

## Capítulo

# 14

## Visualização de Informação com Realidade Virtual e Aumentada

Ezequiel Roberto Zorzal<sup>1</sup>, Luciano Ferreira Silva<sup>1</sup>, Alexandre Cardoso<sup>1</sup>, Claudio Kirner<sup>2</sup>, Edgard Lamounier Jr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
CEP - 38.400-902 - Uberlândia - MG - Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação - Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)  
CEP - 13.400-911 - Piracicaba - SP - Brasil

ezorzal@gmail.com, luciano@mat.ufu.br, alexandre@ufu.br,  
ckirner@unimep.br, lamounier@ufu.br

### *Abstract*

*Using Visualization of Information techniques, by computational resources, it is possible to convert numerical data and to show them visually by the use of images or other sensorial stimulus providing a better comprehension. Recent studies have shown that the three-dimensional visualization of information brings advantages for the people, being able efficiently to be carried through the use of Virtual and Augmented Reality environment. There are a lot of developed applications making use of some of these methods. This chapter presents definitions, techniques,*

*methodologies and the state of art of applications for three-dimensional visualization that use the technology of Virtual and Augmented Reality.*

### **Resumo**

*Utilizando técnicas de Visualização de Informação, por meio de recursos computacionais, é possível converter dados numéricos e apresentá-los visualmente ao usuário por meio de imagens ou outros estímulos sensoriais, de forma que possam ser melhor compreendidos. Estudos recentes têm mostrado que a visualização tridimensional de informação traz vantagens para as pessoas, podendo ser eficientemente realizada utilizando ambientes de Realidade Virtual e Aumentada. Existem várias aplicações desenvolvidas que fazem uso de algum desses métodos. Este capítulo apresenta definições, técnicas, metodologias e o estado da arte de aplicações para visualização tridimensional que utilizam a tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada.*

#### **14.1. Introdução**

De acordo com a etimologia da palavra informação sua origem provém do latim *informationem*, “delinear, conceber idéia” (Houaiss and Villar, 2001). O seu conceito carrega uma diversidade de significados que são aplicáveis a eventos que variam do nível cotidiano ao técnico. Por exemplo, informação pode ser definida como o estado de um sistema de interesse, a qual a mensagem é a informação materializada. (Floridi, 2005) define informação como qualquer tipo de padrão que influencia a formação ou transformação de outros padrões. Já (Bekenstein, 2003) enuncia informação com o resultado do processamento, manipulação e organização de dados de tal forma que represente um acréscimo ao conhecimento da pessoa que a recebe. As palavras informação e dados são intercambiáveis em muitos contextos. Todavia, não são

sinônimos. Por exemplo, de acordo com a observação de (Gadomski, 1993), dados referem-se a tudo que pode ser processado e informação refere-se a dados que descrevem um domínio físico ou abstrato.

No final do século XX, ocorreu a denominada explosão informacional, que caracteriza-se pela aceleração dos processos de produção e a disseminação da informação e do conhecimento. O aumento da demanda de informações ocorrera principalmente devido: ao desenvolvimento da tecnologia de comunicação; ao avanço dos equipamentos de aquisição de imagens, de dados e sinais; e ao surgimento de computadores que permitem simular sistemas cada vez mais complexos.

Esta sobrecarga de informações dificulta o processo de análise, compreensão e utilização de dados. Por exemplo, é plausível ressaltar que 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 demoraria muito tempo para fazer a mesma coisa. Contudo, muitas destas informações são irrelevantes para o usuário, ou as informações consideradas úteis podem simplesmente ser perdidas, devido ao usuário não conhecer o relacionamento entre os dados. Fatos como estes motivaram a pesquisa em diversas áreas de estudo, envolvendo novos paradigmas para melhorar a representação de informações.

Uma abordagem advinda dessas pesquisas consiste na aplicação de técnicas de Visualização de Informação. Estas técnicas estudam formas de transformar dados abstratos em imagens reais, de forma a facilitar o seu entendimento e/ou ajudar na descoberta de novas informações contidas nestes dados (Do Nascimento, 2005). O objetivo final deste processo é auxiliar no entendimento de um

assunto, o qual, sem uma visualização, seria mais difícil de ser compreendido.

Neste contexto, a área de Visualização de Informação se apresenta como um campo de estudo de grande utilidade, uma vez que faz uso de técnicas que facilitam o entendimento de informações a partir de representações visuais de dados.

