interagir com objetos tridimensionais os quais eles tinham que calcular e construir utilizando, na maioria das vezes, procedimentos rudimentares (baseados em papel e caneta). Assim, por trabalhar diretamente com o espaço 3D, problemas e relações espaciais complexas podem ser compreendidas de forma mais rápida e com mais qualidade do que métodos tradicionais.



Figura 3.13. Realidade Aumentada e Geometria – projeto Construct3D.

Mesmo com tecnologias mais avançadas, o ensino de matemática atrai os pesquisadores. Tal fato foi observado no trabalho apresentado por Roussou (2009) onde uma caverna foi utilizada para ensinar frações para crianças de 8 a 12 anos. É interessante notar como eles tendem a afirmar que $\frac{1}{4}$ é maior que $\frac{1}{3}$, pelo fato de 4 ser maior que 3. Na caverna (Figura 3.14), as crianças são conduzidas a construir área usando quantidades refletidas por estas frações, percebendo de forma mais intuitiva o valor quantitativo das mesmas.



Figura 3.14. Crianças em uma caverna trabalhando com frações (Roussau, 2009).

É interessante destacar como os pesquisadores neste trabalho conduziram o experimento. Primeiro, foi disponibilizado para os alunos as ferramentas para que eles construíssem os modelos fracionários no ambiente real, de forma ativa (Figura 3.14a). Depois, eles o fizeram de forma passiva, interagindo com um *avatar* (o pássaro Spike – Figura 3.14b), que estava incumbida de exercer a tarefa de forma cooperativa e guiada com os estudantes.

Para surpresa dos pesquisadores, o segundo método agradou mais aos estudantes. Isto porque a manipulação (interação) providenciada pelo ambiente virtual tornou a tarefa um pouco mais difícil. Isto posa como um grande resultado: talvez

combinar interatividade com atividades guiadas por um mecanismo do próprio ambiente virtual (*avatar*) possa ser uma poderosa ferramenta para melhor refletir e sustentar um entendimento conceitual, no processo de aprendizagem.

Outras disciplinas também têm recebido atenção no desenvolvimento de ambientes virtuais para aprendizagem. Recentemente, Silva (2005) apresentou um ambiente virtual que simula uma significativa variedade de experimentos físicos.



Figura 3.15. Experimentos de Física usando Realidade Virtual.

É interessante notar que este trabalho reflete uma das preocupações dos desenvolvedores de ambientes virtuais para educação (à distância): a inclusão de processos pedagógicos para garantir uma melhor qualidade no ensino/aprendizagem. Ferramentas cognitivas, tais como Mapas Conceituais e Organizadores Gráficos foram largamente explorados nos experimentos propostos, gerando um alto índice de aprovação pelos estudantes que utilizaram a ferramenta. A Figura 3.15 mostra um experimento onde o usuário avalia leis físicas através da sensação de entrar e dirigir um carro em uma cidade virtual.

3.4. Considerações Finais

Baseado nos experimentos e aplicações apresentados nas seções anteriores é de imediata conclusão de que a Realidade Virtual e a Realidade Aumentada executam um importante papel no processo de educação e treinamento de seus usuários.

Entretanto, é importante destacar que ambas também apresentam seus próprios problemas. Primeiramente, ambas ainda são caras para produzir e usar, principalmente, para a RB (Realidade Brasileira!). Em segundo lugar, aparentemente, não existe um currículo padrão para o ensino e desenvolvimento de sistemas de RV e RA sendo aplicado uniformemente em nossas universidades e empresas. Finalmente, é muito difícil produzir simulações altamente realísticas, de tal maneira que possa aproximar, com grande precisão, o real do virtual. Assim, parece que para o momento, o uso de Realidade Virtual e Aumentada na educação e treinamento tem se apresentado mais como um remédio do que a cura.

Porém, à medida que a tecnologia evolui e os educadores aprenderem mais sobre como as pessoas aprendem através da interação com ambientes virtuais, RV e RA serão vistas com mais frequência em nossas escolas e universidades. De fato, evidências apontam para melhoramentos na tecnologia de apoio a sistemas de RV e RA, que certamente contribuirão ainda mais para elaboração de sistemas virtuais de suporte a educação e treinamento (Lin et. al., 2008). São eles:

- Novas combinações de sensores em projetos de dispositivos de entrada 3D (*3D input*),

- Introdução de *biofeedback*, tais como atividades cerebrais, como mecanismos de entrada de dados,
- Melhoramentos em dispositivos hápticos (toques),
- Interfaces 3D para sistemas do tipo *multidisplay*.

É improvável que venhamos a assistir a construção de ambientes virtuais com a máxima fidelidade em nosso tempo. Mas, como mencionado acima, pesquisadores estão trabalhando para criar ambientes virtuais cada vez mais realísticos e que ainda suportem toque, cheiro e sabor com mais precisão. A qualidade de dispositivos visuais está cada vez mais aumentando em contraste com seu tamanho e peso. Portanto, como educadores possuem uma habilidade ímpar de trabalhar com novas tecnologias, o uso de RV e RA na educação e no treinamento não será, no futuro, uma exceção.

Referências Bibliográficas

- Azuma, R. (1997) “A Survey of Augmented Reality, PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments”, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385.
- Basdogan, C., Sedef, M., Harders, M. and Wesarg, S.; (2007) “VR-Based Simulators for Training in Minimally Invasive Surgery”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.54-66, March/April 2007.
- Bell, J.; Foglerl H. S. (1995) “The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool” Proceedings of the american society for engineering education annual conference, Anaheim, CA..
- Bork, L. A. and BRITTON, R. D, (1998) “The Web is Not Yet Suitable for Learning”, IEEE Transactions on Computer, USA. pp. 115-119.
- Byrne, C.(1996) “Water on Tap: The Use of Virtual Reality as an Educational Tool”. Washington, Tese de Doutorado - University of Washington.
- Costa, E. M. R. M. (2000) “Ambientes Virtuais na Reabilitação Cognitiva”. Rio de Janeiro, Tese de Doutorado. Engenharia de Sistemas e Computação - COPPE/UFRJ.
- Juan, M.C.; Alcaniz, M., Monserrat, C.; Botella, C., Banos, R. and Guerrero, B.; (2005) “Using Augmented Reality to Threat Phobias”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 31 a 37, 2005.
- Lidal, M.E., Langeland, T., Giertsen, C., Grimsgraard, J. and Helland, R.; (2007), “A Decade of Increased Oil Recovery in Virtual Reality”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.94-97, November/December 2007.
- Lin, C.M.; Otaduy, A.M. and Boulic, R.:(2008) “Virtual Software and Technology”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 18-19, November/December 2008.
- Livingston, Mark A.; (2005) “Evaluating Human Factors in Augmented Reality Systems”. IEEE Computer Graphics and Applications, November / December, pp. 6-9, 2005.
- Lockwood, D. and Kruger, E.; (2008) “Using VR for Human Development in Africa”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.99-103, May/June, 2008.
- Macedonia, M.; (2008) “Virtual Worlds: A New Reality for Treating Post-Traumatic Stress Disorder”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.86-88, November/December, 2008.
- Meiguins, S. B.; Behrens, H. F. (1999) “Laboratório Virtual para Experiências de Eletrônica” Anais do II Workshop Brasileiro de Realidade Virtual, WRV '99, Marília, pp. 56-67.

- Navab, N., Traub, J., Sielhorst, T., Feuerstein, M. and Bichlmeier, C.; (2007) “Action- and Workflow-Driven Augmented Reality for Computer-Aided Medical Procedures”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 10-14, Setember/October, 2007.
- Pantelidis V. Vesamontex. (1999) “Projeto e descrição detalhada das atividades e resultados da implementação de uma solução de VR aplicada a Educação”. <http://users.hub.ofthe.net/~mtalkmit/veshtml2.html>, November, 1999.
- Pausch, R.; Proffit, D.; Williams, G. (1997) “Quantifying Immersion in Virtual Reality” Proceedings of the 1997 - ACM Siggraph annual conference on Computer Graphics, pp. 13-18.
- Pinho, M. (2000) “Interação em Ambientes Tridimensionais”. Tutorial do 3rd Workshop on Virtual Reality - WRV'2000, Gramado, RS, Outubro.
- Robles, T. et al. (1997) “Using Multimedia Communication Technologies in Distance Learning”, ACM Proceedings of the Conference on Integrating Technology into Computer Science Education, **ITICSE'97**, USA, 1997, pp. 06-07.
- Roussou, M.; (2009) “A VR Playground for Learning Abstract Mathematics Concepts”, pp. 82-85, January and February, 2009.
- Regenbrecht, H.; Baratoff, G. and Wilke, W.; “Augmented Reality Projects in the Automotive and Aerospace Industries”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 48-56, November/December 2005.
- Silva, L. F., Cardoso, A., Mendes, E. e Lamounier Jr. – Associando ferramentas cognitivas e realidade virtual não-imersiva para o ensino de Física. Conferência IADIS Ibero-americana, 2005, v.1 pp 215-222.
- Weidlich, D., Scherer, S. and Wabner, M. (2008), “Analyses Using VR/AR Visualization”, IEEE Computer Graphics and Visualization, pp.84-86, September/October 2008.

Capítulo

4

RV e RA Aplicadas à Saúde

Fátima L. S. Nunes (UNIVEM), Liliane S. Machado (UFPB), Rosa M. E. M. Costa (UERJ)

Abstract

This chapter presents a general view of computational applications in the health area, highlighting the use of Virtual and Augmented Reality technology's resources in Brazil and other countries. From this initial survey, the paper presents the challenges for the area improvement. Also, it proposes some important research lines that need to be developed in order to provide a greater spread of applications.

Resumo

Este capítulo traça um panorama das aplicações computacionais na área da saúde, destacando a exploração dos recursos da tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada no Brasil e em outros países. A partir desse levantamento inicial, apresenta os desafios para o crescimento da área e sugere algumas linhas de pesquisa prementes para proporcionar uma maior difusão das aplicações.

4.1. Introdução

Ao observar-se a produção científica e comercial de Realidade Virtual (RV) e da Realidade Aumentada (RA) nos últimos anos, é inegável que a área de saúde tem sido um grande campo de aplicação, contribuindo para que a própria tecnologia se obrigue a um desenvolvimento rápido em termos de *hardware* e *software* de RV e RA. A atração que os mundos tridimensionais exercem faz com que a Realidade Virtual e Aumentada (RVA) proporcione ambientes adequados para aplicações de educação, treinamento, simulação, visualização e reabilitação. A viabilidade de reproduzir situações reais sem risco a pacientes, a diminuição de custos devido à redução de uso de objetos físicos, a possibilidade de simular e visualizar ações impossíveis de serem percebidas no mundo real constituem motivos para que a RVA aplicada à saúde constitua uma área de

interesse crescente tanto para pesquisadores de Computação quanto para indústrias de *software*.

Da mesma forma, profissionais, clínicas, hospitais, escolas e outras instituições da área de saúde têm na tecnologia de RVA uma resposta às suas necessidades. Assim, a repetição de treinamento de procedimentos sem perigo a pacientes, a diminuição do uso de cadáveres, objetos de simulação, cobaias e materiais de manutenção e a simulação de situações antes somente imaginadas, como a visualização do funcionamento de um órgão humano ou a trajetória de um medicamento no corpo humano, constituem exemplos de aplicações que têm proporcionado o crescimento de um rico campo interdisciplinar de pesquisa e desenvolvimento.

A partir desta contextualização, constata-se que a parceria entre a tecnologia de RVA e a área de saúde tem proporcionado o crescimento de ambas. No entanto, há limitações e desafios a serem vencidos dos dois lados. Velocidade, precisão, capacidade de armazenamento e adequação ergonômica de *hardware* são exemplos de desafios a serem vencidos na parte tecnológica. Conhecimento do funcionamento da tecnologia, mudanças na educação médica para minimizar resistências constituem pontos a serem superados na parte de saúde. E o estabelecimento de uma linguagem comum para facilitar a comunicação e proporcionar a definição eficiente de requisitos é um desafio que ainda deve ser vencido nas duas partes.

Considerando as vantagens e desafios apresentados, este capítulo tem o objetivo de apresentar os conceitos, o estado da arte, as aplicações, as necessidades, o potencial e as tendências das aplicações de RVA na área de saúde. Embora a maior parte das aplicações ainda se concentre em Medicina, áreas como fisioterapia, psicologia, enfermagem, educação física, entre outras, têm mostrado constante interesse e motivado o desenvolvimento de aplicações.

Para atingir o objetivo proposto, a Seção 4.2 apresenta os conceitos básicos envolvidos no desenvolvimento de aplicações de RVA em saúde. A Seção 4.3 apresenta o estado da arte no Brasil e no mundo, tecendo uma comparação entre o que tem sido feito no nosso país e a distância ainda existente com o que tem desenvolvido em centros de pesquisa ao redor do mundo. A Seção 4.4 apresenta exemplos descritivos e ilustrativos de aplicações já desenvolvidas para esta área, a fim de despertar o interesse para as lacunas que ainda necessitam ser preenchidas pelos profissionais de tecnologia. Essas lacunas são retomadas na Seção 4.5, a fim de discutir as oportunidades de pesquisa e desenvolvimento, que constituem necessidades prementes da área de saúde. E, ao final, são apresentadas as referências bibliográficas que forneceram a base para o presente texto.

4.2. Conceitos Básicos

As características gerais das aplicações de RVA (interação, imersão e envolvimento) são igualmente aplicáveis quando se define a saúde como a área de aplicação, mas considerações específicas devem ser tecidas. Adicionalmente, algumas características são requeridas, principalmente devido ao realismo exigido para que as ferramentas construídas possam ser utilizadas na prática, conforme explicitado a seguir.

4.2.1. Características Gerais das Aplicações em Saúde

Dentre as três características básicas citadas que definem um sistema de RVA, na área de saúde há especificidades críticas que devem ser consideradas, sendo que alguns aspectos não observados podem tornar inviável o uso das ferramentas.

Em relação à interação, observa-se que algumas aplicações, como atlas virtuais tridimensionais para ensino de anatomia e visualização de estruturas, assim como

ferramentas para simulação de situações, podem ser construídas sem necessariamente fazer uso de dispositivos tangíveis (como luvas e equipamentos hápticos). Outras, entretanto, como o treinamento de procedimentos médicos, exigem o uso de tais equipamentos a fim de proporcionar sensações, principalmente de tato, necessárias à exigência de realismo efetivo.

A imersão, proporcionada por dispositivos como capacetes e óculos estereoscópicos, também constitui um aspecto necessário em algumas aplicações, mas dispensável em outras. Novamente o aprendizado por meio de atlas virtuais, por exemplo, não exige que o usuário se sinta dentro do Ambiente Virtual (AV), caracterizando a imersão total, mas esta característica pode torná-lo mais motivado ao aprendizado. Aplicações para o tratamento de fobias, como citado em (Wauke, Carvalho e Costa 2004) podem não apresentar o efeito desejado se não proporcionarem a sensação de imersão ao paciente.

O envolvimento é uma sensação subjetiva, mas fundamental para as aplicações de RVA em saúde nas quais o usuário está fisicamente dentro do ambiente virtual e deve participar dele (Costa e Carvalho 2004). Assim, aplicações que exigem a participação do usuário para atingir um objetivo específico devem preocupar-se prioritariamente com este aspecto. E as aplicações de saúde, por excelência, estão enquadradas nesta categoria: treinamento médico, terapias diversas, reabilitação, educação, entre outras, são ferramentas que não têm sentido se não houver motivação para a participação do usuário.

Conforme citado em (Nunes e Costa 2008) para que o envolvimento seja atingido em aplicações de saúde é fundamental que se estabeleça alguns pré-requisitos:

- *Qualidade dos objetos tridimensionais* – os objetos que compõem o mundo virtual devem ser similares aos objetos reais em relação a cores, volumes, texturas, atividades e comportamentos. Especial atenção deve ser dirigida aos objetos que representam órgãos humanos ou animais para aplicações de treinamento de procedimentos: esses podem ser obtidos por meio de síntese (modelagem artística) ou análise (técnicas de reconstrução usando processamento de imagens e computação gráfica); em ambos os casos devem conter detalhes e qualidade suficiente para que a simulação do procedimento não seja prejudicada.
- *Correlação espacial entre objetos físicos e virtuais* – as proporções de tamanho e localização de objetos no mundo virtual devem ser observadas a fim de que representem com propriedade o mundo real.
- *Controle realista da interação* – as ações nos ambientes virtuais devem considerar o comportamento físico dos objetos e pessoas. Assim, o tratamento de animação, colisão e deformação deve ser cuidadosamente planejado a fim de proporcionar no AV a reação mais próxima possível àquela que ocorreria no mundo real, considerando as exigências necessárias em relação à precisão e tempo de resposta.
- *Uso simultâneo de diversos dispositivos* – para proporcionar sensações de imersão, boa parte das aplicações para saúde exige uso de diversos dispositivos de entrada e saída de dados simultaneamente como, por exemplo, é comum o uso de luvas, equipamentos hápticos e óculos estereoscópicos em uma mesma aplicação. A demanda de tempo de processamento e a definição dos limites de influência de cada dispositivo são pontos estratégicos que devem ser planejados tecnicamente, pois exigem processamento paralelo e implementação cuidadosa

garantindo que cada equipamento possa proporcionar a sensação para a qual foi designado no momento correto.

- *Aspectos ergonômicos* – a modelagem de objetos e a inclusão de dispositivos não convencionais devem considerar a usabilidade da aplicação. Usabilidade aqui é compreendida como a característica que torna a aplicação “confortável” ao usuário. Talvez esta seja uma das características mais difíceis de implementar atualmente devido à ausência de dispositivos físicos de entrada e saída que simulem com realismo os dispositivos reais. Aspectos de forma, tamanho, peso e adequação ao usuário ainda constituem desafios a serem superados.

4.2.2. Categoria das Aplicações

As aplicações de RVA voltadas à saúde podem ser divididas em diferentes categorias. Particularmente, isto pode ser feito de acordo com a finalidade das aplicações. Neste caso, destacam-se as aplicações para educação, treinamento ou simulação, os jogos, as aplicações para reabilitação e as aplicações de telemedicina.

A educação e o treinamento são provavelmente os temas mais promissores no contexto das aplicações da RVA para saúde. Aplicações desta categoria visam a preparar estudantes técnica e psicologicamente para tarefas reais, auxiliar o processo educacional em diferentes faixas etárias, bem como a oferecer a profissionais meios de treinar novas técnicas simulando diferentes situações genéricas (desassociadas das peculiaridades de uma situação ideal). Neste contexto encontram-se, também, os simuladores, cujo objetivo geral é permitir a prática de técnicas em ambientes que imitam a realidade de um procedimento ou criam situações hipotéticas para explicar ou ensinar algum conceito. Na maioria das vezes, sistemas dessa natureza fornecem visualização estereoscópica e preocupam-se em oferecer algum tipo de retorno (tátil, visual ou auditivo) às interações do usuário.

Os jogos também são importantes no contexto educacional e têm sido utilizados com duas finalidades distintas: educar crianças e jovens sobre atitudes relacionadas à saúde ou treinar profissionais por meio dos chamados jogos sérios (*serious games*). A característica fundamental dos jogos é o entretenimento que, quando aliado a um conteúdo educacional específico, caracteriza um jogo educacional. Os jogos educacionais baseados em RVA utilizam conceitos de inteligência para oferecer desafio aliado a conteúdo, apresentando ao usuário situações que exijam algum tipo de decisão, estimulando-o na atividade. Particularmente, os jogos sérios utilizam a tecnologia dos jogos com o objetivo de treinar, não incluindo necessariamente o entretenimento, mas utilizando a inteligência para apresentar novas situações que exijam a tomada de decisão do usuário para auxiliá-lo no processo de assimilação de um conhecimento específico. Por esta razão, os jogos sérios costumam integrar mecanismos que permitem avaliar o desempenho do usuário.

A reabilitação e a fisioterapia têm sido abordadas em sistema de realidade virtual para ensinar o usuário a forma correta de realizar movimentos, bem como avaliar e reabilitar processos cognitivos e metacognitivos como a percepção visual, a atenção e a memória (Rose *et al.* 2005). Neste sentido, ela depende do uso de dispositivos que monitoram os movimentos do usuário. Características importantes destes sistemas são o realismo visual e a interação intuitiva, que devem propiciar um bom grau de imersão ao usuário, permitindo-lhe concentrar-se na tarefa a ser desempenhada.

As aplicações de RVA para telemedicina tratam basicamente situações em que a distância é um fator crítico. O objetivo destas é propiciar o contato e a troca de informações entre profissionais com a sensação de presença mútua. Por esta razão, o

conceito de telepresença é fundamental e permite a realização de atividades colaborativas ou cooperativas para obtenção de diagnósticos, segunda opinião e treinamento à distância, como exemplos.

4.2.3. Avaliação das Aplicações

De acordo com o exposto até aqui é possível deduzir que a avaliação do alcance dos objetivos, ou seja, a verificação do atendimento aos requisitos definidos para o sistema, amplamente propagada na Engenharia de Software, assume importância destacada nas aplicações de RVA para a saúde. Essa definição de requisitos deve ocorrer durante todo o projeto por meio da avaliação constante dos profissionais da saúde, constituindo equipes interdisciplinares. A avaliação, todavia, não deve tratar somente da verificação do alcance dos requisitos estabelecidos, mas também dos aspectos técnicos, assim como do desempenho dos usuários. Assim, três áreas de avaliação merecem destaque:

- *Avaliação de requisitos* – trata-se de garantir que as ferramentas estejam atingindo os objetivos para as quais estão sendo construídas. Esta avaliação é realizada pela equipe da área de aplicação durante todo o desenvolvimento. Devem ser considerados os tipos de usuários finais da aplicação, com suas características e anseios. Assim como em qualquer outro sistema computacional, erros devem ser identificados e corrigidos o mais precocemente possível. Alguns aspectos que devem ser avaliados nesta categoria de avaliação são: modelagem dos objetos, ergonomia e controle de dispositivos, adequação da reação do sistema em relação ao usuário, sensação de imersão e envolvimento, além do realismo das ações planejadas no AV. Em geral, esta avaliação deve ser conduzida com o maior número possível de usuários, por meio da execução da ferramenta e usando instrumentos diversos, como entrevistas e questionários, que abordem aspectos de usabilidade. No entanto, uma lacuna que deve ser preenchida neste aspecto é o estabelecimento de métricas mais objetivas de avaliação que considerem não somente a opinião do usuário, mas que possam mensurar as suas ações como uma forma de verificar as sensações percebidas por ele em relação ao ambiente virtual.
- *Avaliação técnica* – nesta categoria devem ser considerados os aspectos de implementação do sistema. Devem ser medidas características como velocidade de processamento e conseqüente tempo de resposta, influência do uso simultâneo de dispositivos no tempo de resposta do sistema e influência da composição dos objetos (quantidade de polígonos ou voxels) no desempenho do sistema. Esta avaliação pode ser realizada por meio da execução do sistema pelo usuário ou, dada a dificuldade de se reproduzir as mesmas ações repetidamente, por meio de animações pré-definidas. Métricas constantemente usadas são a taxa de quadros por segundos e questionários preenchidos aos usuários com perguntas que mensurem a sua percepção sobre o tempo de resposta, levando em conta o conhecimento que tem sobre os procedimentos executados no mundo real.
- *Avaliação do desempenho do usuário* – por último, e não menos importante, consideramos que a avaliação do desempenho que o usuário apresenta em relação ao AV é um importante instrumento para medir a adequação das ferramentas. Ferramentas de treinamento e educação, em especial, devem proporcionar um aprendizado superior àquele fornecido quando empregados somente instrumentos clássicos como livros e imagens bidimensionais. Assim, pontos que devem ser levados em considerações nesta avaliação são: definição

de formas de rastrear movimentos do usuário durante a aplicação, definição de parâmetros para mensurar o desempenho do usuário a partir de orientações de profissionais experientes da área de aplicação e implementação de bancos de dados para armazenar adequadamente os dados obtidos a partir da interação do usuário com a ferramenta. Várias outras áreas da Computação podem ser empregadas aqui para auxiliar nesta avaliação: técnicas de processamento de imagens para rastreamento de movimentos e inteligência artificial para verificação da correção de procedimentos são algumas citadas.

4.2.4. Conclusões

Esta seção apresentou conceitos básicos que devem ser conhecidos e considerados para a implementação de ferramentas de RVA para a área de saúde. Os pré-requisitos, as categorias de aplicações e as necessidades de avaliação devem ser levados em conta durante todo o projeto dessas ferramentas. Na próxima seção é apresentado o estado da arte dessas ferramentas no Brasil e no mundo, considerando esses conceitos básicos.

4.3. Estado da Arte

As aplicações de RVA para a saúde vêm se multiplicando nos últimos anos, embora o emprego na rotina dos profissionais da área ainda seja tímido. As principais publicações a respeito de aplicações dessas áreas no Brasil são divulgadas por meio de eventos científicos específicos de cada área de pesquisa dentro do âmbito da Ciência da Computação (SVR¹, SIBGRAPI² e *workshops* correlatos) ou eventos relacionados à Computação aplicada à área de saúde ou Engenharia Biomédica (WIM³, CBIS⁴, CBEB⁵, entre outros), mas vários pesquisadores brasileiros publicam seus trabalhos em veículos estrangeiros.

A despeito de haver vários grupos de pesquisa em Computação contribuindo com a área, as aplicações citadas a seguir tomaram por base os artigos publicados nos eventos citados nos últimos anos, cujos escopos estavam mais relacionados com o delimitado no presente trabalho. Obviamente não esgota todas as publicações existentes.

4.3.1. Estado da Arte no Brasil

No Brasil, grupos de pesquisa vêm trabalhando especificamente na concepção de sistemas para educação, treinamento simulado, reabilitação e tratamento de fobias. Especificamente, uma linha de trabalhos relaciona-se à concepção de ferramentas para o desenvolvimento de tais aplicações.

O AnatomI 3D (Cunha *et al.* 2006) é uma estrutura de atlas digital de uso livre que permite, de forma interativa, a manipulação e o estudo de estruturas tridimensionais do corpo humano, associando de forma adaptativa textos descritivos a modelos. Com o objetivo de facilitar o estudo de anatomia e fisiopatologia do câncer de mama, Ramos e Nunes (Ramos e Nunes 2005) apresentam um Atlas Virtual que permite o acesso a uma base dados e fornece informações sobre as estruturas durante a navegação, além de possibilitar a visualização do crescimento de um tumores malignos.

Considerando treinamentos e simulações cirúrgicas, destacam-se os trabalhos apresentados em (Balaniuk, Costa e Melo 2006), que apresenta simulação cirúrgica da

¹ Symposium on Virtual and Augmented Reality - <http://grv.inf.pucrs.br/svr2009>

² Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing <http://www.matmidia.mat.puc-rio.br/sibgrapi2009>

³ Workshop de Informática Médica - <http://csbc2009.inf.ufrgs.br>

⁴ Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - <http://www.sbis.org.br/>

⁵ Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica - <http://www.cbeb2008.cefetba.br/>

mama para efeitos cosméticos; (Alberio e Oliveira 2006), que propõe um ambiente para simular cirurgia cardíaca; o sistema para treinamento de exames ginecológicos de (Machado e Moraes 2006), que permite simular diversas patologias relacionadas ao câncer do colo de útero e o simulador de coleta de medula óssea desenvolvido em 2002 (Machado *et al.* 2002).

A implementação de um sistema voltado para o tratamento de fobias de direção é apresentada por Paiva *et al.* (Paiva *et al.* 2006). De acordo com os autores, a principal contribuição do sistema é a flexibilidade que permite a customização de rotas de acordo com o perfil do paciente. A pesquisa conduzida em (Wauke, Carvalho e Costa 2004) visou a demonstrar as potencialidades do uso da RVA no tratamento de fobias urbanas, em particular àquelas relacionadas a ambientes fechados.

Um grupo de pesquisadores da UFRJ e UERJ vem desenvolvendo experimentos com ambientes virtuais 3D para estimular a realização de atividades de vida diária de pessoas com sequelas de atenção e percepção causadas por AVC (acidente vascular cerebral). Os pacientes têm aceitado com entusiasmo o trabalho nos ambientes virtuais e os resultados obtidos têm apresentado uma significativa recuperação dos níveis de atenção e concentração nas atividades cotidianas (Cardoso *et al.* 2006).

Na área de treinamento odontológico, destacam-se os sistemas para simulação de tratamento ortodôntico apresentados em (Rodrigues *et al.* 2006), (Trevisan *et al.* 2007), (Trevisan *et al.* 2008) e (Olszewski *et al.* 2008).

Como consequência relacionada às múltiplas demandas de *hardware* e *software*, bem como sua compatibilização durante o desenvolvimento de aplicações de simulação para RVA, foram propostos em (Nunes *et al.* 2007) e (Oliveira *et al.* 2006) o *framework* ViMeT (*Virtual Medical Training*), que disponibiliza um conjunto de classes em Java para construção de aplicações para simulação de exames de biópsia. No ano de 2007 foi disponibilizado livremente o *framework* CyberMed, com foco específico no desenvolvimento de aplicações para treinamento médico com suporte à avaliação online (Machado *et al.* 2009).

