



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Edson Koiti Kudo Yasojima

**Aplicações Colaborativas Tridimensionais para Visualização de Informação**

Belém  
2012

Edson Koiti Kudo Yasojima

## **Aplicações Colaborativas Tridimensionais para Visualização de Informação**

Dissertação de Mestrado apresentada para  
obtenção do grau de Mestre em Ciência  
da Computação.

Programa de Pós-Graduação em Ciência  
da Computação.

Instituto de Ciências Exatas e Naturais.

Universidade Federal do Pará

Área de concentração em Modelagem e  
Gerência de Sistemas de Informação

Orientador Prof. Dr. Bianchi Serique

Meiguins

Belém

2012

Yasojima, Edson Koiti Kudo.  
Aplicações Colaborativas Tridimensionais para Visualização de Informação  
/ (Edson Koiti Kudo Yasojima); orientador, Bianchi Serique Meiguins. - 2012.  
72 f. il. 28 cm  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto  
de Ciências Exatas e Naturais. Programa de Pós-Graduação em  
Ciência da Computação. Belém, 2011.  
1. Aplicações colaborativas. 2. Visualização da Informação. 3. 3D 4. Realidade Aumentada.  
Meiguins, Bianchi Serique, orient. II. Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação  
em Ciência da Computação.

CDD 22. ed. 515.35

Edson Koiti Kudo Yasojima

## **Aplicações Colaborativas Tridimensionais para Visualização de Informação**

Dissertação de Mestrado apresentada para  
obtenção do grau de Mestre em Ciência  
da Computação.

Programa de Pós-Graduação em Ciência  
da Computação.

Instituto de Ciências Exatas e Naturais.

Universidade Federal do Pará

Banca Examinadora

Prof. Dr. Bianchi Serique Meiguins  
Instituto de Computação – UFPA - Orientador

Prof. Dr. Mario Massakuni Kubo  
Curso Sistema de Informação - Faculdade Alvorada (BSB) – Membro

Prof. Dr. Manoel Ribeiro Filho  
Faculdade de Engenharia da Computação – Instituto Tecnologia – UFPA – Membro

Belém

2012

Dedico os meus pais, meu irmão, minha esposa,  
minha eterna gratidão.

## **Agradecimento**

Agradeço a Deus acima de tudo, por olhar por todos nós.

Agradeço aos meus pais por sempre me ajudar a seguir o caminho correto e me tornar a pessoa que sou hoje. Ao meu irmão pelo companheirismo e convivência por todos esses anos. A minha amada esposa, que me apoia em todas as dificuldades encontradas e pela força para seguir meus sonhos.

Agradeço especialmente e imensamente aos professores e amigos, Bianchi Serique e Aruanda Simões por todos os conselhos, broncas, auxílios, viagens, conversas e momentos de descontração, que fizeram possível a conclusão deste trabalho.

Agradeço também ao Seu Artur Pojo pela ajuda e por fornecer toda infraestrutura necessária para realização deste trabalho e reuniões na Rede Informática.

Um muito obrigado pelo apoio de todos os companheiros envolvidos direta ou indiretamente neste trabalho: Anderson Marques, Rafael Veras, Nikolas Carneiro, Rodrigo Lourenço, Leandro Almeida, Leonardo Almeida, Rodrigo (Frodo) e toda equipe da Rede Informática.

Obrigado também a coordenação do PPGCC e a fundação FAPESPA pelo suporte e apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

## **RESUMO**

A área da visualização da informação tem como objetivo coletar e organizar dados a fim de criar padrões para cognição do usuário através de visualizações (SPENCE, 2007). As visualizações buscam potencializar a percepção do usuário, aumentando a capacidade de cognição sobre problema e permite mais facilmente o reconhecimento de relações e padrões entre os dados.

O compartilhamento da visualização entre várias pessoas permite a colaboração e discussão de visões, possibilitando resultados mais precisos ainda (MARK, CARPENTER, & KOBSA, 2003). Visualizações em um ambiente 3D naturalmente permitem uma dimensão a mais para representação de dados, quando comparado a ambientes 2D, por exemplo, na técnica dispersão de dados o eixo de profundidade do ambiente 3D permite a adição de mais um eixo para as coordenadas cartesianas no gráfico, aumentando assim a capacidade de amostragem dos dados.

Dentro deste contexto, esta dissertação tem como objetivo gerar aplicações colaborativas de visualização da informação em ambientes 3D e realidade aumentada, buscando novas possibilidades de representação espacial, e possibilidade de aprimorar o processo de descoberta de padrões e relacionamentos nos dados entre um grupo de pessoas com objetivos comuns. Este projeto faz uso de tecnologias gratuitas e abertas para o desenvolvimento dos protótipos, e serão realizados testes com usuários para validação dos mesmos, objetivando sempre os conceitos de uma boa ferramenta de visualização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Visualização da Informação, Aplicações Colaborativas, 3D, Realidade Aumentada

## **ABSTRACT**

The information visualization scenario aims to collect and organize data to create patterns for users cognition thought visualizations (SPENCE, 2007). Views try to improve users perception, increasing the capacity to solve problems and recognize relations and patterns more easily.

Sharing visualizations between various users allows the collaboration and discussions about the views, making more precise results (MARK, CARPENTER & KOBASA, 2003). Visualization in a 3D environment allows one more dimension for representing data comparing to 2D environment, for example, in a scatterplot, the depth axis of the three-dimensional environment allows the addition of another axis to the Cartesian coordinates on the graph, thereby increasing the capacity of data sampling.

Within this context, this paper aims to generate collaborative applications of information visualization in 3D environments and augmented reality, aiming at new possibilities for spatial representation, and the possibility of improving the process of discovering patterns and relationships in the data among a group of people with common goals. This project will make use of free and open technologies for development of prototypes and user testing will be conducted to validate the same, always aiming at the concepts of a good visualization tool.

**KEYWORDS:** Information Visualization, Collaborative Applications, 3D, Augmented Reality



## **LISTA DE PUBLICAÇÕES**

COLLABORATIVE AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR INFORMATION VISUALIZATION  
SUPPORT. IV2011, LONDON, JULY 12-15, 2011.

PRISMA MAPS – A GEOVISUALIZATION SUPPORT FOR PRISMA MULTIPLE COORDINATED VIEW  
INFORMATION VISUALIZATION TOOL. IV2011, LONDON, JULY 12-15, 2011.

COLLABORATIVE AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR INFORMATION VISUALIZATION  
SUPPORT. IV2012, FRANCE, JULY 10-13, 2012.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 FERRAMENTA PRISMA PARA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO (GODINHO, ET AL., 2007).....	19
FIGURA 2 ESQUEMA DE DEDUÇÃO DE RESULTADOS .....	20
FIGURA 3 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM FERRAMENTAS DE VI (CARMO, 2007) .....	21
FIGURA 4 EXEMPLO DE TERMINOLOGIA COM DISPERSÃO DE DADOS .....	22
FIGURA 5 NA FIGURA A ESQUERDA (1), ALGUNS PONTOS ESTÃO "ESCONDIDOS" SOBRE A LINHA, NA FIGURA A DIREITA (2) UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO TRANSFORMANDO OS OBJETOS DOS DADOS EM CÍRCULOS SEM PREENCHIMENTO. ....	22
FIGURA 6 O GRÁFICO NÃO EXPLICA O QUE SÃO TODOS OS ELEMENTOS PRESENTES (EX: LINHAS PONTILHADAS) .....	23
FIGURA 7 EXEMPLO DE UM TREEMAP NA FERRAMENTA PRISMA (GODINHO, ET AL., 2007).....	24
FIGURA 8 COORDENADAS PARALELAS DA FERRAMENTA SPOTFIRE (AHLBERG, 1996) .....	25
FIGURA 9 DISPERSÃO DE DADOS DA FERRAMENTA PRISMA .....	26
FIGURA 10 MVC-RA (CARMO, 2007) .....	31
FIGURA 11 VOYAGERS AND VOYEURS (HEER, VIEGAS, & WATTENBERG, 2007).....	31
FIGURA 12 ARQUITETURA MODULAR GERAL DOS PROTÓTIPOS .....	32
FIGURA 13 PROTÓTIPO 3D .....	33
FIGURA 14 PROTÓTIPO EM REALIDADE AUMENTADA .....	33
FIGURA 15 FILTRO NO PROTÓTIPO 3D.....	35
FIGURA 16 FILTRO NO PROTÓTIPO EM REALIDADE AUMENTADA.....	35
FIGURA 17 SELEÇÃO DE OBJETOS NA APLICAÇÃO 3D .....	36
FIGURA 18 SELEÇÃO DE OBJETOS A APLICAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA .....	36
FIGURA 19 DETALHES EM DEMANDA DO PROTÓTIPO 3D .....	37
FIGURA 20 DETALHES EM DEMANDA DO PROTÓTIPO EM REALIDADE AUMENTADA.....	37
FIGURA 21 CONFIGURAÇÃO DE COR NA APLICAÇÃO 3D.....	38
FIGURA 22 CONFIGURAÇÃO DE COR NA APLICAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA .....	38
FIGURA 23 HISTÓRICO REMOTO E HISTÓRICO LOCAL RESPECTIVAMENTE.....	39
FIGURA 24 MENU DE COMPARTILHAMENTO DO PROTÓTIPO 3D .....	39
FIGURA 25 VISÕES COMPARTILHADAS DO PROTÓTIPO EM REALIDADE AUMENTADA .....	40
FIGURA 26 CHAT DA FERRAMENTA 3D .....	40
FIGURA 27 UTILIZAÇÃO DE MARCADORES PARA PLOTAGEM DE OBJETOS VIRTUAIS (KATO & BILLINGHURST, 1999).....	41
FIGURA 28 ORGANIZAÇÃO DE CLASSES DA API.....	42
FIGURA 29 UTILIZAÇÃO BÁSICA DA API .....	44
FIGURA 30 ESTRUTURA DA BASE DE DADOS PARA UTILIZAÇÃO DA API.....	44
FIGURA 31 ALGORITMO DE TESTE .....	45
FIGURA 32 SAÍDA DA EXECUÇÃO, TEMPO ESTÁ EM MILISSEGUNDOS.....	45
FIGURA 33 ARQUITETURA DA API DE INTERFACE GRÁFICA .....	46
FIGURA 34 UTILIZAÇÃO DA API DE INTERFACE GRÁFICA .....	48
FIGURA 35 FUNCIONAMENTO DA API DE INTERFACE GRÁFICA.....	48
FIGURA 36 ARQUITETURA DO MÓDULO DE COLABORAÇÃO .....	49
FIGURA 37 ARQUITETURA SIMPLIFICADA DO MÓDULO DE VISUALIZAÇÃO .....	51
FIGURA 38 MÉDIA DO TEMPO DE RESOLUÇÃO DE QUESTÕES EM MINUTOS (ARREDONDADO) EM AMBIENTE 3D E RA.....	54
FIGURA 39 UTILIZAÇÃO DE UM AMBIENTE DE REALIDADE AUMENTADA PARA ENRIQUECIMENTO DE MAPAS .....	56

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 FUNÇÃO DE CADA CLASSE DA API.....	42
TABELA 2 FUNÇÃO DE CADA CLASSE DA API DE INTERFACE GRÁFICA .....	46
TABELA 3 CLASSES DA ARQUITETURA DE COLABORAÇÃO .....	49
TABELA 4 PACOTES DO MÓDULO DE VISUALIZAÇÃO .....	51

## **LISTA DE SIGLAS**

*API – Application Programing Interface*

*CSS – Cascating Style Sheets*

*IDE – Integrated Development Environment*

*IHC – Interface Humano-Computador*

*RA – Realidade Aumentada*

*RMI – Remote Method Invocation*

*TCP – Transmission Control Protocol*

*VI – Visualização da Informação*

# Sumário

<b>Capítulo 1 - Introdução</b> .....	<b>15</b>
1.1. <i>Objetivos</i> -----	16
1.2. <i>Metodologia</i> -----	16
1.3. <i>Estrutura da Dissertação</i> -----	18
<b>Capítulo 2 - Visualização da Informação</b> .....	<b>19</b>
2.1. <i>Cognição Humana e Construção do Conhecimento</i> -----	20
2.2. <i>Características em Comum de Ferramentas de Visualização da Informação</i> -----	21
2.3. <i>Tipos de Dados e Visões</i> -----	23
<b>Capítulo 3 - Ambientes Colaborativos</b> .....	<b>27</b>
3.1. <i>Características de um Bom Ambiente Colaborativo</i> -----	27
3.2. <i>Ambientes Colaborativos e Realidade Aumentada</i> -----	28
<b>Capítulo 4 - Trabalhos Relacionados</b> .....	<b>30</b>
4.1. <i>Considerações de Design para Ambientes Colaborativos de Análise Visual</i> -----	30
4.2. <i>Colaboração em Realidade Aumentada: Como Estabelecer Coordenação e Atenção Conjunta?</i> --	30
4.3. <i>Design Colaborativo em Espaços Tridimensionais</i> -----	30
4.4. <i>MVC-RA: Múltiplas Visualizações de Informação Coordenadas e Aumentadas</i> -----	31
4.5. <i>Voyagers and Voyeurs: Supporting Asynchronous Collaborative Information Visualization</i> -----	31
<b>Capítulo 5 - Implementação do Protótipo</b> .....	<b>32</b>
5.1. <i>Apresentação dos Protótipos</i> -----	33
5.2. <i>Tecnologias utilizadas</i> -----	40
5.3. <i>Módulo de Leitura do Banco de Dados</i> -----	41
5.4. <i>Módulo de Menu de Interação</i> -----	45
5.5. <i>Módulo de Compartilhamento</i> -----	48
5.6. <i>Módulo de visualização</i> -----	50
<b>Capítulo 6 - Testes e Guidelines</b> .....	<b>52</b>
6.1. <i>Testes e Resultados</i> -----	52
6.2. <i>Guidelines Geradas</i> -----	54
<b>Capítulo 7 – Considerações Finais</b> .....	<b>57</b>
7.1. <i>Desafios Encontrados</i> -----	58
7.2. <i>Trabalhos Futuros</i> -----	58
<b>Referências</b> .....	<b>59</b>



# Capítulo 1 - Introdução

---

*Neste capítulo serão abordados os principais aspectos que levaram a construção desta pesquisa, assim como motivação, objetivos, metodologia utilizada para sua realização.*

---

Em meio à evolução das diversas áreas de tecnologia da informação, é notável o grande crescimento do volume de vários tipos de dados. Com objetivo de organizar e retirar interpretações humanas de um grande volume de dados, a área de Visualização da Informação (VI) busca manipulá-los de maneira em que o usuário consiga “enxergar” padrões e organizar dados por meio da criação de visões seguindo determinadas técnicas.

Existem atualmente diversas ferramentas de VI utilizando variadas técnicas e plataformas para construir visões cognitivas através de dados provenientes de uma fonte.