Estas representações podem ser distribuídas em três classes: unidimensional, bidimensional ou tridimensional, que são definidas de acordo com a dimensão do espaço, onde os elementos geométricos utilizados estejam situados (Freitas, 2001).

As aplicações que utilizam o espaço tridimensional podem causar um impacto visual e despertar o interesse em diversos tipos de usuários, não somente pela maneira que os dados são representados na interface gráfica, mas também pelas novas formas de interação.

A visualização tridimensional de informações pode ser realizada por meio de ambientes de Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Estas formas de visualização podem facilitar a análise e a compreensão dos dados, já que os mesmos podem ser dispostos de maneira intuitiva e interativa.

O presente capítulo aborda detalhadamente aspectos importantes da Visualização de Informação, por meio de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, e descreve conceitos e definições essenciais para a compreensão deste tema, além de demonstrar as principais técnicas de visualização de dados aplicados em ambientes virtuais. Este capítulo, ainda disserta sobre o estado da arte de aplicações que utilizam estas tecnologias na área de Visualização de Informação, ressaltando suas características e metodologias de desenvolvimento.

## 14.2. Técnicas de Visualização de Informação

Existem diversas técnicas que apóiam a Visualização de Informação, de acordo com a classificação de Keim (2002), estas técnicas podem ser divididas em:

- ③ Projeções 2D/3D convencionais: abragem um grande número de técnicas mais simples e amplamente utilizadas como plotagem em planos e espaços, gráficos de barras, gráficos de pizza, gráficos de linhas, etc;
- ③ Técnicas baseadas em projeções geométricas: têm como princípio o mapeamento de dados multidimensionais para padrões bidimensionais através da utilização dos valores presentes na base de dados como parâmetros para a geração de formas geométricas. Estas formas devem ser tais que o conteúdo da informação representada possa ser percebido e analisado visualmente em suas propriedades gráficas, sendo que quanto maior o número de propriedades percebidas individualmente, maior será o número de atributos dos dados discriminados. Como exemplos, têm-se as Coordenadas Paralelas (Inselberg and Dimsdale 1990), as *Star Coordinates* (Kandogan 2000) e os *Scatter Plots* como descrito em (Ward 1994);
- ③ Técnicas baseadas em ícones: cada item de informação é representado como um ícone, cuja aparência deve ser familiar ao ser humano, para que os atributos das entidades gráficas possam ser prontamente associados aos itens de dados em análise. Segundo (Pickett and Grinstein 1988), cor, forma e textura são características amplamente exploradas no *design* dos ícones, pois podem ser utilizadas simultaneamente sem perda de informação. Como exemplos, têm-se as clássicas Faces de *Chernoff* (Chernoff 1973), os *Star Glyphs* (Chambers, Cleveland et al. 1983) e as *Stick Figures* (Pickett and Grinstein 1988);

- ③ Técnicas orientadas a *pixels*: apresenta-se cada atributo de um dado multidimensional, através de *pixels* do dispositivo de exibição, e faz-se o uso de cores para representar os valores dos dados. Também se calcula um fator, denominado Fator de Relevância (Keim and Kriegel 1994), baseado na ordem de apresentação dos elementos. Cada dimensão é apresentada em uma janela individual, onde os elementos são comparados em relação a um atributo específico. A visualização pode ser gerada sobre todos os elementos de dados ou sobre um subconjunto especificado;
- ③ Técnicas hierárquicas: nesta abordagem, o espaço k-dimensional é subdividido e os subespaços resultantes são apresentados de forma hierárquica, como por exemplo, na técnica denominada *Dimensional Stacking* (LeBlanc, Ward et al. 1990) que apresenta bidimensionalmente as dimensões em sucessivos níveis hierárquicos.

Existe ainda a possibilidade de combinação entre estas técnicas, que permite o surgimento de novas técnicas denominas híbridas.

### 14.3. Técnicas de Interação

Um conhecido ditado popular diz que “uma imagem vale por mil palavras”, sendo assim, pressupõe-se que um sistema interativo, com riqueza de imagens vale por muito mais. Sobre esta perspectiva, a ciência da Visualização de Informação define suas diretivas, com o objetivo de facilitar a análise de dados complexos: a Visualização de Informação deve ser interativa.