4.3.2. Estado da Arte no mundo

Em todo o mundo, as aplicações voltadas à saúde têm sido foco de trabalhos em RVA. Conforme citadas anteriormente, estas envolvem diferentes categorias, sendo o treinamento a de maior visibilidade devido à sua importância social. Os treinamentos de laparoscopia e procedimentos cirúrgicos (invasivos ou não) têm sido particularmente abordados.

Anualmente é realizada nos Estados Unidos uma conferência específica sobre RV e Medicina – *Medicine Meets Virtual Reality*⁶ – onde se reúnem diversos grupos internacionais com trabalhos específicos nesta área. Nos últimos anos observa-se uma preocupação maior nos treinamentos de procedimentos complexos, como transplante de fígado e coração, bem como em métodos que permitam avaliar as ações do usuário durante o processo de simulação. O realismo das aplicações tem sido tratado sob o ponto de vista da qualidade dos modelos apresentados ao usuário, bem como formas mais interativas de ação e resposta sem prejuízo do tempo real da simulação.

Observa-se, entretanto, que diversos trabalhos relacionados à área têm sido desenvolvidos e publicados em outros eventos, haja vista a inter e multidisciplinaridade envolvida nas aplicações de RVA. Assim, podem ser encontrados trabalhos que abordam desde a apresentação gráfica em tempo-real, detecção de colisão interativa,

⁶ http://www.nextmed.com/mmvr_virtual_reality.html

reconstrução volumétrica e desenvolvimento de dispositivos de exploração sensorial, dentre outros, em eventos de diferentes áreas.

4.3.3. Conclusões

A diminuição no preço e o aumento da capacidade de processamento dos equipamentos envolvidos nas tecnologias de RVA contribuíram para o surgimento de muitos grupos de pesquisas na área, expandindo o uso das aplicações de RVA na área médica. Entretanto, vários desafios ainda persistem, abrindo novas perspectivas de pesquisa. O crescimento do número de grupos de pesquisa e a difusão das práticas de controle da qualidade de processos e produtos contribuirão para aumentar a confiabilidade nos aplicativos criados e com isso, difundir cada vez mais as tecnologias de RVA.

Apesar dos fatores positivos que incrementam a pesquisa na área, observa-se que no Brasil as aplicações ainda são limitadas e, na sua maior parte, no estágio atual ainda não proveem o realismo necessário para aplicação na rotina profissional. Verifica-se que o envolvimento de empresas subsidiando as pesquisas em instituições estrangeiras tem proporcionando um avanço mais rápido da área em tais centros, alcançando resultados que já qualifica as aplicações para aplicações práticas, influenciando na educação em saúde e, com isso, proporcionando incremento no aprendizado e diminuição nos custos.

4.4. Aplicações

As aplicações de RVA podem ser categorizadas, conforme mencionado anteriormente neste capítulo, a partir da sua funcionalidade. O objetivo desta seção é apresentar algumas aplicações relacionadas a cada categoria. Observa-se que estes são apenas exemplos, pois a gama em cada segmento é bastante extensa.

Geralmente, as aplicações da RVA em saúde abordam visualização tridimensional estereoscópica, imagens realistas, modelos que se deformam interativamente quando tocados e interação com retorno tátil e de força. Entretanto, a reunião de todos estes elementos é uma tarefa complexa em termos de desenvolvimento e computacionalmente cara, devido ao número de eventos a serem tratados. Por essa razão, o desenvolvimento de grande parte dos sistemas atuais encontrados na literatura utiliza apenas algumas dessas características levando em conta o seu grau de impacto no objetivo esperado com a aplicação, ou seja, na sua finalidade.

4.4.1. Educação e Treinamento

A área médica é uma das grandes beneficiárias dos sistemas de educação e treinamento baseados em RVA. Sua vantagem insere-se na ausência de riscos envolvidos, bem como o grau de realismo que ele pode prover. Dessa forma, é possível ao usuário conhecer estruturas anatômicas, conhecer técnicas e tomar decisões. Com estes sistemas, o usuário pode treinar em um ambiente virtual que imita a realidade do procedimento médico quantas vezes quiser sem que pessoas, materiais ou tecidos sejam prejudicados.

Com o objetivo de facilitar o estudo de anatomia e fisiopatologia do câncer de mama, Ramos e Nunes (Ramos e Nunes 2005) apresentaram um Atlas Virtual que permite o acesso a uma base dados, fornecendo informações sobre as estruturas durante a navegação, além de possibilitar a visualização do crescimento de tumores malignos (Figuras 4.1 e 4.2).

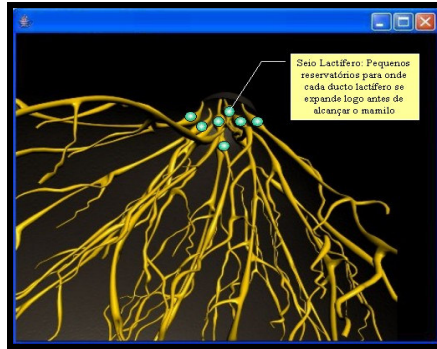


Figura 4.1. Exemplo de visualização e acesso (Ramos e Nunes 2005).

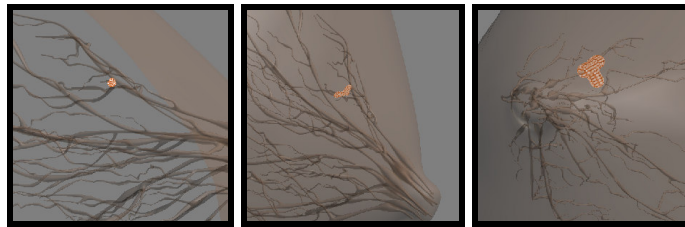


Figura 4.2. Exemplo de simulação de câncer se desenvolvendo em diferentes estruturas: (a) Ductos Lactíferos e (b) Tecido Conjuntivo das Glândulas Mamárias (Ramos e Nunes 2005).

O SITEG - Sistema Interativo para Treinamento em Exames Ginecológicos - é um sistema que tem como finalidade prover um ambiente virtual interativo onde o usuário pode aprender, treinar e ser avaliado na execução de um exame ginecológico do colo do útero. Para isso, o sistema apresenta diferentes patologias relacionadas ao colo do útero que podem ser identificadas em um exame ginecológico (Machado e Moraes 2006).

O treinamento da prática de sutura em um AV foi apresentado em 2001 (Webster *et al.* 2001). O objetivo do sistema é ensinar o usuário a realizar uma sutura utilizando uma agulha especial. Durante a simulação o usuário pode perceber as reações elásticas da pele ao puxar a linha, bem como observar o melhor local para inserção dos pontos (Figura 4.3). Além disso, o simulador permite gravar a execução do procedimento para posterior conferência das ações realizadas.

4.4.2. Simulação de Procedimentos

Dentro do contexto de RV, a simulação de procedimentos é provavelmente o principal alvo das aplicações mais recentes. Em (Hutchins *et al.* 2005), os autores asseguram que o uso de sistemas de RV para treinamento médico proporcionam um aprendizado efetivo e transferência do aprendizado para ambientes reais, mostrando isso por meio de análise qualitativa de evidências presentes em videotapes fabricados durante treinamentos virtuais usando um sistema colaborativo de simulação cirúrgica. O mesmo é assegurado em (Johnsen *et al.* 2007), que relata experimentos de treinamento médico com pacientes virtuais e pacientes reais, concluindo que as habilidades adquiridas por meio do treinamento virtual são efetivamente transferidas para o ambiente real de treinamento.



Figura 4.3. Sistema para treinamento de sutura (Webster *et al.* 2001).

Usando imagens reais provenientes de Ressonância Magnética, técnicas de segmentação e reconstrução de imagens para obter objetos 3D, Tang *et al.* (Tang *et al.* 2007) apresentaram um sistema de neurocirurgia virtual, no qual o usuário pode navegar em um ventrículo virtual usando mouse convencional. Em (Goh 2005) é feita uma revisão sobre o uso de RV nesta área, apresentando aspectos de educação, treinamento, planejamento pré-operativo e ensaios. Outra revisão focalizando a área de treinamento em intervenções cerebrais é apresentada em (Nowinski 2005).

Na área de ortopedia, Cote *et al.* (Cote *et al.* 2008) disponibilizam um simulador de cirurgia de escoliose, contemplando modelos biomecânicos específicos para cada paciente em um ambiente imersivo, colaborativo e com retorno háptico. Em (Yaacoub, Haman e Abche 2007) são avaliados métodos de detecção de colisão e proposta uma técnica usando programação linear para detectar colisão em tempo real para simulação de cirurgia artroscópica do pulso.

Na Ásia é comum o desenvolvimento de sistemas de RV para treinamento de técnicas empregadas na Medicina chinesa. Um sistema de treinamento para acupuntura é apresentado em (Kanehira e Shoda 2007). O sistema usa um humano virtual e um dispositivo específico com sensores para simular a agulha real, além de fornecer um julgamento dos procedimentos executados em tempo real. Nesse mesmo contexto, em (Heng *et al.* 2006) também é apresentado um simulador de acupuntura que, além de RV, usa lógica fuzzy e redes de Petri a fim de permitir treinamento de estudantes para o tratamento de doenças diversas por meio de acupuntura.

Um dos tópicos que pode limitar a implementação de ferramentas para a área de treinamento médico é a ausência de objetos físicos que simulem dispositivos médicos com realismo. Como forma de suprir esta necessidade, McColl *et al.* (McColl *et al.* 2006) apresentaram uma interface mecânica para uso em aplicações de simulação de cirurgias de laparoscopia, capaz de considerar diversos atributos relacionados à sensação háptica e afirmaram que a inclusão de tal dispositivo aumentou em 12% a precisão do treinamento virtual. O uso de dispositivo específico com retorno háptico também é abordado em (Jung *et al.* 2008), que evidenciam a importância da interação em simulações de endoscopia, broncoscopia e rinoscopia.

O realismo requerido como retorno para tais equipamentos é um desafio a ser vencido, envolvendo, na maioria das vezes, complexos modelos matemáticos que tratam simulação de deformações e colisões. Para suprir esta necessidade, Linblad e Turkiyyah (Linblad e Turkiyyah 2007) propuseram um *framework* que usa métodos de elementos finitos para implementar realismo em interações em tempo real, visando à simulação de incisões com retorno háptico.

A preocupação com realismo e interfaces adequadas também é explicitada em (Gallo *et al.* 2007), cujos autores apresentaram o uso de um dispositivo manual sem fio

e reconhecimento de voz como uma forma intuitiva de interação para manipulação de volumes reconstruídos a partir de dados médicos.

Delinguette e Ayache (Delinguette e Ayache 2005) simularam cirurgia hepática minimamente invasiva, disponibilizando módulos para planejamento cirúrgico e simulação dos movimentos necessários durante o procedimento.

Outras áreas correlatas à Medicina também são contempladas. Resultante de um trabalho colaborativo entre 11 instituições pertencentes a 6 países europeus, La Mura *et al.* (La Mura *et al.* 2007) descreveram um sistema de simulação de atendimento médico emergencial, tendo como cenário um estádio que deve ser evacuado em uma situação pré-estabelecida. Em (Deutsch, Lewis e Burdea 2006) foi apresentada a evolução de pacientes após o uso de sistemas de telereabilitação com tecnologias de RV. O sucesso das aplicações de telereabilitação também foi assegurado em (Virk e McConville 2006), que propuseram um sistema de RV para melhorar o controle postural e minimizar tombos em pessoas idosas.

Para laparoscopia virtual, em (Soler *et al.* 2008) foi apresentado um sistema que permite a visualização de objetos 3D reconstruídos a partir de imagens de CT ou RMN, disponibilizando informações adicionais ao usuário por meio de notas incluídas no sistema usando RA. A destreza manual é fator chave nestes procedimentos, pois os movimentos realizados pelo médico ocorrem no sentido inverso no interior do paciente. Nos simuladores, as pinças utilizadas no procedimento real são dispositivos hápticos que comunicam ao computador os movimentos do usuário. No ambiente de RV, o usuário visualiza uma representação virtual das pinças, podendo manipular os tecidos e verificar os resultados de suas ações. Na Figura 4.4 é possível visualizar as pinças utilizadas na imagem da esquerda e o ambiente de RV na imagem da direita.

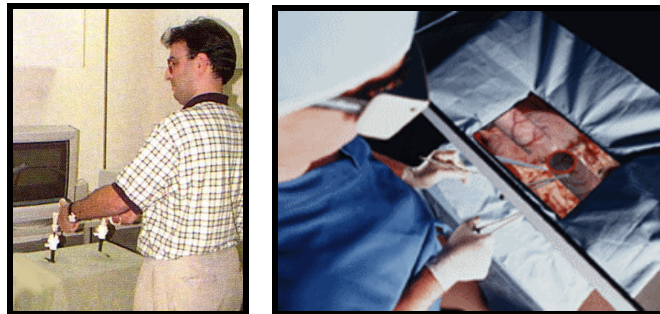


Figura 4.4. Simulação de laparoscopia (Burdea e Coiffet 2003).

No Brasil, o primeiro simulador cirúrgico desenvolvido utilizando RV visou ao treinamento da coleta de medula óssea para transplante em crianças (Machado *et al.* 2002) (Figura 4.5). A partir deste sistema, uma série de metodologias voltadas à avaliação online do usuário têm sido implementadas com o objetivo de monitorar suas ações e classificar suas habilidades (Machado e Moraes 2009).



Figura 4.5. Simulador para coleta de medula óssea em execução.

4.4.3. Jogos

A inserção da RVA no contexto dos jogos não é novidade. O uso de dispositivos específicos como óculos para estereoscopia, dispositivos de interação com retorno de força, bem como o uso de algoritmos de tempo real e diversas outras características intrínsecas a sistemas de RVA têm sido observados. Estudos têm mostrado que o uso de jogos com imersão em ambientes de RVA é capaz de aliviar tensões, diminuir dores e auxiliar em processos de reabilitação psicomotora. Por esta razão, os jogos baseados em RVA para saúde enquadram-se tanto nas aplicações em educação e treinamento quanto em reabilitação. Observa-se que as pesquisas em RVA têm contribuído com a indústria de jogos e vice-versa, uma vez que ambas buscam prover sistemas realistas em tempo real.

Das *et al.* (Das *et al.* 2005) discutem o tratamento de crianças por meio do uso de sistemas de RV. Segundo os autores, o foco em uma atividade imersiva é capaz de distrair o usuário do seu estado de dor, oferecendo conforto durante períodos de tratamento. Conclusão semelhante já havia sido discutida em (Schneider *et al.* 2003) e (Hoffmann *et al.* 2001), evidenciando o uso dos jogos na distração do usuário durante ou após procedimentos médicos, em momentos de dor para o paciente.

Especificamente com conteúdo relacionado à saúde, os jogos baseados em RVA podem ser aplicados no ensino de hábitos saudáveis. Em particular, estes têm sido empregados para ensinar crianças ou pessoas com autismo ou outros distúrbios cognitivos e são também tratados como aplicações de reabilitação.

4.4.3. Reabilitação

A RV vem sendo explorada, nos últimos anos, para apoiar diversos tipos de tratamentos para diferentes sequelas motoras e cognitivas, derivadas de distúrbios ou danos cerebrais. Neste contexto, a fisioterapia e a reabilitação têm experimentado novas formas para ensinar o usuário a maneira correta de realizar movimentos, bem como avaliar e reabilitar processos cognitivos como a percepção visual, atenção e memória. Algumas características essenciais destes sistemas são o realismo visual e a interação intuitiva, que devem propiciar um bom grau de imersão ao usuário, permitindo-lhe concentrar-se na tarefa a ser desempenhada. Segundo Weiss *et al.* (Weiss *et al.* 2004), em muitos casos a imersão favorece o treinamento de habilidades cognitivas e motoras.

Atualmente, novas estratégias vêm sendo exploradas por meio do uso de simulações e jogos. Neste cenário, observa-se um crescimento na exploração da RA,

que vem oferecendo novas oportunidades para pacientes e pesquisadores. A tecnologia do Nintendo-Wii começa a ser explorada, também, na área de reabilitação. Ramchandani *et al.* (Ramchandani *et al.* 2008) utilizaram jogos tradicionais como o Wii Sports e o Wii Fit para estimular a movimentação de membros paralisados e treinar o controle do equilíbrio. Paralelamente, os Playstations 2 e 3 vêm servindo de base para a telereabilitação. Os pacientes podem acessar jogos que são disponibilizados por um servidor Web e, utilizando luvas, realizam exercícios sob o formato de jogos (Broeren *et al.* 2008).

Em geral, os ambientes virtuais possibilitam uma variedade de associações não possíveis com outras interfaces homem-máquina, devido às qualidades multissensoriais e espaciais destes ambientes, contribuindo para o enriquecimento das aplicações na área de reabilitação.

Como já citado, pesquisadores da UFRJ e UERJ vêm desenvolvendo experimentos com pessoas com sequelas de atenção e percepção causadas por AVC (Cardoso *et al.* 2006). Costa e Carvalho (2004) apresentam os resultados da aplicação de um programa de reabilitação cognitiva para pacientes com esquizofrenia e insuficiência mental. As atividades propostas contemplam tarefas que estimulam a atenção e a memória. No experimento, verificou-se que os pacientes tiveram uma boa aceitação do trabalho com o computador e demonstraram um bom nível de motivação para usar a máquina.

Outro aspecto que se destaca nesta área é a crescente integração de engenheiros nas equipes de desenvolvimento de produtos. Com isso, temos vários exemplos de adaptações de equipamentos comerciais e a criação de novos dispositivos (Pyk 2008, Huber 2008). Este quadro favorece uma maior integração dos pacientes aos ambientes virtuais, facilitando os movimentos e tornando as práticas mais eficientes e mais agradáveis para os usuários.

A RA também vem oferecendo novas oportunidades para a reabilitação. Nogueira *et al.* (Nogueira *et al.* 2006) desenvolveram um aplicativo que auxilia um paciente no processo de adaptação a próteses de membros superiores. Ou seja, ele pode treinar como operar uma prótese antes mesmo de utilizá-la.

Outra aplicação explorando a RA é voltada para pessoas com deficiências de atenção e memória. Nascimento *et al.* (Nascimento *et al.* 2008) criaram um aplicativo que ao identificar marcadores, projeta imagens de quadros ou objetos em uma sala. O usuário visualiza a sala com as imagens, em seguida, observa a sala real e deve se lembrar onde os diferentes objetos se encontravam (Figura 4.6).



Figura 4.6. Imagem da sala com um dos marcadores e imagem após a inserção de um dos quadros (Nascimento *et al.* 2008).

4.4.4. Telemedicina

Aplicações de RVA em telemedicina ainda são incipientes devido, principalmente, ao tempo de transmissão de dados ainda ser alto. Algumas abordagens utilizam redes dedicadas e demonstram a potencialidade do uso da comunicação em tempo real entre pessoas e grupos distantes. Em geral, observa-se o uso da RVA em telemedicina para troca de informações, ensino monitorado, segunda opinião e planejamento colaborativo (Kockro *et al.* 2007), visto que não são atividades em que o tempo real é um fator crítico. Experimentos conduzidos por Pereira e Machado (Pereira e Machado 2008) demonstraram que é possível oferecer treinamento síncrono à distância, bem como atuar em atividades colaborativas em um ambiente comum. As limitações foram observadas no tempo de transmissão das informações, o que não permite ainda a realização de cirurgias à distância ou outras atividades em que atrasos na comunicação coloquem vidas em risco. Holden et al. (Holden et al. 2007) propuseram um sistema voltado para a *telerreabilitação*. O ambiente permite ao terapeuta conduzir sessões interativas para o tratamento de pessoas com problemas motores nas mãos, em suas próprias casas.

Uma das apostas da atualidade no campo da telemedicina é a Internet 2, uma tecnologia promissora, com a qual se espera que a transmissão de dados ocorra de forma mais rápida e eficiente, fatores estes que irão beneficiar as aplicações que utilizam esta tecnologia (Alverson *et al.* 2004).

4.4.5. Conclusões

Os modelos de programas em Reabilitação Cognitiva são comumente baseados na avaliação e tratamento do quadro clínico, frente a uma equipe multidisciplinar. A introdução do aspecto lúdico que o uso de computadores propicia serve efetivamente como fator de motivação e favorece a adesão do paciente ao tratamento. A possibilidade de exploração de situações da rotina do paciente (concentração, reconhecimento de figuras e textos, etc) com o uso do computador torna o programa de reabilitação mais atrativo e prazeroso ao paciente, além de colocá-lo em situações nas quais precisa trabalhar aspectos que são essenciais para a execução de suas atividades de vida diária, tais como atenção e memória.

A telemedicina abre novas perspectivas para o tratamento e intervenções terapêuticas a distância, envolvendo tecnologias da robótica. Entretanto, ainda possui vários desafios a serem superados, principalmente, associados a questões tecnológicas envolvidas na velocidade de transmissão de dados pela rede e aspectos éticos relacionados aos riscos aos quais os pacientes são expostos.

4.5. Potencial e Tendências

A partir do exposto neste capítulo e, em especial, considerando o estado da arte no Brasil, constata-se que há, ainda, um longo caminho a ser percorrido para que as aplicações de RVA em saúde sejam efetivamente inseridas no dia-a-dia dos profissionais da saúde. Vários são os motivos que justificam esta situação, sendo que a maioria deles não difere do que acontece com as outras áreas de pesquisa no país.

As verbas para pesquisa no Brasil são predominantemente provenientes de órgãos governamentais, com tímidas participações da iniciativa privada. E a demanda cresce a cada dia. Assim, muitas pesquisas iniciadas são interrompidas ou têm seu ritmo reduzido quando tais verbas se esvaem.

Acrescenta-se a isso o fato de que a quase totalidade do montante de pesquisas é realizada em Universidades, envolvendo temporariamente alunos de graduação e pós-graduação, que se desvinculam das mesmas ao terminarem seus cursos. Este fato

provoca descontinuidade no desenvolvimento de muitas aplicações, ao contrário do que acontece em países mais desenvolvidos, que possuem centros de pesquisas dedicados a assuntos diversos, muitos deles mantidos pela iniciativa privada e com um efetivo constante de recursos humanos.

Entretanto, eventos científicos, comissões e sociedades de pesquisadores têm se reunido e proporcionado um avanço na área. Além dos eventos já citados na seção que apresenta o estado da arte, é importante destacar a formação, no ano de 2007, da Comissão Especial de Aplicações de Computação em Saúde (CE-CAS)⁷, no âmbito da Sociedade Brasileira de Computação, com o objetivo de reunir pesquisadores, disseminar informações e incentivar o desenvolvimento das aplicações em saúde como área de pesquisa dentro da Ciência da Computação.

Também merece destaque o recente investimento do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) nos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), delineando as áreas estratégicas de pesquisa e desenvolvimento no país. Dentro desta iniciativa, encontra-se o INCT-MACC (Medicina Assistida por Computação Científica)⁸, que constitui uma rede de pesquisadores pertencentes a 23 instituições brasileiras de pesquisa que se congregam para alavancar o desenvolvimento da área nos próximos cinco anos.

4.5.1. Limitações

A partir da avaliação de algumas aplicações de treinamento médico para simulação de exames de biópsia com profissionais da área (Corrêa *et al.* 2009), duas limitações da maioria das aplicações são percebidas: a necessidade de manutenção de objetos físicos em alguns treinamentos e a inadequação dos dispositivos tangíveis.

Em relação à primeira delas, é importante salientar que o treinamento médico em universidades ainda não apresenta uma cultura de utilização de ferramentas com objetos virtuais, motivo pelo qual a utilização de sistemas de RVA pode sofrer algum grau de dificuldade ou resistência. Para minimizar essas dificuldades, profissionais avaliadores sugeriram a utilização de objetos físicos semelhantes àqueles utilizados no treinamento tradicional para facilitar aos usuários a correlação espacial com os objetos virtuais utilizados na simulação.

Outra observação importante é que há poucos dispositivos tangíveis que proporcionam a sensação tátil adequada e, ao mesmo, sejam ergonomicamente semelhantes aos utilizados na prática dos procedimentos reais. Apesar de já existir uma gama de dispositivos hápticos comercialmente disponíveis, a forma, o tamanho e o peso dos mesmos não condizem com o necessário para simular adequadamente os equipamentos reais. Adicionalmente, dispositivos hápticos capazes de simular múltiplos pontos de contato apresentam limitações nas aplicações de tempo-real, tanto em custo quanto em utilização em sistemas que abordam múltiplas tarefas, como o caso dos sistemas de RVA. Por esta razão, a simulação do contato físico em ambientes virtuais para a saúde ainda é pouco realista e concentra-se em atividades em que um único ponto de contato é suficiente, como cortes (simulação de bisturis) e perfurações (simulação de agulhas), em que a detecção de colisões e reações advindas do contato exigem um tratamento não simultâneo com outras tarefas de mesma natureza relacionadas ao mesmo objeto.

As tarefas colaborativas e cooperativas síncronas também são limitadas no contexto das aplicações de RVA para a saúde. A latência das redes atuais não permite

⁷ <http://www.ime.uerj.br/professores/cecas/>

⁸ www.lncc.br/macc

atividades nas quais atrasos no tempo de resposta sejam um fator de risco. As consequências são a ausência de sistemas imersivos de tempo real para cirurgias comandadas exclusivamente a distância.

4.5.2. Multi e Interdisciplinaridade

As pesquisas e desenvolvimentos em RVA englobam conhecimentos de diversas áreas, caracterizando-os como multi e interdisciplinar. A multidisciplinaridade está relacionada ao uso de seus conceitos para auxiliar pesquisas em outras áreas, que não necessariamente precisam beneficiá-la. Por outro lado, a interdisciplinaridade apresenta-se quando técnicas e metodologias de RVA aliada a outras áreas resultam em benefícios a ambas, fato observado com a área de jogos, por exemplo. Tal observação permite que profissionais diversos possam integrar equipes de desenvolvimento em RVA, permitindo a reunião de conhecimentos (modelagem, computação, matemática, estatística, cognição, eletrônica, terapia). Em sentido contrário, pesquisadores e profissionais destas áreas têm a possibilidade de possuir um conhecimento amplo, associado a soluções e necessidades de outras áreas.

Um exemplo particular pode ser dado para uma simulação de um procedimento cirúrgico. Em uma aplicação desta natureza pode ser necessário integrar dispositivos hápticos, exigindo conhecimentos de física, cognição, matemática, eletrônica e computação para programar forças de contato, detectar colisões, programar algoritmos de tempo-real, integrar componentes eletrônicos, estabelecer o ciclo de atualização de forças etc. Apesar de parte dessas tarefas ser facilitada por *software* disponível atualmente, a concepção de metodologias, dispositivos e sistemas inovadores pode exigir a compreensão em mais baixo-nível do funcionamento de cada uma delas.

4.5.3. Ética

Os computadores e tecnologias associadas vêm sendo utilizados de maneira crescente na área médica. Em geral, estas aplicações são controladas por diferentes tipos de programas (*software*) embutidos em computadores e equipamentos de controle.

O avanço dos preceitos de bioética tem gerado impactos em vários domínios das ciências médicas e perpassa, de maneira incisiva, o uso das novas tecnologias nesta área. Neste sentido, a utilização e a construção de artefatos tecnológicos devem receber especial atenção de maneira a não colocar em risco a saúde de seus usuários.

Alguns importantes órgãos de pesquisa tecnológica estão sensíveis a este tema. O IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) (IEEE 2009) e a ACM (*Association for Computing Machinery*) (ACM 2009) possuem um código de ética que contempla aspectos éticos relacionados à conduta profissional, ao desenvolvimento e uso das tecnologias e seus impactos na qualidade de vida das pessoas. Este código destaca a necessidade de entendimento da tecnologia de maneira a reconhecer possíveis consequências negativas em relação à segurança, saúde e bem estar público. No caso da tecnologia de RV, existem variados fatores que podem influenciar na geração de problemas, sendo que alguns são associados a aspectos técnicos do equipamento e construção do ambiente, enquanto que outros são inerentes ao próprio usuário.

Logo, precauções especiais devem ser tomadas para assegurar a segurança e o bem-estar de pacientes em ambiente virtuais 3D. Neste sentido, antes de expor os pacientes a estes ambientes virtuais, é fundamental que sejam verificadas suas características individuais, assegurando que eles não estejam sofrendo de problemas de saúde; não estejam alcoolizados, sob o efeito de medicamentos que afetem as funções visuais ou perceptivas, sob o efeito de drogas, com histórico de desordens de equilíbrio ou com deficiências visuais.

A real necessidade de pacientes com problemas complexos utilizarem tecnologias computacionais para apoiar processos terapêuticos deve ser permanentemente questionada e esta decisão deverá englobar o estado clínico e vontade do paciente, o apoio familiar e médico. Neste caso, é premente que os profissionais envolvidos no desenvolvimento e utilização destas tecnologias em aplicações médicas estejam conscientes dos possíveis problemas associados.

4.5.4. Oportunidades de Pesquisa e Desenvolvimento

Considerando as características, o estado da arte e as limitações das aplicações de RVA em saúde, é possível esboçar uma série de oportunidades de pesquisa e desenvolvimento na área a fim de que os desafios que se permeiam sejam superados.