Aproximadamente nos últimos vinte anos, estudos na área de Interação Humano-Computador (IHC) tiveram um papel fundamental na construção de ferramentas de VI em que usuários podem interagir de forma eficaz, também possibilitou o surgimento de varias técnicas de visualização de dados (e.g. Treemap, Dispersão, Coordenadas Paralelas). Muitos destes trabalhos focam na construção, representação e interação monousuário sobre as ferramentas (ARIAS, EDEN, FISCHER, & GORMAN, 2000).

Visto que a VI consiste na atividade de um usuário manipular e organizar dados, a fim de interpretar e analisar resultados, a inserção do contexto colaborativo nas ferramentas, mostrou que usuários em um ambiente colaborativo, fazendo a análise de resultados de forma conjunta, chegaram a achar mais soluções e resultados mais precisos em relação a um ambiente monousuário (MARK, CARPENTER, & KOBASA, 2003). Isso se deve ao fato de que, ambientes que possibilitam a troca de informações e abertura de discursões sobre resultados, provê interpretações mais precisas sobre determinado problema.

(HEER & AGRAWALA, 2008) propõem considerações sobre o design de aplicações colaborativas de VI, abordando estrutura de equipe, quantidade de pessoas, entrosamento, nível social e conhecimento de cada participante. (SCHNIER, PITSCH, DIERKER, & HERMANN, 2011) propõe um estudo sobre trabalho colaborativo em um ambiente de

realidade aumentada, analisando como a equipe age em torno de um problema e como é o comportamento quanto ao uso em ambiente de realidade aumentada.

Analisando estes aspectos, esta dissertação demonstra a construção e a utilização de duas aplicações em diferentes ambientes, 3D e realidade aumentada em um contexto colaborativo. Além disto, visa relatar testes com o usuário e demonstrar possíveis considerações sobre a implementação e a utilização de ferramentas colaborativas de visualização da informação.

## **1.1. Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo a construção de uma aplicação colaborativa de visualização da informação em 3D e realidade aumentada.

Além disso, o projeto visa atender requisitos importantes como:

- Realizar testes de usabilidade e considerações sobre a interface dos aplicativos;
- Geração de considerações para construção e utilização de ambientes colaborativos de visualização da informação 3D e de realidade aumentada;
- Implementar técnica de dispersão de dados nos ambientes propostos;
- Atender a maioria os requisitos necessários de uma ferramenta de visualização e de um ambiente colaborativo;
- Construção de uma arquitetura de acordo com a implementação dos protótipos;
- Realização de testes sobre os aplicativos desenvolvidos.

## **1.2. Metodologia**

Para implementação dos protótipos é utilizado a abordagem iterativo e incremental (GAMMA, HELM, JOHNSON, & VLISSIDES, 1994), onde durante as fases de desenvolvimento serão supervisionados pelo orientador do projeto.

Na fase de implementação do protótipo em geral, é utilizada a linguagem de programação Java que é orientada a objetos e possui uma grande variedade de funcionalidades que possibilitam o aumento de produtividade e qualidade de código.

Outra ferramenta importante é a JMonkey Engine, uma engine para jogos 3D que possui varias funções relacionadas a computação gráfica e processamento e manipulação de objetos 3D.



Para camada de rede e transporte de dados, será utilizada a Java RMI que é um complemento da linguagem Java para transporte de objetos e sincronização de usuários em uma rede, ela terá papel importante no fator colaboração.

Serão feitas análises importantes durante a fase de testes dos protótipos, pois é nesta fase em que serão geradas considerações sobre o que foi testado e o que deve ser melhorado ou retirado.

Atividades para realização do projeto incluíram tarefas como:

- Constante supervisionamento e *feedback*;
- Pesquisa em artigos e revistas científicas relacionadas ao projeto;
- Publicação de material científico em congressos e conferências.

Para validar as funcionalidades das ferramentas, serão utilizadas técnicas de avaliação para ferramentas de visualização da informação. De acordo com o método de avaliação proposto por (PILLAT, VALIATI, & FREITAS, 2005), os usuários da ferramenta serão submetidos a um curto treinamento e logo após irão utilizar a ferramenta para realizar algumas premissas previamente definidas que envolverão tarefas de:

- Identificação;
- Determinação;
- Visualização;
- Comparação.

A partir dos resultados colhidos, a usabilidade das funcionalidades da ferramenta serão enquadradas em um nível de severidade que pode ser:

- Nível 0 (sem importância): Não afeta a usabilidade;
- Nível 1 (leve): Não há necessidade de reparar imediatamente o problema;
- Nível 2 (simples): Problema de baixa prioridade (pode ser reparado);
- Nível 3 (grave): Problema de alta prioridade (que precisa ser reparado);
- Nível 4 (catastrófico): Muito sério (que precisa ser reparado).

Tendo em mente os resultados finais obtidos, é feita alterações na ferramenta caso haja a necessidade, para adequar aos conceitos abordados no projeto.

### **1.3.Estrutura da Dissertação**

No capítulo 2 é abordado conceitos teóricos sobre VI e a cognição humana através das visualizações. O capítulo 3 conceitua ambientes colaborativos, suas características e diferentes tipos de ambientes. Trabalhos relacionados utilizados como ideia para construção do projeto são mostrados no capítulo 4. O capítulo 5 é feita a explicação das fases e módulos das aplicações, assim como as suas funcionalidades. Testes realizados e resultados são abordados no capítulo 6 e conclusões a respeito dos testes e trabalhos futuros gerados no capítulo 7.

## Capítulo 2 - Visualização da Informação

*Neste capítulo será abordada a área de visualização da informação e técnicas para construção de visualizações. Assim como recomendações para construção de boas ferramentas de visualização e sua utilização.*

Uma das principais ideias da visualização da informação é fazer com que o usuário interaja com uma grande quantidade de dados utilizando um contexto, gerando representações gráficas que podem ser interpretadas por um humano. Há um campo relacionado, e algumas vezes sobreposto, à visualização de informação, chamado “visualização científica”. A visualização científica se preocupa em 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).

Visualizações promovem uma pequena, mas crucial tarefa nos sistemas cognitivos. Por meio de visões, as aplicações abrem um grande canal de comunicação homem-máquina. Seres humanos possuem uma melhor interpretação quando um contexto é ilustrado por imagens (WARE, 2004), como exemplo podemos verificar a ferramenta PRISMA que utiliza múltiplas visões para construir visões utilizando dados (Figura 1).

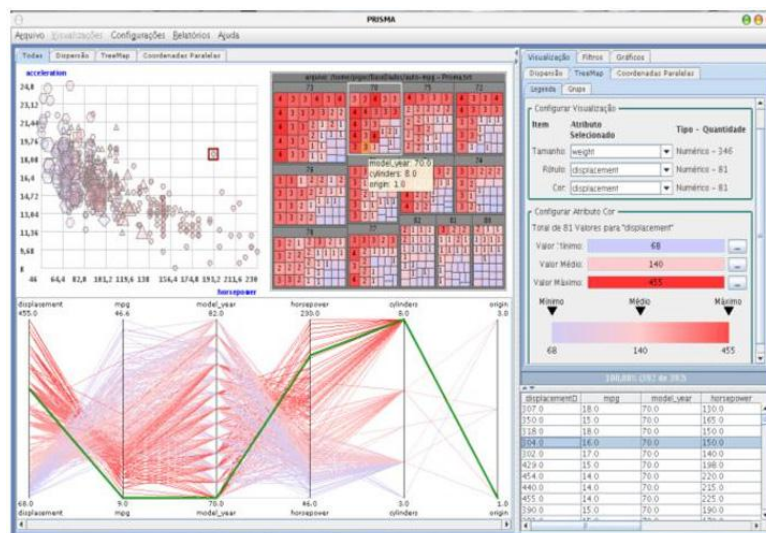
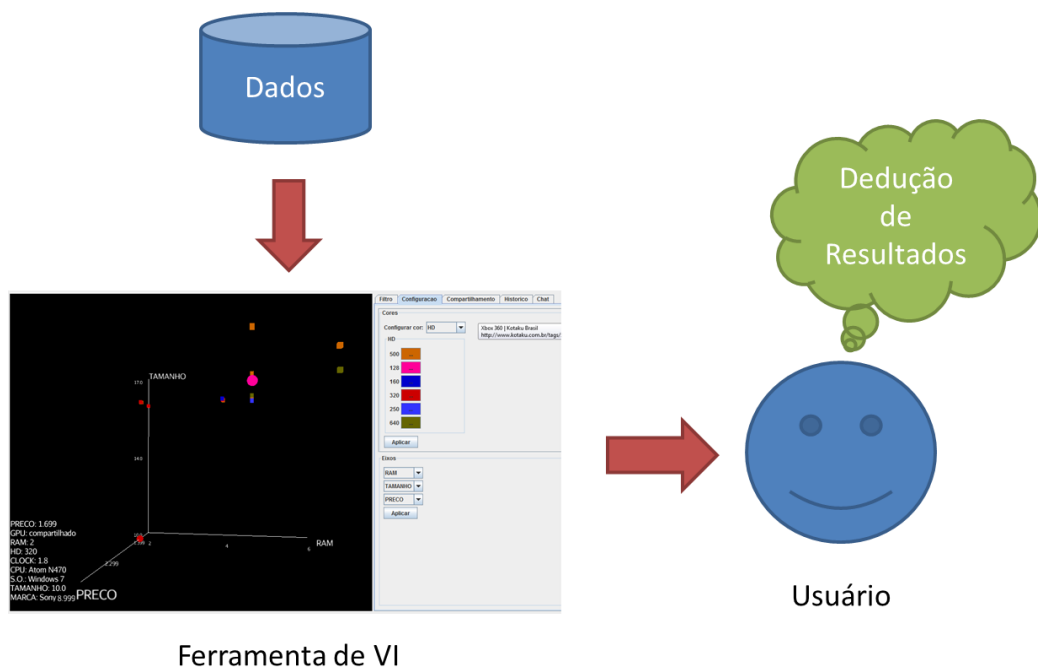


Figura 1 Ferramenta PRISMA para Visualização da Informação (GODINHO, et al., 2007)

## 2.1. Cognição Humana e Construção do Conhecimento

Uma das essenciais tarefas da VI não é fazer com que o usuário “enxergue” apenas gráficos sem nenhum objetivo, mas sim que ele consiga extrair o conhecimento através das visões construídas.

Um dos grandes objetivos da área é fazer com que a pessoa que esteja analisando a visão, chegue a uma compreensão dos dados analisados, podendo fazer a dedução de resultados de acordo com as fases de manipulação da visão (Figura 2) (CARD, MACKINLAY, & SHNEIDERMAN, 1999).



**Figura 2** Esquema de dedução de resultados

(YI, KANG, STASKO, & JACKO, 2008) faz uma profunda análise sobre o processo cognitivo humano em relação à manipulação de dados para construção de visões. Não existe uma lei universal de como se chega a uma dedução de um resultado. A forma de como é feita a manipulação e a conclusão depende muito do usuário do sistema e do problema analisado. Mas existe um ciclo em comum que usuários seguem quando utilizam ferramentas de VI (Figura 3).

Este é um dos fatores em que o contexto colaborativo pode ser utilizado, levantando discussões entre participantes, permitindo uma melhor análise de resultados.

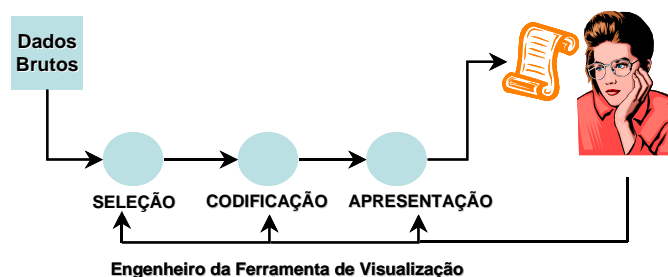


Figura 3 Etapas da construção do conhecimento em ferramentas de VI (CARMO, 2007)

## 2.2. Características em Comum de Ferramentas de Visualização da Informação

(SHNEIDERMAN, 1996) fez um estudo sobre como devem ser as ferramentas de visualização da informação, para se construir uma aplicação eficaz que possam atingir os objetivos da VI, são enumeradas algumas importantes características de funcionalidades que um programa deve ter:

- Visão Geral: o usuário pode ter uma visão geral de toda a base de dados;
- Zoom: foco em apenas alguns itens de interesse;
- Filtro: filtrar dados através de valores escolhidos;
- Detalhes em demanda: consultar valores detalhados sobre determinado objeto.

(SHNEIDERMAN, 1996) também compôs um mantra vastamente utilizado como princípio básico de toda ferramenta de visualização da informação:

*“Overview first, zoom and filter, then Details on Demand”* (Visão geral primeiro, zoom e filtro, detalhes em demanda depois).

O mantra explicitado resume o uso básico de toda ferramenta de visualização da informação, onde o usuário visualiza a base de dados em sua totalidade representada por uma ou mais técnicas de visualização, e aplicando operações na visualização ele poderá configurar os objetos de amostragem nas visões e verificar os resultados de acordo com o objetivo a ser analisado.

Além das funcionalidades básicas, a visão construída também precisa ser desenhada de forma otimizada para que o usuário possa visualizar de forma clara e efetiva. Os dados gráficos podem se tornar difíceis de visualizar se não seguir alguns princípios de construção de visualizações, sendo que grande parte destas características podem ser contornadas utilizando o mantra citado acima. Existem alguns princípios que devem ser levados em conta da visão que irá ser utilizada (CLEVELAND, 1993):

- Terminologia: Gráficos devem apresentar recursos indicando o que cada elemento em destaque apresenta ou indicação de intervalo (Figura 4).