A interação é capaz de potencializar enormemente o poder elucidativo de uma dada técnica de visualização. Interagindo dinamicamente, o usuário pode alterar a visualização de forma que suas metas de exploração possam ser alcançadas. Meios adequados



de interação permitem ao usuário criar diversos arranjos de estrutura da base de dados que esta sendo explorada, comparar suas dimensões e gerar conhecimento, a partir da análise das projeções geradas em cada passo do processo.

Existem diversos recursos, técnicas de interação e várias classificações. Grinstein and Ward (2002) procuram delinear a natureza das técnicas de interação e não classificá-las de forma explícita. Eles discutem os fatores que podem ser utilizados para agrupar os dados, segundo propriedades comuns. De acordo com Grinstein and Ward (2002), o usuário, acessando os dados em uma cena de visualização, pode fazer uso da interação, através de recursos de navegação, isto é, alternando parâmetros gráficos que lhe permitem ver a imagem por diferentes ângulos, buscando um quadro mais revelador. O usuário pode também utilizar a interação por amostragem dos dados para reduzir as proporções do processo de análise que viria a ser realizado sobre um conjunto menor de informações. Há também a interação direta, através da qual é possível fazer consultas para fins específicos, que surjam durante o processo de análise. E, por fim, é apontada a interação associativa que permite o acesso relacionado dos dados em diferentes técnicas de visualização.

#### **14.4. Visualização de Informação com Realidade Virtual**

Existem diversas tecnologias aplicáveis à área de Visualização de Informação e a Realidade Virtual vem se destacando nesse sentido. Esta expressão possui diversas definições, devido à sua natureza interdisciplinar e a sua evolução. Segundo Kirner (1997), pode-se definir Realidade Virtual como uma forma das pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com computadores e dados extremamente complexos, na qual idéias como imersão, interação e envolvimento com o ambiente virtual são consideradas básicas e fundamentais. Uma das principais vantagens desta

tecnologia é o envolvimento amplo de sentidos do ser humano na interação homem-máquina. Sendo assim, um dos seus principais diferenciais é o seu avançado modo de interação.

Abaixo, são descritos alguns exemplos da aplicação da Realidade Virtual na Visualização de Informação.

#### **14.4.1. Exemplos da Aplicação da Realidade Virtual na Visualização de Informação.**

##### *Ferramenta Colaborativa para Visualização Tridimensional de Dados*

Desenvolvida pelo Centro Universitário do Pará, em conjunto a Universidade Federal do Pará, a Ferramenta Colaborativa para Visualização Tridimensional de Dados (Sousa Junior, 2006) tem como função criar um ambiente, em que os usuários possam compartilhar a visualização e trocar informações pela *Web*. A visualização dos dados é feita em um ambiente virtual tridimensional, no qual o usuário pode interagir com as representações por meio de *zoom*, rotação, translação, etc.

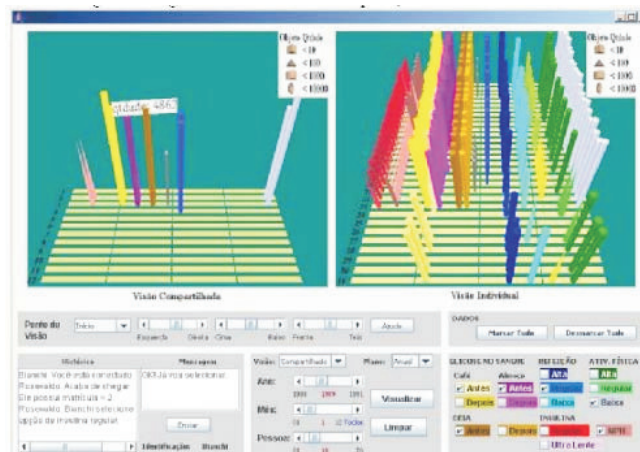
Ao passar o mouse sobre um determinado gráfico, é possível verificar os seus detalhes específicos. Além disso, existe a possibilidade de personalizar algumas características da visualização dos dados, como, por exemplo, pode-se escolher os atributos dos eixos e os valores de seus intervalos. Após a visualização construída, o usuário poderá remover ou adicionar dados e/ou atributos. Existem duas visões, uma compartilhada e outra individual, onde o usuário pode realizar as interações com o sistema.

