

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/266863377>

Introdução à Visualização de Informações

Article

CITATIONS

28

READS

496

6 authors, including:



Carla Dal Sasso Freitas

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

181 PUBLICATIONS 1,444 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Paulo Roberto Gomes Luzzardi

Universidade Católica de Pelotas (UCPel)

15 PUBLICATIONS 151 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ricardo Cava

16 PUBLICATIONS 167 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Project

Interaction using Mobile Devices [View project](#)



Project

DIA.BR [View project](#)

Introdução à Visualização de Informações

Carla Maria Dal Sasso Freitas¹, Olinda Mioka Chubachi^{1,2},

Paulo Roberto Gomes Luzzardi^{1,3}, Ricardo Andrade Cava^{1,3,4}

Resumo: Visualização de Informações é uma área de aplicação de técnicas de computação gráfica, geralmente interativas, visando auxiliar o processo de análise e compreensão de um conjunto de dados, através de representações gráficas manipuláveis. Uma técnica de visualização é baseada numa representação visual e em mecanismos de interação que possibilitam ao usuário manipular essa representação de modo a melhor compreender o conjunto de dados ali representado. O nível de abstração dessa representação é mais alto, porque freqüentemente não há relação direta entre os dados e uma entidade física ou geométrica, ou o usuário não está interessado em dados brutos, mas em observar características ou padrões no conjunto de dados. Este trabalho apresenta uma introdução à visualização de informações, abordando aspectos considerados fundamentais e técnicas que ilustram esses aspectos, assim como comenta importantes características interdisciplinares dessa área.

Palavras-chaves: Visualização de Informações, Análise de dados

Abstract: Information visualization corresponds to the application of interactive computer graphics techniques aiming at supporting data analysis processes by means of graphical representations that can be manipulated by the user. An information visualization technique is based on a visual representation (a picture or image) and interaction mechanisms that allow a user to manipulate it to better understand the data represented in there. The abstraction level in information visualization is high due to the fact that data do not often have a natural physical or geometric representation, or the user is not interested in raw data but needs to search for features or trends inside the data set. This paper is a short survey of this area, presenting some fundamental aspects as well as techniques that illustrate them. This paper also offers a brief discussion on interdisciplinary characteristics of information visualization.

Keywords: Information visualization, Data analysis

¹ Programa de Pós-Graduação em Computação, Instituto de Informática, UFRGS
Caixa Postal 15064; 91.501-970 Porto Alegre, RS; e-mail: carla@inf.ufrgs.br

² Universidade Federal do Pará, Belém, PA

³ Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, RS

⁴ Centro de Educação Federal Tecnológica, Pelotas, RS

1 Introdução

O avanço da tecnologia de comunicações, dos equipamentos de aquisição de imagens, dados e sinais em geral, e dos computadores que permitem simular sistemas cada vez mais complexos tem disponibilizado um grande volume de informações de diversas origens e formatos. Usuários acessando essas grandes e diversificadas bases de dados ou realizando buscas na Internet obtêm facilmente um volume enorme de informações, dentre as quais muitas podem ser irrelevantes para os objetivos da tarefa sendo realizada. Assim, a sobrecarga de informações é uma das principais preocupações na representação de resultados obtidos através mecanismos de recuperação de informações. Uma abordagem para contornar as dificuldades de selecionar as informações relevantes dentre os resultados de buscas é utilizar técnicas de *visualização de informações* [1, 2] através das quais o usuário obtém uma representação visual que, se por um lado abstrai detalhes do conjunto de informações, por outro propicia uma organização desse conjunto segundo algum critério. Por exemplo, NIRVE [3] é um mecanismo de busca que gera uma representação gráfica dos resultados de uma consulta com base no agrupamento dos documentos pelos conceitos reconhecidos nesses documentos (os conceitos são abstraídos das palavras chaves). Assim, representações gráficas tradicionalmente empregadas apenas para divulgação e apresentação de dados e resultados passaram a ser usadas como ferramenta de "exploração", no que Tukey [4] pioneiramente denominou *análise exploratória visual*.