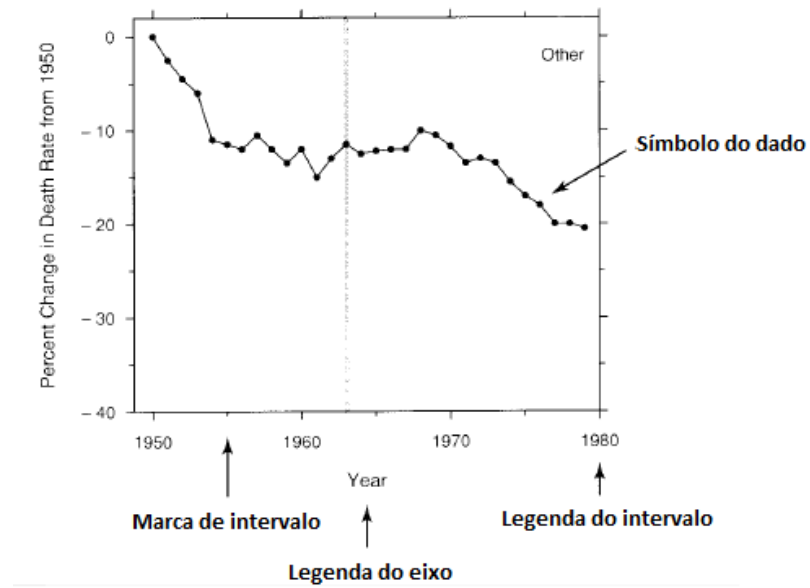
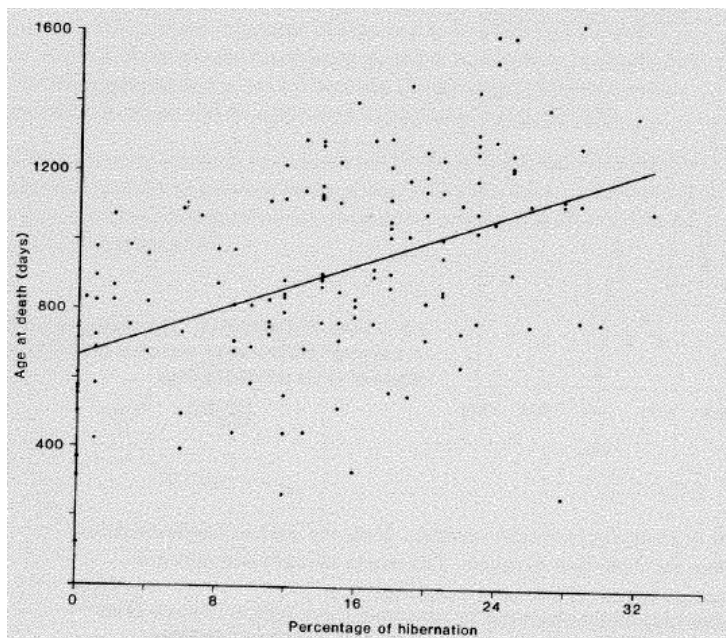
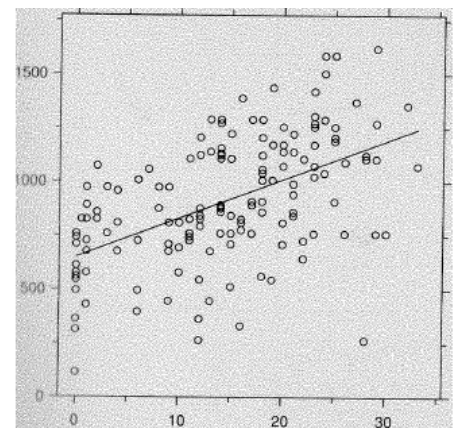


Figura 4 Exemplo de terminologia com dispersão de dados

- Visão Limpa: Dados devem ser destacados na visão evitando ao máximo a sobreposição de objetos (Figura 5):



1



2

Figura 5 Na figura a esquerda (1), alguns pontos estão "escondidos" sobre a linha, na figura a direita (2) uma possível solução transformando os objetos dos dados em círculos sem preenchimento.

- Entendimento claro e conciso: A visão deve mostrar apenas o essencial ao usuário, evitando informações desnecessárias ou que podem desviar a atenção do problema principal analisado (Figura 6).

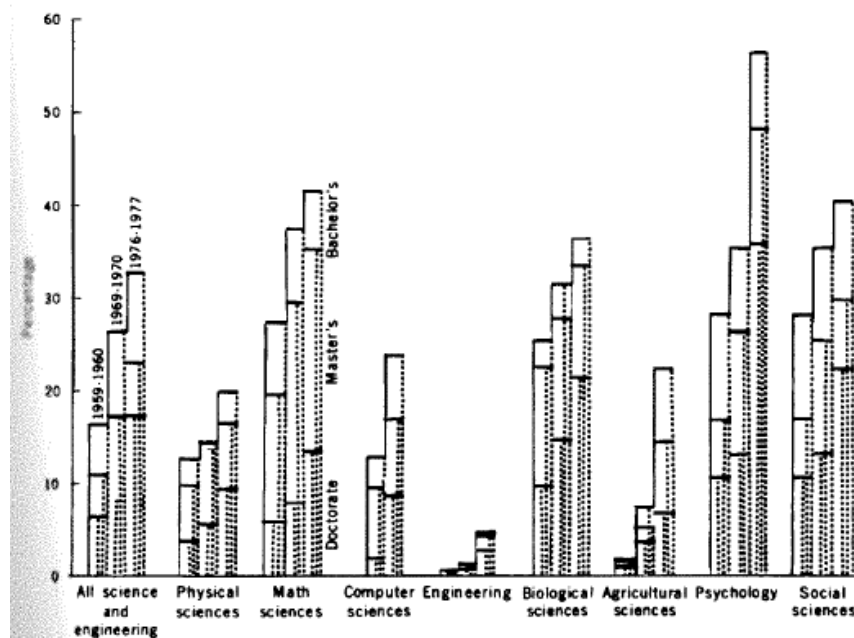


Figura 6 O gráfico não explica o que são todos os elementos presentes (ex: linhas pontilhadas)

- Escala: a visão pode ser aumentada ou diminuída sem que haja muito agrupamento ou sobreposição entre eles.

### 2.3. Tipos de Dados e Visões

Para construir visões, é preciso utilizar dados de alguma fonte de informações (e.g. banco de dados), dependendo do tipo de dado, elementos na visão sofrem alterações a fim de representar determinada informação. Por exemplo, dados numéricos podem ser utilizados como coordenadas para mapear dados em uma dispersão, ou determinar o tamanho de fatia em um gráfico de em forma de pizza. Dados são categorizados em basicamente três tipos (WARE, 2004):

- Categórico: são dados representados por nomes, geralmente classificações (e.g. Filmes podem ter classificações como terror, romance, ação etc.).
- Inteiros: são tipos representados por números inteiros utilizados para classificação de dados categóricos, dependendo da quantidade de inteiros distintos em uma fonte de dados, podem entrar no tipo categórico ou contínuo.

- Contínuo: são representados por números reais, geralmente possuem grande diversidade de valores distintos pelo fato de possuir casas decimais. Como exemplo, pode-se citar coordenadas, datas, etc.

Existem diversos tipos de visualizações que podem ser construídas a partir de dados. A seguir serão citadas algumas visões vastamente utilizadas na área de visualização da informação.

### 2.3.1. Treemap

O treemap (Figura 7) foi criado por (JOHNSON & SHNEIDERMAN, 1992) em que consiste um gráfico composto por elementos de diversos tamanhos determinados por um atributo da base de informações, por exemplo, quanto mais alto for a potencia de um carro, maior será o espaço ocupado pelo objeto que representa aquele determinado carro.

Cada dado do treemap é representado por um objeto retangular, estes objetos podem ser separados em grupos hierárquicos de acordo com o valor desejado, assim como configuração de cor e rótulo. Cada retângulo varia seu tamanho de acordo com o valor presente, quanto maior o valor, maior a área ocupada.



Figura 7 Exemplo de um treemap na ferramenta PRISMA (GODINHO, et al., 2007)



### 2.3.2. Coordenadas Paralelas

As coordenadas paralelas (Figura 8) é uma técnica introduzida por (INSELBERG & DIMSDALE, 1990) onde utiliza linhas paralelas para representar um plano multi-dimensional, onde é possível representar em um plano bidimensional. Utiliza o conceito de nomogramas como base para construção de um gráfico com linhas dispostas paralelamente para resolução de problemas em comum.

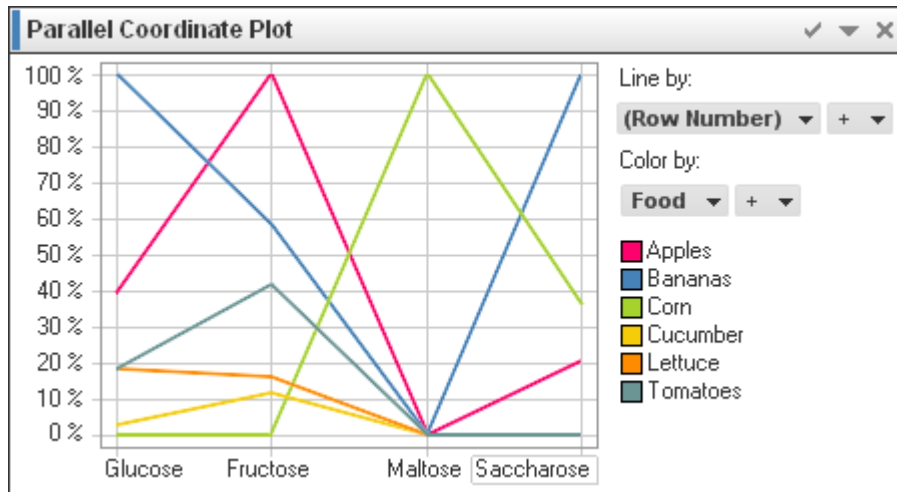
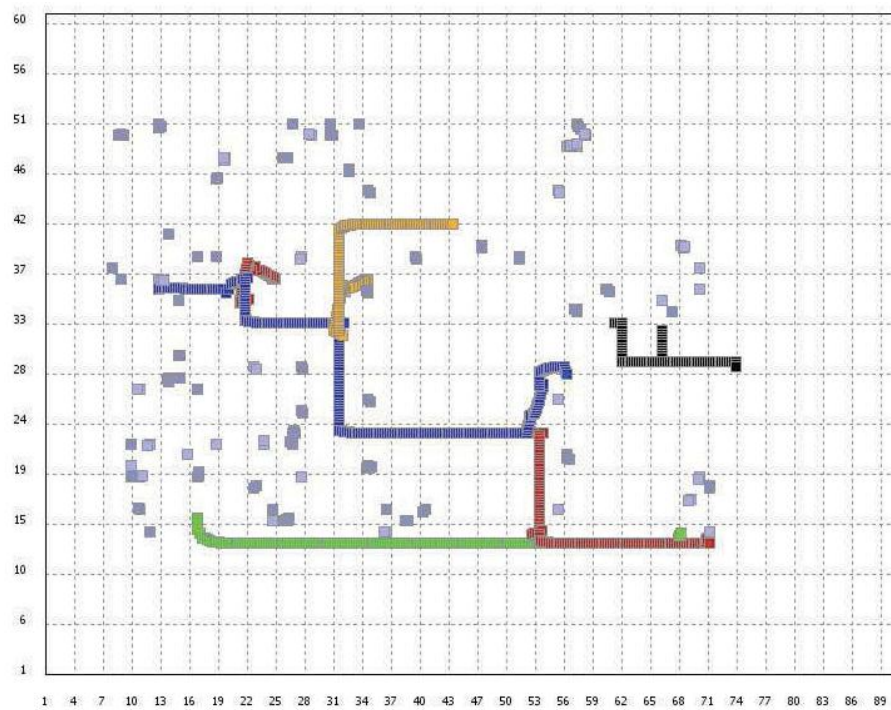


Figura 8 Coordenadas paralelas da ferramenta Spotfire (AHLBERG, 1996)

### 2.3.3. Dispersão de Dados

A dispersão de dados (Figura 9) é um dos mais antigos gráficos, utilizada desde meados do ano 1800, onde consistem em eixos de orientação para alocação de objetos em um plano cartesiano. Dispersão de dados facilita a visão de dados em grande escala e é de fácil cognição ao usuário (BURING & REITERER, 2005).



**Figura 9** Dispersão de dados da ferramenta PRISMA

## Capítulo 3 - Ambientes Colaborativos

---

*Neste capítulo serão apresentadas considerações sobre ambientes colaborativos, seus conceitos e alguns métodos de interação.*

---

Ambientes colaborativos fornecem um ambiente para que as pessoas se conectem e interajam em uma mesma atividade. Os ambientes multiusuários são uma nova forma para as pessoas a colaborar e trabalhar em conjunto. Com a evolução da internet, aplicativos de multiusuários são cada vez mais usados pelas pessoas. Estas aplicações fornecem em tempo real recursos que possibilita a manipulação de dados entre várias pessoas dentro de um mesmo contexto, possibilitando assim, a troca de informações e conhecimento (DIEHL, 2001).

Ferramentas de visualização da informação permitem construir visões que por sua vez são interpretadas pelo ser humano, podendo julgá-las corretas ou não, se mais pessoas puderem participar no processo de construção e interpretação de visão utilizando um contexto colaborativo, os resultados poderão ser mais precisos. De acordo com (HEER, VIEGAS, & WATTENBERG, *Voyagers and Voyeurs Supporting Asynchronous Collaborative Information Visualization*, 2007), a maioria das ferramentas de visualização da informação concentra-se em um único usuário, deixando de lado o fator de interação com outras pessoas. Visualizações não são utilizadas apenas para explorar e analisar, mas para comunicar resultados. Pessoas podem comunicar erros e discutir formas para melhorar resultados, contribuindo para um melhor entendimento de todos.

### **3.1. Características de um Bom Ambiente Colaborativo**

(HEER, 2006) analisou que grupos de usuários quando trabalham colaborando com um objetivo em comum, tendem a se sentir mais motivados a discutir e compartilhar mais conhecimento e experiência com outros do grupo.

Mas para atingir o objetivo da colaboração, (CHURCHILL, SNOWDON, & MUNRO, 2001) explicita funcionalidades que um ambiente colaborativo virtual precisa possuir para haver uma boa comunicação e localização de um grupo resolvendo um problema dentro de uma aplicação:

- **Compartilhamento de contexto:** através do compartilhamento de contexto, um usuário pode indicar ou apontar algum objeto do ambiente, por exemplo, clicar em

uma caixa e ela está selecionada para outros usuários do grupo. Além disso, usuários podem deixar mensagens de texto ou voz para outros usuários.

- **Histórico de atividades:** usuários poderão acompanhar em tempo real, atividades de outros usuários. Ou seja, quando uma pessoa estiver arrastando um objeto no ambiente virtual, outro usuário poderá ver aquele objeto sendo arrastado ou acompanhar posteriormente quem moveu o objeto.
- **Negociação e Comunicação:** A comunicação é algo crucial em ambientes colaborativos, é necessário prover mecanismos para pessoas conversarem e mandarem mensagens entre si. Além disto, deve haver também mecanismos de negociação, dentro de um ambiente de visualização da informação, por exemplo, usuários poderão compartilhar visões e as pessoas que recebem as visões compartilhadas podem ter a escolha de receber ou não determinada visão.
- **Pontos de visão diversificados:** Dentro de um ambiente podem existir regras e cargos. Em um fórum de discussão, por exemplo, moderadores tem o poder de punir maus usuários, sendo que usuários comuns não possuem os mesmos privilégios de um administrador, no entanto, todos compartilham o mesmo ambiente.

### **3.2. Ambientes Colaborativos e Realidade Aumentada**

Ao contrário da realidade virtual, que transporta o usuário para o ambiente virtual, realidade aumentada mantém o usuário em seu ambiente físico adicionando objetos tridimensionais ao local, permitindo a interação com objetos virtuais com mais naturalidade. Novas interfaces são multimodais e vêm sendo desenvolvidos para facilitar a manipulação de objetos virtuais no espaço do usuário, usando as mãos ou dispositivos de interação simples. E para alcançar seus objetivos, a RA necessita integrar as informações sintéticas dentro do ambiente real (REGENBRECHT & WAGNER, 2002) (KIRNER & TORI, 2006).