Um primeiro ponto que observa-se necessitar da atenção de pesquisadores é o desenvolvimento de *software* (pacotes, bibliotecas, *frameworks*) que permitam o desenvolvimento mais rápido de aplicações por meio de reutilização de código. Relacionado a este contexto, é também necessária a criação de bibliotecas de objetos sintéticos tridimensionais com realismo para inclusão viável nas aplicações. A viabilidade citada aqui inclui tanto a questão de custo, sendo defendido o desenvolvimento de *software* de baixo custo (e, se possível, *software* aberto) quanto a questão de otimização técnica, isto é, objetos e *software* que sejam criados de forma a proporcionar a precisão e o tempo de resposta adequados às aplicações em saúde.

Um segundo ponto importante é o desenvolvimento de *hardware*, com o objetivo de simular equipamentos utilizados no mundo real de forma mais realista, ergonômica e precisa. O *software* básico relacionado ao *hardware* também constitui uma área desafiadora, pois precisa ser portátil para as necessidades das aplicações.

Outro ponto ainda pouco explorado diz respeito ao estabelecimento de metodologia de avaliação das ferramentas, que ainda é incipiente. Para que as aplicações possam ser efetivamente incluídas na rotina dos profissionais da saúde, métodos bem definidos de avaliação devem ser desenvolvidos a fim de possibilitar a mensuração da adequação das ferramentas aos requisitos do usuário, à necessidade técnica e ao aprendizado, garantindo, assim, a exequibilidade e a assertividade das ferramentas desenvolvidas.

O uso da RVA para fins de treinamento evidencia a necessidade de avaliar as ações do usuário, identificando falhas, dificuldades e acertos que permitam observar seu desempenho e seu progresso ao longo do treinamento. Atualmente, a pesquisa de formas de avaliação online e de avaliação continuada de usuários em ambientes virtuais é uma importante área que permitirá no futuro utilizar, de forma mais abrangente, os sistemas de RVA como ferramentas efetivas de treinamento na área médica (Machado e Moraes, 2009).

Novos desafios estão relacionados, principalmente, à resolução e compactação de imagens médicas para que elas possam ser facilmente transmitidas via rede e aos modelos de integração de equipes multidisciplinares.

Referências

ACM (2009) “ACM Code of Ethics and Professional Conduct”, em <http://www.acm.org/constitution/code.html>, Visitado em janeiro 2009.

Alberio, M. V., Oliveira, J. C. (2006) “ACOnTECe-Cardio: um Ambiente Colaborativo para Treinamento em Cirurgia Cardíaca”, In: Proc. VIII Symposium on Virtual Reality (SVR 2006), p. 397-408.

- Alverson, D.C. et al. (2004) "Distributed interactive virtual environments for collaborative experiential learning and training independent of distance over Internet2", *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 98, p. 7-12.
- Balaniuk, R. Costa, I., Melo, J. (2006) "Cosmetic Breast Surgery Simulation", In:VIII Symposium on Virtual Reality, Belém, p. 387-396.
- Broeren J., Bellner A-L., Fogelberg M., Göransson O., Goude D., Johansson B., Larsson P. A., Pettersson K. and Rydmark M. (2008) "Exploration of computer games in rehabilitation for brain damage", International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, Maia.
- Burdea, G. and Coiffet, P. *Virtual Reality Technology*. Wiley Interscience. 2003.
- Cardoso, L., Costa, R. M., Piovesana, A., Costa, M., Penna, L. (2006) "Using Virtual Environments for Stroke Rehabilitation", In: IEEE- 5th International Workshop on Virtual Rehabilitation, New York, p. 1-5.
- Corrêa, C., Nunes, F. L. S. Bezerra, A., Carvalho Jr, P. M. (2009) "Evaluation of VR Medical Training Applications under the Focus of Professionals of the Health Area", In: 24th ACM Symposium on Applied Computing, 2009, Honolulu, Hawaii, EUA, New York : Association for Computing Machinery – ACM, p. 821-825.
- Costa R. M., Carvalho L. (2004) "The Acceptance of Virtual Reality Devices for Cognitive Rehabilitation: a report of positive results with schizophrenia", *Computer Methods and Programs Biomedicine*, v.73, n.3, p. 173-182.
- Cote, M., Boulay, J.-A., Ozell, B., Labelle, H., Aubin, C.-E. (2008) "Virtual reality simulator for scoliosis surgery training: Transatlantic collaborative tests", In: Haptic Audio visual Environments and Games, 2008. HAVE 2008. IEEE International Workshop on 18-19 Oct. 2008, p. 1 - 6
- Cunha, Í.L.L., Monteiro, B.S., Moraes, R.M., Machado, L.S. (2006) "AnatomI 3D: Um Atlas Digital Baseado em Realidade Virtual para Ensino de Medicina", In:Proc. SBC Symposium on Virtual Reality, p. 3-14.
- Das, D. et al. (2005) "The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: A randomized controlled trial". *BMC Pediatrics*, v.5, p.1.
- Delingette, H. and Ayache, N. (2005) "Hepatic surgery simulation", *Commun. ACM* 48, 2 (Feb. 2005), p. 31-36.
- Deutsch J.E., Lewis J.A., Burdea G. (2007) "Technical and patient performance using a virtual reality-integrated telerehabilitation system: preliminary finding", *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* Mar, n.15, v.1, p.30-35.
- Gallo, L., De Pietro, G., Coronato, A., and Marra, I. (2008) "Toward a natural interface to virtual medical imaging environments". In: *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual interfaces*, Napoli, Italy, May 28 - 30, 2008. AVI '08. ACM, New York, NY, p. 429-432.
- Goh, K.Y.C. (2006) "Virtual Reality Applications in Neurosurgery", In: *Engineering in Medicine and Biology Society*, ", IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the 17-18 Jan. 2006, p. 4171 – 4173
- Heng, P.-A. et al. (2006) "Intelligent inferencing and haptic simulation for Chinese acupuncture learning and training", *Information Technology in Biomedicine*, IEEE Transactions on Volume 10, Issue 1, Jan., p. 28 - 41
- Hoffman, H.G. et al. (2001) "The effectiveness of Virtual Reality pain control with multiple treatments of longer durations: a case study", *Int. Journal of Human Comput Interact*, 13, p.1-12.

- Holden, M.K., Dyar, T.A., Dayan-Cimadoro, L. (2007) Telerehabilitation using a virtual environment improves upper extremity function in patients with stroke. *Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 15(1), p. 36-42.
- Huber M., Rabin B., Docan C., BurdeaG., Nwosu M., Meredith M., Golomb R. (2008) “PlayStation 3-based Telerehabilitation for Children with Hemiplegia”, 5o IEEE Virtual Rehabilitation, , Vancouver, v. 1, p. 105-112.
- Hutchins, M., Stevenson, D., Gunn, C., Krumpholz, A., Pyman, B., and O'Leary, S. (2005) “I think i can see it now!: evidence of learning in video transcripts of a collaborative virtual reality surgical training trial”, In *Proceedings of the 17th Australia Conference on Computer-Human interaction: Citizens online: Considerations For Today and the Future* (Canberra, Australia, November 21 - 25, 2005). OZCHI, vol. 122. Computer-Human Interaction Special Interest Group (CHISIG) of Australia, Narrabundah, Australia, 1-4.
- IEEE, (2009) “IEEE Code of Ethics”, em: <http://www.ieee.org/portal/p/iptables/aboutus/ethics/code.html>, visitado em janeiro de 2009.
- Johnsen, K., Raij, A., Stevens, A., Lind, D. S., and Lok, B. (2007). “The validity of a virtual human experience for interpersonal skills education”, In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (San Jose, California, USA, April 28 - May 03, 2007). CHI '07. ACM, New York, NY, p.1049-1058.
- Jung, Y., Recker, R., Olbrich, M., and Bockholt, U. (2008) “Using X3D for medical training simulations”, In *Proceedings of the 13th international Symposium on 3D Web Technology* (Los Angeles, California, August 09 - 10, 2008). Web3D '08. ACM, New York, NY, p. 43-51.
- Kanehira, R., Shoda, A. (2008) “Development of an Acupuncture Training System Using Virtual Reality Technology”, *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2008. FSKD '08. Fifth International Conference on Volume 4, 18-20 Oct. p.:665 – 668.
- Kockro, R.A. et al. (2007) “A collaborative virtual reality environment for eurosurgical planning and training”, *Neurosurgery*, v. 61 (5 Suppl 2), p. 379-391.
- La Mura F., Corte F.D., Gribaudo M., Tosi, B., Alciati, S., Bordino, R. (2007) “Collaborative Virtual Environments as Research and Teaching Instruments in the Field of Disaster Medicine: the e-DISTRICT CiPro Simulator”. In: *11th International Conference Information Visualization (IV'07)*, , 4-6 July 2007 p. 892 – 898.
- Lindblad, A. and Turkiyyah, G. (2007). “A physically-based framework for real-time haptic cutting and interaction with 3D continuum models”, In: *Proceedings of the 2007 ACM Symposium on Solid and Physical Modeling* (Beijing, China, June 04 - 06, 2007). SPM '07. ACM, New York, NY, p. 421-429.
- Machado, L. S. and Moraes, R.M. (2006) “VR-Based Simulation for the Learning of Gynaecological Examination”, *Lecture Notes in Computer Science*, v. 4282, p. 97-104.
- Machado, L. S. e Moraes, R.M. (2009) “Qualitative and Quantitative Assessment for a VR-Based Simulator”, *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 142.
- Machado, L. S. et al. (2009) “A Framework for Development of Virtual Reality-Based Training Simulators”, *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 142. IOSPress.
- Machado, L.S. et al. (2002) “Virtual Reality Simulation of Pediatric Bone Marrow Harvest for Transplant”, *Medical and Pediatric Oncology*, v. 39, p. 282.
- McColl, R., Brown, I., Seligman, C., Lim, F., Alsaraira, A. (2006) “Haptic Rendering & Perception Studies For Laparoscopic Surgery Simulation” *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE Aug. 30 2006-Sept. 3 , p.833 - 836

- Nascimento D., Carvalho G. J., Costa R. M. E. M. (2008) “ReabRA: Reabilitação Cognitiva através de uma aplicação de Realidade Aumentada”, 5o Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, v. 1, p. 25-30, Bauru.
- Nogueira, K., Cardoso A., Lamounier E. (2008) “Simulador de Próteses em Membros Superiores Usando RA”, In: Anais do III Workshop de Realidade Aumentada.
- Nowinski, W.L. (2005) “Virtual reality in brain intervention: models and applications”, In: IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the, 17-18 Jan. 2006, p4164 - 4167
- Nunes, F. L. S. , Costa, R. M. E. M. (2008) “The Virtual Reality challenges in the health care area: a panoramic view” In: 23th ACM Symposium on Applied Computing, 2008, Fortaleza. 23th ACM Symposium on Applied Computing. New York : Association for Computing Machinery - ACM, 2008. v. II. p. 1312-1316.
- Nunes, F. L. S., Oliveira, A. C. M. T. G., Rossato, D. J., Machado, M.I.C. (2007) “ViMeTWizard: Uma ferramenta para instanciamento de um framework de Realidade Virtual para treinamento médico”, In: XXXIII Conferencia Latinoamericana de Informática, 2007, San José. Proc. XXXIII Conferencia Latinoamericana de Informática, v. 1. p. 1-8.
- Oliveira, A. C. M. T. G., Pavarini, L., Nunes, F. L. S., Botega, L. C., Justo, D. R., Bezerra, A. (2006) “Virtual Reality Framework for Medical Training: Implementation of a deformation class using Java”, ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry. Hong Kong –China.
- Olszewski, R. , Villamil, M. , Trevisan, D. G. , Nedel, L. P. , Freitas, C. M. D. S. , Macq, B., Reyhler, H. (2008) “Towards an integrated system for planning and assisting maxillofacial orthognathic surgery”, Computer Methods and Programs in Biomedicine, v. 91, p. 13-21.
- Paiva, J.G.S., Cardoso, A., Lamounier Jr., E. (2006) “Interface for Virtual Automotive Route Creation in Driving Phobia Treatment”, In: VIII Symposium on Virtual Reality, Belém, p. 27-38.
- Pereira, T.A.B. e Machado, L.S. (2008) “Um Módulo de Rede para a Construção de Aplicações Médicas Colaborativas”, In: Proc. X Symposium on Virtual and Augmented Reality, p. 99-102.
- Pyk P., Wille D., Chevrier E., Hauser Y., Holper L., Fatton I., Greipl R., Schlegel S., Ottiger L., Ruckreim B., Pescatore A., Meyer-Heim A., Kiper D., Eng K., (2008) “A Paediatric Interactive Therapy System for Arm and Hand Rehabilitation”, 5o IEEE Virtual Rehabilitation, v. 1, p. 127-132, Vancouver.
- Ramchandani A., Carroll K., Buenaventura R., Douglas J., Liu J. (2008) “Wii-habilitation increases participation in therapy”, In: 5o IEEE Virtual Rehabilitation, V. 1, p. 69, Vancouver.
- Ramos, F. M. and Nunes, F. L. S. (2005) “Construção de Atlas de Anatomia e Fisiopatologia do Câncer de Mama utilizando Realidade Virtual”, In: XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, Natal.
- Rodrigues, M.A.F., Silva, W. B., Barbosa Neto, M.E., Ribeiro , I.M.M.P. (2006) “Um Sistema de Realidade Virtual para Tratamento Ortodôntico”, In: VIII Symposium on Virtual Reality, Belém, p. 431-444
- Rose, F., Brooks, B. and Rizzo, A. (2005) “Virtual Reality in Brain Damage Rehabilitation: Review”, CyberPsychology and Behavior, 8(3), p. 241-262.
- Schneider, S.M. et al. (2003) “Virtual reality intervention for older women with breast cancer”, Cyberpsychol Behaviour, v. 6, p. 301-307.
- Soler, L., Nicolau, S., Fasquel, J.-B., Agnus, V., Charnoz, A., Hostettler, A., Moreau, J., Forest, C., Mutter, D., Marescaux, J. (2008) “Virtual reality and augmented reality applied to laparoscopic and notes procedures”, Biomedical Imaging: From Nano to Macro, ISBI 2008. 5th IEEE International Symposium on 14-17 May 2008 P.:1399 - 1402

- Tang, C-Y., Chin, W. Chui, Y-P., Poon, W-S., Heng, P-A. (2007) “A Virtual Reality-based Surgical Simulation System for Virtual Neuroendoscopy”, Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Integration Technology, March 20 - 24, Shenz, p. 253-258.
- Trevisan, D. G. , Nedel, L. P. , Macq, B. (2008) “Augmented Vision for Medical Applications”, In: ACM Symposium on Applied Computing, 2008, Fortaleza. The 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing, p. 1415-1419.
- Trevisan, D. G., Nicolas, V., Macq, B., Nedel, L. P. (2007) “MedicalStudio: a medical component-based framework”, In: Workshop de Imagens Médicas (WIM), 2007, Recife. Anais do Workshop de Imagens Médicas (em CD).
- Virk, S., McConville, K.M.V. (2006) Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEEAug. 30 2006-Sept. 3 2006, p.2694 - 2697
- Wauke, A.P., Costa, R.M., Carvalho, L.A. (2004) “VESUP: O Uso de Ambientes Virtuais no Tratamento de Fobias Urbanas”, In: Proc. IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, Ribeirão Preto. CD-ROM.
- Webster et al. (2001) “A Prototype Haptic Suturing Simulator”, Medicine Meets Virtual Reality - Studies in Health Technology and Informatics, n. 81, p. 567-569.
- Weiss, P., Rand, D., Katz N., Kizony R., (2004), “Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, p. 1-12.
- Yaacoub, F., Hamam, Y., Abche, A. (2007) “Collision Detection in Computer Simulations for Wrist Arthroscopic Surgery Training”, EUROCON, 2007. The International Conference on "Computer as a Tool"9-12 Sept. 2007 p.:2088 – 2095.

Capítulo

5

Aplicações de RV no entretenimento

Everton Silva de Souza (UFU), Alexandre Cardoso (UFU) e Edgard Lamounier (UFU)

Abstract

This work presents the creation of an Educational Virtual Environment with the use of computational techniques that, associated to Virtual Reality, as a tool to support project in entertainment and education to Internet. In face of this, the objective is development of 3D game with VR techniques. For this reason, it was proposed the game Quarto and can aid the educator's activity. The design of the software bases on the image of a park, the user has the possibility to play a match against other player over Internet. The objective of the game is to align geometric solids with common attributes. The 3D Game was tested with children of the fundamental teaching, generating, finally, a report that indicated absolute contribution this experience.

Resumo

Este trabalho apresenta de um ambiente virtual educacional por meio de técnicas computacionais que associadas à Realidade Virtual como ferramenta de apoio a projetos de entretenimento e ensino por meio da Internet. Diante disto, tem-se como objetivo, a criação de um jogo 3D. O projeto do jogo baseia-se na imagem de um parque, onde o usuário tem a possibilidade de jogar uma partida do jogo contra outro jogador pela Internet. O objetivo do jogo é alinhar sólidos geométricos que possuam atributos comuns. O jogo 3D foi avaliado por crianças do Ensino Fundamental, da 5ª série, gerando, por fim, um relatório que indicou contribuição da experiência.

5.1. Introdução

Jogos eletrônicos e a Realidade Virtual tiveram suas origens na década de 60, fazendo comparação com os dias atuais, esses dois pilares alcançaram um nível avançado de interatividade e maturidade, por meio de novos dispositivos de hardware e software.

Realidade Virtual (RV) é considerada uma tecnologia revolucionária, pois possibilita a simulação de mundos reais e imaginários na tela do computador ou em outros dispositivos, criando no usuário a sensação de presença em um “mundo” virtual (CRUZ-NEIRA, 1992) (CARLSON, 1993).

A Realidade Virtual envolve tecnologias para o desenvolvimento de aplicações, em função de novas possibilidades que oferece para interfaceamento com o uso de dispositivos multi-sensoriais, navegação em espaços tridimensionais, imersão no contexto da aplicação e interação em tempo real (KIRNER, 1995). As pesquisas em novas tecnologias para área de entretenimento e educação vêm crescendo consideravelmente por meio de estudos com a Realidade Virtual. (SCHUMANN, 1999).

Na Realidade Virtual existem várias áreas de aplicações e, ao considerar a crescente popularidade de jogos pela Internet torna-se interessante analisar as principais aplicações relacionadas a sistemas multi-usuários.

Os sistemas com características de entretenimento têm mostrado uma vantagem de atingir escalas de consumo bastante altas, por exemplo desde 1958, quando William A. Higinbotham usou um osciloscópio para simular um jogo virtual de tênis. A tecnologia computacional tem feito avanços em energia, tamanhos e sofisticação. Alta velocidade internacional dos dados na rede são partes da modernização, que tem se traduzido em evolução das tecnologias computacionais e de rede (Grenville, A., Mark, C. e Philip, B. (2006)).

A pesquisa e projeto de jogos 3D suportados por técnicas de RV é uma área bastante fértil, promissora e extremamente estimulante pelos desafios tecnológicos que apresenta e pelo potencial de aplicabilidade. Existem muitas questões a serem melhoradas em temas de aplicações interativas, por exemplo medir a efetividade da aplicação, interatividade e ferramentas de interação. A motivação para jogos multi-jogador está no uso da Internet e das redes convencionais permitindo que múltiplos usuários possam interagir em tempo real, mesmo que cada um desses usuários esteja localizado ao redor do mundo. As possibilidades de aplicação da tecnologia são ilimitadas e vão desde a visualização, passando por sua utilização na Internet.

Neste sentido o objeto de estudo deste trabalho é a criação de um jogo digital 3D para Internet explorando técnicas de RV Distribuída, deixando claro que as principais pesquisas concentram-se na melhoria da interatividade entre usuários em ambientes virtuais 3D para Internet.

Este capítulo apresenta conceitos e tecnologia para o desenvolvimento de um jogo de computador e analisa algumas de suas relações com RV.

5.2. Conceitos

5.2.1 Realidade Virtual

A Realidade Virtual pode ser descrita como um conjunto de tecnologias que permite criar ambientes gráficos que simulam a realidade existente ou a realidade projetada (FREITAS, 2008). A RV possibilita que o usuário interaja no espaço virtual, experimentando a sensação de locomoção em três dimensões, percebendo e manipulando figuras e objetos gráficos. (CARDOSO e LAMOUNIER, 2004).

Entende-se que a interação em ambientes virtuais consiste na capacidade do usuário atuar em ambientes virtuais, promovendo alterações e reações às suas ações (KIRNER e SISCOOTTO, 2007).

Os termos Realidade Virtual e Ambiente Virtual são geralmente utilizados com o mesmo significado. Segundo Kirner (1996) o termo Realidade Virtual apresenta a

técnica de interface, onde usuário pode realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multi-sensoriais (KIRNER, 1996).

Apesar de Realidade Virtual e Ambientes Virtuais serem os termos mais populares alguns outros também são utilizados, tais como: Experiência Sintética; Mundos Virtuais; Mundos Artificiais e Realidade Artificial (BARNETT, 1998).

A Realidade Virtual pode possibilitar a criação/simulação de mundos reais ou imaginários na tela do computador, com aplicação em diversas áreas, assumindo um papel de relevo cada vez maior em campos específicos da vida econômica, social e cultural de muitos países (CAMACHO, 2005).

As técnicas de Realidade Virtual têm como objetivo imergir o usuário num mundo simulado pelo computador, por meio de estímulos sensoriais. Quanto maior o número de sentidos estimulados e melhor a qualidade destes estímulos, mais realista será a experiência. Para proporcionar este tipo de imersão são normalmente utilizados dispositivos de saída visuais, sonoros e hápticos. Entretanto, dispositivos olfativos e palatais também têm sido experimentados, porém, estes ainda se encontram em estágio inicial de desenvolvimento (CAMELO, 2001).

A RV também pode ser caracterizada pela coexistência integrada de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento. A idéia de imersão está ligada ao sentimento de fazer parte do ambiente. Normalmente, um sistema imersivo é obtido com o uso de capacete de visualização, ou cavernas; sistemas imersivos baseados em salas com projeções das visões nas paredes, teto, e piso (CRUZ-NEIRA, 1992). Além do fator visual, dispositivos ligados aos demais sentidos também são importantes para o sentimento de imersão, como o som (BEGAULT, 1994; GRADECKI, 1994), o posicionamento automático da pessoa e dos movimentos da cabeça, controles reativos, etc. A visualização de uma cena 3D em um monitor é considerada não imersiva. Dessa forma, tem-se a conceituação de RV imersiva e não imersiva. De modo geral, do ponto de vista da visualização a RV imersiva utiliza capacete ou cavernas, enquanto a RV não imersiva utiliza monitores. Entretanto, dispositivos baseados nos demais sentidos podem introduzir algum grau de imersão à RV que usa monitores (ROBERTSON, 1993). Os monitores ainda apresentam alguns pontos positivos, como o baixo custo e a facilidade de uso, evitando as limitações técnicas e problemas decorrentes do uso do capacete. Porém, a tendência deve ser a utilização da RV imersiva na grande maioria das aplicações futuras.

Um aplicativo de RV pode proporcionar uma sessão sob três formas diferentes: Passiva, Exploratória ou Interativa (ADAMS, 1994). Uma sessão de RV passiva proporciona ao usuário uma exploração do ambiente automática e sem interferência. A rota e os pontos de observação são explícitos e controlados exclusivamente pelo software. O usuário não tem controle algum, exceto talvez, para sair da sessão.

Uma sessão de RV exploratória proporciona uma exploração do ambiente dirigida pelo usuário. O participante pode escolher a rota e os pontos de observação, mas não pode interagir de outra forma com entidades contidas na cena (ADAMS, 1994). Uma sessão de RV interativa proporciona uma exploração do ambiente dirigida pelo usuário e, além disso, as entidades virtuais do ambiente respondem e reagem às ações do participante. Por exemplo, se o usuário move o ponto de observação em direção à porta, esta pode parecer abrir-se, permitindo ao participante passar por ela. Muitas são as aplicações da RV. Com utilização crescente nas mais variadas áreas, a indústria de

entretenimento é um dos principais motores do desenvolvimento da Realidade Virtual. Com os mais variados graus de imersividade, diferentes aplicações existem na área: jogos em primeira pessoa em consoles de videogames e computadores pessoais, passeios de imersão parcial em salas de projeção, jogos multi-jogadores em imersão total distribuído em redes entre várias máquinas, entre outras (KOZOVITS, 2003).

5.2.2 Realidade Virtual Distribuída

Os termos “Ambiente Virtual” e “Ambiente Virtual Distribuído” são recentes e permanecem sem uma definição única que os caracterizem. Desta forma, para alcançar uma melhor compreensão, apresenta-se neste capítulo, uma visão geral e os objetos de estudo deste trabalho. O uso intensivo de tecnologia vem sofrendo uma incrível expansão. Significa a possibilidade de criar ambientes que proporcionem melhores condições para a aquisição e construção do conhecimento.

Ambientes virtuais distribuídos figuram entre os sistemas de software mais complexos já construídos (STY TZ, 1996). Esses ambientes devem satisfazer uma variedade de características tais como:

- (1) Resposta rápida a novos requisitos do sistema.
- (2) Capacidade de manutenção.
- (3) Suporte para interação em tempo real.
- (4) Fidelidade da inserção do usuário no AV em relação a uma referência.
- (5) Alta taxa de quadros por segundo, reusabilidade e portabilidade.
- (6) Ajustamento a novas interfaces e dispositivos de visualização.
- (7) Requisitos para capacidades adicionais.

A elaboração de um sistema de Realidade Virtual distribuído inclui atividades envolvendo (STY TZ, 1996):

- (1) Suporte de comunicação em rede.
- (2) Criação de ambientes virtuais.
- (3) Atuação no mundo real.
- (4) Criação de atores gerados por computador.
- (5) Inserção de fenômenos naturais.
- (6) Uso de simulação tradicional.

O suporte de comunicação em rede fornece os meios para que as unidades computacionais heterogêneas, separadas fisicamente, sejam unificadas para programar um único ambiente virtual.

Um Ambiente Virtual Distribuído ou AVD pode ser definido como um sistema por meio do qual, diversos usuários interage entre si e em tempo real, podendo os mesmos estar situados em localidades diferentes. Tipicamente, cada usuário acessa seu próprio computador, usando-o para fornecer uma interface para o ambiente virtual. Estes ambientes geralmente oferecem aos usuários uma sensação de realismo por meio

da incorporação de gráficos 3D e som estéreo, a fim de criar uma experiência imersiva (SINGHAL *apud* ZYDA 1999).

De acordo com Sementille (1999), um AVD pode ser evidenciado por cinco características comuns. Tais características são: Sensação de Compartilhamento de Espaço, Sensação de Presença, Sensação de Tempo Compartilhado, Comunicação entre os Participantes, Forma de Compartilhamento. A seguir será feita uma breve descrição de todas essas características.

- **Sensação de Compartilhamento de Espaço:** todos os participantes têm a ilusão de estarem localizados no mesmo lugar, tais como na mesma sala, prédio ou região. Este espaço compartilhado representa um local comum, no qual outras interações podem acontecer. Este local pode ser real ou fictício. O local compartilhado deve apresentar as mesmas características a todos os participantes.
- **Sensação de Presença:** quando entra em um local compartilhado, cada participante torna-se uma “pessoa virtual”, chamada avatar, o qual inclui uma representação gráfica, um modelo de estrutura corporal (por exemplo, a presença de braços, cabeça, juntas e etc), um modelo físico (por exemplo, peso altura, etc.), e outras características. Uma vez dentro de um AVD, cada participante pode ver os outros avatares localizados no mesmo espaço.
- **Sensação de Tempo Compartilhado:** os participantes devem ser capazes de ver o comportamento uns dos outros em tempo real.
- **Comunicação entre os Participantes:** embora a visualização seja a base para um AVD efetivo, muitos AVDs também empenham-se em permitir que algum tipo de comunicação ocorra entre os participantes a qual pode acontecer por meio de gestos, escrita ou voz. Esta comunicação adiciona uma sensação maior de realismo a qualquer ambiente simulado e é fundamental para sistemas de engenharia e treinamento.
- **Forma de Compartilhamento:** os elementos mencionados anteriormente efetivamente oferecem um sistema de videoconferência de alta qualidade. O poder real de um AVD deriva da habilidade dos usuários em interagir uns com os outros e com o próprio ambiente virtual. Em uma simulação de combate ou jogo, por exemplo, os usuários precisam atirar ou colidir uns com os outros. Estas interações precisam ser modeladas realisticamente. Os usuários podem ser capazes de escolher, mover, e manipular objetos que existem no ambiente e até entregá-los a outros participantes.

A Realidade Virtual Distribuída enfrenta o problema do gerenciamento do estado compartilhado. Entretanto, existem técnicas para controlar e melhorar o tempo para uma mensagem chegar ao seu destino. Neste trabalho adota-se algumas destas “Técnicas” mencionadas na implementação do estudo de caso proposto.

a) **Dead-Reckoning:** teve sua origem em simulações militares, nas quais se tentava prever as trajetórias de aviões e veículos. A técnica tenta estimar a posição de um objeto baseado em alguma informação do passado sobre esse objeto (SINGHAL *apud* ZYDA 1999). Por exemplo, considere que, no passado, um objeto estava na posição (0,0), movendo a 10m/s na direção (1,0). Após 2 segundos, pode-se estimar que a posição do objeto seja representada pelo seguinte polinômio:

$\text{posição.x} ::= \text{posição.x} + (\text{velocidade} * \text{direção.x}) * \text{variação (Seg)}$;

$\text{posição.y} ::= \text{posição.y} + (\text{velocidade} * \text{direção.y}) * \text{variação (Seg)}$.

