

# APLICANDO O MÉTODO MULTIDIMENSIONAL IN-DEPTH LONG-TERM CASE STUDIES PARA AVALIAR VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES

MULTIDIMENSIONAL IN-DEPTH LONG-TERM CASE STUDIES BASED  
USABILITY EVALUATION METHOD FOR VISUALIZATION TOOLS

Eliane Regina de Almeida Valiati \*

## *Resumo*

A visualização de dados multidimensionais tem o potencial de auxiliar na análise e compreensão de grandes volumes de dados através da detecção de padrões, agrupamentos e tendências, que não são óbvios, quando se utilizam formas não gráficas de apresentação. No desenvolvimento de uma técnica de visualização, as tarefas que um usuário precisa desempenhar durante sua utilização devem guiar tanto a escolha das metáforas de visualização quanto os recursos de interação implementados pela técnica. Testes de usabilidade de técnicas de visualização também necessitam de uma definição clara das tarefas do usuário. A identificação e o entendimento dessas tarefas é uma questão recente de pesquisa na área de visualização de informações, e alguns trabalhos têm proposto taxonomias para organizá-las. O presente trabalho relata e compara os resultados de estudos de caso conduzidos com o método Multidimensional In-depth Long-term Case studies (MILCs). Os estudos de caso foram executados para classificar as tarefas de visualização em diferentes níveis de abstração, bem como, estabelecer um método de avaliação de usabilidade para ferramentas de visualização baseado no MILCs.

*Palavras-chave:* Visualização de informações. Taxonomia de tarefas. Avaliação de usabilidade.

## *Abstract*

Information visualization is meant to support the analysis and comprehension of (often large) datasets through techniques intended to show features, patterns, clusters and trends which are not always visible even when using a graphical representation. During the development of information visualization techniques, the designer has to take into account the users' tasks to choose the graphical metaphor as

\* Docente da  
Faculdade de  
Tecnologia Senac  
de Passo Fundo,  
RS. Doutora em  
Computação  
pelo Instituto de  
Informática da  
UFRGS.  
gevaliati@gmail.  
com

well as the interactive resources to be provided. Testing and evaluating the usability of the techniques also certainly demand a clear definition of tasks if interaction experiments are to be performed. The identification and understanding of these tasks is still a research question although some authors have proposed classifications (or taxonomies) along the years. The present work reports and compares the results of case studies conducted as Multi-dimensional In-depth Long-term Case studies. The case studies were carried out to classify visualization tasks at different abstraction levels, as well as to establish a MILCs-based usability evaluation method for visualization tools.

*Keywords:* Information visualization. Taxonomy of tasks. Usability evaluation.

## 1. Introdução

Nos últimos anos, com o crescimento na quantidade de informações produzidas e disponibilizadas, técnicas de visualização de informações multidimensionais foram desenvolvidas com o objetivo de auxiliar na análise e exploração de grandes conjuntos de dados.

Embora as primeiras técnicas de visualização tenham sido desenvolvidas de modo *ad-hoc*, sem estudos sistemáticos de avaliação, as diferentes questões relacionadas à avaliação de uso dessas técnicas são temas recentes de pesquisa na área de visualização de informações (PLAISANT, 2004) (ELLIS e DIX, 2006) (STASKO, 2006). Entre outras questões a serem investigadas, pergunta-se: como saber se as ferramentas de visualização de informações são úteis e usáveis a pessoas reais fazendo tarefas reais? (TORY e MOLLER, 2005). Essa questão é significativa, pois, para uma ampla adoção de ferramentas de visualização de informações, é indispensável que essas ferramentas sejam efetivas, eficientes e satisfaçam as necessidades de seus usuários (ARDITO *et al.*, 2006).

Estudos envolvendo a participação de usuários são importantíssimos no projeto e na avaliação de qualquer sistema interativo (DIX *et al.*, 1998). Na literatura em visualização de informações, a maioria dos trabalhos de avaliação envolvendo usuários concentra-se na realização de experimentos controlados em laboratório (ELLIS E DIX, 2006) (CHEN e YU, 2000). Contudo, algumas vezes, tal procedimento experimental pode ser inapropriado (SEO e SHNEIDERMAN, 2006) (GONZALES e KOBASA, 2003), principalmente, durante uma fase exploratória de pesquisa, quando objetivos e tarefas, entre outras variáveis, podem ainda não estar bem definidos (TORY e MOLLER, 2005). Por isso, na avaliação de

visualizações, estudos longitudinais envolvendo a participação de usuários reais são fortemente recomendados (PLAISANT, 2004) (SEO e SHNEIDERMAN, 2006) (GONZALES e KOBSA, 2003) (SHNEIDERMAN e PLAISANT, 2006).

Este artigo relata a experiência de utilização do método Multidimensional In-depth Long-term Case Studies (MILCs) (SHNEIDERMAN e PLAISANT, 2006) na avaliação de técnicas de visualizações de informações multidimensionais, apresentando e discutindo alguns resultados obtidos.