Atualmente RA proporciona novos meios de interação do usuário com a máquina, criando uma aplicação mais realística e interessante para o cliente em várias áreas do conhecimento, desde educação até marketing (MEDICHERLA, CHANG, & MORREALE, 2010).

Com a evolução dos dispositivos de hardware, mais aplicações com RA estão ganhando espaço no mercado, focando no público leigo, e criando diversas aplicações em museus e celulares (HIROSE & TANIKAWA, 2010) (REN & WANG, 2010).

Ambientes colaborativos utilizando realidade aumentada vêm sendo estudados com objetivo de avaliar e propor melhorias nas formas de interação e comunicação. A utilização da RA no contexto colaborativo vem sendo um negócio promissório quando se diz respeito à colaboração. Várias idéias vêm sendo implementadas nesse contexto. Isso também releva preocupações quando se diz a respeito a interação, novas maneiras de interagir surgem, abrindo novas pesquisas para testes de usabilidade e aceitação do usuário em relação a aplicação (BILLINGHURST, 2008) (BILLINGHURST & KATO, 2001).

Conceitos de ambientes colaborativos serão utilizados neste trabalho para possibilitar a interação de uma ou mais pessoas em uma mesma visualização por meio de marcadores e comandos de voz.

## Capítulo 4 - Trabalhos Relacionados

---

*Este capítulo aborda os trabalhos com um contexto semelhante ao da pesquisa realizada e algumas de suas principais ideias que contribuíram para o trabalho.*

---

### **4.1. Considerações de Design para Ambientes Colaborativos de Análise Visual**

O trabalho de (HEER & AGRAWALA, 2008) foca em ambientes colaborativos assíncronos, ou seja, ambientes em que um usuário pode salvar o estado de sua atividade para que posteriormente outro usuário possa continuar, sem que necessariamente os dois estejam conectados ao mesmo tempo.

Além disto, a maior parte do trabalho busca o foco mais na parte interpessoal, analisando características das pessoas envolvidas no ambiente, como o nível de conhecimento, status social, capacidade de interação, entrosamento da equipe e etc.

### **4.2. Colaboração em Realidade Aumentada: Como Estabelecer Coordenação e Atenção Conjunta?**

O trabalho feito por (SCHNIER, PITSCH, DIERKER, & HERMANN, 2011) relata uma experiência em um ambiente colaborativo de realidade aumentada utilizando dispositivos especiais (*Head Mounted Displays - HMD*).

Ele analisa atividades de múltiplos usuários e observa a forma de interação e atenção que usuários da ferramenta dão a objetos tridimensionais em um trabalho colaborativo. Esta análise destaca as seguintes atividades:

- Analise de interações utilizando *HMDs*.
- Como usuários organizam seus modos de interação.
- Como eles estabelecem novas rotinas orientadas a colaboração.

### **4.3. Design Colaborativo em Espaços Tridimensionais**

O trabalho de (SHEN, ONG, & NEE, 2008) demonstra um ambiente 3D em realidade aumentada, onde usuários possuirão objetos que podem manipular, sendo que cada manipulação será refletida em outros usuários. É realizado um estudo do ambiente construído utilizando *HMDs (Head-Mounted Displays)*.

#### 4.4. MVC-RA: Múltiplas Visualizações de Informação Coordenadas e Aumentadas

(CARMO, 2007) implementou um ambiente em realidade aumentada de visualização da informação possibilitando múltiplas visões coordenadas. Utilizando a dispersão como visualização principal, e gráficos de pizza e barra como secundárias.

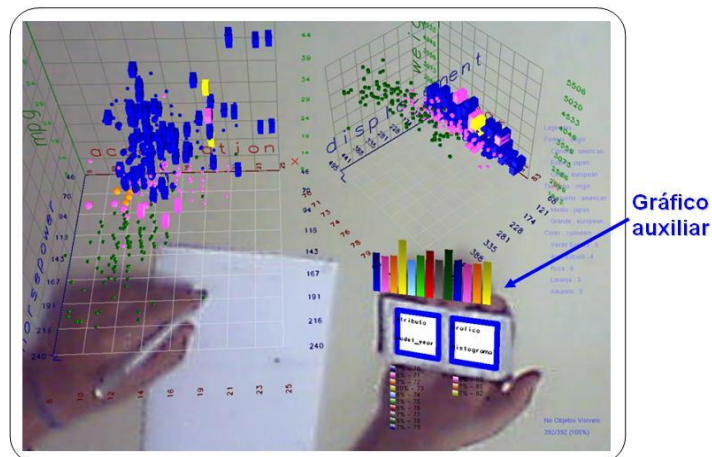


Figura 10 MVC-RA (CARMO, 2007)

#### 4.5. Voyagers and Voyeurs: Supporting Asynchronous Collaborative Information Visualization

(HEER, VIEGAS, & WATTENBERG, 2007) criaram uma aplicação bidimensional colaborativa assíncrona, em que usuários poderiam gerar gráficos e compartilhá-los via web através de links, além disso a comunicação era feita através de mensagens de textos e desenhos nas visualizações criadas.

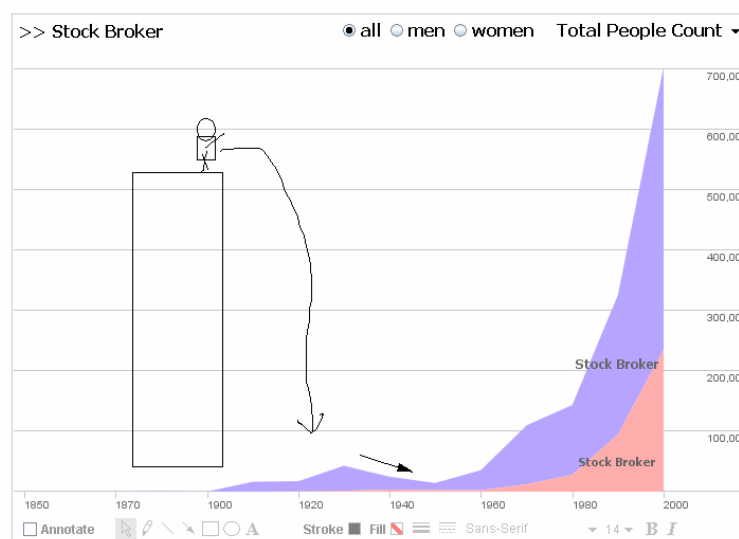
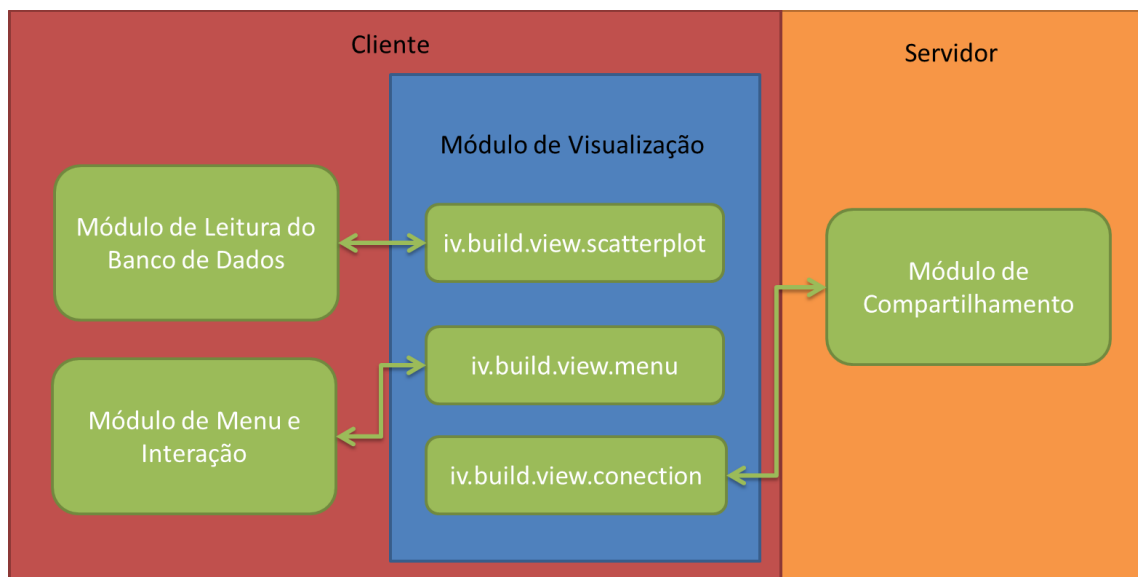


Figura 11 Voyagers and Voyeurs (HEER, VIEGAS, & WATTENBERG, 2007)

## Capítulo 5 - Implementação do Protótipo

*Este capítulo irá explicar como foi feita a concepção e a arquitetura do protótipo, assim como suas funcionalidades.*

Para implementação dos protótipos, foi escolhida uma arquitetura modular, onde cada módulo pode ser acoplado e desacoplado para outros usos (Figura 12). Cada módulo é detalhado nos tópicos abaixo.

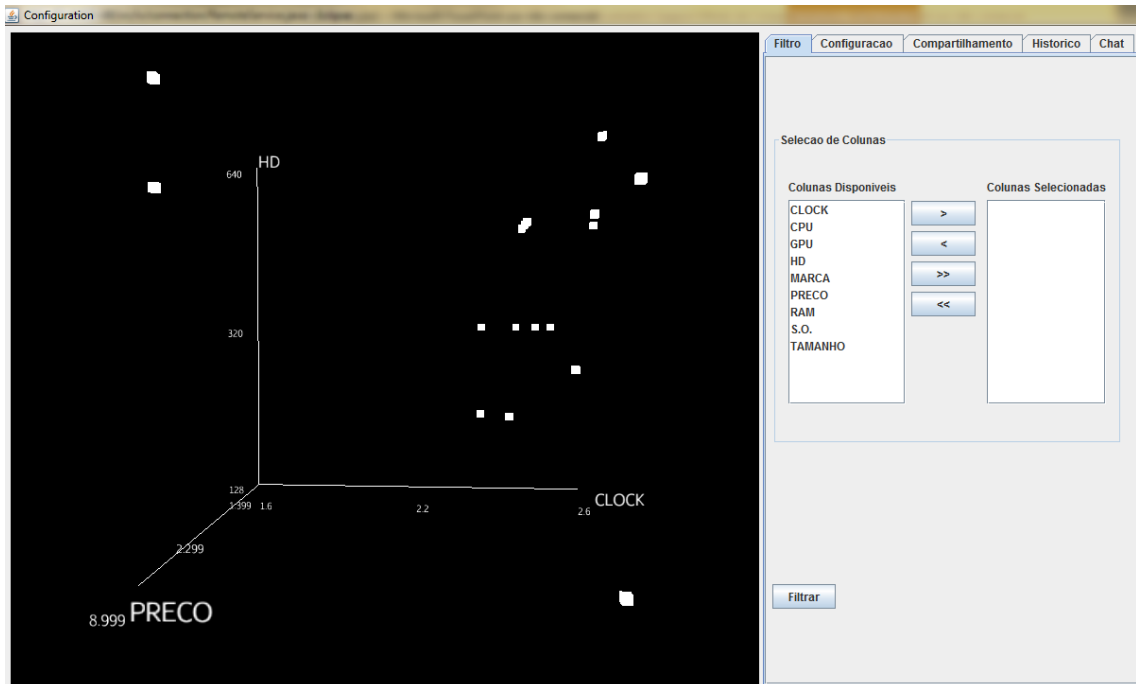


**Figura 12 Arquitetura Modular Geral dos Protótipos**

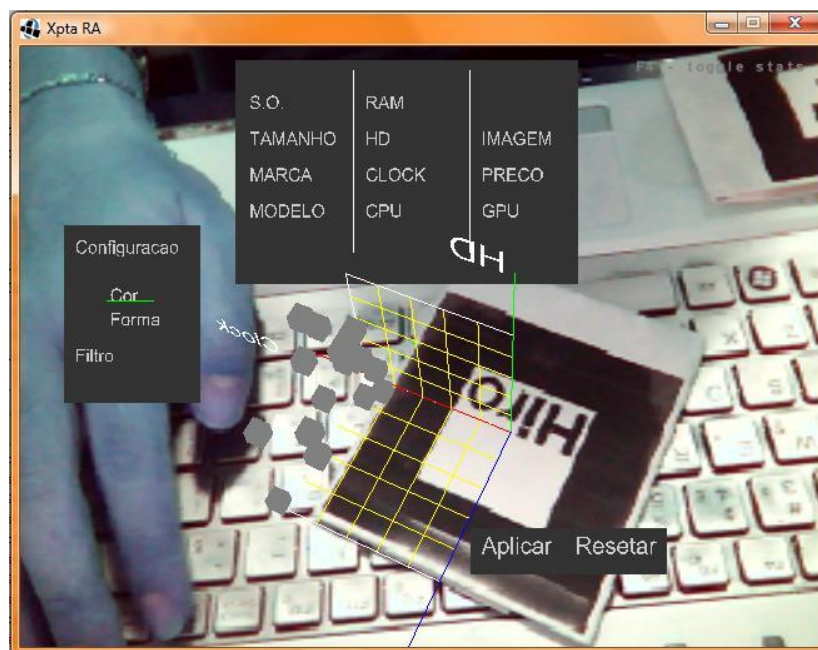
A visualização escolhida foi a dispersão de dados. Em ambientes tridimensionais, a dispersão de dados se favorece por poder ser disposta na tela com mais um eixo (profundidade), por exemplo, em uma fonte de dados de pessoas, organizar dados por idade, altura e peso. Com isso é possível deixar a amostragem mais precisa e reduzir problemas de sobreposição de objetos, ainda que alguns fiquem sobrepostos.

Cada protótipo tem um contexto colaborativo diferente, a aplicação 3D (Figura 13) possui um ambiente colaborativo assíncrono, ou seja, não é necessário que todos os usuários estejam utilizando a ferramenta ao mesmo tempo. Já o de realidade aumentada (Figura 14) é síncrono, necessitando que todos estejam utilizando a aplicação em tempo real.





**Figura 13 Protótipo 3D**



**Figura 14 Protótipo em realidade aumentada**

Como linguagem de programação foi utilizada a linguagem orientada a objetos Java, além de possuir uma vasta gama de API (*Application Programming Interface*), é uma linguagem altamente escalável.

### 5.1. Apresentação dos Protótipos

A partir da construção e acoplamento dos módulos, foi construída duas aplicações de visualização da informação colaborativas em realidade aumentada e tridimensional

convencional. A partir destas ferramentas são ilustradas a seguir as funcionalidades de cada uma.

A aplicação 3D (Figura 13) é uma ferramenta colaborativa assíncrona, ou seja, usuários podem sair e entrar no aplicativo e deixar as modificações salvas para outros usuários que conectarem.

A aplicação em realidade aumentada (Figura 14) é síncrona, ou seja, usuários precisam estar conectados ao mesmo tempo para acompanhar modificações na visualização.

Os menus de interação diferem em cada protótipo, pois diferentemente do ambiente tridimensional, a realidade aumentada busca abstrair o usuário da utilização de mecanismos de interação como o mouse e o teclado com intuito de enriquecer o ambiente em que ele se encontra.