Os usuários devem ser identificados por *login* e senha e a troca de informação entre eles é feita em modo texto. Todos os usuários têm permissões iguais, no ambiente compartilhado, e como não



possuem nenhum mecanismo para o controle de concorrência, faz-se necessário o uso de um protocolo social, ou seja, os usuários devem conversar entre si e decidir quem vai alterar o ambiente compartilhado em determinado momento. O protótipo tem como objetivos: a) Permitir a análise dos dados simultaneamente por mais de um usuário; b) Eliminar a barreira geográfica quando necessário; c) Eliminar a necessidade de conhecimento de tecnologia de acesso a banco de dados; d) Facilitar a análise de grande quantidade de dados; e) Facilitar a colaboração entre usuários.

Nas visualizações geradas, foram utilizadas cores e formas geométricas diferentes para representar os dados e suas grandezas. As cores fornecem os diversos atributos e a forma está relacionada ao valor numérico do dado. Para saber o valor real de qualquer atributo, basta passar o mouse sobre o dado desejado. A Figura 14.1 apresenta a interface desta aplicação.



**Figura 14.1. Interface do software (Sousa Junior, 2006)**

## InfoVis

Desenvolvido pela Universidade Federal de São Carlos, o *InfoVis* (*Information Visualizer*) (Martins, 2000) é uma ferramenta

construída para visualizar informações, em um ambiente virtual, do Museu de Cerqueira César situado na cidade de São Carlos, Brasil.

O objetivo do sistema é gerar representações gráficas sobre o Museu de informações como: a frequência de visitas diárias, semanais e mensais do Museu; tipos e características dos objetos armazenados; informações sobre os retratos e pinturas; etc.

O usuário poderá navegar no sistema e visualizar as informações do seu interesse por meio dos gráficos, em formato pizza ou barra, apresentados na tela. As cores dos gráficos são distintas a ponto de diferenciar os tipos de dados a serem representados. A Figura 14.2 ilustra uma das interfaces da aplicação.



**Fig 14.2. Ambiente do *InfoVis* (Martins, 2000)**

### *3D Active Chart*

A ferramenta *3D Active Chart*, desenvolvido pela *First Information Systems* (Systems, 2004), é um visualizador tridimensional de informações, no qual os dados são obtidos por meio de tabelas exportadas de um banco de dados.

As informações são apresentadas por gráficos construídos em VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) (Ames, 1997) e pelos registros apresentados em uma grade. A cor das linhas dos registros apresentados nesta grade são as mesmas utilizadas nos gráficos. Ao clicar em um gráfico na cena, é possível visualizar seus valores

correspondentes na grade. Além disso, pode-se ainda selecionar um ou mais registros na grade e visualizá-los como gráficos tridimensionais na cena.

É possível agrupar e filtrar os registros, de forma que facilite a manipulação e visualização. O usuário pode modificar o gráfico, alterando as informações que serão mostradas, a ordem de apresentação, a cor e o formato do gráfico. A Figura 14.3 apresenta a interface do *3D Active Chart*.

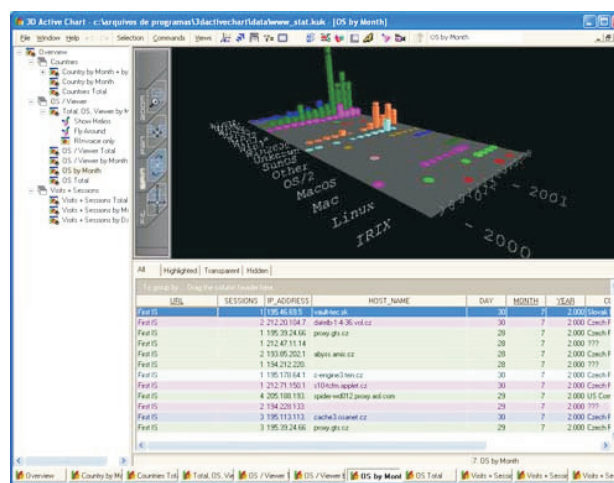


Figura 14.3. Interface do *3d Active Chart* (Systems, 2004)

## 14.5. Visualização de Informação com Realidade Aumentada

Para implementar interfaces tridimensionais, propiciando visualização e manipulação parecidas com as ações no mundo real, a Realidade Virtual faz uso de dispositivos especiais como luvas e capacetes. Isto se deve ao fato do usuário ter que entrar no contexto da aplicação executada dentro do computador, exigindo que ele conheça, ou seja, treinado no uso desses (Kirner and Tori, 2004). Assim, apesar dos benefícios de uma interação mais natural, a necessidade de equipamentos especiais e de treinamento para seu uso acaba limitando o alcance da Realidade Virtual.