No termo “Multidimensional In-depth Long-term Case Studies”, *multidimensional* refere-se ao uso de diferentes métodos (por exemplo, entrevistas, observações, etc.) para avaliar a performance do usuário e a eficácia e utilidade de interface. *In-depth* diz respeito ao intenso engajamento do pesquisador com os usuários especialistas, ao ponto de se tornar um parceiro ou assistente. *Long-term* consiste na realização de estudos longitudinais com usuários especialistas no domínio. *Case studies* refere-se ao relato detalhado sobre um pequeno número de usuários (3 a 5 especialistas no domínio), trabalhando em seus ambientes normais de trabalho, utilizando visualizações para analisar seus próprios dados (SHNEIDERMAN e PLAISANT, 2006).

O artigo está estruturado como segue. A próxima seção traz uma revisão dos trabalhos relacionados à avaliação de visualizações, envolvendo a participação de usuários. Na seção 3, relata-se a utilização do método Multidimensional In-depth Long-term Case Studies (MILCs), descrevendo, detalhadamente, a realização de três estudos de caso. Finalmente, a discussão dos resultados e algumas considerações finais são apresentadas nas últimas seções.

## **2. Trabalhos relacionados**

Uma revisão, na área de visualização de informações, revela que a maioria dos trabalhos publicados relatando avaliações com usuários concentra-se na realização de experimentos controlados feitos em laboratório, envolvendo a participação de usuários experimentais, geralmente, estudantes (VALIATI *et al.*, 2008).

Os resultados destes estudos típicos com usuários são limitados e fortemente dependentes do perfil dos usuários envolvidos, do conjunto de dados e tarefas utilizadas, bem como dos procedimentos adotados na condução desse tipo de experimento. Trabalhos contendo análise e revisão de avaliações empíricas com usuários podem ser encontrados em Ellis e Dix (2006) Dix *et al.*(1998) e Valiati *et al.* (2008).

Entre alguns desafios e alternativas promissoras para avaliar visualizações,

apontam-se Plaisant (2004), Stasko (2006), Seo e Shneiderman (2006) e Shneiderman e, Plaisant (2006): a organização de *information visualization contexts*, a compilação de *benchmark data sets and tasks* e a realização de *longitudinal case studies*.

*Longitudinal case studies* são realizados com usuários especialistas no domínio, utilizando visualizações para explorar seus próprios conjuntos de dados, por dias ou semanas, em seu ambiente normal de trabalho.

González e Kobsa (2003) conduziram um estudo longitudinal de aproximadamente 6 semanas, com 5 analistas de dados administrativos, com o objetivo de verificar fatores relacionados à adoção de sistemas de visualização de informações comerciais. Hetzler e Turner (2004) relatam lições aprendidas de um estudo de observação realizado com um grupo de usuários especialistas, que utilizaram um sistema de visualização para analisar conjuntos de dados de interesse. Seo e Shneiderman (2006) realizaram *longitudinal case studies* com 3 usuários especialistas, que utilizaram a ferramenta *Hierarchical Clustering Explorer* – HCE – para análise de seus próprios conjuntos de dados, por um período de 6 semanas.

Indiscutivelmente, devido ao perfil dos usuários envolvidos e ao contexto de realização dos estudos, *longitudinal case studies* constituem-se uma fonte riquíssima de informações quanto ao uso de visualizações, fornecendo resultados significativamente diferentes daqueles obtidos quando usuários experimentais são envolvidos na avaliação (VALIATI *et al.*, 2007). Contudo, como os demais métodos de avaliação, também apresenta limitações, principalmente quanto à replicação de seus resultados. Para que resultados possam ser generalizados, com maior nível de confiança e credibilidade, é necessário compilar mais evidências através de múltiplos estudos de caso (SEO e SHNEIDERMAN, 2006), conforme proposto, por exemplo, pelo método MILCs (SHNEIDERMAN e PLAISANT, 2006).

### **3. Estudos de caso: aplicação do método MILCs**

Essa seção descreve nossa experiência prática de utilização do método MILCs no processo de avaliação de diferentes ferramentas de visualização de informações multidimensionais.

O objetivo principal na realização do primeiro estudo de caso era identificar as tarefas interativas realizadas pelos usuários durante o processo de análise e exploração de dados, bem como verificar quais procedimentos experimentais seriam mais adequados para avaliar consistentemente a classificação de tarefas, proposta em Valia-

ti *et al.* (2006).

Com a aplicação do método MILCs, foram realizados 7 *longitudinal case studies* envolvendo 7 usuários especialista no domínio, 5 áreas diferentes de conhecimento (domínios), 13 conjuntos de dados e 5 ferramentas de visualização.

Os usuários envolvidos nos *longitudinal case studies* não possuíam qualquer familiaridade com o experimentador, além de um contato indireto. Todos os *longitudinal case studies* foram realizados no ambiente de trabalho dos usuários, que 1) estavam motivados para análise de seus próprios dados; 2) eram experientes no uso de computadores, mas inexperientes no uso de visualizações; 3) possuíam suas próprias práticas e ferramentas de análise; e 4) estavam em diferentes fases no processo de análise dos dados.

Cada estudo de caso durou de 6 a mais semanas, a conclusão de todos os estudos teve a duração de 2 a 4 meses. Alguns foram realizados de forma consecutiva ou parcialmente paralela, dependendo da disponibilidade de cada usuário. Neste artigo, descrevemos três longitudinal case study ainda não publicados feitos com um geógrafo, um corretor de seguros e um especialista em educação.