No ambiente de realidade aumentada, toda operação é feita selecionando elementos no ambiente utilizando um marcador que funciona como um ponteiro de mouse.

No ambiente 3D, as interações são feitas através de menus, que podem variar de acordo com o tipo de dados selecionado e a visão manipulada.

#### **5.1.1. Filtro**

O filtro permite deixar na tela apenas objetos com os dados desejados. Filtros podem ser de dados discretos ou contínuos. Dependendo do tipo, as interfaces são diferentes.

No protótipo 3D, para dados discretos, é mostrado caixas de seleção e para dados contínuos é apresentado um mecanismo de seleção de intervalos (Figura 15). No de realidade aumentada, para facilitar a manipulação do apontador pelo usuário, para os dados contínuos é feita uma categorização e amostrado igualmente aos dados discretos. A categorização se dá em porcentagem, onde 0% a 19% do valor total é muito baixa, 20% a 39% estão abaixo de 40% a 59% são 60% médio e 79% são elevados, 80% a 100% é muito alto (Figura 16).

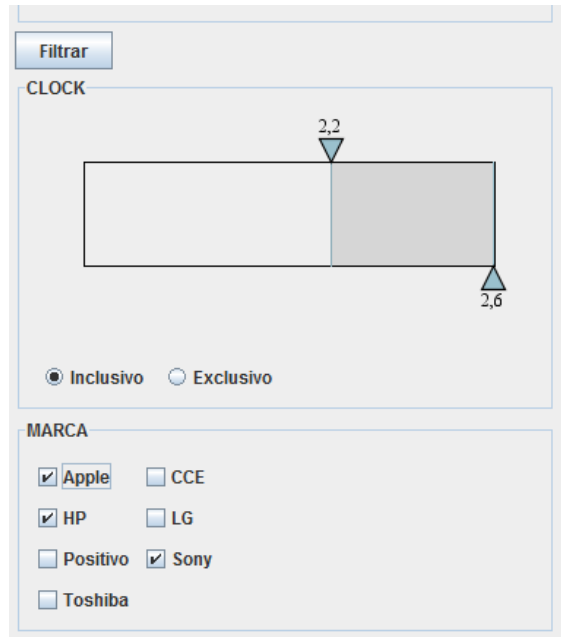


Figura 15 Filtro no protótipo 3D

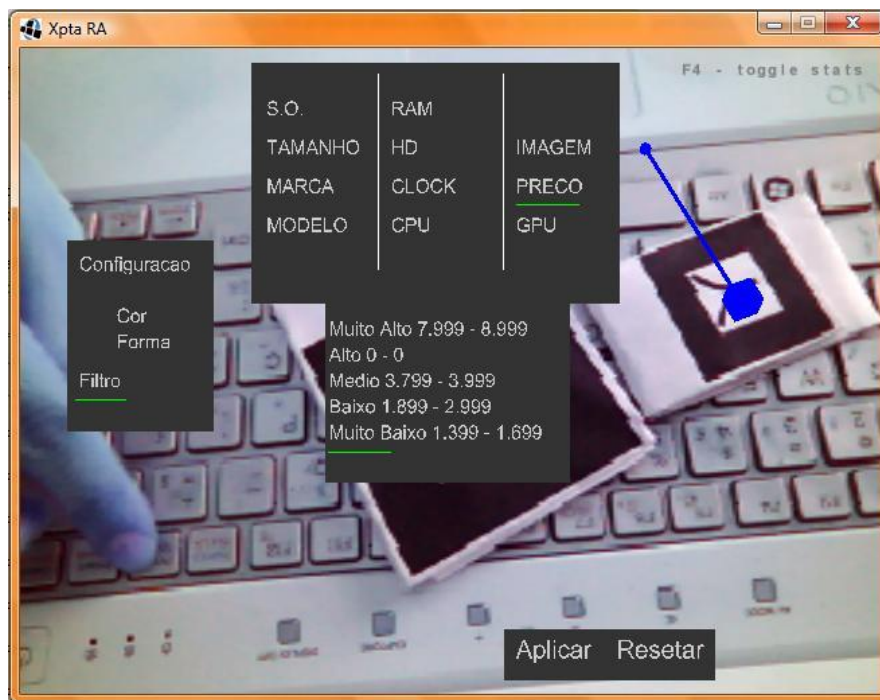
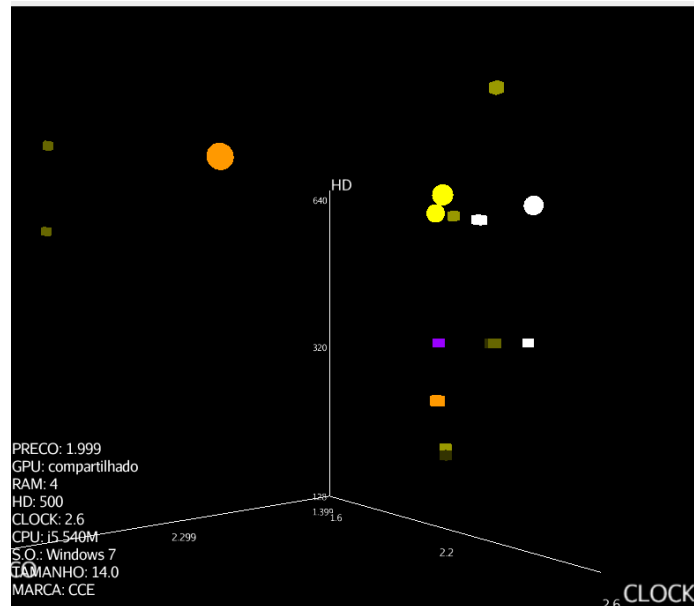


Figura 16 Filtro no protótipo em realidade aumentada

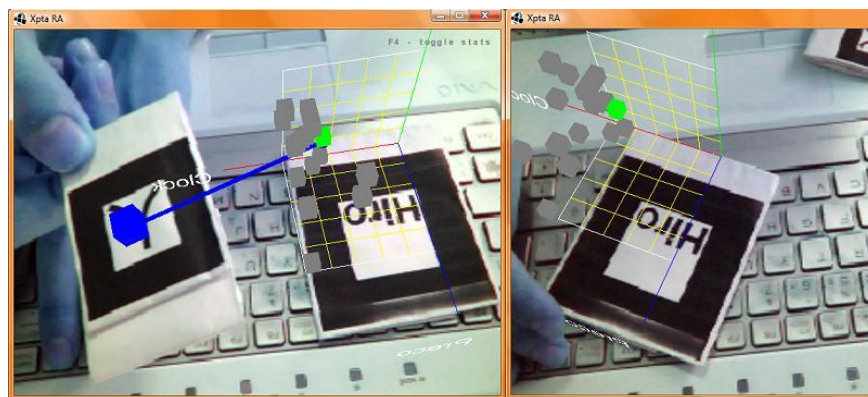
### 5.1.2. Seleção

As aplicações possibilitam a seleção de atributos, quando um atributo é selecionado, os detalhes do objeto são mostrados na tela, mostrando todos os dados correspondentes ao último objeto selecionado.

Na aplicação 3D é permitido selecionar múltiplos atributos e compartilha-los entre usuários da aplicação. Cada seleção é denotado por um objeto de forma esferográfica (Figura 17). Na aplicação de realidade aumentada, é permitida a seleção de apenas um objeto por vez, denotado pela cor verde utilizando o apontador (Figura 18).



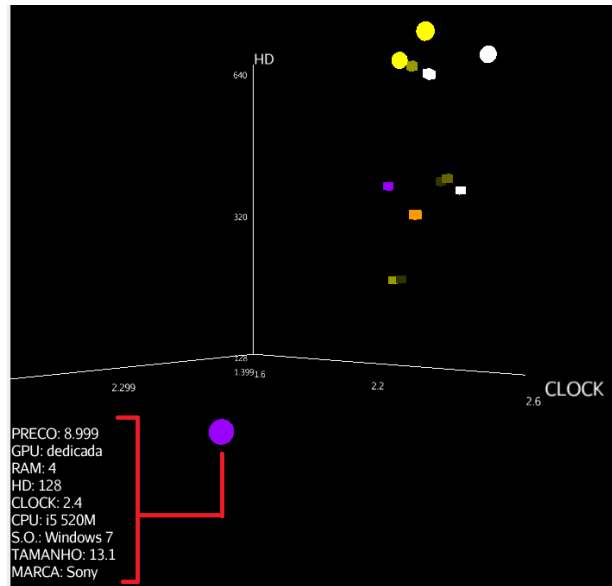
**Figura 17 Seleção de objetos na aplicação 3D**



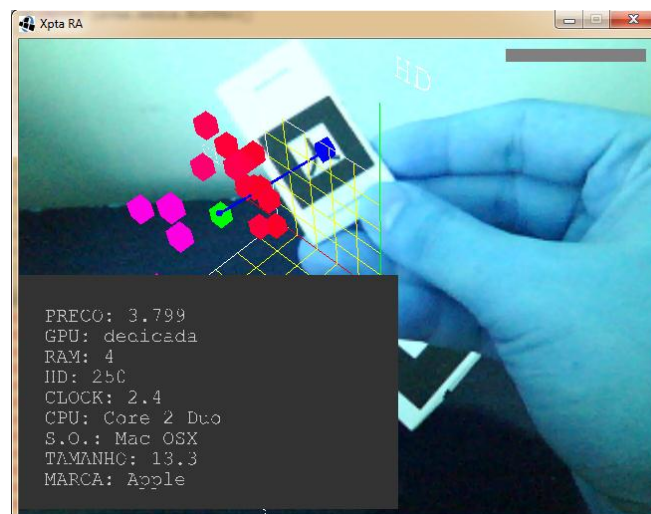
**Figura 18 Seleção de objetos a aplicação em realidade aumentada**

### 5.1.3. Detalhes em Demanda

Caso o usuário necessite da visualização dos dados completos de cada objeto, na tarefa de seleção, é também possível consultar os detalhes em demanda de cada objeto selecionado. A visualização de detalhes em demanda é semelhante nas duas aplicações (Figura 19) (Figura 20).



**Figura 19** Detalhes em demanda do protótipo 3D



**Figura 20** Detalhes em demanda do protótipo em realidade aumentada

#### 5.1.4. Configuração

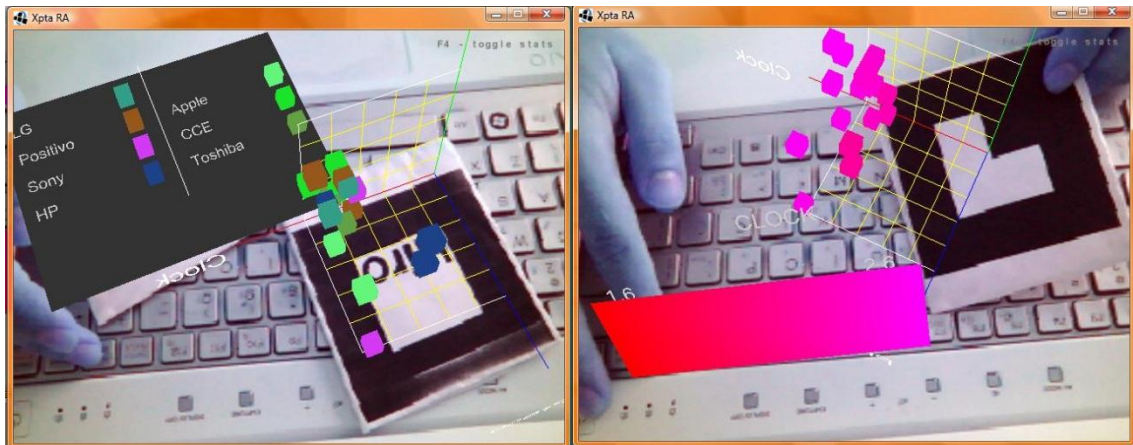
É possível também realizar operações de configuração de cor, forma e eixo nas visualizações, podendo assim, diferenciar objetos pela cor ou forma, além disto, é possível a configuração de eixos da dispersão de dados.

Nos dois protótipos a configuração de cor é semelhante com pequenas diferenças. Na aplicação 3D, é possível fazer a escolha das cores dos valores discretos enquanto que na de realidade aumentada isso é configurado automaticamente (Figura 21) (Figura 22).

Para valores discretos, cada valor recebe uma cor distinta e o objeto correspondente é pintado na dispersão de dados. Com valores contínuos, os objetos são pintados de acordo com um esquema de aumento na configuração RGB (*Red Green Blue*) da cor variando de valores entre 0 a 255.



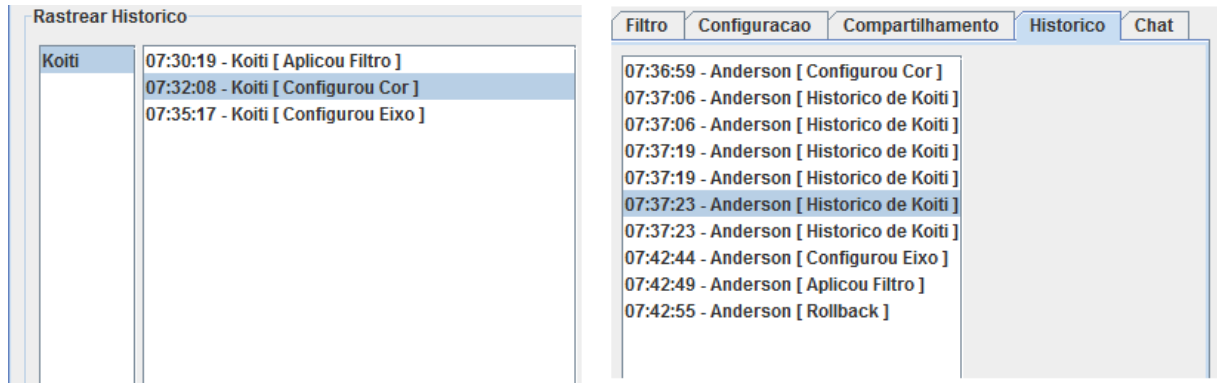
**Figura 21** Configuração de cor na aplicação 3D



**Figura 22** Configuração de cor na aplicação em realidade aumentada

### 5.1.5. Histórico e Compartilhamento

O histórico é caracterizado por guardar estados e poder recupera-los para uso posterior, é utilizado em ambientes assíncronos, pois nem todos os clientes podem estar presentes em dado momento. Na ferramenta 3D é possível analisar histórico local ou de outros clientes da aplicação (Figura 23). A partir do histórico selecionado é possível retratar a seleção na visão atual.