Com a finalidade de reduzir o número de mensagens enviadas entre clientes, enquanto um cliente souber que os outros clientes são capazes de calcular a posição de um objeto sob seu controle, não há necessidade de enviar uma nova mensagem sobre o objeto (SINGHAL *apud* ZYDA 1999).

b) Sincronização baseada em tempo de comando: O jogador clica na peça e movimenta para um destino, essa peça começa a se mover para a posição desejada. Para que os outros jogadores vejam o mesmo movimento, uma mensagem é enviada para o servidor pelo cliente que requisitou o movimento e depois o servidor reenvia a mensagem de movimento para os outros clientes. (SINGHAL *apud* ZYDA 1999).

c) Eliminando informações desnecessárias: Durante a renderização de ambientes virtuais 3D, um estágio geralmente encontrado é o de culling, no qual são eliminadas todas aquelas partes do mundo que não estão visíveis e, portanto, não contribuem para a imagem final. Isso é feito com o objetivo de se reduzir o número de triângulos enviados para a placa gráfica. O mesmo pode ser feito para distribuição. Em geral, não há necessidade de enviar uma informação para um cliente que o jogador não possa perceber. (AKENINE-MOLLER, 1999).

d) Balanceamento: Para conseguir que milhares de jogadores estejam conectados simultaneamente a um mesmo jogo, é necessário que o processamento do jogo seja quebrado entre diversos servidores, e cada servidor seja responsável por processar uma parte desse jogo. (RIBEIRO, 2006).

e) Nível de detalhe: Essa é uma outra técnica que se inspira no nível de detalhe da computação gráfica (SINGHAL *apud* ZYDA 1999). A idéia é que não há necessidade de se receber muita informação de objetos que não influenciam bastante a experiência do jogador. Em geral, os objetos que mais influenciam a experiência do jogador são aqueles que estão próximos. Logo, a taxa de atualização desses objetos deve ser maior. Objetos longe do jogador podem adquirir uma taxa de atualização menor.

f) Agregação de mensagens: Outra técnica que permite reduzir o número de bytes enviados em qualquer comunicação é a agregação de mensagens (SINGHAL e ZYDA, 1999). Caso exista uma série de mensagens a serem enviadas para um determinado cliente, é melhor juntá-las numa única mensagem e enviá-la do que enviar uma série de mensagens pequenas. Isso porque mensagens enviadas por UDP adicionam às mensagens 28 bytes de cabeçalho (20 bytes para IP, 8 bytes para UDP) e mensagens TCP adicionam 40 bytes em cabeçalho (20 bytes para IP, 20 bytes para TCP). Logo, quanto menos mensagens são enviadas, menor o desperdício em bytes de cabeçalho para enviar as mensagens. (SINGHAL *apud* ZYDA 1999).

g) Plataformas de distribuição: O desenvolvimento de um Ambiente Virtual Distribuído é baseado em seus requerimentos, portanto, conforme análise da complexidade de interação e criação do mundo virtual será devido à tecnologia de implementação. Apesar disso, existem muitas pesquisas nas áreas de

Engines (Torque, Fly3D, Linguagens de Programação (C, C++ e Java3D), Sockets e middleware (RMI, Corba) como tecnologias que permitem ou impletam tais características.

5.3. Estudo de Caso

Este módulo demonstra e justifica a escolha do estudo de caso, conforme descritos na motivação do trabalho.

O jogo escolhido para integrar o ambiente proposto é o Quarto, premiado jogo francês criado por Blaise Müller em 1985 (FREITAS, 2008). É constituído de um tabuleiro 4 x 4 (16 casas) e de 16 peças. As peças (Figura 1) são representadas sem repetição em sólidos geométricos: paralelepípedos e cilindros que diferem a partir dos seguintes atributos: forma, tamanho, cor, existência ou não de um furo.

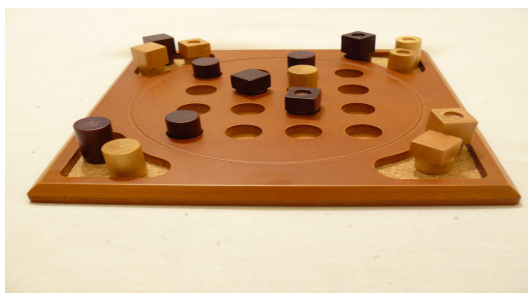


Figura 5.1: As 16 peças do jogo, mais 4 x 4 casa (16) no tabuleiro.

O objetivo do jogo é alinhar peças com atributos semelhantes. Vence a partida o jogador que conseguir alinhar peças que tenham um ou mais atributos comuns. Exemplo: se o jogador alinhar cilindros, com furo ou sem furo, de uma ou outra cor, sejam altos ou baixos, ele vence a partida porque conseguiu reunir peças com pelo menos um atributo em comum: a forma cilíndrica.⁹



Figura 5.2: Tabuleiro do jogo Quarto

O jogo Quarto implica questões pedagógicas interessantes, razão pela qual foi premiado. Uma delas é a questão da socialização. Jogado em dupla, obriga o jogador a um diálogo com o adversário. Faz com que tenha de se colocar no lugar do outro, ponto de partida para as estratégias que terá de construir para vencer. A questão da socialização, a propósito, é um dos aspectos que caracterizam ao período operatório concreto (7 a 11 anos) (FREITAS, 2008).

⁹ O alinhamento pode ser tanto na vertical, na horizontal ou na diagonal. (Figura 2)

Outro aspecto interessante é o estímulo à capacidade de observação. Esta habilidade se torna presente no momento de identificar conjuntos ou grupos, definidos a partir de características específicas (cor, tamanho, forma, existência ou não de um furo). Ao mesmo tempo, não se pode esquecer de que tais peças, formando subgrupos, pertencem a um grupo maior (o das Figuras geométricas).

Esta questão da classificação acontece no momento em que a criança seleciona as peças que vai jogar. Neste momento, ela começa a distinguir que, no universo das peças do jogo, há algumas que possuem características comuns (FREITAS, 2008).

É interessante dizer também que o software proposto poderá estimular o raciocínio não somente pelo fato da inclusão dos vários jogadores no jogo Quarto, mas também por estabelecer a interação entre aqueles que estão jogando, via Internet, pois em qualquer momento pode-se tentar alinhar peças com um ou mais atributo em comum e validar o alinhamento (FREITAS, 2008).

Outro aspecto interessante do jogo é seu caráter competitivo. Trata-se de um aspecto normalmente comum nos jogos infantis, sendo considerado saudável, se vivenciado de modo equilibrado. Torna-se um estímulo para criança, incentivando seu envolvimento com o conteúdo pedagógico do jogo (ABED, 2000) (MACEDO, 2000).

É importante destacar que Freitas (2008), implementou o jogo para a versão digital (Figura 3), atribuindo por meio da linguagem VRML em conjunto com o JavaScript.

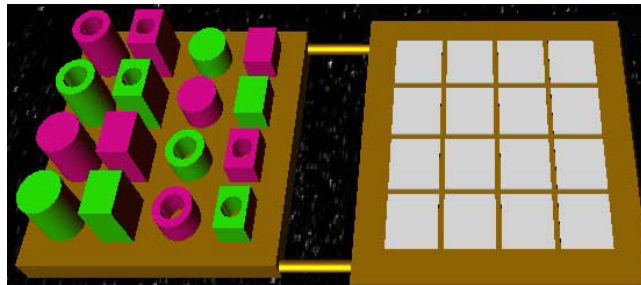


Figura 5.3: LudosTop na versão VRML (FREITAS, 2008).

Conforme avaliado, esse sistema possuía algumas limitações que motivaram como estudo de caso. As limitações desta versão do LudosTop são:

- 1) Ausência de uma ferramenta integrada de colaboração como chat.
- 2) Ser mono-usuário.
- 3) Não estava implementada todas as regras do jogo original (Por exemplo: a regra de quem ganhar o jogo quem observar o quarto primeiro).
- 4) Suporte a internet, com estrutura distribuída eficiente.
- 5) Não permitir que o professor participe ativamente das partidas com os jogadores.
- 6) Aplicar um software como uma ferramenta de EAD multi-jogador sobre a Internet e distribuído.

Esses foram os fatores que motivaram, o LudosTop como estudo de caso. É preciso destacar, ainda, que o desempenho do software proposto é um dos pontos focos do jogo, tornando a aplicação mais atraente.

5.4. Arquitetura & Funcionamento do Sistema

O presente capítulo descreve a arquitetura do sistema proposto e seu respectivo funcionamento. Além disso, são apresentadas as ferramentas que serviram de base para a sua elaboração (*Torque Game Engine*).

Este capítulo aponta também uma breve descrição do jogo Quarto. Tal jogo compõe o estudo de caso escolhido para demonstrar a aplicação de técnicas computacionais que associadas à Realidade Virtual Distribuída, possibilitem o desenvolvimento do software proposto na Internet.

5.4.1. Arquitetura do sistema proposto – Quarto3D

O diagrama ilustrado na Figura 4 apresenta uma visão geral do funcionamento e relacionamento entre as partes que compõem o sistema protótipo. Indica a interação entre jogador e o software proposto. A arquitetura proposta é composta pelos seguintes módulos e sub-módulos:

1. GUI – Interface Gráfica com o Usuário;
2. Distribuidor de Eventos;
3. Módulo de Jogo Virtual dividido em dois sub-módulos internos: Objetos Virtuais e Algoritmos de Jogadas.

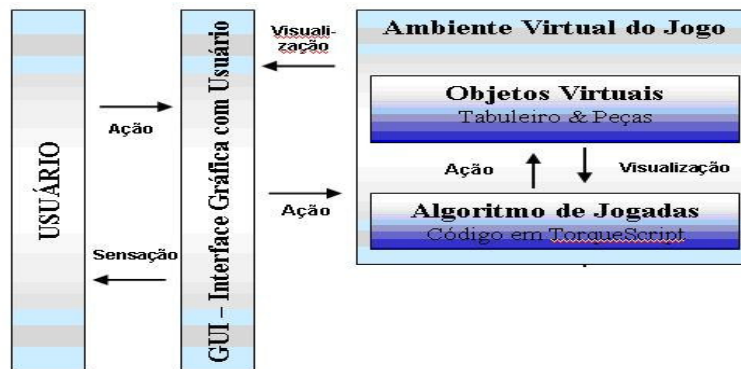


Figura 5.4: Tela de autenticação.

O sistema proposto utiliza técnicas de RV não-Imersivas: a tecnologia que suporta a interação com o usuário fundamenta-se por meio do mouse, monitor de vídeo e do teclado.

5.4.2. Objetos Virtuais

Este sub-módulo representa o ambiente para jogar. A base do Ambiente 3D é um tabuleiro de dezesseis (16) peças em um jardim em que há reserva de espaço para o adversário. Os objetos do jogo foram modelados por um software de modelagem 3Ds (3D Studio Max) e convertido por meio de um *loader* criando um arquivo para ser carregado pela Torque Game Engine para a montagem do Ambiente Virtual. Para facilitar a comunicação entre os jogadores pensou-se numa interface que possibilitasse uma melhor visualização de todas as opções oferecidas pelo software. Além de agregar uma ferramenta que motiva a comunicação, que foi a criação de um chat é um visor de mensagens.

5.4.3. Algoritmos de Jogadas

Este sub-módulo é responsável pela verificação das jogadas. Descreve o comportamento dos objetos virtuais por meio de fórmulas matemáticas e envia atualizações ao distribuidor de eventos que atualiza os clientes conectados ao servidor. Tais operações são implementadas a partir do *TorqueScript*.

O funcionamento das jogadas do Quarto3D começa com o jogador entregando ao adversário uma peça. Para fazer esse movimento é necessário que primeiramente ele selecione uma jogada. Portanto, são desenvolvidos os arquivos que compõem os algoritmos que contêm toda a parte de logística de movimentação do mouse e regras do jogo.

Ao movimentar uma peça selecionada é armazenada em uma variável do tipo Array. Após o Jogador terminar de selecionar as peças que ele julga formar Quarto3D, imediatamente o servidor conferir as regras para as peças selecionadas. Caso ele não esteja em posição de formar Quarto, então cancela-se o estado, caso contrário ele faz a verificação das peças e se estiver correto, declara final de jogo.

5.4.4. Funcionamento do software proposto “Quarto3D”

A GUI é composta pelos seguintes botões: Jogar, Opções: Ajuda, Crédito e Sair demonstrar a nova implementação do jogo usando as tecnologias já mencionadas.

O módulo GUI disponibiliza o cenário do jogo e as opções de ajuda, configuração e execução do jogo. Entretanto, o cenário é composto por objetos previamente definidos para a visualização, navegação e interação. Por exemplo: quando o usuário realiza uma ação, recebe da GUI, a saída de informações, por meio de atualizações que proporcionam maior sensação de interação com o ambiente virtual (Figura 5).



Figura 5.5: Tela principal de apresentação do jogo.

Ao selecionar o botão “Jogar”, o jogador irá fazer a autenticação (Figura 6), digitando um apelido e o nome de usuário. Isso identificará o usuário que está conectado e o apelido pelo qual será chamado durante o jogo. Após a autenticação, o jogador poderá criar uma partida ou verificar se algum adversário já está conectado.



Figura 5.6: Tela de autenticação.

O botão “Opções” (Figura 7) disponibiliza opções para áudio e visualização do jogo. Na opção “Gráficos”, é possível selecionar o driver gráfico a ser usado, além da resolução e configuração de bit para exibição. Na opção “audio”, é possível definir driver de som e volume.



Figura 5.7: Opção de áudio e visualização.

A idéia inicial foi elaborar um guia com as explicações sobre o jogo, permitindo maior interação, mais facilidade e agilidade ao executar o jogo pela primeira vez. O jogador terá informações sobre o jogo, regras e comandos. (Figura 8)



Figura 5.8: Tela ajuda sobre o jogo.

O botão “Créditos” conforme passado na Figura 9, uma interface com os nomes daqueles que desenvolveram o software proposto.

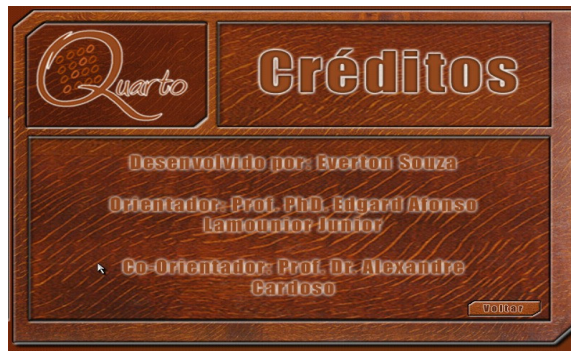


Figura 5.9: Informações dos desenvolvedores.

A Figura 10, mostra os botões “Lan” e “Internet” que verificará a existência de um jogo criado via LAN¹⁰ ou Internet, pois assim o jogador escolher seu adversário.



Figura 5.10: Criação de um jogo

Ao criar o jogo com botão Criar, o usuário deverá aguardar seu oponente, conectar conforme demonstrado na Figura 10. Assim começa uma partida, o jogador após ter se conectado ao jogo, poderá enviar mensagens de texto a todos os usuários conectados e assim selecionar uma peça para o oponente, conforme explicado no botão “Ajuda”. O intuito da criação do chat, não só para o ensino à distância, mas como instrumento de construção de conhecimentos, pesquisa, troca de informação e comunicação entre os jogadores. No chat, os jogadores interagem com os outros participantes por meio da comunicação escrita, utilizando códigos peculiares do ambiente virtual. Essa ferramenta pode contribuir para o aprimoramento da capacidade de raciocínio e agilidade na escrita. Em qualquer momento, o usuário poderá pressionar o botão “Q” na tela e validar o alinhamento do Quarto (Figura 11).

¹⁰ Local Area Network



Figura 5.11: Tela do vencedor da partida.

Portanto, o ato de pensar e fazer educação assume um novo paradigma onde, na era digital, o aluno passa a ser o gerenciador do seu próprio conhecimento, sendo o professor o mediador nessa construção do saber. Podemos perceber que o chat é uma ferramenta que favorece a comunicação entre grupos. Assim software proposto tem, possui o recurso de permitir que o professor também se conecte ao jogo, podendo interagir também por meio do chat. Esta ferramenta pode ser uma solução para os problemas crônicos do processo educacional brasileiro.

No Jogo Quarto 3D, uma vez conseguido fazer o alinhamento é perguntado aos jogadores, se deseja iniciar outro jogo.

5.3.1. Tecnologia de Apoio

5.3.1.1. Plataforma de Distribuição

A Torque Game Engine (TGE) é uma engine de jogos 3D, foi disponibilizada para comunidade de jogos Indie pela GarageGames, usada para fazer jogos multi-jogadores e jogos de um único jogador. É o produto de muitos anos de dedicação, trabalho, design interativo e desenvolvimento da equipe Dynamix em uma companhia de desenvolvimento de jogos muito conceituada e conhecida.

A TGE (Torque Game Engine) atualmente tem as seguintes características:

- **Multi-jogador:** TGE é baseada na arquitetura cliente-servidor suporta protocolos de comunicação para redes local e/ou Internet.
- **Raster-based¹¹:** A técnica de “*Raster-based graphics*”¹² é incorporada pela TGE.
- **Simulação de Eventos:** O design da TGE utiliza arquitetura cliente-servidor com loop¹³ de eventos que são aplicados para as lógicas dos jogos e das GUI por meio do sistema eventos.
- **Gerenciamento de Largura de banda e Memória:** Os requerimentos são baixos por conexão devido ao uso de algoritmos de agregação de mensagens nas transmissões de dados entre servidor e clientes.

¹¹ Em computação gráfica, uma imagem ou imagens raster bitmap é uma estrutura de dados que representam um modo geral rectangular, grade de pixels, ou pontos de cor, visualizáveis por meio de um monitor, papel ou por meio de visor.

¹² Um conjunto de instruções de software que é utilizado principalmente pelos recursos gráficos para desempenhar renderização de efeitos.

¹³ Execução contínua de instruções conforme a definição de uma condição.

- **Bibliotecas de Classes:** TGE possui com uma variedade de métodos e funções desenvolvida em C++ para implementações dos mundos virtuais onde processa operações de cálculos, ações e respostas.
- **Código Aberto:** Incorpora todos os códigos obtidos durante os muitos anos de desenvolvimento, fornecendo a possibilidade de implementação de novas bibliotecas pelo designer do software.
- **Integração:** Incluindo as renderização, captura todos os elementos, GUI, som e uso de técnicas de Realidade Virtual Distribuída.

A ferramenta utiliza a linguagem de script similar a C++, chamada de *TorqueScript* podendo ser atualizada em tempo real à produção do jogo. É ideal para o desenvolvimento de aplicações de curto prazo.

No TGE existem alguns termos referentes ao desenvolvimento de jogos por meio da engine como: interior, shape, datablock, IFL e imagens. Algumas dessas palavras têm significados específicos.

Os interiores são modelos criados por meio da classe *InteriorInstance*, frequentemente referenciada para simplificar a construção de interiores, é usada para exibir modelos que representam um objeto estrutural, no qual poderão ser incluído outros objetos tais como: prédios, pontes, muros e outras tipos de grandes estruturas. A técnica de modelagem de interiores é também usada para resolver alguns temas técnicos associados à criação de grandes e geometricamente complexos modelos que são contornados com uso de algoritmos de *visibility culling*, técnicas de detecção, de colisão e de iluminação. A técnica BSP denominada *Binary Space Partitioning*, usadas para detectar colisões contra objetos interiores.

A shape, também conhecida como um objeto DTS¹⁴ ou *Dynamix Threespace Shape*, é um modelo criado usando um editor de polígonos (ou equivalente); são geralmente usados para representar não-estruturalmente entidades, tais como árvores jogadores e veículos. Podem possuir: *Skeletal animations*, Múltiplas texturas, Texturas animadas (IFL), Animações visíveis, Múltiplos Levels of Detail, Componentes translúcido e/ou componentes transparentes e Múltiplas caixas de colisão.

Todos os objetos do jogo são arquivos DTS importados para dentro do jogo, como árvores, os bancos, as peças, o tabuleiro e as peças.

Um datablock é um objeto que pode ser declarado no código fonte da engine (C++), ou no código do *TorqueScript*. Declarado com várias propriedades, pode ser usado como um padrão para criar objetos.

Os *datablocks* são especiais dentro da arquitetura da Torque pelas seguintes razão:

- Todos os *datablocks* são duplicados pelo servidor para cada cliente.
- Um *datablock XYZ* no servidor com ID 123 terá o mesmo nome XYZ e ID 123 em todos os clientes.
- *Datablocks* são transmitidos para clientes no início do jogo e não são atualizados depois disto, mantendo eles em efeito estático.
- *Datablocks* tem propriedades específicas de scripting.

¹⁴ DTS é um tipo de arquivo 3D para ser importado pela Torque Engine.

- Por causa do conteúdo do datablock, é controlado pelo servidor e não pelo cliente, uma maneira eficiente de prevenir trapaças.

Os datablocks são blocos de informação, contendo modelo, textura, animações, entre outros parâmetros, que podem gerar diversos conteúdos repetidos. Um exemplo, dentro de um jogo ABC (um jogo multiplayer), os jogadores são permitidos a criar uma variedade de veículos com rodas. Cada um desses veículos possuem entre 4 a 8 pneus, texturas, efeitos especiais (sons, emissores de partículas, etc), e uma longa lista de atributos físicos, um total aproximado de 2048 bytes, ou 2KB.

Foram usados datablocks para cada uma das peças, cilindros invisíveis, área do jogador e no cilindro de seleção. Estes são objetos únicos que são criados dinamicamente a cada início de jogo. No entanto para as imagens do jogo foi utilizado a IFL, que significa Image File Lists ou uma biblioteca para arquivos de imagens, durante o processamento de cada frame. Usar a biblioteca é uma alternativa viável para animação por meio de texturas, um exemplo e a criação de efeito para movimentação das peças por meio do IFL (Figura 12).

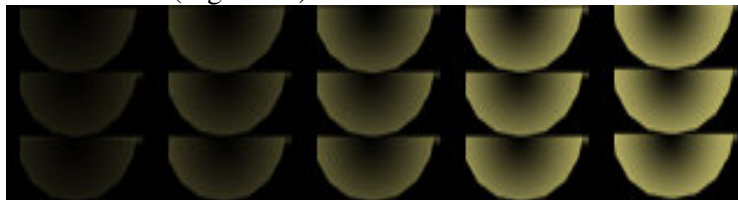


Figura 5.12: Textura do cilindro de seleção

A *engine* faz a troca da textura atual, por outra textura em um intervalo fixo de tempo. A animação é definida dentro de um arquivo de texto, onde é armazenado os nomes das texturas, seguidos pelos números de *frames* que ela irá se mostrar.

A textura da área do jogador adversário foi utilizada os IFLs, por meio de textura, devido a sua complexidade geométrica. Abaixo segue as imagens utilizadas para textura, bem como o conteúdo do arquivo IFL e o resultado final dentro do jogo. Exemplo de texturas de uma lista de texturas (`brilho0.png`, `brilho1.png`, `brilho2.png`, `brilho3.png` e `brilho4.png`) que forma a área do jogador.



Figura 5.13: Área do Jogador adversário.

Além desses aspectos tecnológicos, existe a questão de construção e definição da arquitetura, pois a *engine* suporta a customização de implementações independente da arquitetura determinada ao qual enriquece o projeto, pela flexibilidade.

5.5. Detalhes de Implementação

A implementação deste módulo foi feita utilizando-se a Linguagem C++, OpenGL API e *TorqueScript*. Para modelagem geométrica, usou-se 3D Studio Max. A modelagem foi feita, utilizando-se da técnica denominada “Box Modelling”, que consiste em modelar objetos a partir de peças básicas como caixotes, cilindros ou qualquer outra forma básica conforme Figura 14.

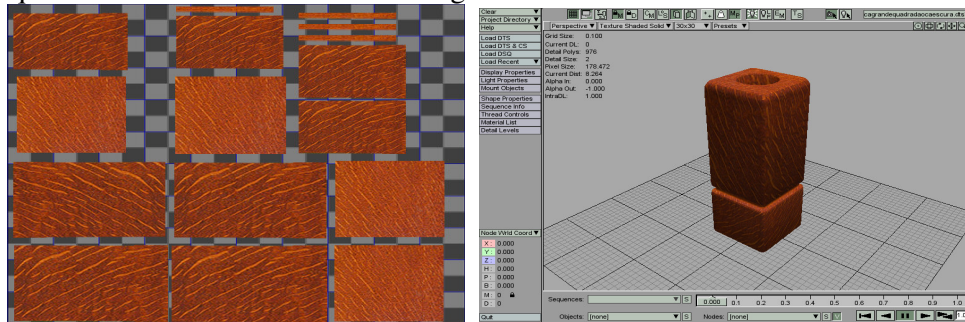


Figura 5.14: Modelagem das peças do jogo Quarto3D.

Cumprida essa primeira etapa, será criado o cenário na Torque Game Engine. Os elementos são importados e o cenário pode ser montado em tempo real. A partir do momento em que os modelos 3D das peças e dos elementos são importados pela *Torque Engine*, o ambiente é construído. O ambiente se baseia no modelo preparado, neste caso um parque composto de vegetação rasteira e árvores. Além disso, uma mesa com tabuleiro e dois assentos. As peças foram posicionadas nas bordas do tabuleiro, de forma a facilitar a visualização dos jogadores.

5.5.1. Objetos Virtuais

O cenário foi montado com a ajuda do *World Editor*, uma ferramenta de edição de cenário em tempo real da própria TGE. Com ele, foi possível criar um cenário complexo, com extrema precisão e facilidade, adicionando diversos recursos, como luzes, sons 3D e triggers.



Figura 5.15: Modelagem do cenário do Jogo

Uma vez posicionados os objetos, e salva a missão, o Torque gera um arquivo denominado Mission, contendo a descrição de todos os elementos a ser carregados no cenário. Uma vez posicionados os objetos, fez-se necessário distribuir alguns para mapear o tabuleiro (Figura 15), uma vez que o objeto em si não possui essa facilidade. Para isso, foram dispostos diversos objetos invisíveis, com os quais, ao soltar a peça sobre o tabuleiro, as peças transparentes seriam responsáveis por verificar a colisão com o mouse, efetuando assim a jogada.

5.6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Acredita-se que o objetivo tenha sido alcançado, ou seja, a construção um *jogo de computador* que integrasse técnicas de Realidade Virtual e estratégias de jogos, um *software* que fosse lúdico e pedagogicamente fundamentado à aplicabilidade do estudo de caso.

O software proposto agregou recurso para aumentar a interatividade com o chat, não só para o ensino à distância, mas como instrumento de construção de conhecimentos, pesquisa, troca de informação e comunicação entre os jogadores. No chat, os jogadores interagem com os outros participantes por meio da comunicação escrita. Com as técnicas de Realidade Virtual indicou que o *software* alcançou o objetivo proposto, qual seja, um ambiente multi-jogador para internet, com imersão, navegação e interatividade em tempo-real. Estudos futuros poderão tornar o sistema ainda mais eficiente. A seguir, são relacionadas sugestões neste sentido:

- Implementação de algoritmos relacionados à (IA) Inteligência Artificial na lógica do software proposto, embora o jogo tem a finalidade ser estratégico, ou seja, praticas de observação e concentração, pode-se atribuir níveis de dificuldades quando o usuário queira jogar sozinho.
- Adaptação do jogo para dispositivos móveis, com a tendência da mobilidade constante e o aperfeiçoamento dos celulares/terminais seria uma oportunidade para oferecer a possibilidade de jogos multi-jogadores para celular.

5.9. Referências

ABED, A. L. Z. **O jogo de Regras na Psicologia Clínica: Explorando suas possibilidades de Uso.** In: ___ Org. MASINI, Elcie. Ação Psicopedagogia: II ciclo de estudos de psicopedagogia Mackenzie. São Paulo: Memnon. 2000.

ARAUJO, F. V.; CORDENONSI, A. **Planeta X – Desenvolvimento de um Jogo Virtual Utilizando a Tecnologia VRML.** 8 th Taller Internacional de Software Educativo. Santiago, Chile. Universidade Luterana do Brasil 2003. Disponível em: http://www.tise.cl/archivos/tise2003/papers/planeta_x.pdf. Acesso 19 Janeiro 2008.

CARDOSO, A.; KELNER, J.; KIRNER, C.; LAMOUNIER, E. **Tecnologias para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada.**; Editora Universidade da UFPE. Recife – PE. p.4. 2007.

CARLSON, C e HAGSAND, O. **DIVE – A Multi-User Virtual Reality System.** Proc. of The IEEE VRAIS'93, IEEE, 1993, pp. 394-400.

CRUZ-NEIRA, C. et al., **The CAVE Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment.** Communication of the ACM, 35, pp. 64-72., 1992.

FREITAS, M. R. **LudosTop: Estratégia de Jogos e Realidade Virtual com vistas ao Desenvolvimento do Pensamento Lógico-Matemático.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

GRENVILLE, A., MARK, C. e PHILIP, B., 2006. **Networking and Online Games: Understand and Engineering Multiplayer Internet Games,** pages 12 – 15, Editora Wiley.