Uma solução para esse tipo de problema foi dada pela tecnologia de Realidade Aumentada que, misturando o cenário real com objetos virtuais gerados por computador, produz um único ambiente, sobreposto ao ambiente físico disposto na frente do usuário (Azuma, 1997), produzindo facilmente a análise e a interação com gráficos e a exploração de aspectos cognitivos, relatados com a compreensão da informação. Além disso, o usuário, utilizando as mãos, consegue manipular os objetos reais e virtuais do cenário misturado (Billinghurst, 2005), sem a necessidade de equipamentos especiais.

Abaixo são descritos alguns exemplos da aplicação da Realidade Aumentada na Visualização de Informação.

#### **14.5.1. Exemplos da Aplicação da Realidade Aumentada na Visualização de Informação**

##### *Visualização de Informação de Dados Multidimensionais Usando Realidade Aumentada*

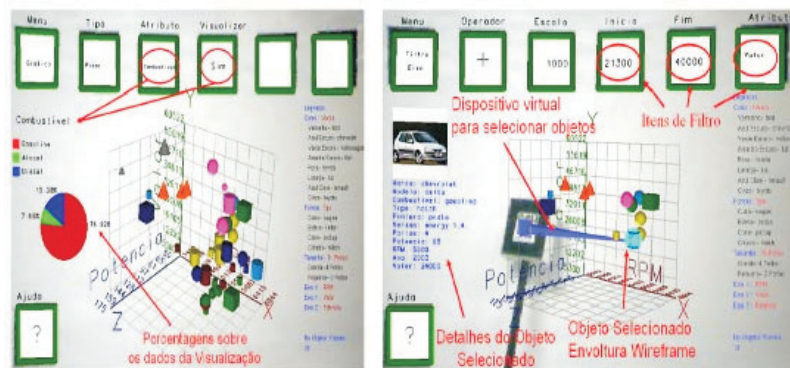
Foi desenvolvida pela Universidade Federal do Pará, uma aplicação para visualizar dados multidimensionais com Realidade Aumentada (Meiguins, 2006). O sistema foi construído utilizando a biblioteca *ARToolKit* (Kato, 2000) como suporte, nesta aplicação o usuário pode interagir de forma natural e direta com a representação, manipulando filtros e objetos tridimensionais. Cada objeto visualizado possui características específicas de cor, forma e tamanho, que representam diretamente valores dos atributos da base.

Por meio de obstrução dos marcadores, é possível acessar qualquer função do sistema. Esta ação consiste em interromper, por algum instante, o processo de captura da câmera sobre o marcador.

Algumas destas funções consistem na utilização de filtros e transformações geométricas.

Os filtros implementados foram idealizados nos conceitos de consultas dinâmicas e contemplam tanto valores discretos, quanto contínuos. Os atributos discretos normalmente estão mapeados para características configuráveis de cor, forma e tamanho. Já os atributos contínuos podem ser representados nos eixos do gráfico. É possível também, interagir com o sistema por meio de mecanismos de *zoom*, rotação e translação.

Além das representações tridimensionais apresentadas pelo sistema, é possível visualizar gráficos 2D, que tem como objetivo auxiliar o usuário com novas informações sobre os dados que estão sendo visualizados. Existem dois tipos de gráficos bidimensionais, em formato pizza e no modelo de histograma. A Figura 14.4 elucida o ambiente da aplicação.



**Figura 14.4. Interface do Sistema (Meiguins, 2006)**

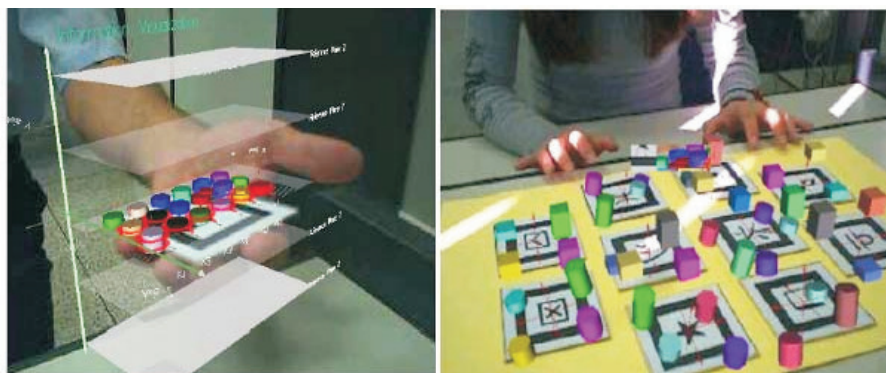
## DataVis-AR

Desenvolvido pela Universidade Metodista de Piracicaba, o *DataVis-AR* ( *Data Visualization Virtual Environment Using Augmented Reality*) (Buk, 2005) é um sistema interativo de visualização de dados com Realidade Aumentada, que utiliza como ferramenta de apoio o *software ARToolKit*. O *DataVis-AR* permite



a análise de diferentes tipos de dados por meio de representações gráficas.