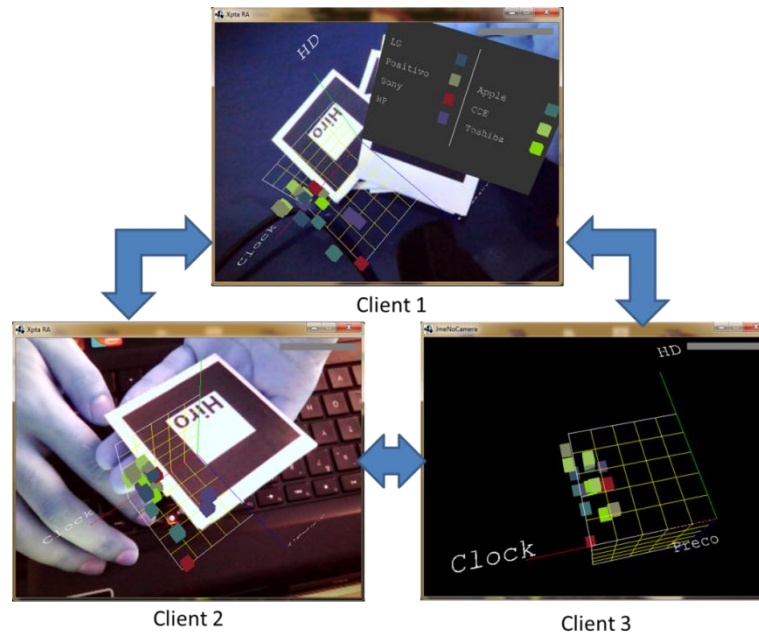


**Figura 23 Histórico Remoto e Histórico Local respectivamente**

Além disso, é possível o compartilhamento de visões, é possível enviar visualizações montadas para outros usuários (Figura 24) (Figura 25). A sincronia das visualizações depende da aplicação. No caso da aplicação de realidade aumentada, o compartilhamento é feito de maneira automática e refletida em todos os usuários no ato do compartilhamento. Na aplicação 3D, as visualizações compartilhadas podem ser aceitas ou não pelos usuários envolvidos, podendo ser acessadas posteriormente no histórico.

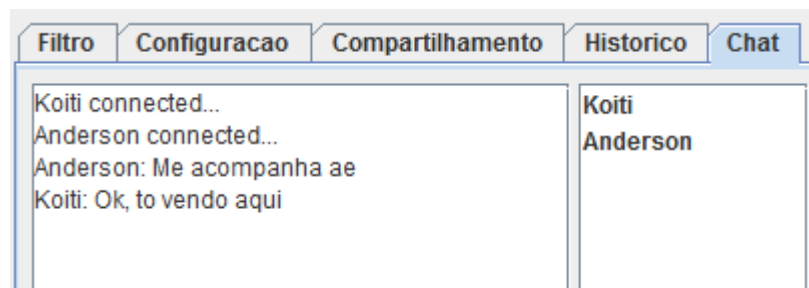


**Figura 24 Menu de compartilhamento do protótipo 3D**



**Figura 25** Visões compartilhadas do protótipo em realidade aumentada

Como canal de comunicação, usuários poderão utilizar áudio ou um chat presente na ferramenta 3D (Figura 26).



**Figura 26** Chat da ferramenta 3D

## 5.2. Tecnologias utilizadas

Durante o desenvolvimento dos projetos, foram utilizadas algumas bibliotecas gráficas que possuem operações básicas de computação gráfica, como rotação, translação, escala, projeção etc. de objetos tridimensionais.

- JMonkey Engine: o JMonkey funciona como uma engine desenvolvida diretamente para jogos, entretanto, possui operações para objetos tridimensionais úteis para a aplicação. Ele será basicamente o principal componente que irá criar objetos 3D e manipula-los na tela. A engine pode ser consultada em [www.jmonkeyengine.com](http://www.jmonkeyengine.com) e é de licença livre.



- MigLayout: API utilizada para construção de layouts em Java Swing. Possui comandos semelhantes ao Cascade Styling Sheets (CSS - <http://www.w3.org/Style/CSS/>) utilizado na construção de websites. Pode ser encontrado em <http://www.miglayout.com/>.
- NyARToolkit: É uma adaptação da ferramenta de realidade aumentada para Java. A base para maioria das ferramentas de RA que utilizam reconhecimento de marcadores atualmente, provem de uma biblioteca chamada *ARToolKit* <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, ela provê classes para reconhecimento e plotagem de objetos tridimensionais na superfície de múltiplos marcadores e outros dispositivos como pode ser visto na figura 27 (KATO & BILLINGHURST, 1999).
- Java RMI (*Remote Method Invocation*): É uma API nativa na linguagem Java, utilizada para compartilhamento de objetos serializáveis através da invocação de métodos remotos em um servidor. Como a API utiliza conexão TCP (*Transmission Control Protocol*) para compartilhamento, o módulo de streaming de áudio não foi implementado em Java RMI.



Figura 27 Utilização de marcadores para plotagem de objetos virtuais (KATO & BILLINGHURST, 1999)

### 5.3. Módulo de Leitura do Banco de Dados

Para construção e manipulação de visualizações, é preciso extrair informações de uma fonte de dados, e em nível de código, é necessário que o programa possa devolver valores de acordo com os dados passados pelo usuário, realize filtros, guarde informações sobre a configuração de cores, rótulos, dentre outras funcionalidades. Para isso foi construído um módulo de leitura do banco de dados, onde além de ler a base de dados fornece operações de busca importantes para construção de visualizações em nível de implementação como:

- Busca de um ou mais tuplas por valor de um atributo;
- Busca por coluna;

- Buscar valores distintos;
- Buscar valores por intervalo numérico;
- Buscar o número de ocorrências de certo valor.

É importante ressaltar também o algoritmo de leitura da base, pois é necessário ter um desempenho bom quando se trata de leitura de bases com grande quantidade de valores armazenados.

### 5.3.1. Arquitetura

A API desenvolvida contém todo um conjunto de classes específicas para representar cada elemento do banco de dados como tabelas, colunas, atributos etc (Figura 28).

- Database: pacote que irá conter operações de leitura de base e fornecimento de dados mencionados anteriormente.
- Filter: pacote de filtragem de dados, com classes deste pacote será possível filtrar dados de acordo com o valor passado e realizar múltiplos filtros em cadeia em um conjunto de dados.

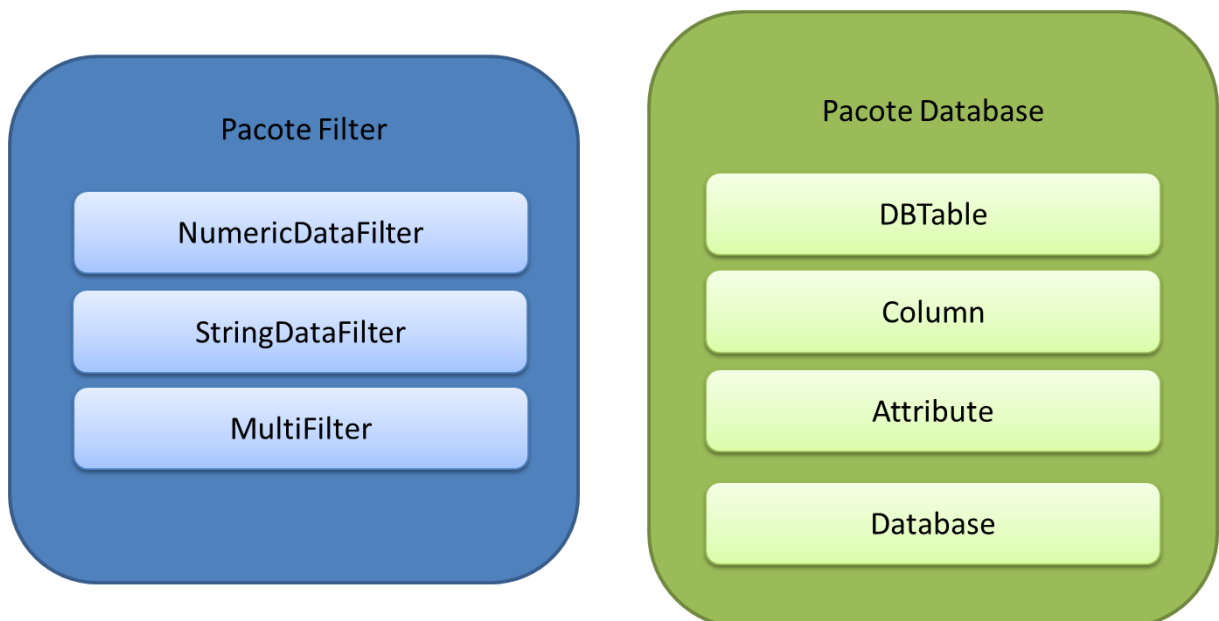


Figura 28 Organização de classes da API

Tabela 1 Função de cada classe da API

Nome	Função
NumericDataFilter	Filtra dados numéricos, suporta valores

	inteiros ou de ponto flutuante. Pode filtrar por intervalos, valores maiores ou menores que o procurado. Tem suporte ao Generics do Java também, podendo aceitar classes que estendam a classe Numeric.
StringDataFilter	Filtra dados do tipo String, pode optar ou não por considerar letras maiúsculas ou minúsculas, suporta expressões regulares, e fragmentos dos termos procurados. Tem suporte ao Generics e pode aceitar classes que estendam a classe String
Multifilter	Utilizada para realizar filtro em cadeia em um conjunto de valores. Simplifica a utilização das classes de filtro quando é precisa filtrar dados provenientes de um ou mais filtros.
DBTable	Classe que representa uma tabela da base de dados irá armazenar valores referentes a colunas.
Column	Classe que representa uma coluna da base, contem métodos para retorno de valores distintos, ocorrência de valores e busca de valores de acordo com a chave primaria.
Attribute	Classe que representa um valor da base de dados, preenche as colunas, serve como um empacotador de valores, devido a variedade de tipos (ex:String, Integer)

### 5.3.2. Funcionamento e Teste

O funcionamento basicamente se baseia em instanciar um objeto do tipo Database e alimenta-lo com referencias aos arquivos de base de dados. Este objeto armazena as fontes de

dados utilizando o método *putFile* que recebe três parâmetros (Figura 29) o qual são respectivamente:

- Primeiro parâmetro: nome do arquivo da base de dados com a extensão. Pode ser qualquer arquivo legível por um editor de texto comum
- Segundo parâmetro: caminho de onde o arquivo está localizado.
- Terceiro parâmetro: expressão regular do separador de cada dado na base.

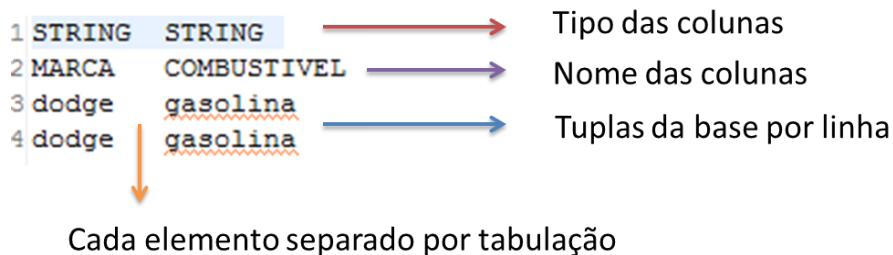
É importante ressaltar de que o arquivo da base de dados esteja formatado da seguinte maneira (Figura 30).

```
DataBase dataBase = new DataBase();

dataBase.putFile("base.txt", "C:\\", ";");
dataBase.putFile("base2.txt", "C:\\", ",");

dataBase.load();
```

**Figura 29 Utilização básica da API**



**Figura 30 Estrutura da base de dados para utilização da API**

Foi realizado um teste de desempenho (Figura 31) com um banco de dados com 1025000 (um milhão e vinte e cinco mil) registros (pode ser encontrado em <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Poker+Hand>), cerca de 20 Megabytes de dados de texto. Inicialmente o banco é lido e armazenado em memória, o tempo de leitura foi satisfatório para o tamanho da base (cerca de 17 segundos). A sobrecarga para armazenar em memória é compensada pela velocidade de busca. Foi testada uma busca por um valor e o tempo foi menor que 1 segundo (Figura 32).

```

long timeA = System.currentTimeMillis();

DataBase db = new DataBase();
db.putFile("teste1",
    "C:\\Users\\Koiti\\Desktop\\poker-hand-testing.data", ",");
db.load();

long timeB = System.currentTimeMillis();
System.out.println("Teste de leitura da base, tempo = "
    + (timeB - timeA));

timeA = System.currentTimeMillis();
Map<Integer, DBTable> tables = db.getTables();

Column teste1 = db.getTableById(0).getColumnByName("Col1");

teste1.getName();
Attribute<Integer> result = teste1.getValueByIndex(999);
timeB = System.currentTimeMillis();

NumericDataFilter<Integer> filter = new NumericDataFilter<Integer>(
    teste1);
filter.doFilter(SingleNumericFilterEnum.SAME, 1);
Set<Integer> results = filter.getCurrentFilteredValues();

System.out.println("Teste de filtro de um valor, valor/ocorrencias = "
    + "1/" + results.size() + " ; tempo = " + (timeB - timeA));

```

Figura 31 Algoritmo de teste

```

Read OK
File:teste1
ID:0
File Path:C:\Users\Koiti\Desktop\poker-hand-testing.data

Teste de leitura da base, tempo = 17100
Teste de filtro de um valor, valor/ocorrencias = 1/249937 ; tempo = 0

```

Figura 32 Saída da execução, tempo está em milissegundos

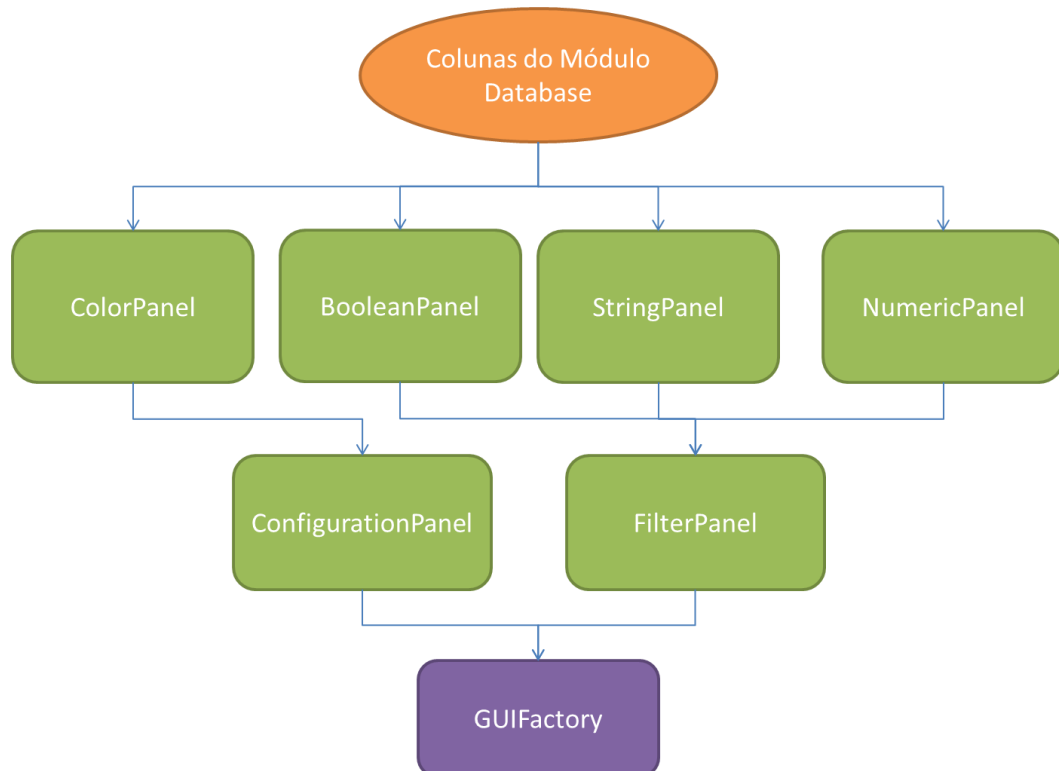
## 5.4. Módulo de Menu de Interação

Para construção dos menus de interação, como filtro e configuração de cor. Foi criada uma API para geração de menus dinâmicos, de acordo com as colunas da base de dados. Esta API é utilizada somente no módulo 3D sem realidade aumentada.