### **3.1 Procedimentos**

Em todos os *longitudinal case studies* foi utilizada a mesma metodologia, conforme *guidelines* para o MILCs descritas em Shneiderman e Plaisant (2006), concentrando-se na realização de observação participativa e entrevistas, conforme adotado em Seo e Shneiderman (2006).

Durante os *longitudinal case studies*, as atividades aconteceram de uma maneira bastante natural e espontânea, todos os usuários foram convidados e participaram voluntariamente dos estudos. No primeiro encontro, realizou-se uma entrevista com o objetivo de conhecer a experiência e as práticas de trabalho do usuário.

Antes de iniciar a análise dos dados, cada usuário recebeu um treinamento sobre as técnicas de visualização a serem utilizadas, no que se refere a forma como os dados são representados e os recursos de interação disponibilizados, embora fosse permitido ao usuário solicitar auxílio quanto ao uso das técnicas sempre que julgasse necessário.

Antecipadamente, não foi estipulado nenhum protocolo rígido de como os usuários deveriam proceder, quantos encontros seriam realizados com o experimentador e o tempo de observação, que conjunto de dados seria utilizado, tampouco havia qualquer conhecimento de quais seriam as questões analíticas de alto nível

que os usuários buscavam responder durante a análise e a exploração de seus dados.

Também se solicitou a cada usuário que utilizasse, para as técnicas de visualização, o tempo que julgasse necessário (com relação ao número de encontros e tempo de duração de cada encontro), até que sentisse não obter mais nenhum conhecimento novo ou compreensão sobre os dados em análise.

Nos encontros semanais com o experimentador, cada usuário era observado, instruído e incentivado a pensar em voz alta (método *think aloud*) enquanto analisava e explorava seus dados utilizando as técnicas de visualização, relatando questões que buscava responder através da análise, ações realizadas ou que desejava realizar (tarefas e subtarefas), dificuldades ou problemas encontrados durante o uso da técnica e quaisquer outras observações, inferências e conclusões acerca da atividade sendo realizada.

Durante cada encontro, todas as observações realizadas eram registradas em formulários em papel, em formato livre, que, horas depois, eram revisados para melhor descrever as anotações realizadas e todos os fatos ocorridos, para uma posterior análise de todos os registros. No último encontro, os usuários eram entrevistados e solicitados a avaliarsuaexperiênciacomousodatécnica,relatandoquaisquerdificuldadesebenefícios.

### ***3.2 Estudo de Caso: geografia***

Este *longitudinal case study* foi realizado com um geógrafo que atuava num projeto de pesquisa relacionado ao Diagnóstico Socioespacial da área Urbana. Era um usuário especialista no domínio dos dados sendo analisados, como também experiente na atividade de análise de informações. O principal objetivo do usuário envolvido no estudo é verificar a relação entre os dados socioeconômicos referentes a moradia, emprego, grau de instrução e renda de bairros e loteamentos que compõem o município.

#### ***3.2.1 Conjunto de Dados***

Durante o uso das técnicas de visualização foi utilizado um conjunto de dados do próprio pesquisador, contendo dados socioeconômicos. Na primeira fase do estudo, juntamente com o usuário, foi realizado um pré-processamento desse conjunto de dados. O conjunto de dados analisado possuía 241 itens e 12 dimensões.

### 3.2.2 Técnica de Visualização

Durante o estudo, foram utilizadas duas implementações diferentes de técnicas de visualização geométrica. Uma das implementações compõem o pacote *Xmdvtool* (disponível em <http://davis.wpi.edu/~xmdv>). A outra implementação faz parte de uma aplicação, desenvolvida por Hoffman (1999) e seu grupo, disponível em (<http://ivpr.cs.uml.edu/~hoffman/>).

O pacote *XmdvTool* compõe-se de quatro técnicas geométricas: *Matriz de Scatterplots*, *Star Glyphs*, *Coordenadas Paralelas* e *Dimensional Stacking*. Entre os principais recursos de interação disponíveis, inclui selecionar, salvar a representação ou os dados selecionados, *zoom*, mover a representação na horizontal e vertical, realizar distorção, configurar a representação visual com diferentes temas de cores, esconder e reordenar dimensões. A figura 1 mostra as técnicas *Coordenadas Paralelas* e *Matriz de ScatterPlots* do pacote *XmdvTool*, utilizadas no estudo.

Na aplicação disponível em <http://ivpr.cs.uml.edu/~hoffman/>, estão implementadas as técnicas *Radviz*, *Survey Plot*, *Trend Plots*, *Coordenadas Paralelas*, *Coordenadas Paralelas Circulares*, *Matrix de ScatterPlots*, *Segmento de Círculos*, *Histograma com Coordenadas Paralelas*, *Andrew Plots*, *Gráfico de linhas* e *Gridviz*. Entre os principais recursos de interação disponíveis, inclui mover e reordenar dimensões, alterar tema de cores e normalizações, *jittering*, mostrar ou não linhas radiais e *labels*, controlar tamanho dos pontos e fator de *zoom*. A figura 2 apresenta a técnica *Radviz* implementada nesta aplicação e utilizada pelo usuário durante o estudo.