Combinando aspectos de computação gráfica, interfaces homem-computador e mineração de dados, a visualização de informações permite a apresentação de dados em formas gráficas de modo que o usuário possa utilizar sua percepção visual para melhor analisar e compreender as informações [2]. Quando esses dados correspondem a medidas associadas a objetos físicos, fenômenos ou posições num domínio espacial, costuma-se referir a esse conjunto de técnicas como *visualização de dados científicos*, enquanto a *visualização de informações* trata dados abstratos como relacionamentos ou informações inferidas a partir dos dados mensurados [5]. Essa distinção é, de certa forma, irrelevante no estudo das técnicas de visualização em si. Alguns autores adotam a necessidade do usuário como limiar de distinção entre as duas classes de aplicações. Por exemplo, Spence [6] distingue visualização de dados científicos e visualização de informações pelo grau de interesse do usuário (ou necessidade da aplicação) na representação gráfica do objeto físico ao qual está associada a informação. Por simplificação, não se faz neste trabalho distinção entre dado e informação, nem entre essas áreas de aplicação.

Resumidamente, as técnicas de visualização de informações procuram representar graficamente dados de um determinado domínio de aplicação de modo que a representação visual gerada explore a capacidade de percepção do homem e este, a partir das relações espaciais exibidas, interprete e compreenda as informações apresentadas e, finalmente, deduza novos conhecimentos.

Assim, no desenvolvimento de sistemas de visualização os projetistas devem considerar tanto a melhor forma de mapear informações para uma representação gráfica que facilite a sua interpretação pelos usuários, como fornecer meios que permitam limitar a

quantidade de informações que estes recebem, mantendo-os, ao mesmo tempo, "cientes" do espaço total de informação. É também necessário possibilitar formas de manipulação do conjunto de dados, tanto geométrica (rotações e *zoom* na representação gráfica, por exemplo) como analiticamente (redução ou expansão do conjunto de dados exibido de acordo com algum critério determinado pelo usuário).

Uma das principais considerações a ser feita no processo de visualização é a determinação de qual técnica deve ser empregada em uma determinada aplicação ou situação. Esta escolha é certamente dependente do *tipo de informação* que está sendo tratada e das *tarefas* que precisam ser realizadas pelo usuário. Para tanto, alguns autores propõem classificações procurando auxiliar um projetista a enquadrar sua aplicação em alguma técnica. Shneiderman [7], por exemplo, classificou as técnicas de visualização por tipo de dados e por tarefas: técnicas podem ser unidimensionais (1D), temporais, bidimensionais (2D), tridimensionais (3D) e multidimensionais (n D), dirigidas à visualização de hierarquias e de relacionamentos (grafos), e podem suportar tarefas como a obtenção de uma visão geral, obtenção de visão detalhada, *zooming*, filtragem, identificação de relacionamentos, manutenção de histórico de ações e extração de informações diversas. Chi e Riedl [8], num trabalho de formalização do processo de visualização, partem de *tipos de dados* e de *operadores* que são inerentes a cada técnica de visualização para criar uma abordagem unificada ao enquadramento das técnicas.

A construção de sistemas para visualização de informações pode, portanto, se tornar muito complexa em virtude: a) da necessidade de criação de uma *metáfora visual* que permita codificar visualmente o conjunto de informações com o grau de fidelidade necessário à aplicação; b) dos *mecanismos de interação* necessários para manipular os freqüentemente volumosos e/ou complexos conjuntos de dados, e c) da freqüente necessidade de implementar algoritmos geométricos complexos tanto para a criação da representação visual como para sua manipulação. Estes aspectos levam, diretamente, a questões de projeto de interfaces gráficas e avaliação de usabilidade, inerentes ao contexto de interação homem-computador. Além disto, é cada vez mais necessária a integração com sistemas de mineração de dados [9], já que a busca de facilitar o entendimento dos dados passa pelo reconhecimento de padrões, estruturas e outras informações ocultas no próprio conjunto de dados.

Este trabalho reúne uma apresentação de aspectos fundamentais para o entendimento da área e uma breve descrição das principais técnicas de visualização. Uma caracterização de tipos de dados, de representações visuais e de mecanismos de interação é apresentada inicialmente, na seção 2, para propiciar um melhor entendimento do conceito de modelo de referência de visualização [5], descrito na seção 3. Na seção 4 são descritas técnicas de visualização representativas do estado-da-arte, e o trabalho encerra, na seção 5, com a abordagem de importantes características interdisciplinares dessa área.