HEETER, C. **Implications of interactivity for communication research,** in Media Use in the Information Age: Emerging Patterns of Adoption and Consumer Use, Jerry Salvaggio and Jennings Bryant, eds., Lawrence Erlbaum Associates, 217-235. 1989.

KIRNER, C. **Virtual Environments for Shared Interactive Visualization.** Paper Accepted for Presentation at the Workshop of the German-Brazilian Cooperative Programme in Informatics, Berlim, 14-15 December 1995.

MACEDO, L. **Aprender com Jogos e Situações-Problema**. Porto Alegre: Artmed. 2000. 116 p.

SCHUMANN, David W.; THORSON, Esther. **Advertising and the world wide Web**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1999.

VENDRUSCOLO, Franciele; DIAS, Jonatham; BERNARDI, Giliane; CASSAL, Marcos. **Um Ambiente Virtual como Ferramenta de Apoio ao Ensino Fundamental através de Jogos Educativos**; Disponível em: http://www.ricesu.com.br/colabora/n9/artigos/n_9/pdf/id_03.pdf. Acesso em Maio, 2008.

Capítulo

6

Aplicações de Realidade Aumentada na criação de Interfaces Distribuídas

Wender A. Silva (Faculdade Atual), Edgard Lamounier Júnior (UFU), Alexandre Cardoso (UFU) e Marcos Wagner S. Ribeiro (ULBRA)

Abstract

Necessary technology to support the distribution of Augmented Reality (AR) virtual environments, describing the architecture and the interface for distributing these environments. An implemented interface in AR allows the interaction between the user and the virtual environment through interaction menus and markers. This interface is integrated with a layer of distribution. Thus, the distribution layer is implemented following the methodology client / server-based objects.

Resumo

Tecnologias necessárias para realizar a distribuição de ambientes virtuais de Realidade Aumentada, detalhando a arquitetura e interface para distribuição destes ambientes. Desta forma, é criada uma interface de Realidade Aumentada que possibilita a interação do usuário com o ambiente virtual por meio de menus de interação e também por meio de marcadores. Esta interface é integrada a uma camada de distribuição. Assim, a camada de distribuição é implementada seguindo a metodologia cliente/servidor baseada em objetos.

6.1. Introdução

A Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características, a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos do mesmo (Tori, Kirner e Siscoutto, 2006). Nesse aspecto pode-se considerar que a Realidade Virtual é considerada uma tecnologia

revolucionária, pois possibilita a simulação de mundos reais e imaginários na tela do computador ou em outros dispositivos, criando no usuário a sensação de presença em um “mundo” virtual.

Relacionado com a Realidade Virtual, a Realidade Aumentada (RA) é a inserção de objetos virtuais no mundo real por meio de um dispositivo computacional. Desta forma, a interface do usuário é aquela, que ele usa no ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos virtuais colocados no seu espaço (Azuma et al, 2001). Entende-se que a Realidade Aumentada, enriquece o ambiente físico com objetos virtuais, assim essa, foi beneficiada pelo progresso da tecnologia da computação, tornando viável aplicações desta tecnologia, tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares. Então, diferentemente da Realidade Virtual, que transporta o usuário para o ambiente virtual, a Realidade Aumentada mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação (Tori, Kirner e Siscoutto, 2006). Nesse contexto, novas interfaces multimodais vêm sendo desenvolvidas para facilitar a manipulação de objetos virtuais no espaço do usuário, usando as mãos ou dispositivos mais simples de interação.

Assim, as pesquisas em Realidade Virtual e Aumentada vêm crescendo consideravelmente por meio de vários grupos de pesquisa ligados à indústria, ao entretenimento e educação. Além disso, existem muitos estudos, soluções e implementações para possibilitar que mais de uma pessoa faça parte de um Ambiente Virtual (Jing et al., 2005).

Neste sentido o objeto de estudo desta pesquisa é a distribuição de ambientes de Realidade Aumentada, deixando claro que as principais pesquisas concentram-se na melhoria do processo de comunicação entre as cópias de um ambiente. Porém, dependendo da aplicação, nem sempre a preocupação será com a comunicação entre cópias de um ambiente, mas também com a comunicação entre ambientes virtuais distintos, além da colaboração nos ambientes virtuais. Sendo assim, a motivação para o desenvolvimento deste é a necessidade de pesquisas e desenvolvimento de técnicas para distribuição de ambientes virtuais para Realidade Aumentada com suporte a uma interface que possua flexibilidade considerável para interações de objetos virtuais distribuídos, onde a distribuição deve ocorrer em decorrência de interações realizadas em interfaces de Realidade Aumentada.

Assim, esta pesquisa tem por objetivo apresentar uma abordagem computacional/algorítmica e, ainda, uma arquitetura que seja suficiente para suportar o funcionamento de um Ambiente Virtual de Realidade Aumentada Distribuída. Assim, para realizar esta distribuição faz-se necessário a implementação de uma interface de Realidade Aumentada que possua um nível razoável de interação.

Espera-se com este trabalho, contribuir com a descrição de uma abordagem (arquitetura) que possibilite a criação de um *software* unindo duas áreas da computação (Sistemas Distribuídos e Realidade Aumentada) na construção de Ambientes Virtuais Aumentados Distribuídos, usando uma plataforma de distribuição baseada em objetos e o padrão de um determinado *toolkit* de programação para Realidade Aumentada. Esta aplicação facilitará a implementação de ambientes virtuais de Realidade Aumentada Distribuída, uma vez que, proporciona a implementação de uma “camada” para distribuição de Ambientes Virtuais Aumentados, independentes da área de aplicação.

Este trabalho apresenta ainda um algoritmo desenvolvido para possibilitar a interação do usuário com os objetos virtuais. Essas interações são realizadas por meio de transformações geométricas que desencadeiam colisões, oclusões e, ainda troca de

objetos na cena. Assim, o software proporciona um nível satisfatório de interações, as quais devem ser distribuídas em uma rede de computadores por meio de parâmetros.

6.2. Realidade Aumentada

Pode-se definir Realidade Aumentada (RA) como a amplificação da percepção sensorial por meio de recursos computacionais. Assim, associando dados computacionais ao mundo real, a Realidade Aumentada permite uma interface mais natural com dados e imagens geradas por computador (Cardoso et al., 2007). Desta forma, entende-se que um sistema de Realidade Aumentada deve prover ao usuário condições de interagir com estes dados de forma mais natural possível.

Milgram et al. (1994) define Realidade Aumentada como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais, gerados por computador, com um ambiente real, por meio de algum dispositivo tecnológico. Entretanto, esta conceituação é muito geral, e fica clara com sua inserção em um contexto mais amplo: o da Realidade Misturada.

De acordo com Kirner e Tori (2004), Realidade Misturada, mistura o real com o virtual, abrange duas possibilidades: a Realidade Aumentada, cujo ambiente predominante é o mundo real, e a Virtualidade Aumentada, cujo ambiente predominante é o mundo virtual. Pode-se dizer, então, que a Realidade Aumentada é uma particularização da Realidade Misturada. A Figura 1 apresenta o diagrama adaptado de realidade/virtualidade contínua, mostrando as possibilidades gradativas de sobreposição do real com o virtual e vice-versa.



Figura 6.1 - Diagrama de realidade/virtualidade contínua (Milgram et al, 1994).

A Realidade Aumentada hoje é aplicada como ferramenta de visualização nas mais variadas áreas, como visualização médica, simulação, jogos, pode ser aplicada também à pesquisa e ainda à educação.

De acordo com o exposto, entende-se que as soluções de Realidade Aumentada envolvem a geração de elementos virtuais que são inseridos no ambiente real, de tal forma que o usuário crê que os mesmos são partes do meio no qual está inserido. Assim, Cardoso et al. (2007) afirma que são características básicas de sistemas de Realidade Aumentada: Processamento em tempo real; Combinação de elementos virtuais com o ambiente real; Uso de elementos virtuais concebidos em 3D.

Desta forma, observa-se que a concepção de soluções de Realidade Aumentada necessita de componentes que permitam avaliar a posição de quem interage, o ponto de vista e gerar os elementos virtuais para, finalmente, combina-los com o mundo real por meio de um sistema de projeção. Para tanto, os elementos reais e virtuais necessitam ser alinhados corretamente, um em relação ao outro (Azuma, 1997).

6.3. Trabalhos Relacionados

Com o intuito de buscar novas tecnologias que auxiliem na criação do sistema proposto, foi realizado um estudo do estado da arte em relação à distribuição de ambientes de Realidade Virtual e Aumentada e, ainda, sistemas com interface de Realidade Aumentada que possuam características de interação e manipulação de objetos em tempo real. Assim, este item tem como objetivo oferecer uma visão dos principais trabalhos encontrados na literatura, expondo suas características mais importantes.

Dentre os trabalhos analisados para o estado da arte desta pesquisa, verificou-se os que utilizam o ARToolKit15 (*pacote de ferramentas para desenvolvimento de ambientes de Realidade Aumentada*) ou similar, buscando verificar a existência de alguma interface que proporcione interações com os objetos virtuais em tempo real e, que faça a distribuição em uma rede de computadores destas interações realizadas.

Desta forma, para a construção deste item verificou-se trabalhos em três vertentes: *Interfaces de Realidade Aumentada*, *Realidade Virtual Distribuída e Realidade Aumentada Distribuída*.

Assim, neste aspecto buscou-se como metodologia analisar os seguintes itens:

a) Quanto à distribuição de Ambientes Virtuais em Realidade Aumentada: Arquitetura de distribuição; Modelo de distribuição; Replicação; Distribuição e Camada de Comunicação.

b) Quanto às interações em Interfaces de Realidade Aumentada: Existência de colisão; Marcadores com interação; Realização de transformações geométricas em tempo real de execução; Uso do teclado e mouse; Troca de objetos na cena em tempo real de execução e Uso de menus.

6.3.1. Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes

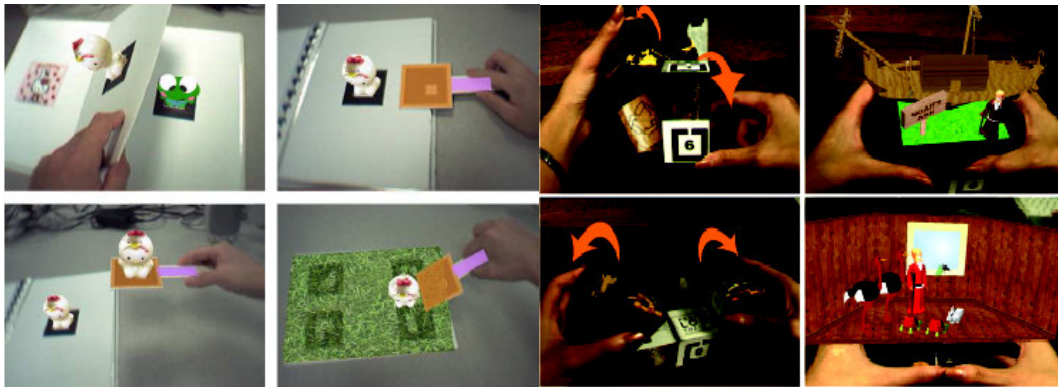


Figura 6.2a. Magic Book

Figura 6.2b. Magic History Cube

Desenvolvido pelo *Laboratório de Tecnologia em Interface Humana do Departamento de Engenharia da Computação da Universidade Nacional de Cingapura*, os autores (Zhou et al., 2004) relatam um sistema de entretenimento baseado em cubos interativos e tangíveis. O software possui fortes características de entretenimento, pois trabalha como se fosse um contador de histórias, sua primeira versão, basicamente é uma extensão do MagicBook (Billinghurst; Kato e Poupyrev, 2001), porém é acrescido

15 Descrito por Kato e Billinghurst (2005), o ARToolKit utiliza-se de técnicas de visão computacional para calcular o ponto de vista da câmera em relação a um marcador existente no mundo real.

de interações por meio de uma “*pá*” (em formato de um marcador) que permite a troca de objetos virtuais de um marcador para outro em uma cena e, ainda possui efeitos de sons.

A segunda versão do aplicativo é bem parecida com a primeira, porém é acrescido de algumas peculiaridades: o aplicativo é em formato de um cubo (cada lado do cubo possui um marcador relacionado a um cenário de realidade aumentada), o aplicativo possui, além dos sons, o acréscimo de vídeos. Assim, de acordo com manipulação do cubo os ambientes virtuais vão trocando os cenários. Desta forma, a aplicação possui vários cenários modelados em formato de um jogo 3D onde, vídeo clipes, sons, imagens, modelos 2D e 3D são aplicados para proporcionar ao usuário uma experiência multisensorial em um ambiente de entretenimento interativo. As Figuras 2a e 2b ilustram o funcionamento do aplicativo e suas interações.

6.3.2. Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais Multidisciplinares

Neste trabalho desenvolvido pelo *Grupo de Realidade Virtual da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)*, o autor (Ribeiro, 2006) relata em sua tese, uma arquitetura para distribuição de ambientes virtuais multidisciplinares de ensino.

Para tanto, diferentes arquiteturas de distribuição foram avaliadas com o objetivo de identificar aquela que com mais eficiência permita que interações ocorridas em um ambiente alterem o comportamento de outros, mesmo que estes sejam relacionados a outras áreas do conhecimento. Protótipos construídos sobre a plataforma escolhida para a distribuição, seguindo uma mesma metodologia (onde aspectos do modelo de dados foram alterados) e ainda, tendo a latência, escalabilidade e extensibilidade como parâmetros de comparação demonstraram qual a melhor abordagem para construção de ambientes virtuais multidisciplinares. Cada protótipo foi construído com base em algoritmos de distribuição que permitiram ao sistema funcionar corretamente em situações passíveis de erros. Ambientes Virtuais de Biologia (paisagem com plantas, água, luz e terra) e Química (membrana de uma folha) foram utilizados tendo o fenômeno da fotossíntese como estudo de caso e relação entre os dois ambientes. O sistema foi avaliado por professores e alunos e os resultados alcançados permitiram, segundo o autor, concluir que o mesmo é eficaz e aplicável. As Figuras 3a e 3b ilustram o funcionamento do aplicativo e suas interações.



Figura 6.3a. Ambiente de Biologia

Figura 6.3b. Ambiente de Química

6.3.3. Distributed Applications for Collaborative Augmented Reality



Figura 6.4a. Projeção em Monitores

Figura 6.4b. Colaboração em R.A.

Desenvolvido pelo *Grupo de Sistema de Mídia Interativa da Universidade de Tecnologia de Viena*, os autores (Hesina e Schmalstieg, 2005) relatam um software de Realidade Aumentada, que apresenta uma arquitetura para distribuição e colaboração de um espaço de trabalho tri-dimensional. Assim, o sistema permite que vários usuários possam compartilhar uma experiência qualquer em 3D, que por sua vez conta com várias aplicações, montando uma espécie de quebra-cabeças que é agrupado por vários monitores e outros sistemas de projeção, tais como capacetes e projeção em Realidade Aumentada. O software tri-dimensional foi construído por meio do *toolkit OpenInventor16*. Assim, essa biblioteca de alto nível gráfico 3D trabalha com conceitos de orientação a objetos. A distribuição, é feita por meio de facilidades de distribuição contida no *toolkit OpenInventor*, que por sua vez trabalha com o compartilhamento de cenas gráficas usando a semântica de memória compartilhada. Assim, destaca-se que a distribuição funciona por meio de um mecanismo que mantém múltiplas réplicas de uma cena sincronizada. As Figuras 4a e 4b ilustram o funcionamento do aplicativo e suas interações.

6.3.4 Distributed Augmented Chess System

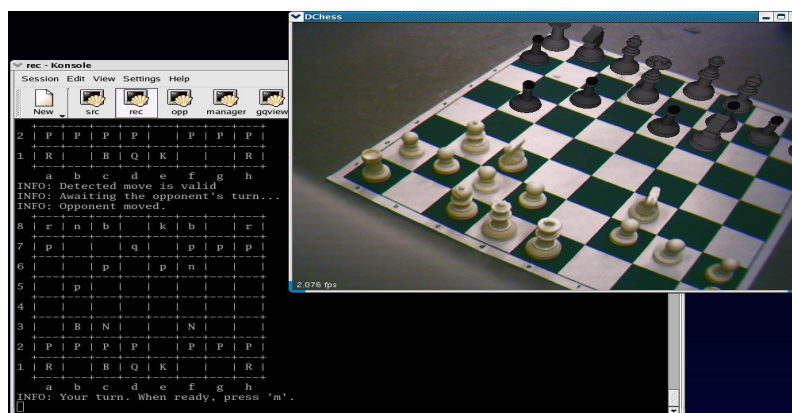


Figura 6.5 - Jogo em colaboração em uma rede (RAPOSO et al., 2003)

Neste trabalho desenvolvido na *Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro* (PUC - Rio), os autores (RAPOSO et al., 2003) programaram um sistema em Realidade Aumentada cujo objetivo foi desenvolver um jogo de xadrez em que: a) o jogador possa utilizar uma câmera de captura digital para filmar um tabuleiro real, sendo reconhecidas as jogadas feitas, b) as peças do adversário, seja ele um computador ou um humano, são desenhadas em cima da imagem capturada, c) o adversário pode ser remoto, com ou sem este sistema de captura, seja em uma rede local ou na internet. A arquitetura do sistema viabiliza servidores de jogos de xadrez, suportando espectadores de jogos, campeonatos etc.

Para a parte de colaboração entre os jogadores, os autores desenvolveram um protótipo gerenciador do jogo e foi inserido o suporte à colaboração no programa de reconhecimento de jogadas e desenho das peças virtuais.

Desta forma, foi utilizada a tecnologia CORBA para a definição das interfaces de comunicação entre os dois módulos, tendo a ferramenta LuaCorba para a simplificação do uso de CORBA no projeto. A Figura 5 ilustra o projeto em fase final de implementação, com as peças reais e as peças virtuais, onde a interação do software se dá por meio de mudanças das peças do tabuleiro, não havendo interações diretas nos objetos virtuais.

6.3.5 Análise dos trabalhos relacionados

Analisando os trabalhos relacionados pode-se perceber o uso do ARToolKit em muitas aplicações de Realidade Aumentada. Destaca-se também que há poucos softwares com interfaces de Realidade Aumentada que trabalhem em um ambiente distribuído.

Baseado no estudo comparativo do estado da arte descrito neste item, percebeu-se a necessidade de investigar técnicas computacionais que possam melhorar o uso e a performance de sistemas de Realidade Aumentada Distribuídos, nos seguintes aspectos:

- Criação de Interfaces Interativas em Realidade Aumentada, onde se pode navegar no mundo virtual por meio de teclado ou de marcadores.
- Camada de distribuição, permitindo a integração à interface de Realidade Aumentada e fazendo a distribuição das interações realizadas na interface. Essa camada pode ser descrita em forma de uma arquitetura de distribuição de objetos em Realidade Aumentada.

6.4. Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual e Aumentada

As aplicações de Realidade Virtual e Aumentada podem ser vistas sob um aspecto bastante amplo, variando de uma única pessoa, usando um único computador, até muitos usuários, usando um sistema distribuído (Rinaldi et al., 2006). Dentro deste contexto, os Ambientes Virtuais Distribuídos (AVD's) vêm crescendo e apresentando um elevado potencial de aplicação. Eles são caracterizados como Ambiente Virtual (AV) interativo em que usuários dispersos geograficamente têm como objetivos a cooperação e o compartilhamento dos recursos computacionais em tempo real usando um suporte de rede de computadores para melhorar o desempenho coletivo por meio da troca de informações (Rinaldi et al., 2006).

De acordo com Rinaldi et al. (2006) em AVD's os usuários podem compartilhar um mesmo espaço tridimensional virtual de trabalho (*workspace*), onde poderão se auxiliar na execução de uma determinada tarefa, baseando-se nos princípios de trabalho cooperativo baseado em computador (*CSCW - Computer Supported Cooperative Work*).

Ainda, de acordo com Ribeiro (2006) a Realidade Virtual pode empregar várias técnicas para reproduzir o mundo real e imaginário e possibilitar a manipulação e visualização de informações no computador como se fosse o mundo real. Desta forma, entende-se que a complexidade desses ambientes virtuais aumenta na medida em que essas informações tornam-se comuns a uma série de usuários, ou seja, esses ambientes são distribuídos (Ribeiro, 2006). Assim, pela sensação de compartilhamento de espaço, todos os participantes de um AVD têm a ilusão de estarem localizados no mesmo lugar, tais como na mesma sala, prédio ou região.

Baseando-se nesta constatação, Rinaldi et al. (2006) destaca que este espaço compartilhado representa um local comum, podendo ser real ou fictício. O local compartilhado deve apresentar as mesmas características a todos os participantes. Desta forma, entende-se que a comunicação dos Ambientes Virtuais pode ocorrer por meio de gestos, textos, eventos e áudio. Assim, de acordo com Rinaldi et al. (2006), um AVD consiste de quatro componentes básicos: *displays* gráficos, dispositivos de comunicação e controle, sistema de processamento e rede de comunicação. Estes componentes devem trabalhar juntos para fornecer a sensação de imersão em diferentes localidades.

Desta forma, os modelos de comunicação em um AVD podem ser baseados no modelo Cliente/Servidor, com computação distribuída orientada a objetos. Neste sentido, Rinaldi et al. (2006) destaca que o paradigma Cliente/Servidor em um AVD implica na comunicação direta somente do cliente com o servidor ou vice-versa. Assim, entende-se que existem diversas plataformas que proporcionam essa distribuição como CORBA, RPC, Java/RMI (RAJ, 2004). Resumidamente, um AVD (Ambiente Virtual Distribuído) pode ser definido de forma simplificada como um sistema que permite vários usuários interagirem tanto com o ambiente, quanto entre “eles” em tempo real, mesmo que estes estejam em diferentes localidades geográficas (Ribeiro, 2006).

Então, entende-se que, como qualquer outro Ambiente Virtual, a criação de Ambientes Virtuais distribuídos está bastante ligada com realismo visual e interação. Desta forma, Rinaldi et al. (2006) destaca que assuntos como modelagem gráfica tridimensional e interação homem-máquina constituem uma parte fundamental. Em especial na elaboração de um AVD destaca-se o suporte de comunicação em rede. Por meio de uma rede é fornecida a base para que unidades computacionais heterogêneas separadas fisicamente sejam unificadas para implementar um único ambiente virtual.

Assim, Rinaldi et al. (2006) destaca que geralmente o desenvolvedor procura um ambiente que lhe abstraia detalhes de comunicação. São vários os pacotes de softwares que oferecem tais serviços. Pode-se dividi-los em quatro categorias: *sockets*, *toolkits*, *middlewares* e *frameworks*, ainda, Riccioni (2000) relata que “os middlewares são soluções independentes de plataformas e de domínio de aplicação”.

Dentro deste contexto, Ribeiro (2006) destaca que a área de aplicação dos AVD's é muito abrangente: treinamento (pilotos, militar), pesquisa, ensino à distância, comércio, cultura e engenharia. Desta forma, entende-se que o computador apresenta um grande potencial como ferramenta de apoio ao ensino, que aliada às técnicas de Realidade Virtual e colaboração, pode enriquecer e valorizar a informação transmitida, simulando realidades, muitas vezes, fora do alcance dos usuários (Ribeiro, 2006).

6.5. Arquitetura do Sistema

Novas tecnologias têm sido criadas para dar suporte ao desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual e Aumentada (Sementille, 1999). Tradicionalmente, os *displays* gráficos somente eram disponíveis em estações de trabalho. Porém, atualmente os preços do *hardware* têm caído, a ponto de permitir que essas capacidades gráficas estejam presentes nos computadores pessoais (PC's).

6.5.1. Tecnologias de Apoio

CORBA: O padrão CORBA é uma plataforma que permite às aplicações distribuídas (local ou mesmo na internet) comunicar entre si e trocar informações em uma rede de computadores. Esta tecnologia subsidia a distribuição e é um dos principais componentes da arquitetura proposta para esta pesquisa.

Visibroker: De acordo com Ribeiro (2006) pode-se afirmar que existem muitas implementações CORBA disponíveis. Para implementação deste sistema, é utilizada a implementação CORBA da *Borland*TM17. O produto CORBA é chamado visibroker, que é um ORB (*Object Request Broker*) desenvolvido pela INPRISE (Teixeira, 2002). Para a escolha deste tipo de implementação recorre-se à Ribeiro (2006), Costa (2000) e Siqueira (2005) que relatam e comparam as arquiteturas de distribuição, demonstrando o potencial da implementação do CORBA.

ARToolKit: Kirner (2008) destaca que o ARToolKit é um *toolkit* que viabiliza o desenvolvimento de interfaces de Realidade Aumentada. Disponível gratuitamente no site do laboratório *HITLAB*18 da Universidade de Washington, o ARToolKit emprega métodos de visão computacional para detectar marcadores na imagem capturada por uma câmera. O rastreamento óptico do marcador permite o ajuste de posição e orientação para realizar a renderização do objeto virtual, de modo que esse objeto pareça estar “atrelado” ao marcador (Kirner, 2008).

6.5.2. Arquitetura para Distribuição do Sistema

O propósito deste tópico é a descrição de uma arquitetura que permita a existência de n computadores capazes de hospedar Ambientes de Realidade Aumentada, fazendo assim, a distribuição dos objetos virtuais visualizados e manipulados na cena. Ainda, destaca-se a implementação de uma interface que permita a interação de objetos virtuais na cena em tempo real. Desta forma, propõe-se a seguinte arquitetura para distribuição do sistema de Realidade Aumentada, conforme a Figura 6.

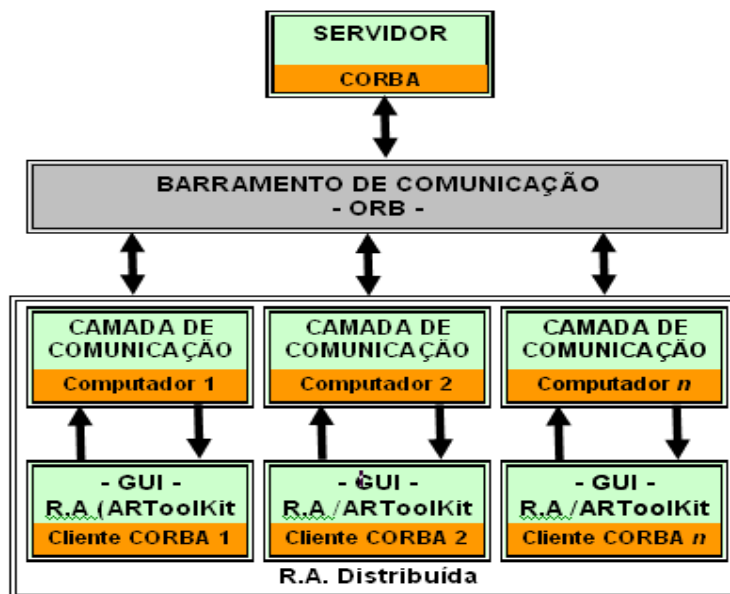


Figura 6.6. Arquitetura para a distribuição do Sistema “R.A Distribuída”

17 <http://info.borland.com.br>

18 Laboratório de Tecnologia em Interfaces Humanas.

O sistema proposto nesta pesquisa (*R.A. Distribuída*) é composto pelos seguintes módulos:

- **Interface de Realidade Aumentada:** A interface propicia a manipulação dos parâmetros interativos que serão distribuídos e, também a visualização dos objetos distribuídos que podem ter sido manipulados por outros usuários.

- **Servidor:** Servidor da aplicação recebe dos clientes e distribuí na rede de computadores as informações acerca dos objetos que devem ser tratados e visualizados nos marcadores em todas as interfaces de Realidade Aumentada. Este servidor é independente da interface de Realidade Aumentada, sendo inicializado automaticamente no computador do primeiro cliente que for ativado.

- **Clientes:** Para cada interface R.A. têm-se um Cliente de Comunicação. Esse Cliente faz parte da camada de Realidade Aumentada Distribuída.

- **ARToolKit:** *Toolkit* de código aberto para criação de ambientes de Realidade Aumentada, neste caso o produto de sua compilação é a interface de R.A.

- **Camada de Comunicação:** Junção das implementações feitas no ARToolKit e nos Clientes de Comunicação, onde é feita a passagem dos parâmetros para distribuição da interface de Realidade Aumentada para os Clientes de Comunicação e vice-versa.

Resumidamente, verifica-se que:

A Figura 6 ilustra a existência de n computadores, sendo que cada computador pode hospedar apenas um único ambiente virtual de Realidade Aumentada e sempre haverá uma aplicação servidora que proverá serviços para os clientes. Cada objeto "*R.A. Distribuída*" possui uma interface de R.A., uma Camada de Comunicação e um Cliente de Comunicação. A interface R.A. possui um ambiente baseado em um estudo de caso (*fisiologia vegetal*), – *é importante ressaltar que este estudo de caso é a título de exemplo, podendo ser acrescido qualquer tipo de objeto virtual à cena do ARToolKit* – já o Cliente de Comunicação trabalha diretamente com a distribuição. Cada interface de Realidade Aumentada pode ser executada separadamente e possui interações dentro do próprio ambiente. A distribuição ocorre quando uma interação feita por meio da oclusão for disparada. Os objetos virtuais foram modelados em VRML¹⁹ e carregados no ARToolKit, onde são transformados em uma matriz de pontos e vértices OpenGL²⁰. Por meio da integração das implementações realizadas no ARToolKit e na plataforma de distribuição CORBA, criou-se uma *camada de comunicação*.