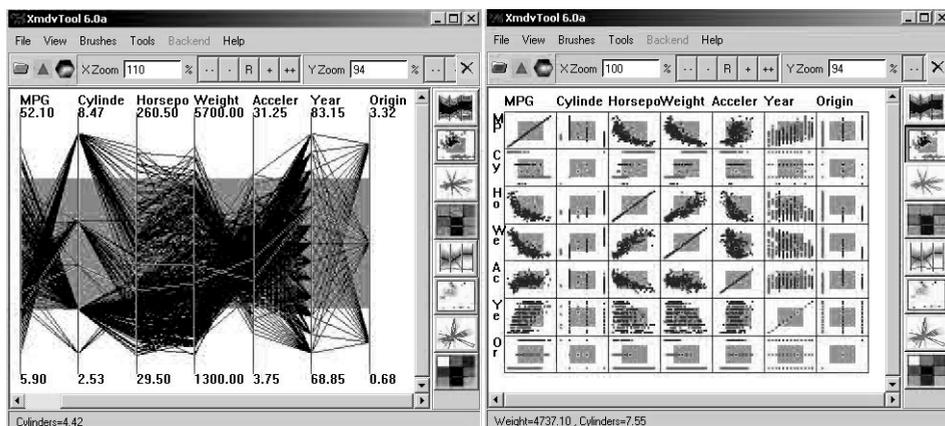


Figura 1. Técnicas de visualização: *Coordenadas Paralelas* e *Matriz de Scatter Plots* do pacote *Xmdvtool*.

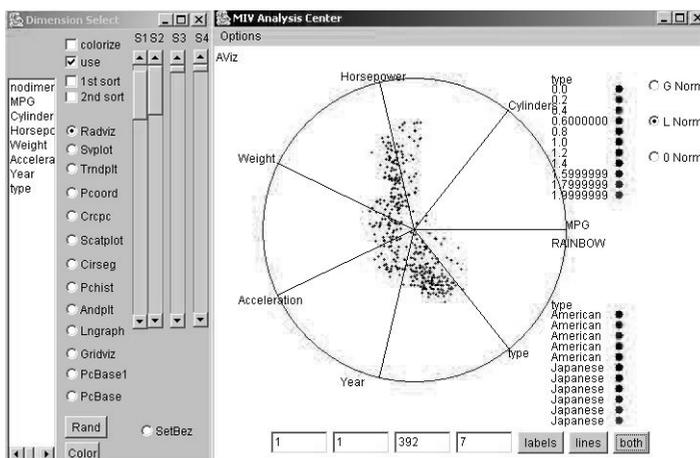


Figura 2. Técnica de visualização *Radviz* disponível em <http://ivpr.cs.uml.edu/~hoffman/>.

### 3.2.3 Tempo de Duração

Ao todo, foram realizados cinco encontros com o usuário, totalizando 12 horas de observação. Nos primeiros encontros, o usuário utilizou as técnicas Coordenadas Paralelas e depois Matriz de *ScatterPlots* (do pacote *Xmdvtool*); nos demais encontros, utilizou as técnicas disponíveis na aplicação de Hoffman.

## 3.3 Estudo de Caso: corretora de seguros

Este *longitudinal case study* foi realizado com um corretor de seguros; tratava-se de um usuário especialista no domínio dos dados sendo analisados, experiente na atividade de análise e tomada de decisões. Os dados analisados referem-se a informações relacionadas aos clientes segurados, tipos de seguros realizados e corretores (25 produtores) que trabalham na corretora.

O principal objetivo do usuário envolvido no estudo era analisar dados gerenciais na busca de informações (como, por exemplo, perfil dos clientes segurados por tipo de seguro, atuação dos produtores e nichos de mercado) que auxiliassem na tomada de decisões para o controle e aumento de produtividade.

### 3.3.1 Conjunto de Dados

Durante o uso da ferramenta de visualização foi utilizado um conjunto de dados do próprio usuário, contendo **dados gerenciais** referentes a seguros de automóvel, residencial, empresarial e de vida. O conjunto de dados analisado possuía 873 itens e 33 dimensões.

### 3.3.2 Técnica de Visualização

Para análise dos dados, o usuário utilizou as técnicas Coordenadas Paralelas (INSELBERG, 1985) (INSELBERG e DIMSDALE, 1990), Matriz de *ScatterPlots* (ANDREWS, 1972) e *Radviz* (HOFFMAN, 1999), implementadas com o *Infovis Toolkit* (FEKETE, 2004), conforme figura 3.

Em todas as técnicas foram disponibilizados os mesmos recursos interativos, através de um painel de controle que acompanhava a representação visual. Entre as principais opções de interação disponibilizadas, estavam seleção de objetos de dados; filtragem de intervalos de valores de dados; mapeamento dos atributos de dados para propriedades visuais (cor, nível de transparência e tamanho de objetos de dados) e manipulação dos atributos de dados (adição, remoção e ordenamento dos atributos na representação visual).