2 Dados e representações visuais

2.1 Caracterização de dados

Dados descrevem *fenômenos* (ou processos) ou *entidades* que são objeto de estudo ou análise. Dessa forma, dados correspondem a atributos que podem ser caracterizados de acordo com diferentes critérios. A identificação dessas características é a consideração inicial a ser feita na escolha de uma técnica de visualização.

Um primeiro critério para caracterizar atributos é a *classe* (ou tipo) *de informação* que representam [10]. Atributos podem enquadrar a entidade dentro de uma classe; um atributo deste tipo é considerado como *característica*, *categoria*, atributo *nominal* ou *ordinal* [11]. Atributos podem representar uma propriedade: atributos com valores *escalares*, *vetoriais*, ou *tensoriais*, que assumem valores inteiros ou reais, dentro de um certo intervalo. Finalmente, atributos podem indicar a existência de um relacionamento (*hierarquia* ou *ligação*). Cabe aqui ressaltar que Ware [11], baseado em Bertin [12], argumenta que relacionamentos não são exatamente atributos de entidades, mas um tipo de dado diferente que representa as relações estabelecidas entre entidades. Optamos, entretanto, neste trabalho por enquadrar um relacionamento ou ligação como um atributo.

Um segundo critério de caracterização dos atributos, não obstante dependente do primeiro, é quanto ao *tipo de dado*, no sentido clássico de tipo primitivo, ou seja, se o atributo pode assumir valores *alfanuméricos*, *inteiros*, *reais* ou *simbólicos*, representando este último a identificação de entidade/fenômeno relacionado [10].

Finalmente, os dados podem ainda ser caracterizados de acordo com a *dimensão* e a *natureza do domínio* onde estão definidos. Dados podem estar associados a um domínio *unidimensional*, *bidimensional*, *tridimensional*, ou *n-dimensional*. Este domínio pode ser *contínuo*, *contínuo-discretizado*, ou *discreto*. Exemplos podem ser observados na Tabela 1, ressaltando-se que para o caso n-dimensional, em geral, as entidades são consideradas como pontos num espaço n-dimensional de atributos.

2.2 Representações visuais

Representações visuais ou gráficas correspondem às "figuras" ou "imagens" empregadas para representar o conjunto (ou subconjunto) de dados sob análise. Além dos gráficos tradicionalmente utilizados para apresentação de dados como os gráficos de pontos, de linha, de barras, de torta e histogramas de frequência, que permitem observar relações entre atributos, uma série de representações gráficas mais ou menos complexas são empregadas para codificar através de elementos visuais (cores ou símbolos geométricos) tanto valores como relacionamentos entre entidades ou elementos de dados (Tabela 2).

Tabela 1. Sumário da caracterização de dados, exemplos de domínios diferentes (adaptada de [10]).

Critério	Classe	Exemplo
Classe de informação	Categoria	Gênero
	Escalar	Temperatura
	Vetorial	Grandezas físicas associadas a dinâmica de fluidos
	Tensorial	Link num hiperdocumento
Tipo dos valores	Relacionamento	Link num hiperdocumento
	Alfanumérico	Gênero
	Númerico (inteiro, real)	Temperatura
Natureza do domínio	Simbólico	Link num hiperdocumento
	Discreto	Marcas de automóveis
	Contínuo	Superfície de um terreno
	Contínuo-discretizado	Anos (tempo discretizado)
Dimensão do domínio	1D	Fenômeno ocorrendo no tempo
	2D	Superfície de um terreno
	3D	Volume de dados médicos
	n-D	Dados de uma população

Tabela 2. Classes de representações visuais (adaptada de Freitas e Wagner [10]).