O *software* pode ser configurado, de acordo com a necessidade do usuário, além de possuir um módulo de controle que permite a manipulação de dados no mundo real. Para isto, basta apenas posicionar um marcador pré-cadastrado no campo de visão da câmera e visualizar as informações virtuais no ambiente. A Figura 14.5 apresenta o ambiente desta aplicação.



**Figura 14.5. Interface do *DataVis-AR* (Buk, 2005)**

### *Meta3D++*

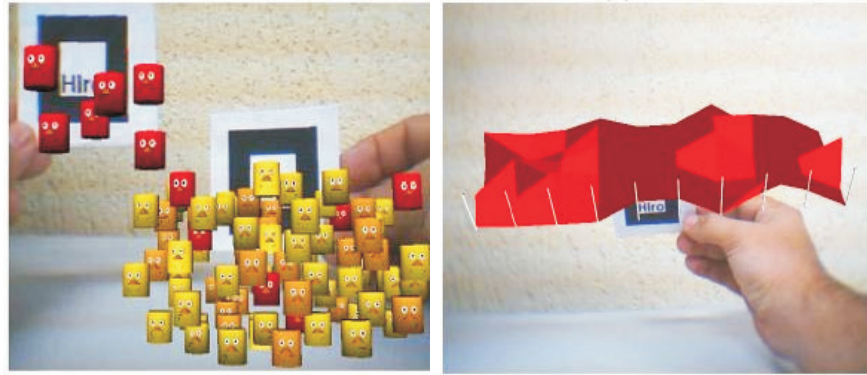
Desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco, o *Meta3D++* (Bueno, 2005) é uma ferramenta de visualização de dados multidimensionais em ambiente de Realidade Aumentada.

A ferramenta foi idealizada para que o usuário utilize em conjunto técnicas estatísticas e de Visualização de Informação, de uma forma integrada, agilizando o processo de criação de uma visualização mais efetiva. Um recurso disponível na *Meta3D++* é a categorização de variáveis, isto é, o usuário pode mapear as classes de uma tabela de distribuição de frequências em categorias.

O sistema *Meta3D++* permite a criação de visualizações 3D, por meio de técnicas de faces de *Chernoff*, coordenadas paralelas e



coordenadas paralelas extrusivas. O usuário pode construir as visualizações no sistema e exportá-las para o formato *VRML*, possibilitando uma fácil visualização e distribuição, Figura 14.6.



**Figura 14.6. Interface do Meta3D++ (Bueno, 2005)**

## 14.6. Considerações

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 aprendizado e treinamento com as formas de interação tradicionais e/ou suportadas por Realidade Virtual.

Nos moldes do proposto com algumas tecnologias, encontra-se o problema relativo ao reconhecimento de marcadores (marcas fiduciais que fazem o mapeamento do objeto virtual para o cenário real), principalmente porque exige recursos de iluminação e posicionamento de câmera e/ou observador de forma adequada.

Ademais, do ponto de vista da implementação e da concepção, fatores complicadores estão associados à dificuldade de programar os ambientes e as associações necessárias.

Ao se desenvolver um sistema tridimensional para visualização de informação devem ser considerados problemas como o da oclusão das mesmas. Em face disto, a mudança de visão e o método de navegação são essenciais para melhorar a interação e a percepção do usuário.

É importante ressaltar que nem sempre a melhor solução é o uso de ambientes tridimensionais para a visualização de dados. Às vezes, as informações a serem visualizadas são tão simples que uma apresentação com tais recursos torna-se fator complicador e prejudica, ao invés de melhorar, o bom entendimento das informações.