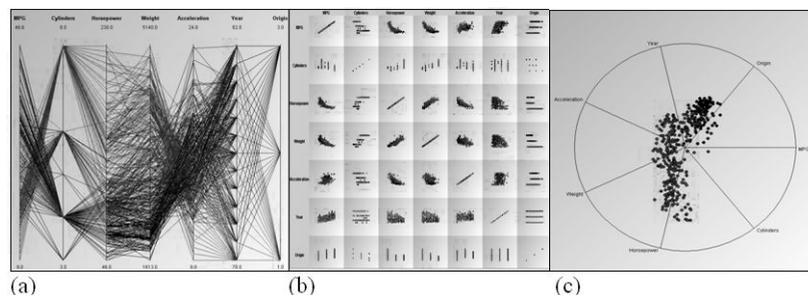


Figura 3. Técnicas de visualização: (a) Coordenadas Paralelas, (b) Matriz de *Scatter Plots* e (c) *Radviz*

### 3.3.3 Tempo de Duração

Ao todo, foram realizados oito encontros com o usuário, totalizando 18 horas de observação.

### 3.4 Estudo de Caso: secretaria de educação

Foram realizados dois *longitudinal case studies* com um especialista em educação. Neste artigo, descreve-se apenas um dos estudos. O usuário que participou do estudo era especialista no domínio dos dados sendo analisados, experiente no uso de computadores, nas atividades de análise de dados, coordenação e tomada de decisões.

Os dados analisados referem-se aos índices de rendimento anual das escolas da rede municipal de ensino, compreendendo os anos de 2000 a 2006. O principal objetivo

do usuário envolvido no estudo era analisar os índices de rendimento (número de matrículas, aprovação, reprovação, evasão e transferência), independentes e dependentes das séries que compõem o ensino fundamental, das 35 escolas que fazem parte da rede municipal de ensino, bem como verificar a existência de relação entre estes índices.

Através deste processo de análise, o usuário buscava descobrir que intervenções pedagógicas precisavam ser realizadas e eram mais adequadas à realidade e ao perfil de cada escola.

### 3.4.1 Conjunto de Dados

Durante o uso da ferramenta de visualização, foram utilizados dois conjuntos de dados do próprio usuário: um conjunto de dados referente aos **índices de cada escola por séries**, contendo 1741 itens e 9 dimensões, e um conjunto de dados referente aos **índices gerais de cada escola independentes de série**, contendo 238 itens e 8 dimensões.

### 3.4.2 Técnica de Visualização

Para análise dos dados, o usuário utilizou a ferramenta *Hierarchical Clustering Explorer* – HCE 3.5 (<http://www.cs.umd.edu/hcil/hce/>).

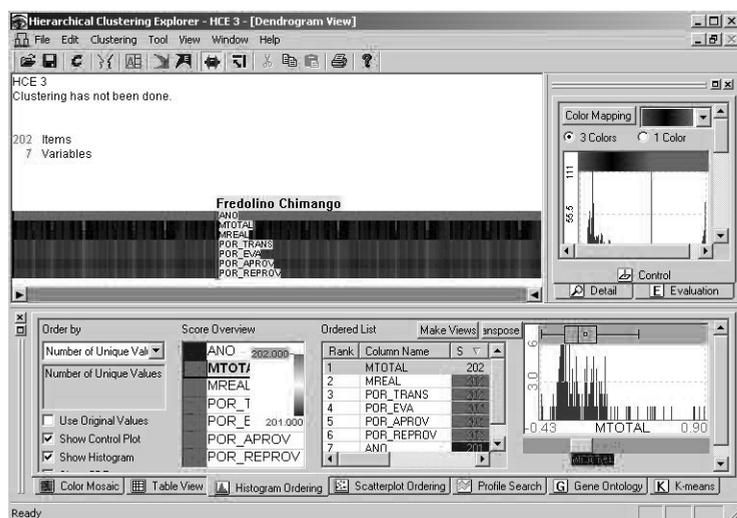


Figura 4. Ferramenta de visualização Hierarchical Clustering Explorer - HCE 3.5

Na aplicação HCE, além de *interactive color mosaic* e *dendrogram displays*, estão disponíveis 1D histogramas, 2D *scatterplots*, coordenadas paralelas, visão tabular, *Gene Ontology viewer*, visualização coordenada entre janelas (SEO e SHNEIDERMAN, 2006). A ferramenta oferece, para cada tipo de representação, diversos recursos de interação. A figura 4 apresen-

ta um conjunto de dados do usuário, visualizado através da ferramenta HCE.

### 3.4.3 Tempo de Duração

Ao todo foram realizados 7 encontros com o usuário, totalizando 19 horas de observação.

## 4. Discussão dos resultados

Esta seção apresenta resultados preliminares dos *longitudinal case studies*, visto que nem todos os estudos são relatados neste artigo.

Portanto, finalizados os *longitudinal case studies* descritos neste artigo e analisados os registros feitos em cada encontro (resultantes de um total de 49 horas de observação), para cada estudo de caso as informações coletadas puderam ser categorizadas em: questões analíticas de alto nível, descobertas e compreensões resultantes da análise dos dados, problemas de usabilidade e diferentes ocorrências de tarefas e subtarefas.

Durante o processo de análise visual e exploração dos dados, os usuários formularam diversas questões analíticas relacionadas aos diferentes fatores observados em seus conjuntos de dados. Entre os três estudos de caso, foram registradas 81 questões analíticas de alto nível (23 questões no domínio geografia, 31 questões no domínio corretora e 27 questões no domínio educação). Como exemplos de questões analíticas formuladas pelos usuários, podemos citar:

#### **no Estudo de Caso - geografia:**

1. “Existe alguma relação entre aposentados ativos, número de desempregados e nível de renda?”
2. “Qual o perfil do bairro X? Que bairros possuem um perfil semelhante?”
3. “Existem diferenças socioeconômicas significativas entre os bairros e loteamentos?”