O módulo construído seguiu padrões de interface existentes na ferramenta PRISMA (GODINHO, et al., 2007), pois é uma interface já testada e avaliada para realização de interações do usuário com a manipulação de objetos nas visualizações.

### 5.4.1. Arquitetura

O objetivo da API seria prover menus reutilizáveis que poderiam realizar operações de filtro e configuração utilizando chaves da base de forma a poupar lógica de programação para futuros usuários. A arquitetura utiliza o módulo de banco de dados citado anteriormente, ele irá ser alimentado pelas colunas da base e gerar as interfaces dinamicamente de acordo com o tipo de dado (Figura 33).



**Figura 33 Arquitetura da API de interface gráfica**

**Tabela 2 Função de cada classe da API de interface gráfica**

Nome	Função
ColorPanel	Responsável por gerar o painel de configuração de cor de colunas discretas e contínuas
BooleanPanel, StringPanel, NumericPanel	Responsáveis por criar o painel de filtro de dados correspondentes a dados booleanos, de caracteres e numéricos respectivamente. Dependendo do número de valores distintos

	na base, a interface muda.
ConfigurationPanel	Manipula instâncias de menus de configuração criados. Funciona como encapsulador para menus de configuração.
FilterPanel	Manipula instâncias de menus de filtro encapsulando-os.
GUIFactory	Funciona como uma fábrica de instâncias fornecidas pelas classes ConfigurationPanel e FilterPanel. Utiliza o padrão Factory (GAMMA, HELM, JOHNSON, & VLISSIDES, 1994) para prover instâncias já pré-configuradas aos usuários da API

#### 5.4.2. Funcionamento

Basicamente a API constrói os menus de acordo com o tipo de dado contido em cada coluna da base de dados, por exemplo, se uma coluna possui valores contínuos (e.g. ponto flutuante), o menu construído irá possuir mecanismos de interação pertinentes a manipulação de valores numéricos ou contínuos, e assim igualmente para valores discretos.

Para utilizar, basta o usuário criar um objeto CompleteConfigPanel ou ColorConfigPanel na classe GUIFactory, indicar a tabela do banco de dados através do objeto Database do modulo de banco de dados e o contêiner do painel gerado. O objeto gerado funciona como um componente swing em Java, adicionando-o a um JFrame ou algum contêiner semelhante (Figura 34).

```

//Database
DataBase db = new DataBase();
db.putFile("base1", "C:\\Users\\Koiti\\ProjetosJava\\Workspace\\IV-JME3\\data\\BaseNotes.txt", "\t");
db.load();
JFrame f = new JFrame();
JPanel panel = new JPanel(new MigLayout(new LC().wrapAfter(1)));

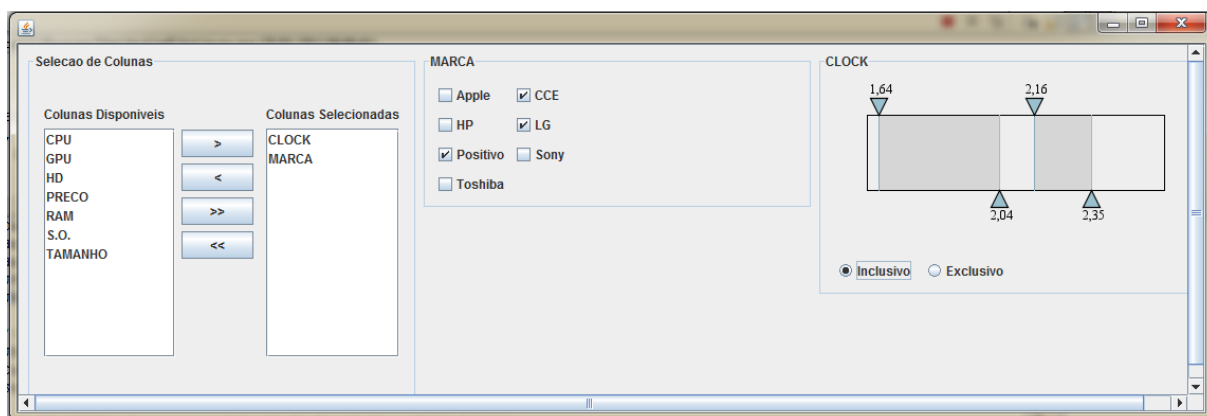
JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(panel);
CompleteConfigPanel c = ConfigGUIFactory.getNewCompleteDefaultInstance(db.getTableById(0), panel);
panel.add(c);

f.add(scrollPane);
f.setSize(450, 600);
f.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
f.setVisible(true);

```

**Figura 34 Utilização da API de interface gráfica**

A API cria um menu de seleção de colunas e gera dinamicamente os menus de acordo com a seleção de colunas feitas pelo usuário (Figura 35). Com isso é possível adicionar eventos swing aos painéis para recuperar os valores que podem ser filtrados ou configurados. Os componentes são altamente customizáveis, podendo ser recuperados por meio de métodos de encapsulamento (sets e gets).



**Figura 35 Funcionamento da API de interface gráfica**

## 5.5. Módulo de Compartilhamento

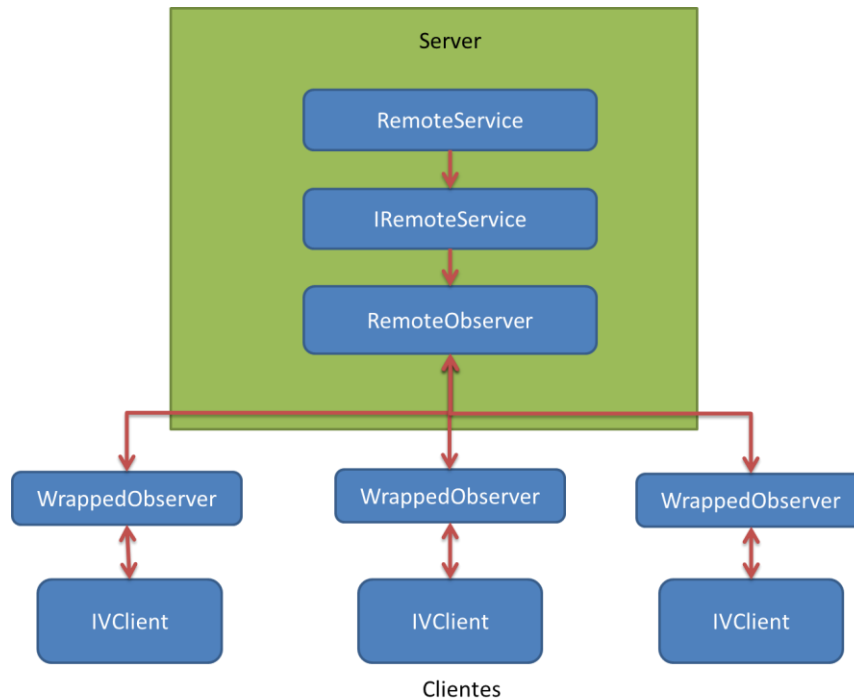
Para construção de um ambiente colaborativo em nível de código, foi implementado uma arquitetura de compartilhamento na API RMI, nativa da linguagem Java. Através de invocação de métodos remotos em um servidor, é possível compartilhar objetos e comunicar dados entre clientes.

### 5.5.1. Arquitetura

A arquitetura baseia-se em um modelo cliente-servidor, o servidor terá um papel de administrar clientes e trocar objetos (Figura 36). Os dados de troca são praticamente dados numéricos que indicam quem é o cliente, chave dos objetos que devem ser modificados,



indicação de operações (filtro, configuração de cor, etc.). Cada cliente e o servidor possuem parte de sua implementação o padrão Observer (GAMMA, HELM, JOHNSON, & VLISSIDES, 1994) que tem como função uma classe observadora que executa funções de acordo com a ação do usuário. Por exemplo, se um cliente compartilhar uma visualização, o observador será responsável por notificar o servidor que por sua vez notifica e compartilhar determinada visão com todos os outros clientes.



**Figura 36** Arquitetura do módulo de colaboração

**Tabela 3** Classes da arquitetura de colaboração

Nome	Função
RemoteService	Objeto principal do servidor, implementa funções da interface IRemoteService que são acessadas pelos clientes conectados a aplicação.
IRemoteService	Interface de implementação para a classe RemoteService, é utilizada como meio de acesso aos métodos remotos por cada cliente, o usuário só tem acesso aos métodos

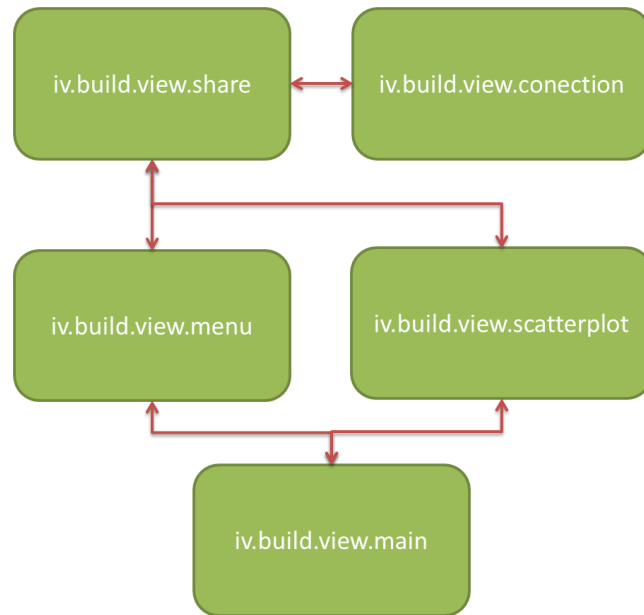
	presentes nesta interface.
RemoteObserver	Observador do servidor, responsável por ouvir cada cliente e notificar o servidor e outros clientes.
WrappedObserver	Observador de cada cliente, responsável por verificar operações realizadas pela classe IVClient e notificar o servidor.
IVClient	Classe presente no lado do cliente, será responsável por coletar dados de operações de compartilhamento e guardar dados dos clientes. Esta classe que faz a comunicação com outros módulos.

## 5.6. Módulo de visualização

O módulo de visualização é o responsável por construir de fato as visualizações, este módulo irá manipular operações de computação gráfica e objetos 3D no monitor do usuário. As APIs JMonkey Engine e NyARToolkit são utilizadas neste modulo para promover a construção das visualizações e interações do usuário.

### 5.6.1. Arquitetura do Módulo

A arquitetura deste módulo tem um total cinco pacotes (Figura 37). Cada pacote representa uma função da aplicação.



**Figura 37** Arquitetura simplificada do módulo de visualização

**Tabela 4** Pacotes do módulo de visualização

Nome	Função
iv.build.view.conection	Possui classes que recebem e enviam dados para o servidor
iv.build.view.share	Este pacote tem a função de coletar dados provenientes das classes do menu e da dispersão de dados (scatterplot)
iv.build.view.menu	Provê menus de interação e confirmação para o usuário
iv.build.view.scatterplot	Pacote para construção da visualização de dispersão de dados
iv.build.view.main	Pacote que contem classes executáveis para o usuário

# Capítulo 6 - Testes e Guidelines

---

*Este capítulo irá abordar os testes realizados utilizando as ferramentas geradas e guidelines que podem ser sugeridas na construção de ferramentas colaborativas.*

---

Cada aplicação foi desenvolvida seguindo a validação de aplicações de visualização de informação proposto por (PILLAT, VALIATI, & FREITAS, 2005) onde cada funcionalidade gerada na aplicação é analisada e proposto uma nota de 0 a 4, onde cada nota representa:

- Nível 0 (sem importância): Não afeta a usabilidade;
- Nível 1 (leve): Não há necessidade de reparar imediatamente o problema;
- Nível 2 (simples): Problema de baixa prioridade (pode ser reparado);
- Nível 3 (grave): Problema de alta prioridade (que precisa ser reparado);
- Nível 4 (catastrófico): Muito sério (que precisa ser reparado).

De acordo com as notas, foram feitos ajustes nas funcionalidades e por fim, testes com o usuário.

Foram escolhidos três pares de usuários que já possuem familiaridade com o uso do computador, sendo que das seis pessoas selecionadas, uma não tinha conhecimento do uso de ferramentas de VI.

A base de dados escolhida para os protótipo foi, uma base de carros de domínio publico, onde contém 11 atributos, sendo 6 do tipo caractere e 5 do tipo numérico.

## 6.1. Testes e Resultados

Cada par teve uma breve explicação de como funciona e as principais funcionalidades de cada protótipo e uma fase de utilização para se familiarizar com os controles da ferramenta de aproximadamente 15 minutos.

Após a fase de familiarização com as aplicações, cada usuário teve que responder a três perguntas pertinentes a base de dados utilizada, sendo que uma pergunta é considerada de nível fácil e os dois outros de nível intermediário:

- 1ª Pergunta: Os carros de marca japonesa são mais baratos que os carros americanos em geral?

Resposta: Não

- 2ª Pergunta: Quantos carros europeus possuem valor maior que o carro mais caro americano, e qual o valor do carro americano mais caro?

Resposta: quatro carros europeus, e o carro americano mais caro tem valor de 33900.