## **References**

- Ames, L. A.; Nadeau, R.D.; Moreland D. VRML Sourcebook - Second Edition, John Wisley & Sons, Inc - USA, 1997.
- Azuma, R. T. A Survey of Augmented Reality. UNC Chapel Hill, In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 1997.
- Bekenstein, J. D. Informação no universo holográfico. Scientific American 2003.
- Billinghurst, M. et al. The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. Computer Graphics and Applications, 2001. 21(3), 2-4. Disponível em <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-2002-29/r-2002-29.pdf>. Acesso em 30/03/2005.
- Bueno, M. A. S., et al. Meta 3D++-Visualização de Informação em Realidade Aumentada. II Workshop sobre Realidade Aumentada. Unimep, Piracicaba, SP 2005.

- Buk, C. V. Ambientes Virtuais para Visualização Dinâmica de Informação. 2005. Dissertação (Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba.
- Chambers, J. M., W. S. Cleveland, et al. (1983). Graphical Methods for Data Analysis. Belmont, CA, Wadsworth International Group.
- Chernoff, H. (1973). "The Use of Faces to Represent Points in k-Dimensional Space Graphically." Journal of the American Statistica Association 68(342): 361 - 368.
- Do Nascimento, H. A. D. Visualização de Informação - Uma Abordagem Prática. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - XXIV JAI. UNISINOS - São Leopoldo - RS 2005.
- Floridi, L. Is Information Meaningful Data? Philosophy and Phenomenological Research, 2005. 351-370 p.
- Freitas, C. M. D. S., et al. Introdução à Visualização de Informação. Revista de Informática Teórica e Aplicada, v.2, p.143-158. 2001.
- Gadomski, A. M. Patterns for Conceptualization of Knowledge on Technological Systems and Human Organizations. 9th Polish-Italian-Finnish Conference on Systems Analysis and Decision Support in Economics and Technology. Poland 1993.
- Grinstein, G. G. and M. O. Ward (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.
- Houaiss, A. and M. D. S. Villar. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Objetiva. Rio de Janeiro - RJ: 2925 p. 2001.

- Inselberg, A. and B. Dimsdale (1990). Parallel Coordinates: A Tool for Visualizing Multidimensional Geometry. IEEE Visualization, IEEE Computer Press.
- Kandogan, E. (2000). Star Coordinates: A Multi-dimensional Visualization Technique with Uniform Treatment of Dimensions. IEEE Symposium on Information Visualization 2000, Salt Lake City, Utah.
- Kato, H.; Billinghamst. M.; Poupyrev, I. ARToolKit version 2.33 Manual, Novembro. 2000.
- Keim, D. A. (2002). "Information Visualization and Visual Data Mining." IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 8(1):1-8.
- Keim, D. A. and H. P. Kriegel (1994). "VisDB: Database Exploration Using Multidimensional Visualization." IEEE Computer Graphics and Application 14(5): 16-19.
- Kirner, C. and Tori, R. Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade. In: (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. São Paulo - SP, 2004. Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade, p.3-20
- Kirner, C. Virtual Environment for Shared Interactive Visualization. In: IV Workshop on Information Technology Cooperative Research with Industrial Partners between Germany and Brazil, 1997. Proceedings of the 4th Workshop on Information Technology Cooperative Research with Industrial Partners between Germany and Brazil. Porto Alegre - RS.
- LeBlanc, J., M. O. Ward, et al. (1990). Exploring N-Dimensional Databases. Proc. IEEE Visualization'90, San Francisco, CA.

- Martins, V. F. Processo de Desenvolvimento de Ambientes e Aplicações de Realidade Virtual. 2000. Dissertação (Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos.
- Meiguins, B. S., et al. Multidimensional Information Visualization Using Augmented Reality. VIII Symposium on Virtual Reality. Belém - PA 2006.
- Pickett, R. M. and G. G. Grinstein (1988). Iconographic Display for Visualizing Multidimensional Data. IEEE Conf. on Systems, Man and Cybernetics, Piscataway, NJ, IEEE Press.
- Sousa Junior, R. D., B. S. Meiguins e M. Ribeiro Filho. Ferramenta Colaborativa para Visualização Tridimensional de Dados. VIII Symposium on Virtual Reality. Belém - PA 2006.
- Systems, F. I. 3D ACTIVE CHART. Disponível em: <http://www.rinvoice.com/activechart.htm>. Acesso em 28/02/2004.
- Ward, M. O. (1994). XmdvTool: Integrating Multiple Methods for Visualizing Multivariate Data. Proceedings of IEEE Conference on Visualization.