#### **no Estudo de Caso – corretora de seguros:**

1. “Qual a média de valores de danos materiais?”
2. “Quantos clientes cada produtor possui? Qual produtor possui mais clientes?”
3. “Que tipo de bens o cliente Y mantém segurados?”

### **no Estudo de Caso – secretaria da educação:**

1. *“Que escolas apresentam maiores índices de transferências?”*
2. *“Nas 1as séries, como têm se comportado os índices de evasão e reprovação? Confirma-se a hipótese de que, nas escolas onde os alunos mais reprovam na 1ª série, existe a tendência de que também evadam?”*
3. *“Que escolas, com o passar dos anos, estão conseguindo diminuir os índices de reprovação? Que trabalho estão fazendo? Apresentam algum padrão ou características em comum? Adotam alguma teoria de ensino-aprendizagem ou ações político-pedagógicas diferenciadas?”*

Através das questões exemplificadas acima, nota-se que cada usuário buscou realizar diversas e diferentes descobertas (compreensões) resultantes da análise de seus respectivos conjuntos de dados. Algumas questões levaram diretamente a uma única resposta, a nenhuma resposta ou a mais de uma resposta, como também à formulação de outras questões (por exemplo, o primeiro questionamento da questão 3 do terceiro estudo de caso). Diferentes tipos de compreensão, como proposto em Saraiya *et al.* (2005), e outras questões (para apoiar a realização de ensaios de interação com usuários experimentais) poderão ser identificadas e categorizadas, com base nas questões analíticas de alto nível formuladas pelos usuários.

Com relação às questões formuladas pelos usuários, outro fato importante que se verificou, como relatado em Gonzales e Kobsa (2003), é que os usuários sempre têm uma proposta em mente quando realizam análise de dados. Eles já sabem antecipadamente o que eles querem checar. Eles raramente exploram os dados de uma maneira completamente aberta, a fim de encontrar novos e inesperados relacionamentos. Eles sempre têm questões analíticas em mente e definem análise de dados deste modo.

Problemas de usabilidade também puderam ser identificados em todos os *longitudinal case studies*. No primeiro estudo de caso, no uso do pacote *XmdvTool* e aplicação do Hoffman, foram 19 problemas. No estudo de caso utilizando as técnicas implementadas com o Infovis Toolkit surgiram 20 problemas e, no estudo envolvendo a ferramenta HCE, foram 15 problemas. Alguns destes problemas de usabilidade foram apenas observados, mas a maioria deles foi relatada pelos próprios usuários durante as interações realizadas.

Os problemas de usabilidade foram analisados com relação ao número de ocorrências e graus de severidade, conforme Nielsen e Mack (1994). A maioria dos problemas apresentou altos graus de severidade e elevado número de ocorrên-

cias em cada estudo de caso e entre os estudos de caso. Tais problemas estão associados tanto com os mecanismos de interação quanto com a própria representação visual, dificultando e, muitas vezes, impossibilitando a realização de algumas tarefas.

Embora alguns problemas sejam pontuais com relação a certos recursos presentes nas ferramentas de visualização utilizadas, uma quantidade considerável deles diz respeito a recursos que deveriam existir independentemente de ferramenta, ou seja, são problemas que se sobrepõem entre os estudos concluídos e os que estamos realizando (com diferentes usuários e ferramentas).

Através das questões analíticas e dos problemas de usabilidade, foi possível também identificar diferentes ocorrências de tarefas e subtarefas que os usuários realizaram durante suas interações ou desejavam realizar e não conseguiram, por deficiências apresentadas pelas ferramentas de visualização.

Comparando as tarefas observadas com as propostas em nossa classificação (VALIATI *et al.*, 2006), verificou-se que as tarefas de maior ocorrência foram, respectivamente, configurar, exibir, identificar e comparar, visto que, na resolução de quase todas as questões analíticas de alto nível, elas aparecem, muitas vezes, como subtarefas em diferentes níveis. Diferentes tipos de ocorrências de cada tarefa puderam ser validados, pois foram previstos na classificação.

Contudo, tarefas não propostas em nossa classificação também puderam ser observadas. Elas estão associadas a problemas de usabilidade, que dificultaram e, muitas vezes, impossibilitaram a realização de algumas tarefas. Ou seja, são tarefas que os usuários desejavam realizar e não conseguiram, por falta de recursos nas ferramentas de visualização.