O usuário interage com um ambiente virtual em Realidade Aumentada, de tal forma que as informações capturadas pela interface de Realidade Aumentada são repassadas para a Camada de Comunicação. Desta forma, a aplicação-cliente fica lendo a Camada de Comunicação, verificando o que está sendo posicionado e, assim, enviando para a aplicação-servidora que, por sua vez disponibiliza para todas as outras aplicações-clientes. A aplicação-cliente localiza na rede de computadores uma aplicação-servidora com a ajuda do Visibroker (implementação CORBA), que responderá à requisição da aplicação-cliente. As informações de cada aplicação estarão armazenadas sempre em um objeto-servidor, porém, cada cliente armazena informações sobre sua atual situação.

¹⁹ Virtual Reality Modeling Language: Linguagem de programação para modelagem e descrição de objetos virtuais e ambientes em 3D.

²⁰ OpenGL (Open Graphics Library), definida também como uma "interface para hardware gráfico", é uma biblioteca de rotinas gráficas e de modelagem, bidimensional (2D) e tridimensional (3D), extremamente portátil e rápida.

6.5.3. Pipeline²¹ da Interface Sistema R.A. Distribuída

De acordo com a Figura 7, ilustra-se o funcionamento de um Pipeline de funcionamento do algoritmo apresentado nesta pesquisa e adaptado à arquitetura do ARToolKit, onde pode-se relatar:

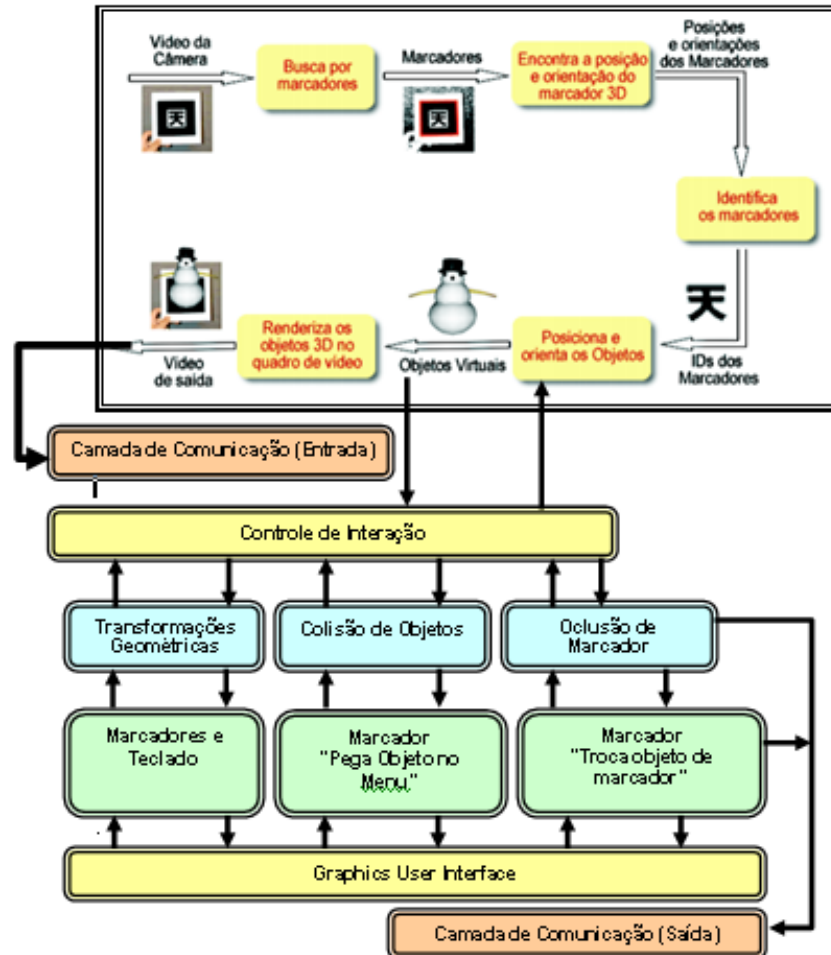


Figura 6.7. Pipeline da interface R.A. adaptada à Arquitetura do ARToolKit

- **Camada de Comunicação:** Como já mencionado no item “arquitetura para distribuição do sistema R.A. Distribuída”, esta *camada* recebe parâmetros do Cliente de Comunicação, que por sua vez recebe os parâmetros do Servidor de Comunicação. Então estes parâmetros são lidos pela interface de Realidade Aumentada (ARToolKit) e, de acordo com o parâmetro é então feita a visualização do objeto virtual na cena para todos os clientes e interfaces R.A. que tenham o marcador de referência do objeto.

- **Controle de Interação:** O controle realizado nas interações da interface de Realidade Aumentada é obtido por meio de várias técnicas para criar interações que permitam obter um ambiente com um nível satisfatório de interatividade. Assim, pode-se destacar as interações em tempo real na interface do sistema *R.A. Distribuída*: a) Transformações Geométricas; b) Colisão de Objetos Virtuais: o sistema realiza a colisão de objetos virtuais, esses objetos estão dispostos na interface em forma de menus

²¹ Pipeline: conjunto de processos encadeados por meio das suas saídas padrões, de forma que a saída de um processo é utilizada como entrada do processo seguinte.

suspensos, onde o usuário ao colidir o marcador em qualquer um dos objetos disponíveis, faz a sua captura, ou seja, o objeto virtual que está sendo visualizado na tela é instanciado para o marcador que realizou a colisão. c) Oclusão de Marcadores: ao realizar o item “b” deste parágrafo, o objeto virtual com seu respectivo marcador ao ser posicionado à frente de um outro marcador, onde o sistema de Realidade Aumentada verifica se o marcador que esta sendo sobreposto está ocluído ou não, caso a oclusão tenha ocorrido, o marcador que foi ocluído recebe o objeto virtual do marcador que realizou a colisão.

- **Graphics User Interface (GUI):** Este bloco permite ao usuário visualizar graficamente, de modo interativo e em tempo real, a entrada de dados e a saída de informações. A GUI exibe então o cenário, apresentando os ambientes virtuais em Realidade Aumentada em uma janela gráfica por meio de dispositivo de captura de vídeo e saída no monitor.

6.6. Detalhes de Implementação

Os objetos virtuais visualizados no sistema de Realidade Aumentada são baseados nos conceitos da *fisiologia vegetal*²². Desta forma, a concepção de objetos virtuais baseados em uma área do conhecimento específica, neste caso a biologia. Porém é importante deixar claro que este estudo de caso é apenas a título de visualização dos objetos virtuais e para fornecer exemplo prático para demonstração da integração das tecnologias necessárias para realizar a distribuição de ambientes virtuais de Realidade Aumentada.

Entende-se que a título de conhecimento e entendimento do funcionamento do Sistema “*R.A. Distribuída*”, é necessário conceituar o exemplo prático da aplicação. Assim, a *Fisiologia Vegetal*, possui uma subárea, o *transporte de solutos* no interior das plantas. Assim, pode-se definir:

Transporte de Solutos: O sistema de condução de materiais pelos corpos dos seres vivos deve garantir a distribuição de nutrientes e retirada de substâncias tóxicas das células dos tecidos de todo o organismo (Taiz, 2006). Nos vegetais a condução de solutos (*Seiva*), isto é, soluções salinas e soluções açucaradas, é realizada por meio dos sistemas de vasos, que se distribuem ao longo do corpo das plantas. A distribuição de seiva bruta ou inorgânica (água e sais minerais) é realizada pelos vasos de xilema ou lenho. A distribuição de seiva elaborada ou orgânica (água e açúcares) é realizada pelos vasos de floema ou líber.

6.6.1. Implementação das Interações de Interface no Ambiente Virtual de R.A.

Para a implementação das interações realizadas por meio de marcadores tornou-se necessário a criação de menus de interação na interface de R.A., esses menus ficam visíveis na cena gráfica da aplicação sem a utilização de marcadores. A Figura 8 ilustra os objetos virtuais e seus respectivos menus.

²² A fisiologia vegetal estuda os fenômenos vitais que concerne às plantas. Estes fenômenos podem referir-se ao metabolismo vegetal; ao desenvolvimento vegetal; ao movimento vegetal ou a reprodução vegetal. (Awad et al., 1993)

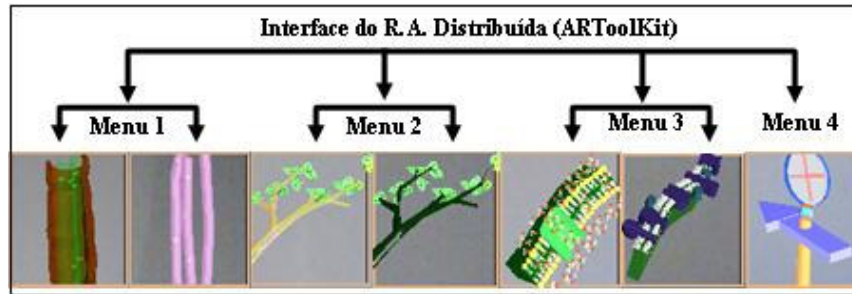


Figura 6.8. Esquema dos menus interativos e seus objetos virtuais

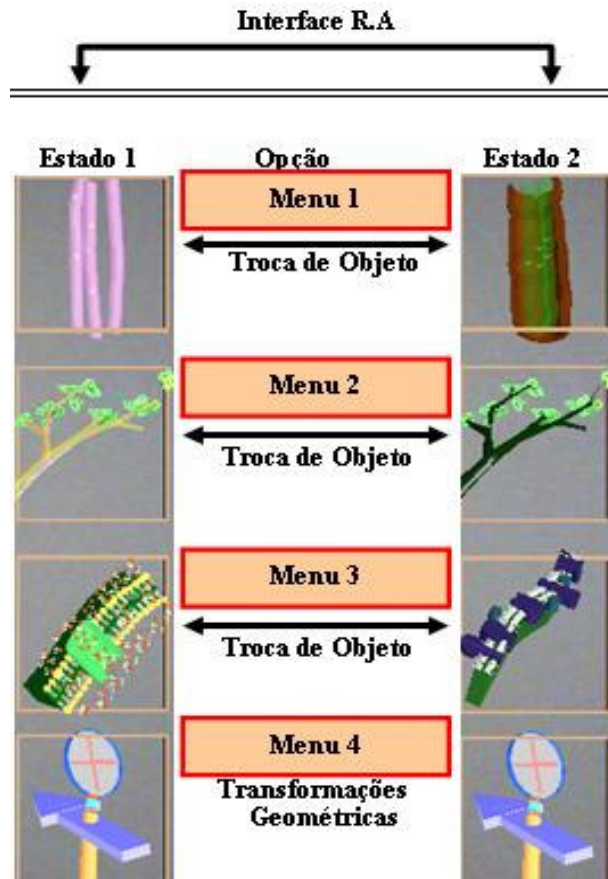


Figura 6.9. Relação de objetos virtuais por menu

Os menus interativos de um a três podem conter n objetos, porém para a implementação deste *software*, optou-se por dois objetos por menu. Já o menu interativo de número quatro funciona como um painel de controle para a realização das transformações geométricas por meio de marcadores. A Figura 9 ilustra a relação. Desta forma, dentro da função *mainLoop* na implementação do ARToolKit “*pede-se*” para visualizar os objetos na cena gráfica do vídeo. Para proporcionar a opção de dois objetos virtuais por menu, trabalha-se com estruturas de condição. E importante ressaltar que todos os objetos virtuais relacionados devem estar previamente cadastrados. Desta forma, ao incorporar os objetos virtuais, o ARToolKit por meio das

bibliotecas *libvrm197gl.lib* e *libARvrm1.lib* cria na função *arVrm197Draw* uma lista de objetos virtuais do tipo VRML e, assim por meio desta lista de objetos virtuais pode-se criar várias possibilidades de interatividade.

Para a implementação da opção de troca de objeto virtual por menu, necessitou-se utilizar as propriedades de janelas da biblioteca *glut32.lib* para criação de um menu suspenso. (menu do tipo Windows). Assim, a Figura 10 ilustra o menu suspenso.

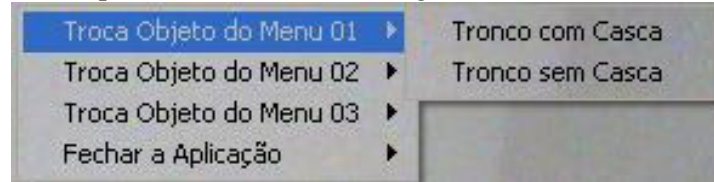


Figura 6.10. Menu suspenso na Interface de R.A

A implementação das interações por meio de marcadores é feita pela colisão de objetos virtuais com o *menu de interação quatro* (menu 04). Assim, neste sentido, tem-se um marcador para cada transformada geométrica. A colisão trabalhada aqui se trata de uma colisão por aproximação, onde verifica-se a posição do objeto virtual visualizado na cena gráfica e, ao aproximar-se de um valor determinado efetua-se uma função qualquer. A cena gráfica do ARToolKit foi mapeada, assim, quando tem-se um objeto virtual, que neste caso fica invisível, atrelado a um marcador que estiver entre dois valores no eixo “X” e dois valores no eixo “Y”, tem-se efetuada uma colisão aproximada.

Assim, entende-se que, ao verificar tal condição, pode-se implementar qualquer tipo de ação e, neste caso, foi implementado funções para realização de transformações geométricas (escala, translação e rotação). Para interação com os menus da interface de R.A., trabalha-se com apenas um marcador para manusear todos os três menus. O marcador em formato de uma “*pá*” ao fazer a colisão com algum objeto virtual que esteja entre dois valores no eixo “X” e dois valores no eixo “Y”, faz a captura do objeto virtual, ou seja, cria uma instância do objeto que está sendo visualizado na cena gráfica no marcador “*pá*” que fez a colisão. Ainda, nesta parte da implementação são gravados alguns parâmetros para a distribuição dos objetos virtuais, desta forma, ao se verificar a colisão de algum objeto, os parâmetros do mesmo são gravados em uma variável. Mas adiante, o parâmetro desta variável é distribuído para todas as outras interfaces de RA disponíveis na rede de computadores. É importante ressaltar que existem apenas três menus de interação, porém são seis objetos virtuais para serem visualizados, ou seja, são seis objetos virtuais que podem sofrer colisão do marcador “*pá*”. Neste aspecto, utilizou-se de estruturas de condição para verificar qual objeto virtual está sendo visualizado no momento da colisão do marcador “*pá*”.

Para implementação da distribuição tornou-se necessário criar uma camada para gravação e leitura dos parâmetros dos objetos virtuais que devem ser distribuídos na rede. Essa camada foi chamada de *Camada de Comunicação* e é composta de dois módulos. Um dos módulos é chamado de “*saída*”, este módulo possui duas funcionalidades: para a interface de R.A. é um módulo de leitura, já para a interface de comunicação, é um módulo de gravação. O outro módulo criado é chamado de “*entrada*”, este módulo também possui duas funcionalidades: para a interface de R.A. é um módulo de gravação, já para a interface de comunicação, é um módulo de leitura. Assim, tanto o código de implementação do módulo “*saída*”, quando o código do módulo “*entrada*” devem estar dentro da função “*argmainLoop*” implementado no ARToolKit. Para o objeto virtual escolhido ser gravado na *camada de comunicação*, o evento de oclusão de marcadores deve ocorrer. Para este protótipo foi cadastrado no

sistema *R.A Distribuída* o marcador *hiro*. Desta forma, quando o marcador *hiro* for ocluído pelo marcador “*pá*” uma instância do objeto que está anexado ao marcador “*pá*” será criada no marcador *hiro*. E, ainda, será disparado um evento para gravação na *camada de comunicação* de um parâmetro referente ao objeto instanciado.

6.6.2. Implementação da Arquitetura de Comunicação

Na implementação da distribuição e comunicação entre os (Ambientes Virtuais) A.V's de R.A. foi usado um ambiente de programação com suporte ao Visibroker 4.1. A Figura 11 ilustra o diagrama de blocos da plataforma CORBA 2.0. A parte comum para cliente e servidor é o ORB (*Object Request Broker*). O ORB trata de toda comunicação entre os objetos. Além de cuidar de todo o tráfego de mensagens e corrigir variações de plataforma. De acordo com a Figura 11, o lado do cliente consiste em duas camadas. O bloco cliente é a aplicação que foi escrita pelo desenvolvedor. A parte mais interessante é o *stub*. O *stub* é um arquivo gerado automaticamente pelo compilador de IDL (*Interface Definition Language*). Sua finalidade é apanhar arquivos que descrevem as interfaces do servidor e gerar código que possa interagir com o ORB da plataforma CORBA 2.0. O arquivo de *stub* contém uma ou mais classes que “espelham” o servidor CORBA 2.0. As classes contêm as mesmas interfaces publicadas e tipos de dados que são expostos pelo servidor. O cliente usa classes *stub* a fim de se comunicar com o servidor. As classes *stub* atuam como um *proxy* para os objetos servidores. O símbolo arredondado no bloco de *stub* representa uma conexão com o servidor. A conexão é estabelecida por meio de uma chamada de ligação emitida pelo cliente. O *stub* invoca a chamada, por meio de sua referência ao objeto servidor, usando o ORB. Quando o servidor responde, a classe *stub* recebe a mensagem do ORB e entrega a resposta de volta ao cliente. O cliente também pode chamar algumas funções no ORB.

O lado servidor contém uma interface ORB chamada de adaptador básico de objetos (*Basic Object Adaptor – BOA*). O BOA é responsável por “rotar” as mensagens do ORB para a interface de esqueleto. O esqueleto é uma classe gerada pelo compilador IDL, assim como o *stub*. O esqueleto contém uma ou mais classes que publicam as interfaces CORBA no lado do servidor.

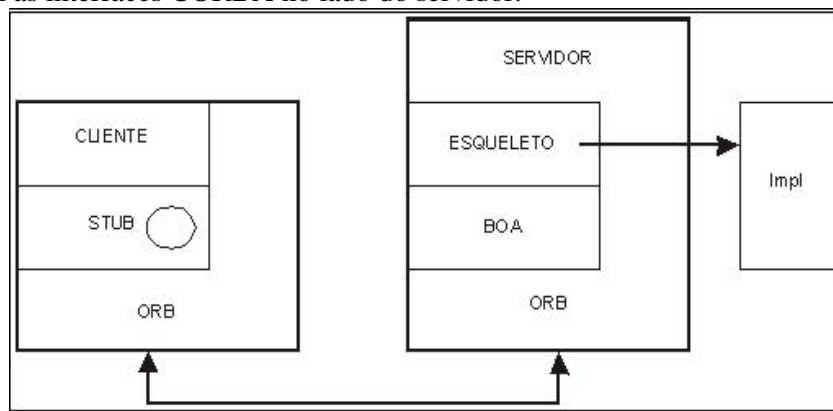


Figura 6.11. Plataforma para distribuição CORBA 2.0

Existe outro arquivo, que contém as classes que representam os detalhes funcionais do servidor. Este é conhecido como arquivo IMPL (implementação). Quando uma mensagem chega ao lado do servidor, o ORB passa um *buffer* de mensagem ao BOA, que, por sua vez, passa o *buffer* à classe do esqueleto. O esqueleto desembrulha os dados do *buffer* e determina qual método deve ser chamado no arquivo IMPL. O esqueleto apanha os resultados de retorno e os conduz de volta ao cliente.

Como existe apenas um tipo de ambiente virtual e, neste se faz necessário distribuir por meio de replicação ou particionamento, a metodologia aplicada resume-se em implementar as duas partes (cliente e servidor), sendo que a aplicação-cliente fica junto com a aplicação do ambiente virtual de R.A., e o servidor ficaria responsável por controlar os clientes e as informações dos mesmos. A primeira aplicação iniciada na rede sempre faz a requisição de um servidor. Outras aplicações iniciadas usam o mesmo servidor. Para este protótipo, a implementação está dividida em duas fases: a) criação de uma interface para o objeto, pois todo objeto CORBA é descrito por sua interface; b) a segunda fase consiste em escrever o código respectivo a cada método declarado na interface. A aplicação servidora necessita publicar declarações de tipo, interfaces e métodos específicos num projeto puramente orientado a objeto. Esta descrição de interface foi escrita na linguagem de Definição de Interface (IDL – *Interface Definition Language*) e traduzida para a linguagem específica, por meio de um compilador. A idéia principal do protótipo de distribuição deste trabalho é usar um servidor para armazenar as informações de seus clientes. Porém, a abordagem (protótipo) desenvolvida possui uma característica específica. A aplicação de distribuição não está anexada na aplicação de interface de R.A., possuindo uma **camada de comunicação** entre as aplicações. Desta forma, os parâmetros para distribuição são gravados na camada de comunicação pela interface de R.A. e, assim, a aplicação-cliente fica lendo essas informações que são enviadas para a aplicação-servidora que, por sua vez faz a distribuição para todas as outras aplicações-clientes ativadas na rede de computadores. Desta forma, em cada computador de uma rede possui uma aplicação-cliente para a distribuição, uma interface de R.A. e uma camada de comunicação para gravar e ler os objetos virtuais que deverão ser visualizados na cena gráfica.

6.7. Funcionamento do Sistema

6.7.1. Camada de Distribuição



Figura 6.12. Cliente da aplicação de distribuição

Não há nenhuma interface na aplicação servidora, pois a mesma funciona apenas distribuindo as informações recebidas dos clientes. Já a aplicação cliente, recebe as informações enviadas pelo servidor e grava em uma **Camada de Comunicação** para que a interface de RA leia essas informações e faça a visualização do objeto virtual na cena gráfica. Desta forma, a Figura 12 ilustra a aplicação de distribuição cliente.

Onde: (1) Mostra para o usuário se a aplicação está conectada, ou não, retorna dois valores: conectado ou desconectado; (2) Mostra informações sobre a leitura e gravação na camada de comunicação, caso haja algum erro na leitura, o tipo de erro é informado; (4) Mostra qual objeto está sendo lido e enviado para a aplicação de interface de R.A. visualizar na cena gráfica. Desta forma, a camada de comunicação resume-se a dois módulos, de entrada e de saída de informações para as aplicações distribuídas e para a interface de R.A.

6.7.2. Interface de Realidade Aumentada

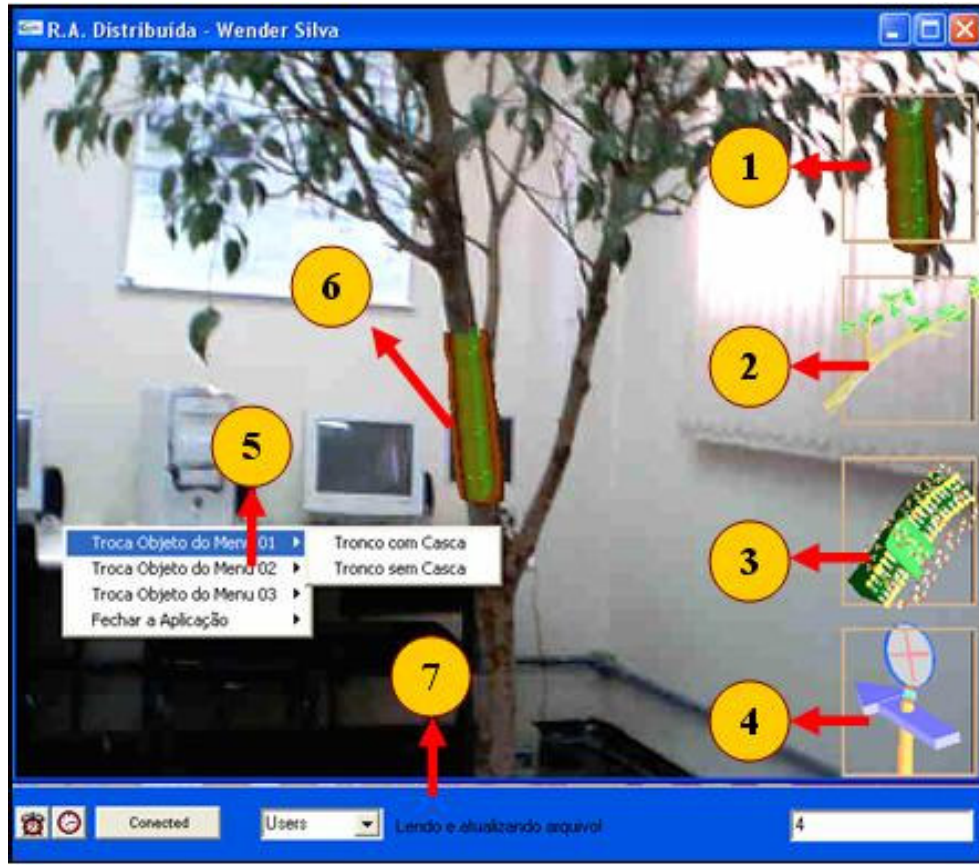


Figura 6.13. Aplicação de Interface de R.A

A aplicação de interface de R.A. possui três menus visualizados na cena gráfica (sem a utilização de marcadores), cada um desses menus pode, nesta aplicação, possuir dois objetos virtuais. A Figura 13 ilustra a interface de Realidade Aumentada.

Onde: (1) Primeiro Menu: possui dois objetos virtuais, um tronco cortado com vasos de transporte de solutos no seu interior e, um objeto ilustrando apenas os vasos de transporte; (2) Segundo Menu: possui dois objetos virtuais, um galho transparente com os vasos de transporte de solutos no seu interior e, um galho sem os vasos e também sem transparência; (3) Terceiro Menu: possui um estroma com detalhamento do processo da fotossíntese e da evaporação de água no processo do transporte de solutos e, um estroma sem detalhamento; (4) Quarto Menu: possui interatividade por meio das transformações geométricas, trabalhando com colisão de marcadores. Para tanto, têm-se um marcador para casa tipo de transformada geométrica; (5) Menu Suspensão: possui as rotinas para trocar o objeto virtual de qualquer um dos três menus visualizados na cena gráfica em tempo real; (6) Objeto virtual tronco cortado sobreposto sobre a árvore real: esse tronco cortado ilustra o transporte de seiva (solutos) no interior de uma árvore. Esse transporte de solutos é baseado no estudo de caso apresentado nos itens fisiologia vegetal e transporte de solutos descritos neste artigo; (7) Camada de Distribuição da Aplicação.

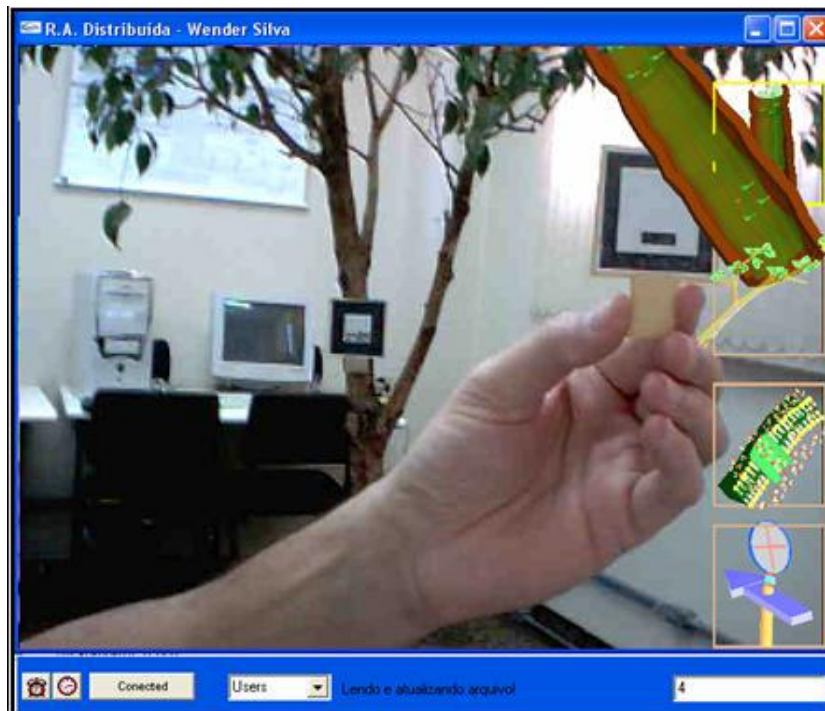


Figura 6.14. “pegando” objeto virtual no menu

Como ilustrado na Figura 6.14, ao se instanciar um objeto virtual em um dos três menus interativos, o parâmetro de referência do objeto virtual é gravado na camada de comunicação e, automaticamente a camada de distribuição faz a leitura dos parâmetros gravados e, informa para o usuário qual objeto virtual está sendo lido. Observe na Figura 14, o parâmetro do objeto virtual selecionado é o quatro. Para a distribuição, os clientes devem estar com o marcador padrão de distribuição disposto na imagem capturada pelo sistema de Realidade Aumentada. Desta forma, ao identificar o marcador padrão, já previamente cadastrado e, também identificar que existe um objeto virtual para ser visualizado, automaticamente o objeto virtual é mostrado pela interface de Realidade Aumentada sobre o marcador.