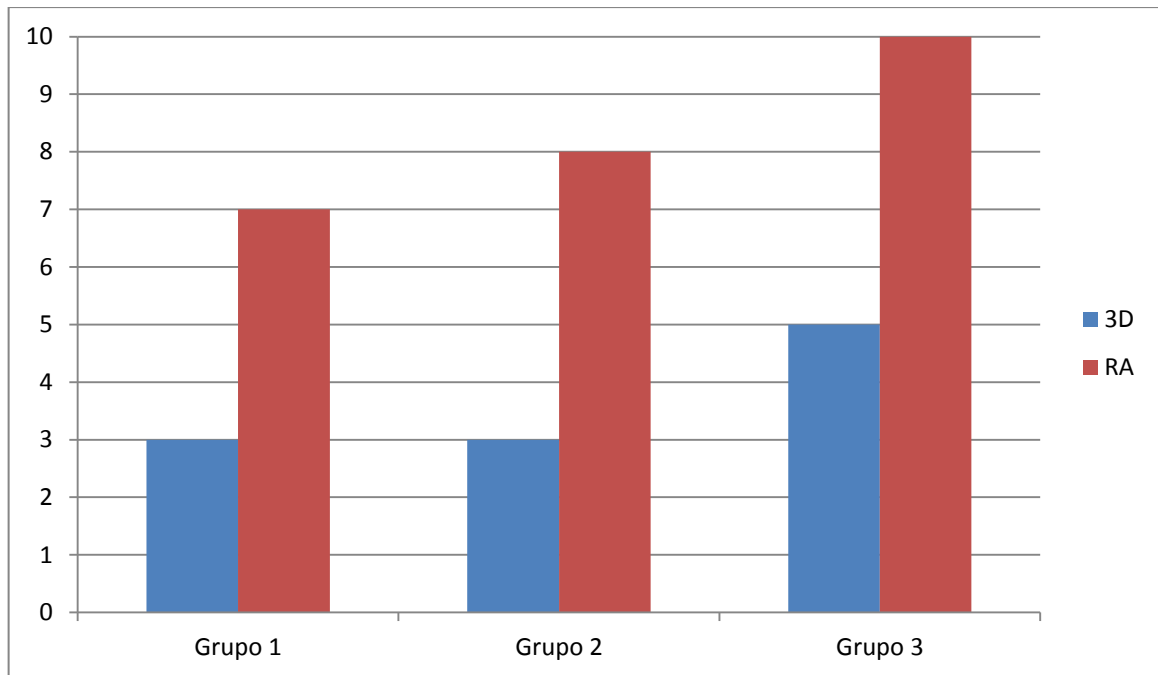
- 3ª Pergunta: Quais as principais características dos carros americanos a respeito do valor, ano e potencia e relação aos demais?

Resposta: Tem custo baixo, a maioria é nova e a potencia é mediana.

Analisando os testes, cada par teve comportamentos diferentes. Alguns optaram por dividir as tarefas, um ficava com uma questão e o outro resolvia a outra, e outros optaram por resolver e discutir cada questão juntos.

O fator da colaboração ajudou de forma significativa para resolução das questões, especialmente no grupo onde havia uma pessoa que não possuía nenhum conhecimento com ferramentas de VI, com o compartilhamento de visões e a troca de informações foi possível a pessoa passar conhecimento para o outro, possibilitando o ganho de experiência e cognição dos resultados achados. Além disto, percebeu-se que o tempo de execução das tarefas é relativamente menor em relação ao uso de uma pessoa apenas quando houve a divisão de trabalho.

A possibilidade da abertura de discussão a respeito dos resultados, também abriu espaço para considerações sobre a usabilidade de ferramentas. Foi notável a diferença de interação entre um ambiente 3D e de realidade aumentada. No ambiente 3D os usuários se sentiram mais “confortáveis” com a utilização, pois eram utilizados mecanismos de interação já utilizados anteriormente. No ambiente de realidade aumentada, a manipulação de marcadores dificultou o uso do protótipo, principalmente por parte do uso do apontador. A existência do fator profundidade deixou alguns usuários com dificuldade de selecionar elementos tridimensionais, aumentando o tempo de resolução dos problemas consideravelmente (Figura 38).



**Figura 38** Média do tempo de resolução de questões em minutos (arredondado) em ambiente 3D e RA

## 6.2. Guidelines Geradas

Fazendo uma análise dos testes, algumas considerações são sugeridas para ambientes colaborativos em 3D e RA. As guidelines geradas são sugestões que podem melhorar as funcionalidades para futuras ferramentas colaborativas que venham a surgir utilizando estes ambientes.

### 6.2.1. Arquitetura Modular

Em nível de implementação, com a utilização de uma arquitetura modular, é possível a reutilização de módulos em diversas outras aplicações, durante o desenvolvimento dos protótipos, a arquitetura modular apresentou bastante útil evitando reescrita de código.

Esta guideline foi gerada, pois analisando a implementação dos dois protótipos, houve um aumento na produtividade quanto ao tempo de implementação em consequência do reaproveitamento dos módulos gerados.

### 6.2.2. Utilização de voz como canal de comunicação

A utilização de voz em tempo real, quando há a disponibilidade de dispositivos para tal, se tornou uma alternativa com melhor uso em relação ao mecanismo de troca de mensagens via texto. Isso deve ao fato de que o usuário fica com a interação mais focada nas

funcionalidades principais da ferramenta, sem a necessidade de ficar digitando em caixas de texto e trocando de janelas ou abas.

Nos protótipos, se a comunicação fosse exclusivamente por mensagem de texto, o usuário teria que ficar navegando entre as abas da aplicação mais constantemente, tirando a atenção do que ele poderia estar fazendo anteriormente.

Além disto, em ambientes de realidade aumentada, a voz de torna imprescindível, pois não existem mecanismos efetivos de troca de texto dentro destes ambientes, devido à ausência de teclado.

### **6.2.3. Disponibilidade de visualização de atividades do grupo**

A possibilidade de visualização de atividades de pessoa dentro do grupo é um fator fundamental para diálogo em busca do conhecimento. Durante o uso da aplicação o surgimento de dúvidas sobre qual valor escolher, qual visão construir, etc. pode ser amenizado por meio da visualização da atividade de outros usuários. Visualizações construídas sob a cognição de outras pessoas podem ajudar e servir como modelo para construção de outras visualizações.

A existência de uma funcionalidade de visualizar a visão de outras pessoas no grupo, possibilitou o aumento de aprendizado e compartilhamento de resultados durante os testes, especialmente na dupla em que havia pessoa que não possuía muito conhecimento em VI.

### **6.2.4. Mecanismos de seleção em relação ao eixo de profundidade em ambiente de realidade aumentada**

É necessário um mecanismo de seleção em ambientes de realidade aumentada utilizando o contexto de visualização da informação. Foi notado que a noção de profundidade neste tipo de ambiente torna difícil à manipulação de objetos em 3D.

Uma solução encontrada é alterar apenas as coordenadas X e Y de acordo com a manipulação do apontador pelo usuário dentro do ambiente, deixando o eixo Z estático durante operações de translação em relação ao marcador manipulado.

Esta guideline surgiu com a análise da manipulação do ponteiro no protótipo de realidade aumentada. Usuários sentiam muita dificuldade de movimentar o ponteiro para seleção de itens nos menus e objetos na dispersão de dados, justamente por ter que tratar com o eixo Z (profundidade) dos objetos.

### 6.2.5. Estudo do contexto para determinado tipo de ambiente

Outro fator importante é em que situação utilizar realidade aumentada. Como o mecanismo de interação é diferente ao paradigma conhecido por um usuário não especializado, é possível que a manipulação se torne uma tarefa difícil ainda que a RA seja interessante aos olhos do usuário.

A utilização da realidade aumentada tem como objetivo enriquecer o ambiente do usuário com objetos tridimensionais. Um exemplo seria a utilização da RA para enriquecimento de maquetes (Figura 39).



Figura 39 Utilização de um ambiente de realidade aumentada para enriquecimento de mapas



## Capítulo 7 – Considerações Finais

---

*Este capítulo irá abordar as considerações sobre a dissertação escrita e os protótipos construídos, bem como seus resultados.*

---

Atualmente existem diversas ferramentas de visualização da informação, dentro deste contexto, estudos na área de interface humano-computador possibilitaram o surgimento de novas formas de visualização e o aumento do nível de interação e cognição do usuário com a ferramenta (ARIAS, EDEN, FISCHER, & GORMAN, 2000).

A tarefa de visualizar dados é uma atividade que constrói um contexto em que é possível analisar padrões e chegar a resultados. Atividades envolvendo um ambiente colaborativo possibilitam a construção de visualizações em que é mais provável chegar a resultados mais precisos e com um maior nível de cognição em comparação a um ambiente monousuário (MARK, CARPENTER, & KOBASA, 2003).

Dentro deste contexto, esta dissertação relata a criação de duas aplicações colaborativas de VI e analisa aspectos a respeito destes ambientes que possam vir a contribuir na construção de protótipos que utilizem os contextos analisados.

Utilizando os módulos demonstrados, é possível reutilizá-los para criar novas outras aplicações dependendo do contexto do problema a ser resolvido.

Testes mostraram que a utilização de um ambiente colaborativo é possível o compartilhamento de conhecimento a fim de aumentar o nível de cognição na construção das visões. Além disto, foi notado que cada tipo de ambiente (3D e RA) também influencia na forma de como usuários interagem, possibilitando a análise de vantagens e desvantagens, gerando guidelines.

As guidelines poderão servir de auxílio para o desenvolvimento de novas ferramentas que utilizem um contexto colaborativo e tridimensional.

## 7.1. Desafios Encontrados

Durante o desenvolvimento deste projeto algumas dificuldades foram encontradas:

- Definir uma arquitetura reutilizável para construção dos dois protótipos de VI colaborativo.
- A limitação de recursos na API Java3D da linguagem Java (lentidão no processamento de muitos dados, problema de interação com os marcadores em um ambiente de RA), fez com que buscássemos alternativas que suprissem as demandas de funcionalidades das duas ferramentas.
- Mecanismos que interação em ambientes de RA são bastante distintos, para cada tipo de ferramenta é necessário um tipo de interação. Foi necessário uma análise de como seria feita a interação com o protótipo gerado.
- Observou-se também que algumas webcams (HP e Logitech) não possuem uma boa resolução, devido a isso, os marcadores não eram reconhecidos e consequentemente os objetos tridimensionais não eram mostrados no ambiente.

## 7.2. Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros para serem desenvolvidos neste projeto, sugere-se:

- Implementação de um ambiente de realidade aumentada assíncrona;
- Estender a funcionalidade dos módulos para realização de relacionamentos de tabelas por meio de chaves estrangeiras;
- Implementação de mecanismos de videoconferência entre participantes;
- Analisar novos mecanismos de interação para os protótipos;
- Implementar mecanismos de inteligência artificial para mineração de dados;
- Implementação de outras técnicas de visualização (Coordenadas paralelas, Treemap, etc);
- Realizar estudos comparativos com outras ferramentas similares.

## Referências

- AHLBERG, C. (1996). Spotfire: an information exploration environment. *SIGMOD*.
- ARIAS, E., EDEN, H., FISCHER, G., & GORMAN, A. (2000). Transcending the Individual Human - Creating Shared Understanding. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 84-113.
- BILLINGHURST, M. (2008). Usability testing of augmented/mixed reality systems . *ACM SIGGRAPH ASIA 2008 courses*.
- BILLINGHURST, M., & KATO, H. (2001). Collaborative augmented reality. *Communications of the ACM*, 45.
- BURING, T., & REITERER, H. (2005). ZuiScat: querying and visualizing information spaces on personal digital assistants. *Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices 'n services*.
- CARD, S., MACKINLAY, J., & SHNEIDERMAN, B. (Abril de 1999). Readings in information visualization: Using vision to think.
- CARMO, R. M. (2007). *MVC-RA: Múltiplas Visualizações de Informação Coordenadas e Aumentadas*. Dissertação de Mestrado.
- CHURCHILL, E. F., SNOWDON, D. N., & MUNRO, A. J. (2001). *Collaborative Virtual Environments Digital Places and Spaces for Interaction*. Springer-Verlag.
- CLEVELAND, W. S. (1993). *Visualizing Data*. Hobart Press.
- DIEHL, S. (2001). *Distributed Virtual Worlds*. Springer-Verlag.
- GAMMA, E., HELM, R., JOHNSON, R., & VLISSIDES, J. (1994). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Professional.
- GODINHO, P. I., MEIGUINS, B. S., GONÇALVES, A., CARMO, R. M., GARCIA, M. d., ALMEIDA, L. H., & LOURENÇO, R. (2007). PRISMA - A Multidimensional Information Visualization Tool Using Multiple Coordinated Views. In: Information Visualization. *Proceedings of 11th International Conference Information Visualization*.
- HEER, J. (2006). Socializing Visualization. *CHI 2006 Workshop on Social Visualization*.
- HEER, J., & AGRAWALA, M. (2008). Design considerations for collaborative visual analytics. *Information Visualization(7)*.
- HEER, J., VIEGAS, F. B., & WATTENBERG, M. (2007). Voyagers and Voyeurs Supporting Asynchronous Collaborative Information Visualization. *CHI 2007 Proceedings*.
- HIROSE, M., & TANIKAWA, T. (2010). Overview of the digital museum Project. *Proceedings of the 9th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry*.
- INSELBERG, A., & DIMSDALE, B. (1990). Parallel coordinates: A tool for visualizing multidimensional geometry. *Proc. of Visualization '90*.
- JOHNSON, B., & SHNEIDERMAN, B. (September de 1992). Tree visualization with tree-maps: a 2d space-filling approach. *ACM Transactions on Graphics.*, 11(No 1), pp. 92–99.

- KATO, H., & BILLINGHURST, M. (1999). Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99)*.
- KIRNER, C., & TORI, R. (2 de Maio de 2006). Fundamentos de Realidade Aumentada. *VIII Symposium on Virtual Reality*.
- MARK, G., CARPENTER, K., & KOBASA, A. (2003, Abril 5-10). Are There Benefits in Seeing Double? A Study of Collaborative Information Visualization. *CHI 2003: NEW HORIZONS*.
- MEDICHERLA, P. S., CHANG, G., & MORREALE, P. (2010). Visualization for increased understanding and learning using augmented reality. *Proceedings of the international conference on Multimedia information retrieval - MIR '10*.
- PILLAT, R. M., VALIATI, E. R., & FREITAS, C. M. (2005). Experimental Study on Evaluation of Multidimensional Information Visualization Techniques. *Proceedings of CLIHC '05*, pp. 20-30.
- REGENBRECHT, H. T., & WAGNER, M. T. (2002). Interaction in a collaborative augmented reality environment. *CHI '02 extended abstracts on Human factors in computer systems*.
- REN, T., & WANG, Y. (2010). A Japanese text based mobile augmented reality application. *ACM SIGGRAPH ASIA 2010 Posters*.
- SCHNIER, C., PITSCH, K., DIERKER, A., & HERMANN, T. (24-28 de Setembro de 2011). Collaboration in Augmented Reality: How to establish coordination and joint attention? *ECSCW 2011: Proceedings of the 12th European Conference on Computer Supported*.
- SHEN, Y., ONG, S. K., & NEE, A. Y. (8-9 de Dezembro de 2008). Collaborative Design in 3D Space. *VRCAI 2008*.
- SHNEIDERMAN, B. (1996). The Eyes Have It A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. *Proceedings' of IEEE Visual Language*.
- SPENCE, R. (2007). *Information Visualization: Design for Interaction*. (2nd ed.). Barcelona: ACM Press.
- WARE, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design*. (2° Edition. ed.). Elsevier Inc.
- YI, J. S., KANG, Y.-A., STASKO, J. T., & JACKO, J. A. (5 de Abril de 2008). Understanding and Characterizing Insights How Do People Gain Insights Using Information Visualization. *BELIV '08*.