Assim, entre a descrição de alguns problemas de usabilidade, encontram-se exemplos dessas tarefas:

1. os usuários, quando analisam dados, precisam **relatar, registrar, documentar** seus encontros (compreensões, conclusões, descobertas) para eles próprios ou para mostrar e discutir com outras pessoas (colegas, supervisores, etc.);
2. para isso, necessitam de recursos que permitam **comentar** ou mesmo **destacar, realçar** partes da representação visual; a possibilidade de destacar itens e dimensões também é útil quando conjuntos de dados maiores precisam ser analisados;
3. os usuários, em alguns estágios do seu processo de análise, desejam **integrar** as funcionalidades da ferramenta de visualização a outras ferramentas

que, rotineiramente, utilizam;

4. um nível simples de integração passa pela possibilidade de poderem **importar** e **exportar** dados em diferentes formatos;
5. evidências visuais às vezes não são suficientes; os usuários precisam **apoiar seus encontros com certo nível de significância estatística**, ou seja, as ferramentas de visualização deveriam conter recursos básicos para **auxiliar a análise estatística**;
6. seria muito útil se as ferramentas permitissem **salvar e carregar** certas visualizações obtidas do conjunto de dados para posterior análise (continuar o trabalho do ponto onde foi interrompido) ou mesmo para mostrar a outras pessoas certas descobertas, sem ter que lembrar e reconfigurar a representação tentando reproduzir um encontro;
7. outro recurso importante, neste sentido, seria **manter** ou **salvar históricos de ações**, de forma que uma sequência de ações pudesse ser refeita sem ter que recordar como foi feita;
8. os usuários necessitam, facilmente, **alterar o conjunto de dados**, adicionando e excluindo alguns itens de dados sem ter que recarregar a visualização;
9. fazem muita falta aos usuários os recursos de **refazer** e, principalmente, **desfazer** ações, considerando-se ser um ambiente extremamente exploratório.

Parte destas colocações também foram constatadas em estudos conduzidos por Gonzales e Kobsa (2003) e Hetzler e Turner (2004).

Portanto, com base em nossas observações, também, argumenta-se que as ferramentas de visualização precisam ser flexíveis e ágeis quando aplicadas a dados reais (HETZLER e TURNER, 2004) e a situações reais de uso. Precisam ser adequadas e compatíveis com as rotinas de trabalho de seus usuários, dando suporte às diferentes fases do processo de análise, para que possam ser adotadas de forma complementar as práticas de análise existentes, e integradas as demais ferramentas (GONZALES e KOBSA, 2003) (HETZLER e TURNER, 2004).

## 5. Conclusões

A experiência de utilização do método *Multidimensional In-depth Long-term Case Studies* (MILCs) foi indiscutivelmente positiva. Embora apresente algu-

mas limitações, foi somente através desta abordagem que conseguimos obter compreensões e resultados significativos, com relação ao uso de sistemas de visualização de informações. Em Valiati *et al.* (2007) relatamos a realização de três diferentes procedimentos experimentais envolvendo usuários e comparamos os resultados obtidos.

Entre as *guidelines* propostas para aplicação do MILCs (SHNEIDERMAN e PLAISANT, 2006), optamos por não fazer registros de *logging* pelo volume de informações que isso geraria, como também não realizamos o reprojeto das ferramentas utilizadas, pois nosso objetivo era avaliar o uso de ferramentas de visualização mantendo a total independência do experimentador apenas como avaliador.

O uso de diferentes métodos, mas em especial a realização de horas de observações e registros, contribuiu para avaliar a eficácia e a utilidade da interface em situações reais de uso, conhecer as práticas de análise existentes, como a rotina de trabalho dos usuários. Verificou-se que alguns usuários, entre os encontros de observação, não utilizavam extensivamente as ferramentas de visualização em suas práticas diárias, como em Gonzales e Kobsa (2003), sendo também relutantes em registrar comentários, problemas e sucessos quanto a sua experiência de uso. Por isso, realizou-se um acompanhamento mais efetivo, com maior número de visitas e horas de observação.

O intenso engajamento do pesquisador com os usuários especialistas (ao ponto de se tornar um parceiro ou assistente) foi extremamente importante para adquirir a confiança e a espontaneidade dos relatos e situações vivenciadas. O acompanhamento mais efetivo do usuário com maior número de horas de observação ajudou neste sentido e, embora não tenha sido conduzido de forma iterativa um reprojeto das ferramentas, como em Seo e Shneiderman (2006), o pesquisador, sempre que possível, foi flexível em auxiliar os usuários (por exemplo, no pré-processamento do conjunto de dados, na conversão manual do formato de arquivos).

A configuração de realizar múltiplos *longitudinal case studies* com usuários especialistas no domínio, por um período considerável de tempo, permitiu observar várias situações semelhantes, fornecendo um nível maior de confiança e credibilidade nas informações obtidas, possibilitando uma generalização de resultados.

Como as principais limitações do método MILCs, destacamos: (1) a dificuldade de encontrar usuários dispostos a participar dos estudos de caso, visto que alguns contactados não aceitaram participar por desconhecerem os benefícios de realizar análise de dados através de visualizações e (2) o tempo consumido para a realização de múltiplos *longitudinal case studies*.

Na prática, a realização dos múltiplos estudos em paralelo é muito difícil, devido à dificuldade de encontrar usuários dispostos a participar e à disponibilidade de tempo dos usuários durante o estudo. Estimou-se realizar cada estudo de caso no período de dois meses, mas muitos se estenderam para 3 ou 4 meses até serem concluídos. Os usuários possuem inúmeras atividades e compromissos em sua rotina normal de trabalho, o que fez com que muitos encontros de observação não ocorressem, fossem interrompidos ou, na última hora, fossem desmarcados.