A interface de Realidade Aumentada também permite a realização de transformações geométricas dos objetos virtuais selecionados na cena gráfica. As transformadas geométricas podem ser realizadas por meio de teclado, ou ainda por meio do menu interativo utilizando-se para isso marcadores previamente cadastrados. Para a utilização do menu interativo, deve-se possuir um marcador para cada transformada geométrica.

6.8. Considerações Finais e Tendências Futuras

Durante esta pesquisa, constatou-se que existem diversos ambientes virtuais distribuídos. Porém, a maioria desses ambientes apresenta foco na distribuição e comunicação de réplicas e, ainda, a maioria dos ambientes é em Realidade Virtual. Ainda, um fator de grande relevância observado é a falta de flexibilidade dos objetos virtuais em relação à sua interface e em relação a distribuição destes objetos.

Desta forma, esta pesquisa apresenta um sistema que usa Realidade Aumentada de forma distribuída permitindo que vários usuários manipulem ao mesmo tempo objetos virtuais dentro de cenários reais capturados por câmeras de vídeo. Sendo assim, foi apresentada uma arquitetura para o sistema proposto e implementado um estudo de caso que apresenta o processo de transporte de solutos (seiva). Para tal, foram criadas

três camadas de software para proporcionar um único ambiente de Realidade Aumentada Distribuída.

Como conclusões da implementação do sistema e como tendências, pode-se citar:

- A plataforma CORBA se mostrou capaz de atender os requisitos para distribuição de ambientes de Realidade Aumentada, porém, para ambientes de Realidade Aumentada com tendências futuras pode-se utilizar CORBA em tempo real para a distribuição.

- A interface de Realidade Aumentada implementada proporciona um bom nível de interatividade e, possibilita a distribuição de objetos virtuais, porém, para implementação de Interfaces de Realidade Aumentada pode-se utilizar o OSGART.

Desta forma, percebe-se que não há diferenças na distribuição entre ambientes de Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Entende-se e constata-se por meio desta pesquisa que a diferença básica está na implementação das interfaces de Realidade Aumentada e Realidade Virtual, pois o que é distribuído, neste caso, são passagens de parâmetros.

Neste contexto, uma implementação de interface bem feita, resulta em um ambiente virtual muito mais interativo. Assim, essas interatividades podem ser distribuídas em uma rede de computadores em forma de parâmetros. Esses parâmetros podem referir-se a objetos virtuais, transformações geométricas ou a qualquer outro aspecto relacionado aos ambientes virtuais.

A distribuição de ambientes virtuais de Realidade Aumentada, quando trabalhada corretamente, com todas as requisições e restrições de usuários para inserção e manipulação de objetos virtuais na cena, pode proporcionar um ambiente altamente interativo e colaborativo.

Assim, entende-se que a principal contribuição deste trabalho é a junção de um Pipeline de interações da interface de Realidade Aumentada com a Arquitetura de Distribuição feita por meio de uma *Camada de Distribuição*. Assim, pode-se proporcionar um ambiente virtual de Realidade Aumentada Distribuído, onde as camadas de interface de Realidade Aumentada e a Aplicação de Distribuição são conectadas por uma Camada de Comunicação. Este Ambiente de Realidade Aumentada pode ou não ser utilizado com dispositivos de projeção e de manipulação de informações tais como o capacete e luvas.

Referências Bibliográficas

Awad, Marcel et al. “Introdução à Fisiologia Vegetal”. São Paulo: Nobel, 1993.

Azuma, R, et al. “Recent Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, november/december 2001, Vol. 21, P. 34-37.

Azuma, R. T.. “A Survey of Augmented Reality”, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, P. 355- 385. 1997

Billinghurst, Mark; Kato, Hirokazu e Poupyrev, Ivan. “The Magicbook: a transitional AR Interface. IEEE Computer Graphics and Applications. Projects In VR, 2001.

Cardoso, Alexandre, et al. “Conceitos de Realidade Virtual e Aumentada”. In: Tecnologias para o desenvolvimento de sistemas de Realidade Virtual e Aumentada. Recife: ed. Universitária da UFPE, 2007.

Costa, Samira Rachid da. “Objetos Distribuídos: conceitos e padrões”. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000.

- Hesina, Gerd; Schmalstieg, Dieter. “Distributed Applications for Collaborative Aumented Reality”. IEEE Computer Society. Virtual Reality, 2005.
- Jing, Zhang; et al. “Researches on Model of Navigation in Cve”. Gis Development - Technology Laboratory, may 2005. Disponível em: <<http://www.gisdevelopment.net>> . Acesso em: 13 janeiro de 2008.
- Kato, H.; Billinghurst, M. et. al. “Artoolkit Version 2.52: A Software Library for Augmented Reality Applications”. HITLAB – Human Interface Technology Laboratory. Junho de 2005. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/>>. Acesso em: 10 janeiro de 2007.
- Kirner, C. ; Tori, R. “Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-Realidade”. In: Cláudio Kirner; Romero Tori. (ed.). Realidade Virtual: conceitos, tecnologia e tendências. 1ª ed. São Paulo, 2004, V. 1, P. 3-20.
- Kirner, Cláudio. “ARToolKit versão 2.52”. Realidade Virtual e Aumentada, Abril de 2008. Disponível em: <<http://www.realidadevirtual.com.br>> . Acesso: maio 2008.
- Milgram, P. et. al. “Augmented Reality: a class of displays on the Reality-Virtuality Continuum”. Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351, 1994.
- Prugmper. Test It: ISONORM 9241/10. In: H.-J. Bullinger & J. Ziegler Eds. Proceedings of HCI International, Munich, 22-27 August 1999. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 1999.
- Ribeiro, Marcos Wagner de Souza. “Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais Multidisciplinares”, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, 2006, 176p.
- Rinaldi, Cristina Alves; et al. “Ambientes Virtuais Distribuídos e Compartilhados”. In Tori, Romero; Kirner, Cláudio; Siscoutto, Robson. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre. Editora SBC, 2006.
- Sementille, A. C. A “Utilização da Arquitetura CORBA na construção de Ambientes Virtuais Distribuídos”. 1999. 186f; Tese (Doutorado Em Física Computacional) – Instituto de Física de São Carlos, USP. São Carlos, 1999.
- Sementille, A. C., et. al. “Ambientes Virtuais Distribuídos usando CORBA: Um Estudo de caso”. In: III Workshop de Realidade Virtual – WRV’2000, 3, 2000, Gramado-RS. Procedings. Gramado-S, 2000.P.145-156.
- Siqueira, Luiz Leonardo de. “Estudo Comparativo entre Plataformas de Suporte a Ambientes Virtuais Distribuídos”, Uberlândia, Faculdade De Engenharia Elétrica – UFU, 2005, 89p.
- Taiz, Lincoln. “Fisiologia Vegetal”. São Paulo: Artmed, 2006.
- Teixeira, S. Delphi 6, “O Guia do Desenvolvedor”. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- Tori, Romero; Kirner, Cláudio; Siscoutto, Robson. “Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada”. Porto Alegre: SBC, 2006.
- Zhou, Zhiying; et al. “Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes”. IEEE Computer Society. Virtual Reality, 2004.

Capítulo

7

Aplicações de Visualização de Informação em Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada

Bianchi Serique Meiguins (UFPA), Aruanda Simões Gonçalves Meiguins (CESUPA) e Leandro Hernandez Almeida (UFPA)

Abstract

The goal of this chapter is to provide the reader a brief introduction of the characteristics of a good information visualization tool as well as the main supported tasks. The chapter initially discusses the data types for visualization and the more appropriate techniques for each data type, as well as the use of multiple coordinated views. We then present some information visualization techniques applied to three-dimensional virtual environments. Additionally, we describe some information visualization applications developed for augmented reality environments, highlighting the benefits and challenges associated to these environments.

Resumo

O objetivo deste capítulo é permitir ao leitor uma breve introdução sobre as características necessárias a uma boa ferramenta de visualização de informação, assim como as tarefas que o usuário pode realizar nesse tipo de ferramenta. São abordados também os tipos de dados para visualização, quais técnicas são mais adequadas para cada tipo de dado e o uso de múltiplas visões coordenadas. São apresentadas algumas técnicas aplicadas em ambientes virtuais tridimensionais. Além disso, são descritas algumas aplicações de visualização de informação em ambiente de realidade aumentada, destacando-se os desafios e benefícios de se utilizar esse ambiente.

7.1. Introdução

A sobrecarga de informações, atualmente, é considerada um dos grandes problemas da interação humano-computador. Tomar uma decisão correta, em qualquer área do conhecimento, com uma enorme quantidade de dados e pouco tempo, quase sempre é uma tarefa difícil de realizar. O computador pode, em poucos segundos, recuperar informações que um ser humano levaria anos. Contudo, muitas dessas informações são irrelevantes para o usuário, ou perdem-se informações úteis por não se conhecer o relacionamento entre os dados.

Técnicas de visualização de informação são utilizadas cada vez mais para melhorar o processo de busca e tomada de decisão sobre essa grande quantidade de informações. A visualização objetiva auxiliar a análise e compreensão dos dados (Kerren 2007) de maneira rápida, interativa e intuitiva, utilizando a capacidade de cognição humana para extrair informações dos dados utilizando representações visuais dos mesmos (Spence 2007).

Além da visualização de informação, há outro campo relacionado chamado de “visualização científica”. Enquanto a visualização de informação busca mapear atributos de uma estrutura de dados abstrata em atributos visuais, como posição no sistema cartesiano, cor e tamanho, a visualização científica trata de dados que usualmente possuem uma representação intrínseca (Fekete 2002).

O que se busca em uma ferramenta de visualização é sempre permitir a fácil manipulação e entendimento dos dados e seus relacionamentos. Esse “entendimento” é dependente do domínio do problema, da multidimensionalidade dos dados e do tipo de relacionamento entre os dados que se quer visualizar. A manipulação desses dados não deixa de ser um problema menos interessante. Muitos sistemas computacionais têm procurado criar ambientes mais próximos aos sentidos humanos através de interfaces mais interativas. Nesse contexto, a Realidade Virtual e a Realidade Aumentada se destacam por estudar novos mecanismos de interação e visualização, permitindo uma comunicação mais natural entre usuário-sistema e usuário-usuário.

A Realidade Virtual é uma interface avançada para aplicações computacionais, onde o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multisensoriais (Kirner 2004).

A Realidade Aumentada consiste na criação de ambientes reais enriquecidos, mesclando a esses ambientes objetos virtuais, imagens, sons e textos, potencializando-se a utilização dos sentidos do usuário para uma melhor percepção do ambiente. A Realidade Aumentada tem caráter multidisciplinar e pode ser adotada inclusive em sistemas de Visualização de Informação (Figura 7.1).



Figura 7.1. Exemplo de Realidade Aumentada. Ambiente Real enriquecido com objetos virtuais (<http://www.raizlabs.com/blog/?tag=display>).

Para ambientes virtuais tridimensionais, a visualização é inteiramente incluída em uma cena visual e tridimensional, devendo possuir vários controles, tais como: menus e botões; podendo conter outros componentes visuais, tais como: painéis com filas e colunas de dados (Chen 1999).

7.2. Visualização de Informação

Nesta seção serão abordados os principais aspectos relacionados à utilização de Visualização de Informação, recomendações para uma boa ferramenta de visualização de informação e seu uso no contexto de múltiplas visões coordenadas.

7.2.1. Definição

A visualização de informação (VI) (às vezes chamada de visualização de negócios, ou simplesmente visualização) procura transformar dados abstratos em uma representação visual prontamente compreendida pelo usuário, que poderá então gerar um novo conhecimento a respeito do relacionamento existente entre os dados (Spence 2007). Pode ser usada para tarefas como identificação, correlação multivariada, procura, consulta, exploração e comunicação. Os dados são tipicamente quantitativos ou categorizados, mas também podem incluir: texto não estruturado, tipos de mídias diferentes e objetos estruturados (Spence 2007), (Card 1999) (Figura 7.2).

Há um campo relacionado, e algumas vezes sobreposto, à visualização de informação, chamado “visualização científica”. A visualização científica se preocupa em, na grande maioria das vezes, representar visualmente uma simulação tridimensional de “algo” físico real, por exemplo, nuvens fluindo através de uma cadeia de montanhas, dada certa condição do vento (Spence 2007) (Figura 7.3). Este texto não trata de visualização científica, entretanto muitas das técnicas que serão apresentadas são pertinentes às duas áreas.

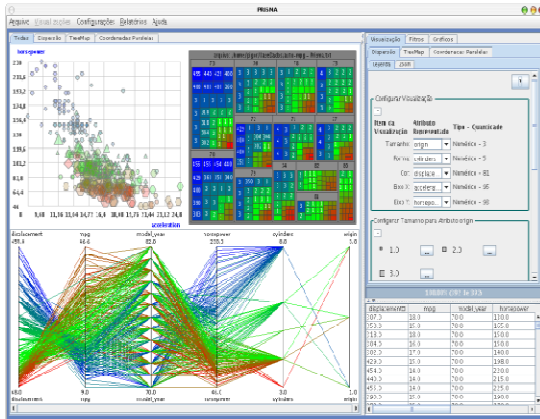


Figura 7.2 - Exemplo de Visualização de Informação.

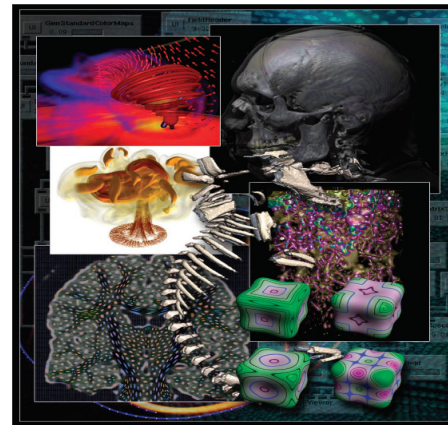


Figura 7.3 – Exemplo de Visualização Científica (Spence 2007)

7.2.2. Interação em Visualização de Informação

A utilização do computador no campo da visualização da informação permitiu aos usuários a possibilidade de vários tipos de interação ou tarefas com os dados, melhorando a percepção sobre os mesmos:

- **Seleção:** possibilidade de selecionar dados pertinentes ao desenvolvimento de uma determinada tarefa.
- **Representação:** Apresentação de dados abstratos, utilizando cores, formas, direções entre outros.
- **Apresentação:** é a forma de disposição dos dados ao usuário, isso se torna mais complexo se os recursos forem escassos como em celulares, handhelds, etc.
- **Escala e Dimensionalidade:** Auxilia a visualização e a percepção do usuário, principalmente quando existe uma grande quantidade de dados sendo apresentada.
- **Rearranjo, interação e exploração:** Uma nova visão sobre os mesmos dados com o objetivo de gerar uma nova percepção sobre os mesmos. Quanto melhor o conhecimento sobre os dados e seus relacionamentos, melhor será a tomada de decisão.

Com o advento do computador e novos recursos de software é possível ao usuário interferir de forma intuitiva nas diversas etapas de um processo de visualização de informação (Figura 7.4).

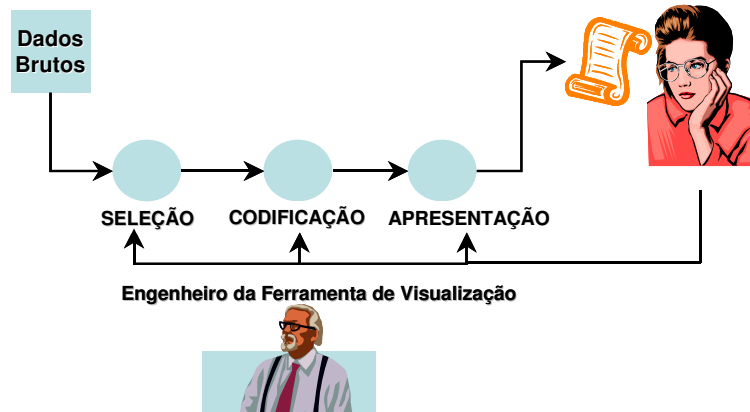


Figura 7.4 - Usuário participa da concepção da visualização (Spence 2007)

7.2.3. Características para uma Boa Ferramenta de VI

De acordo com Carr (1999), uma ferramenta de visualização de informação deve permitir aos usuários realizarem as seguintes tarefas:

- **Visão geral:** O usuário precisa ganhar uma noção sobre todos os dados que serão analisados. Essa noção está baseada nos parâmetros que o usuário escolheu para a visualização, nos limites do dispositivo gráfico usado e de sua percepção. A maioria dos atributos gráficos é: posição, cor, tipo de representação e tamanho.
- **Zoom:** Permite focar em certo subconjunto dos dados para enfatizar a análise, ou seja, analisar um determinado contexto com maior precisão. Numa vertente desta funcionalidade, conforme se aplica o zoom, mais detalhes são mostrados sobre uma determinada visão dos dados, o que se chama de zoom semântico.
- **Filtro:** Possibilidade de o usuário reduzir o tamanho do conjunto de dados que está sendo analisado, eliminando itens baseados em seus atributos. Uma das maneiras mais eficientes é o uso de consultas dinâmicas (Shneiderman 1994).
- **Detalhes sob demanda:** Disponibilização de informações e detalhes implícitos sobre um item em particular. Isto é normalmente feito de forma simples e direta, usando o clique do mouse, por exemplo, onde as informações adicionais podem aparecer em uma janela auxiliar, ou na própria visão dos dados (visualização). Adicionalmente, pode-se incluir mais duas características (Spence 2007):
- **Relacionamentos:** Se o usuário descobre um item de interesse, ele pode precisar saber sobre outros itens com atributos similares, a ferramenta então poderia apontar esses itens similares.
- **Histórico:** O suporte ao usuário para desfazer uma ação, mostrar os passos até aquele ponto, etc.

7.2.4. Múltiplas Visões Coordenadas

Os sistemas com múltiplas visões estão se tornando cada vez mais comuns, pois tecnologicamente se está superando a limitação de espaço visual nos dispositivos, e, em se tratando de Realidade Virtual ou Aumentada, esse espaço visual é infinito.

Sistemas de múltiplas visões usam duas ou mais representações visuais distintas para auxiliar o processo de investigação de uma única entidade conceitual (conjuntos de

dados) (Baldonado 2000). Uma visão é considerada distinta das outras se permitir ao usuário aprender sobre diferentes aspectos da entidade conceitual, ou pela apresentação de informações diferentes, ou enfatizando diferentes aspectos da mesma informação, por exemplo, utilizando representações diferentes ou técnicas de visualização diferentes.

De acordo com North (2000) e Baldonado (2000), o uso de sistemas de múltiplas visões coordenadas apresenta algumas vantagens na análise, entre elas destacam-se: melhora do desempenho do usuário na percepção dos dados, facilita a descoberta de relacionamentos não triviais entre os dados, minimiza o overhead cognitivo de uma única visão ou de uma visão mais complexa, entre outras.

Os sistemas de visualização de informação que utilizam múltiplas visões coordenadas podem ser classificados por níveis de flexibilidade em relação aos dados, visões e coordenação.

- **Dados:** Usuários podem utilizar diferentes conjunto de dados em suas visualizações.
- **Visões:** Usuários podem escolher diferentes conjuntos de visualização para determinado conjunto de dados.
- **Coordenação:** Usuário poderá escolher diferentes tipos de coordenação entre pares de visões para auxiliar sua necessidade de exploração dos relacionamentos entre os dados.

Para o desenvolvimento de sistemas de visualização de informação com múltiplas visões coordenadas, as recomendações mais freqüentes de uso são (Baldonado 2000):

- Quando há uma diversidade atributos, modelos, perfis de usuário, níveis de abstração ou gênero.
- Quando as visões diferentes destacam correlações ou disparidades.
- Quando há necessidade de diminuir a complexidade do conjunto de dados, utilizando múltiplas visões mais simples.
- Usar múltiplas visões minimamente, justificar o uso de múltiplas visões versus custo de aprendizado do usuário e espaço de visualização.

Pillat (2005) destaca como principais possibilidades de coordenação de múltiplas visões:

- **Seleção:** Itens de dados selecionados em uma visão são destacados em outras visões.
- **Filtro:** Reduzir o conjunto de dados para análise em todas as visões.
- **Cor, Transparência e Tamanho:** Características visuais para representar a variação de valores de um dado atributo dos dados em todas as visões.
- **Ordenação:** Valores de um atributo definem a ordem das representações visuais dos dados.
- **Rótulo:** Determina que conteúdo os rótulos exibirão para cada item de dados das visões.
- **Manipulação de Atributos:** Permite ao usuário adicionar / remover atributos das visões de dados.

Dado o contexto de múltiplas visões coordenadas, destacam-se os principais desafios no desenvolvimento de sistemas de múltiplas visões coordenadas (Baldonado 2000):

- Os mecanismos de coordenação.
- Requisitos computacionais para renderização das visões.
- Disposição da interface – layout, com espaço normalmente muito reduzido para novas visões.
- Interação do usuário entre as diversas formas de visualização.
- Aspectos cognitivos relacionados ao uso de sistemas de múltiplas visões coordenadas:
 - Tempo e esforço necessário para o aprendizado do sistema.
 - Sobrecarga de informações na memória de trabalho do usuário.
 - Esforço necessário para comparação.
 - Esforço necessário para troca de contexto.

7.2.5. Tipos de Dados Versus Tipos de Visualização

De acordo com Shneiderman (1996), há sete tipos diferentes de dados que descrevem diferentes tipos de visualizações. São eles:

- **1-Dimensão:** Este tipo de dado é representado por texto ou dados similares, como linhas de código. Pode haver outras informações associadas a ele, como data da criação, tamanho, data da última modificação, etc. Uma técnica bastante associada a esse tipo de dado é o uso de linhas com cores e larguras variadas, representando outros atributos.
- **2-Dimensões:** Este tipo de dado inclui dados geográficos, plantas de engenharia, etc. Pode-se associar uma grande quantidade de atributos com uso de cores, tamanhos e formas diferentes.
- **3-Dimensões:** Aqui o volume de um objeto torna-se importante, um tributo a mais. Se o contexto do mundo real puder ser incluído para melhorar a percepção do usuário é mais indicado ainda. Não se deve deixar de mencionar problemas inerentes a uma visualização 3D, como a oclusão, quando parte de um dado esconde outro. Para isso, técnicas de visões diferenciadas, transparência e *slicing* são necessárias.
- **Temporal:** Este tipo de dado reúne todas as características dos dados citados acima mais o atributo tempo. Para o atributo tempo o mais indicado é formar uma dimensão. Os gráficos “tempo versus algum atributo” são bastante utilizados e conhecidos. A animação deve ser considerada quando há uma grande quantidade de dados.
- **Multidimensional:** Base de dados relacional ou estatística pode ser considerada como pontos em um espaço multidimensional. Técnicas como consultas dinâmicas e diagramas de dispersão são bastante úteis.
- **Hierárquico:** Muito útil para classificação de dados. Normalmente é representado por diagramas com nós, com ligações entre os mesmos.
- **Rede:** Dados de rede são nós conectados por links previamente definidos. Esses links podem ser organizados em árvores ou em hierarquias, e a melhor maneira de manipulação é permitindo mudar o foco sobre os nós.

7.3.3. Histograma 3D

A técnica de histograma é uma técnica tipicamente bidimensional. Contudo, sua idéia pode ser estendida e adaptada pra o espaço tridimensional (Figura 7.7). Seu uso é bastante tradicional e pode ser utilizada com outras técnicas e metáforas, por exemplo, mapas ou redes de dados (Figura 7.8).

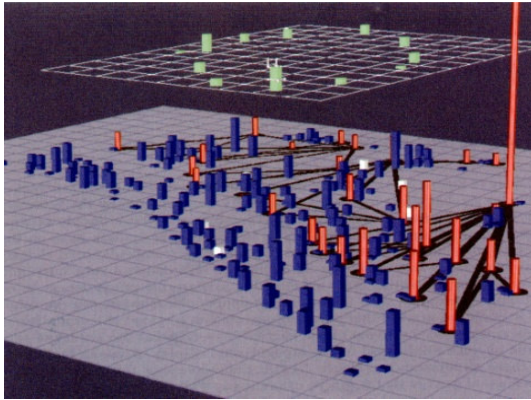


Figura 7.7 - Operação de seleção de dados em um histograma tridimensional no SAGE <http://www.cs.cmu.edu/Groups/sage/sage.html> (Spence 2007).

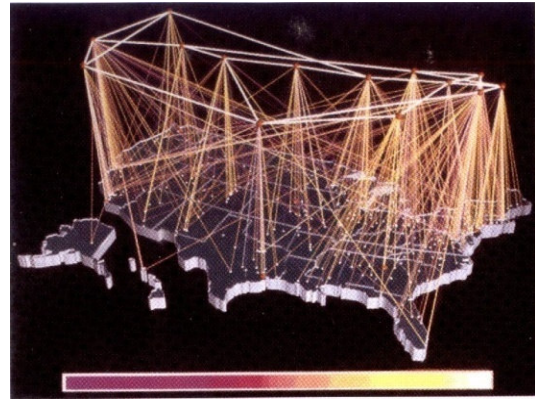


Figura 7.8 - Visualização de tráfego no backbone da NSFNET (Chen 1999).

7.3.4. Árvores de Cones

Cat-a-Cone é uma ferramenta para categorização de documentos. Os usuários navegam pela árvore de cones até o livro desejado, e uma representação virtual do livro se torna disponível (Figura 7.9).

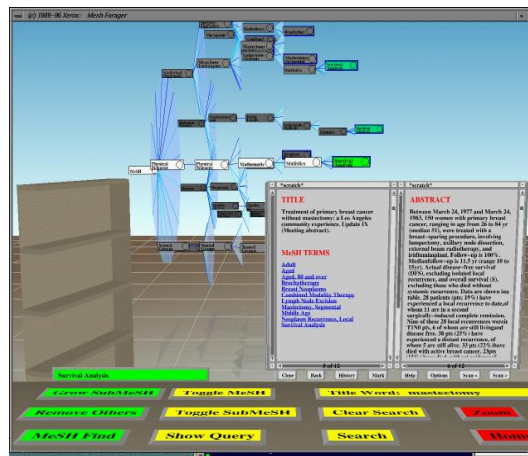


Figura 7.9 – Busca utilizando árvore de cones (Furuhata 2004).

Outro exemplo de navegação por árvore de cone é no LyberWorld para visualização de documentos (Figura 7.10).

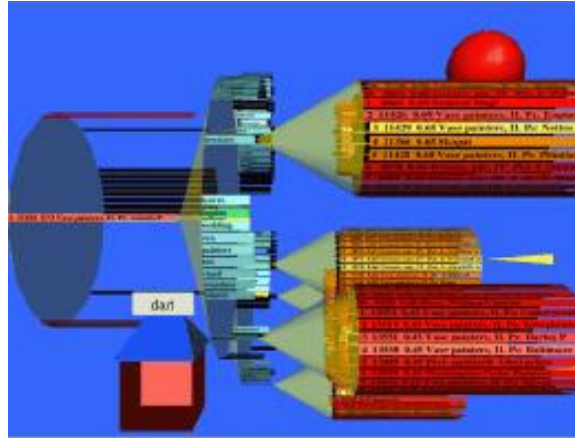


Figura 7.10 – LyberWorld como exemplo da utilização da técnica de árvore de cones (Furuhata 2004).

7.3.5. Perspective Wall

Com a técnica *perspective wall* o usuário terá uma visão de dados em foco, podendo rapidamente navegar na linha do tempo para poder analisar dados passados ou futuros (Spence 2007) (Figura 7.11). Não há filtro, pois todos os dados no período são mostrados.

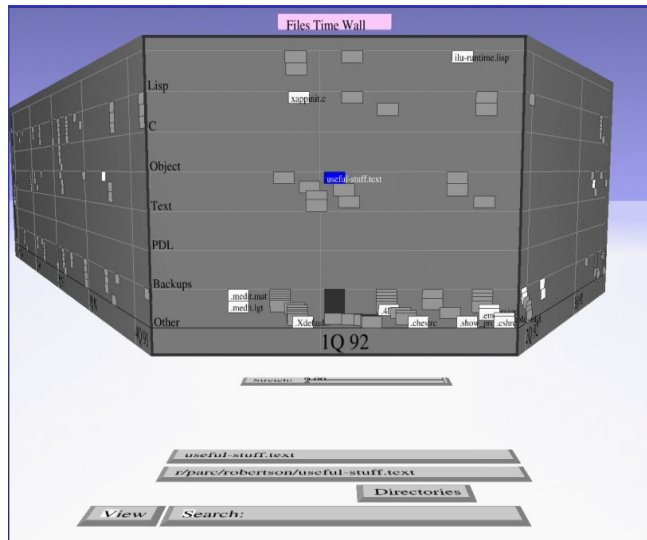


Figura 7.11 – Aplicação que utiliza Perspective Wall (Spence 2007).

7.3.6. Visualizando e Gerenciando o Desenvolvimento de Software

Há várias aplicações que utilizam diferentes metáforas para representar informações. Uma delas é para acompanhamento e gerenciamento do desenvolvimento de um sistema computacional (Figura 7.12). As linhas de código são representadas por prédios em uma cidade, quanto maior for o prédio, maior é o número de linhas de um módulo. As cores representam a última vez que os módulos foram modificados ou executados sem erros. Pode-se ter uma visão aérea da cidade e analisar o andamento do projeto todo (Panas 2003).



Figura 7.12 - Metáfora de cidade para gerenciamento de desenvolvimento de software (Panas 2003)

7.3.7. Step Tree

Uma ferramenta que possibilita visualizar dados hierárquicos. Suas primeiras aplicações foram direcionadas para a visualização de sistemas de arquivos (Figura 7.13)



Figura 7.13 – Visão do Step Tree (Bladh 2004).

7.4. Visualização de Informação com Realidade Aumentada

As aplicações de Realidade Aumentada e Visualização de Informação tornam-se mais frequentes a cada dia, e destacam-se como pontos de estudos promissores e interessantes, pela diversidade de desafios a serem resolvidos (desafios de VI + desafios de RA). As próximas seções apresentam algumas delas.

7.4.1. Meta3D++

Bueno (et. al, 2005) estendeu a ferramenta Meta3D, criando um módulo para visualização de informações em Realidade Aumentada, denominado Meta3D++. Nesse sistema, a interação do usuário é dependente da interface de configuração da ferramenta (que está em um ambiente 2D) e os dados são agrupados em clusters, sendo que cada um é associado a um marcador. A qualidade do filtro das informações é dependente da quantidade de marcadores. Utilizou-se as técnicas Faces de Chernoff e Coordenadas Paralelas Estendidas. (Figura 7.14)

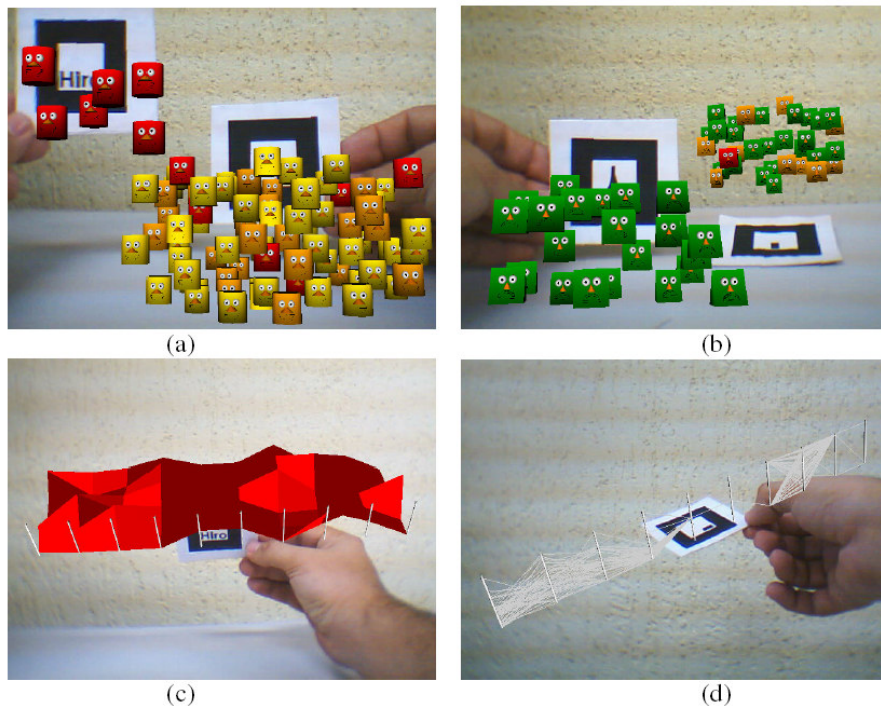


Figura 7.14 – Meta3D++, (a)(b) Face de Chernoff e (c)(d) Coordenadas Paralelas (Bueno 2005)

7.4.2. Data Vis-AR

Buk (et. al, 2005) apresentou a Realidade Aumentada como alternativa para a visualização de informações, onde gráficos são sobrepostos a objetos representativos do mundo real. Contudo, os filtros também estão associados aos marcadores, quanto maior a quantidade de marcadores maiores são as possibilidades de filtro, mostrando-se pouco flexíveis. Sua configuração também é feita em interface 2D.(Figura 7.15)

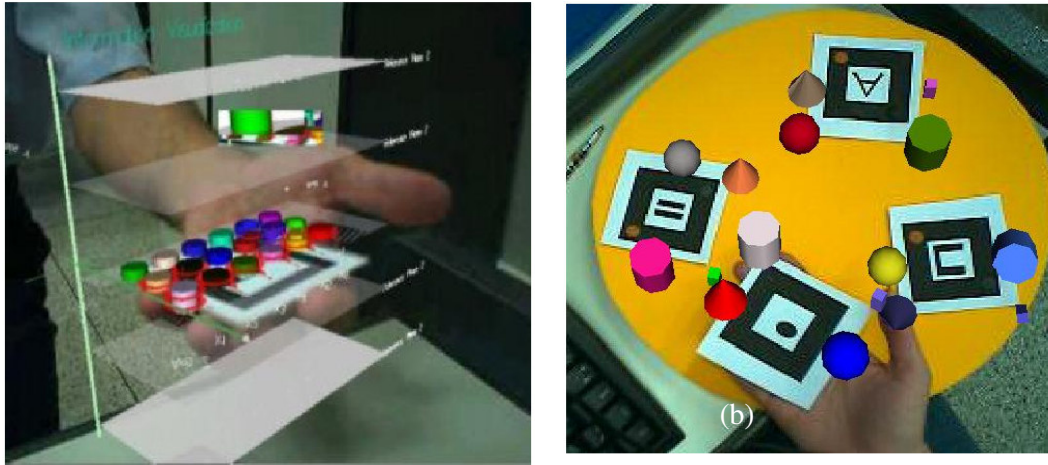


Figura 7.15 – Visualização de Dados Baseado em Marcadores (Buk 2005)

7.4.3. Invision

Slay, H. (et al., 2001) utiliza a Realidade Aumentada com o objetivo principal de visualizar a técnica de representação de dados baseada em Grafos. A interface de configuração e geração da visão é 2D.

Destaca-se a intenção de construção de um apontador virtual usando objetos construídos em VRML. Não apresenta técnicas de filtro implementadas na própria interface aumentada. (Figura 7.16)

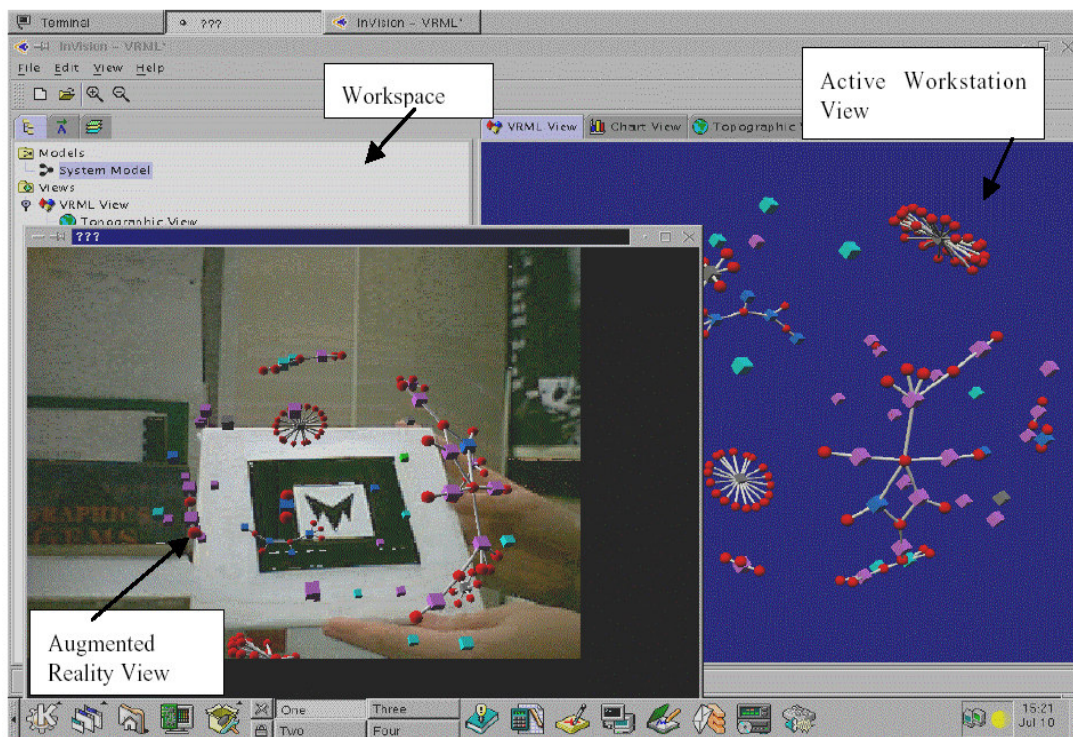


Figura 7.16 - Representação de dados baseados em grafos (Slay 2001).

7.4.4. Dispersão 3D - RA

Meiguins et. al (2006), desenvolveu um protótipo de uma ferramenta de visualização multidimensional de dados em ambiente de realidade aumentada. O protótipo implementa a técnica de Dispersão de dados 3D e conta ainda com dois gráficos 2D, Pizza e Histograma, como gráficos auxiliares. Foram desenvolvidas as principais características de uma boa ferramenta de visualização: visão geral, filtro, detalhes sob demanda e zoom semântico. Para o desenvolvimento do protótipo foram utilizados a biblioteca ARToolKit, OpenGL e a linguagem de programação C (Figura 7.17).

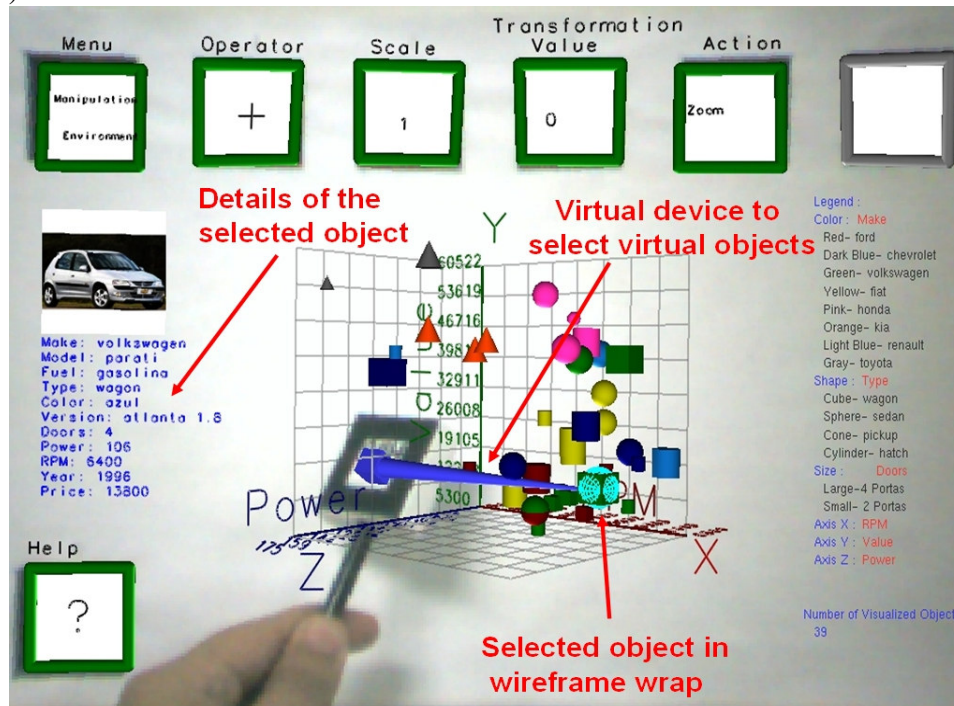


Figura 7.17 - Visualização de informações em ambiente de realidade aumentada.

7.5. Ambientes Colaborativos de Visualização de Informação com Realidade Virtual

7.5.1. Web3D

Meiguins (et al, 2004) desenvolveu uma ferramenta de visualização de informação colaborativa para Web utilizando conceitos de Realidade Virtual. As tecnologias utilizadas foram Java (JDBC), EAI (External Authoring Interface) e tecnologias padrão para Web, denominada Web3D.(Figura 7. 18)

A ferramenta consiste de duas partes principais, uma denominada visão individual e outra visão colaborativa. As mudanças ocorridas na visão individual não são propagadas para os outros usuários do grupo, já as das visões colaborativas sim.

Há identificação dos usuários na visão colaborativa por meio de setas com nomes, e suas interações são propagadas no grupo, tais como filtros, seleções, zooms, etc.

As configurações da visão individual podem ser passadas para a visão colaborativa. O servidor guarda o histórico das interações, podendo o administrador em ambiente separado retroceder a qualquer estado intermediário.

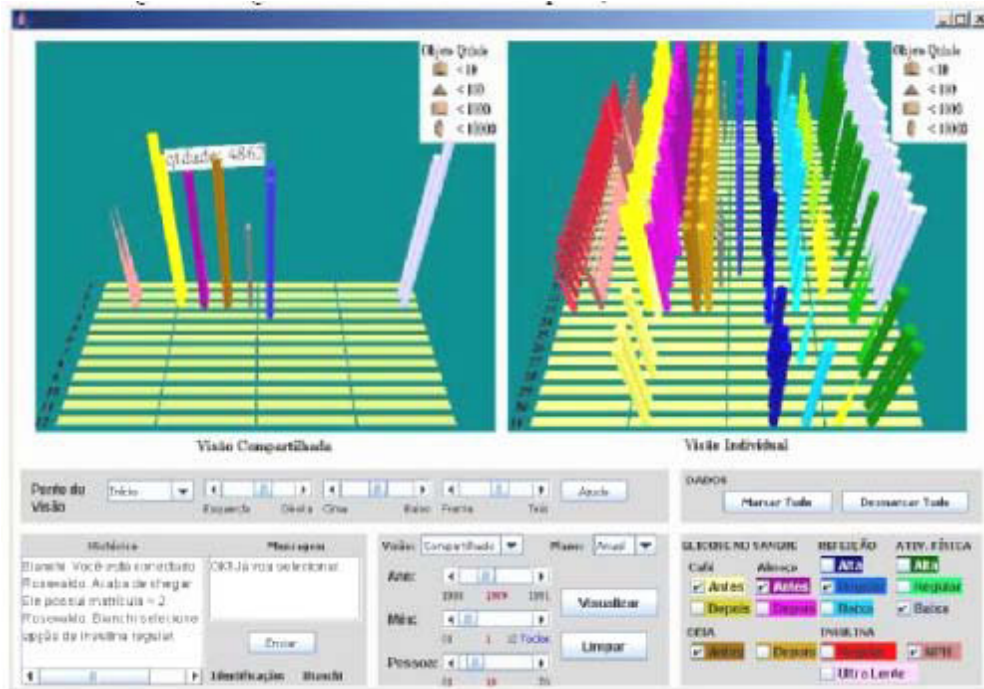


Figura 7.18 Uma visão do Web3D (Meiguins & et al, 2004)

Os desafios para a concepção de um bom ambiente de realidade aumentada colaborativo, de maneira geral, ainda são atuais, e quando aplicados a área de visualização de informação se torna ainda mais interessante.

7.6. Ambientes com Múltiplas Visões Coordenadas em Realidade Aumentada para Visualização de Informação

A seguir será descrita uma ferramenta que utiliza múltiplas visões de dados em ambiente de realidade aumentada.

7.6.1. MVC-RA

O MVC-RA (Múltiplas Visões Coordenadas em Realidade Aumentada) (Figura 7.19) é um ambiente de realidade aumentada, baseado em cartões marcadores, que propicia ao usuário, utilizando a técnica Dispersão de Dados 3D, visualizar e interagir com os dados no próprio ambiente real do usuário. É possível criar mais de uma visão de dados, manipulá-las diretamente com as próprias mãos para aplicar tarefas como translação e rotação, filtros, configuração dos atributos das visões, e outras tarefas pertinentes a qualquer conjunto de ferramentas de visualização da informação ou a ambientes de realidade aumentada.

MVC-RA faz uso do OpenGL como sistema gráfico para o desenho dos objetos virtuais no mundo real. Utiliza o rastreamento óptico, baseado na identificação de cartões marcadores, para registrar objetos reais, e gerar informações úteis para sincronizar os objetos virtuais no ambiente real. O ARToolKit é utilizado para misturar a cena real com objetos virtuais criados e as informações do rastreador.

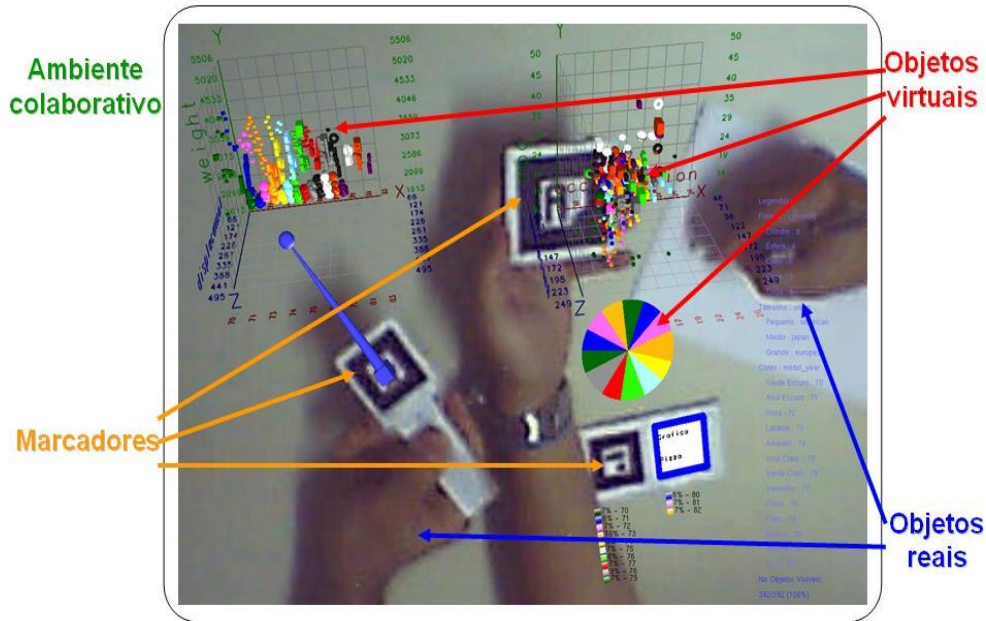


Figura 7.19 - Exemplo do MVC-RA em tempo de execução.

A principal interação do usuário é realizada de forma direta pela oclusão dos marcadores. A interação por oclusão consiste em obstruir a captura do cartão marcador e reconhecimento do símbolo identificador presente em cada cartão pelo dispositivo de vídeo que está sendo utilizado. Essa obstrução é realizada normalmente com as próprias mãos.

Para facilitar o uso dos recursos da interface aumentada, o MVC-RA apresenta os cartões marcadores agrupados por funcionalidade (Figura 7.20), podendo ser manipulados e dispostos no ambiente de forma semelhante aos objetos reais, o que possibilita realizar determinadas ações de forma intuitiva como no caso de aplicar transformações geométricas básicas de translação, rotação e escala nas visões de dados apenas movimentando os marcadores livremente. Esta característica “lúdica” que constitui a interface aumentada atrai de certa forma o usuário, possibilitando a construção de uma infinidade de layouts para visualizar o conjunto de dados da análise.

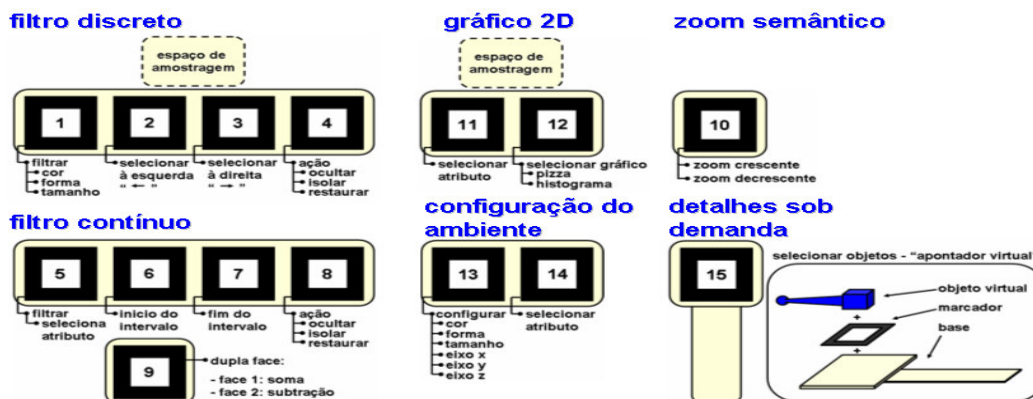


Figura 7.20 - Conjunto de cartões marcadores agrupados por funcionalidade.

Utilizando a combinação dos menus nos marcadores é possível realizar diversos tipos de filtros e configurações (Figura 7.21).

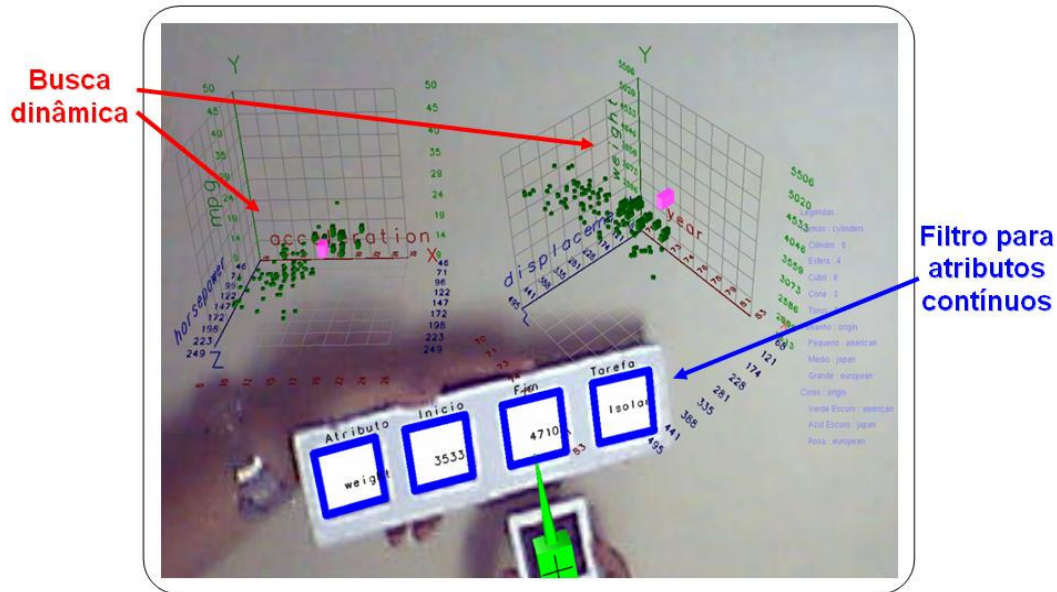


Figura 7.21 - Representação aumentada do filtro para atributos contínuos

7.7. Considerações Finais

A Realidade Virtual oferece muitos recursos para a visualização de informações, particularmente para a visualização de um grande volume de dados, uma vez que não limita o espaço de exploração dos dados a serem representados.

Observa-se, entretanto, que a interação com a Realidade Virtual requer a familiarização, treinamento e, eventualmente, o uso de dispositivos especiais para a navegação no ambiente tridimensional.

A Realidade Aumentada se apresenta como solução a tais problemas, uma vez que dispensa, ou diminui, o aprendizado e treinamento com as formas de interação tradicionais e/ou suportadas por Realidade Virtual.

Um dos grandes problemas de visualizar informações em um ambiente tridimensional para o usuário é a oclusão, por isso, mudanças de visão e navegação são itens essenciais para contornar esse problema e melhorar a interação e percepção do usuário.

Problemas com iluminação também podem ser frequentes, em algumas tecnologias, para o reconhecimento de marcadores em realidade aumentada. Não se pode deixar de observar alguma dificuldade na concepção e programação desses ambientes.

Tempo de resposta é uma preocupação constante de uma ferramenta de visualização de informação, seja ela bidimensional ou tridimensional. Some-se a isso, para ambientes tridimensionais, o tempo de renderização quando houver alguma interação feita pelo usuário em tempo real.

Parece ser um consenso entre a comunidade de visualização de informação utilizar mais de uma técnica para melhorar a percepção do usuário sobre o conjunto de dados, na mesma cena ou em cenas diferentes. O mais importante quando se usa mais

de uma técnica de visualização é a sincronização (coordenação) das interações do usuário nas diversas visões.

Qualquer ferramenta de visualização de informação deve dar suporte as operações de visão geral, detalhes, zoom semântico e filtro.

E por fim, nem sempre a melhor solução é um ambiente tridimensional para visualização de dados, isso dependerá de seus dados, usuários e motivo para os usuários visualizarem esses dados.

Como um desafio na área de visualização de informação e realidade virtual e aumentada pode-se citar a concepção de ferramentas colaborativas para melhorar a interação entre usuários e sua percepção sobre os dados e seus relacionamentos.

Referências Bibliográficas

Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. Macintyre, B. Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications*. Vol6, n. 6, November/December, 2001. p.34-47.

Baldonado, M. and Kuchinsky, A. Guidelines for Using Multiple Views in Information Visualization. AVI, Palermo, Italy, 2000. Pág 110-119.

Brath, R. K. Effective Information Visualization Guidelines and Metrics for 3D Interactive Representations of Business. Master Project of Toronto University, 1999. Disponível em: <http://www3.sympatico.ca/blevis/thesis49toc.html>.

Bueno, et. al. Meta3D++ - Visualização de Informações em Realidade Aumentada. WRA 2005, Piracicaba, Anais. Piracicaba: UNIMEP, 2005. p.33-36.

Buk, C. V. Ambientes Virtuais para Visualização Dinâmica de Informação. 2005. Dissertação (Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba.

Card, S., Mackinlay, J., and Shneiderman, B. Readings in Information Visualization Using Vision to Think. Morgan Kaufmann. 1999.

Carr, D. Wiss, U., Jonsson, H. Evaluating 3-Dimensional Information Visualization Designs. Departament of Computer Science and Electrical engineering, Lulea University, 1998. Disponível em: <http://www.sm.luth.se/~hj/art-iv98.shtml>.

Chen, C. Information Visualization and Virtual Environments. Londres: Springer, 1999. 223 p.

Fekete, J.-D., Plaisant, C. Interactive Information Visualization of a Million Items. Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization, Boston, USA, 2007.

Furuhata, R., Fujishiro, I., Maekawa, K., Yamashita, Y. Information Visualization and Visualization Techniques. 2004. Disponível em: <http://www.imv.is.ocha.ac.jp/MIKY/>

Grinstein, G. G.; Ward, M. O. (2002). Introduction to Data Visualization. Information Visualization in Data Mining and Knowledge Discovery. U. Fayyad, G. G. Grinstein and A. Wierse, Morgan Kaufmann Publishers: 21-45.

Keim, D. A. (2002). "Information Visualization and Visual Data Mining." *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 8(1):1-8.

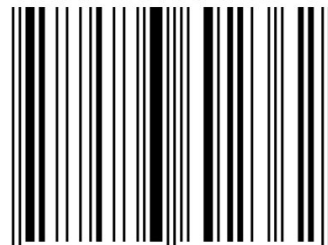
Keim, D. A.; Kriegel, H. P. (1994). "VisDB: Database Exploration Using Multimensional Visualization." *IEEE Computer Graphics and Application* 14(5): 16-19.

- Kirner, C.; Tori, R. Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade. In: (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. São Paulo - SP, 2004.
- Meiguins, B. S. et al. Multidimensional Information Visualization Using Augmented Reality. VIII Symposium on Virtual Reality. Belém - PA 2006.
- Meiguins, B. S., Carmo, R.M.C., Gonçalves, A. S., Godinho, I. P., and Garcia, M. B. Using Augmented Reality for Multidimensional Data Visualization. London United Kingdom: IV06 Information Visualization 2006. p. 529-534.
- Meiguins, B.S.; de Souza Junior, R.D.; de Brito Garcia, M.; Goncalves, A.S. Web-based collaborative 3D information visualization tool. Proceedings of Eighth International Conference on Information Visualization, 2004. IV 2004. 14-16 July 2004 Page(s): 925 - 929
- Panas, T., Berrigan, R., Grundy, J. A 3D Metaphor for Software Production Visualization. Proceedings of the Seventh International Conference on Information Visualization (IV'03). IEEE. 2003.
- Pillat, R. M., Valiati, E. R. and Freitas, C. M. D. Experimental Study on Evaluation of Multidimensional Information Visualization Techniques. In: CLIHC'05, Cuernavaca, 2005 - Mexico. p. 20 - 30.
- Shneiderman, B. Dynamic queries for visual information seeking. IEEE Software, vol. 11, n. 6, Novembro, 1994. p.70-77.
- Shneiderman, B. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. Proceedings of IEEE Visual Language, 1996. p.336-343.
- Slay, H., Philips, M., Vernik, R. and Thomas, B. Interaction Modes for Augmented Reality Visualization. Proceedings of Australian Symposium on Information Visualisation, Sydney, December 2001.
- Spence, R. Information Visualization: Design for Interaction. Barcelona: Acn Press. Second Edition, 2007.
- Vallino, J. Interactive Augmented Reality, Department of Computer Science, University of Rochester, New York, 1998.

SVR2009

XI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada

ISBN 857669236-8



9 788576 692362