Todavia, do ponto de vista dos usuários, a experiência de realização de *longitudinal case studies* foi bastante produtiva, contribuiu para a melhor compreensão de seus conjuntos de dados, gerando informações que auxiliaram na tomada de decisões. Não mudou substancialmente suas práticas de análise existentes, mas representou uma forma diferenciada e complementar de explorar e analisar seus dados.

Embora tenha-se relatado que uma das limitações do método seja a dificuldade de encontrar usuários dispostos a participar dos estudos de caso, um exemplo do quanto a experiência foi positiva com os usuário que aceitaram participar foi o fato de que o quarto estudo de caso resultou na realização do quinto estudo de caso com o mesmo usuário especialista (utilizando outro conjunto de dados e ferramenta de visualização). A realização do sexto estudo de caso, por indicação do próprio usuário, levou à realização do sétimo estudo com outro usuário especialista no mesmo domínio.

Considerando-se os resultados positivos na utilização do método *Multidimensional In-depth Long-term Case Studies* (MILCs), como trabalhos futuros, pretende-se:

- a) realizar novos *longitudinal case studies*, se possível, nas mesmas e em outras áreas de domínio;
- b) analisar e categorizar as informações coletadas através destes estudos;
- c) generalizar o que for possível dos resultados obtidos;
- d) tratar essas generalizações, de forma que possam ser utilizadas e contribuam para melhorar e sistematizar o processo de avaliação de sistemas de visualização;
- e) auxiliar na análise de dados, descoberta do conhecimento e tomada de decisões nos diferentes domínios e áreas de aplicação de sistemas de visualização de informações.

## Referências

ANDREWS, D. F. Plots of High-Dimensional Data. *Biometrics*, vol. 29, 1972, 125-136.

ARDITO, C et al. Systematic Inspection of Information Visualization Systems. *Proc. BELIV'06 – Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization - a Workshop of AVI'06*, (2006), 61-64.

CHEN, C., YU, Y. Empirical studies of information visualization: a meta-analysis, *International Journal of Human-Computer Studies*, 53, 5 (2000), 851-866.

DIX, A. et al. *Human-computer interaction*. Cambridge: University Press, 1998.

ELLIS, G., DIX, A. An explorative analysis of user evaluation studies. *Proc. BELIV'06 – Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization - a Workshop of AVI'06*, (2006), 15-20

FEKETE, J.D. The InfoVis Toolkit. *Proc. IEEE Symposium on Information Visualization* (2004), IEEE Press, 167-174.

GONZALES, V., KOBASA, A. “A workplace study of the adoption of information visualization systems,” *Proc. I-KNOW '03: Third Int'l Conf. Knowledge Management* (2003), 96-102.

HETZLER, E., TURNER, A. Analysis experiences using information visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24 (5), 2004, 22-26.

HOFFMAN, P.E. Table Visualization: A formal model and its applications. *Computer Science Dept.*, University of Massachusetts at Lowell, 1999 (Doctoral Dissertation).

INSELBERG, A. The plane with parallel coordinates. *Special Issue on Computational Geometry*, *The Visual Computer*, vol. 1, 1985, 69-91.

INSELBERG, A., DIMSDALE, B. Parallel Coordinates: A tool for visualizing multidimensional Geometry. *Proc. IEEE Visualization'90* (1990), 361-375.

NIELSEN, J., MACK, R. L. *Usability inspection methods*. New York: John Wiley & Sons, 1994.

PLAISANT, C., The challenge of information visualization evaluation, *Proc. AVI'04 - ACM Conference on Advanced Visual Interfaces*, ACM Press (2004), 109-116.

SARAIYA, P et al. An Insight-Based Methodology for evaluating bioinformatics visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v. 11, n. 4, July/August 2005, 443-456.

SEO, J., SHNEIDERMAN, B. Knowledge discovery in high dimensional data: Case studies and a user survey for the rank-by-feature framework. *IEEE Trans. On Visualization and Computer Graphics* 12, 3 (May/June, 2006), 311-322.

SHNEIDERMAN, B., PLAISANT, C. Strategies for evaluating information visualization tools: Multi-dimensional In-depth Long-term Case Studies. *Proc. BELIV'06 – Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization - a Workshop of AVI'06*, (2006), 38-43.

STASKO, J. Evaluating information visualizations: issues and opportunities. *Proc. BELIV'06 – Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization - a Workshop of AVI'06*, (2006), 5-8.

TORY, M., MOLLER, T. Evaluating visualizations: do expert reviews work? *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25 (5), 2005, 8-11.

VALIATI, E. R. A.; PIMENTA, M.S.; FREITAS, C.M.D.S. A taxonomy of tasks for guiding the evaluation of multidimensional visualizations. *Proc. BELIV'06– Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization*). 2006.

\_\_\_\_\_. Using Multi-dimensional In-depth Long-term Case Studies for information visualization evaluation. *Proc. BELIV'08– Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization*. 2008.

VALIATI, E. R. A., PILLAT, R. M., FREITAS, C. M. D. S., PIMENTA, M. S. Avaliação experimental de classificação de tarefas em visualização de informações multidimensionais. *Proc. CLIHC'07 – Innovation inspired by diversity: perspectives, challenges and opportunities for human-computer interaction in Latin America (CLIHC 2007)*, 2007, Rio de Janeiro. Human-Computer Interaction - INTERACT 2007. Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. p. 1-4.