Classe	Tipo	Utilização
Gráficos 2D, 3D	Pontos	Representação da distribuição dos elementos no espaço domínio, representação da dependência/correlação entre atributos.
	Circulares	
	Linhas	
	Barras	
Ícones Glifos Objetos geométricos	Superfícies (para 3D)	Representação de entidades num contexto, representação de grupos de atributos de diversos tipos.
	Elementos geométricos 2D ou 3D	
	diversos	
Mapas	de pseudo-cores	Representação de campos escalares ou de categorias.
	de linhas	Representação de linhas de contorno de regiões, isovalores.
	de superfícies	Idem, no espaço 3D.
	de ícones, símbolos diversos	Representação de grupos de atributos (categóricos, escalares, vetoriais, tensoriais).
Diagramas	Nodos e arestas	Representação de relacionamentos diversos: É-um, É-parte-de, Comunicação, Sequência, Referência, etc.

Freqüentemente, as técnicas de visualização adotam um objeto ou elemento conhecido e estilizado como base de representação, como pode ser observado no File System Navigator da Silicon Graphics [13], na técnica Perspective Wall [14] e no Infobug, de Chuah e Eick [15].

Não obstante o uso de alguma metáfora visual, as representações visuais podem ser classificadas em categorias como as apresentadas na Tabela 2. Adicionalmente, as representações podem ser unidimensionais, bidimensionais ou tridimensionais, conforme a dimensão do espaço onde os elementos geométricos utilizados estejam definidos. Embora sendo pouco comuns, representações visuais unidimensionais poderiam ser utilizadas tendo como base uma linha para o mapeamento de um atributo para cor, por exemplo.

3 Mecanismos de interação

Uma vez que uma representação visual estática por si só freqüentemente não é suficiente para propiciar as condições necessárias para a compreensão de grandes conjuntos de dados, normalmente são disponibilizadas funções pelas quais um usuário pode explorá-los, através de ações em diferentes níveis. Estas ações ocasionam alterações na representação visual de modo que novos aspectos do conjunto de dados possam ser observados.

Num nível mais básico estão as funções de navegação e reposicionamento do observador quer pelo deslocamento horizontal/vertical de uma *scroll bar*, por exemplo, no caso de uma representação plana, como pelo deslocamento de uma câmera virtual no espaço (ou rotação do conjunto de dados) no caso de uma representação 3D. Num segundo nível, estão funções de seleção de elementos de dados de interesse que podem provocar tanto um reposicionamento do conjunto de dados para uma melhor visualização como um detalhamento (*zooming* semântico) de uma parte desse conjunto e, eventualmente a supressão de outra parte. Operações de poda (*prunning*), agrupamento (*clustering*) e expansão são fundamentais no apoio ao processo de navegação e exploração em diagramas que representam grandes hierarquias e grafos, e são encontradas na maioria das técnicas [16]. Nestas operações podem ocorrer três situações: (1) a representação é alterada para mostrar apenas a região de interesse selecionada; (2) a região de interesse ocupa o campo de visão principal e o restante do conjunto de dados é mantido em área à parte e (3) a região de interesse e a visão geral são exibidas concomitantemente. A alternativa 2 provê o que se costuma chamar de visão geral+detalhe, enquanto as técnicas que adotaram a alternativa 2 são denominadas de foco+contexto [17].

Num nível superior estariam funções que permitiriam representar visualmente apenas partes do conjunto dos dados, dependendo da satisfação de certos critérios. Tais funções podem simplesmente estabelecer filtros com base nos valores de atributos ou corresponder a consultas dinâmicas apoiadas em processos de mineração de dados. Do ponto de vista do presente trabalho, este nível foge do contexto da técnica de visualização, estando no nível da aplicação.

4 Modelo de referência de visualização

Um modelo de referência de visualização permite a identificação dos componentes essenciais a serem considerados na utilização de uma determinada técnica ou no desenvolvimento de uma nova. Haber e McNabb [18] propuseram um *pipeline* simples (Figura 1), onde *dados* sofrem *filtragem* e *mapeamento* para alguma representação geométrica, a qual, finalmente, passa por um processo de geração de imagem (*rendering*). Outros autores propuseram modelos alternativos, mais detalhados [5, 8, 19]. Nestes modelos, está explicitamente representado o *estado dos dados*. O modelo de Chi e Riedl [8] separa a estruturação dos dados, obtida através de uma transformação, da representação a ser utilizada para geração da imagem. Card et al. [5] descrevem visualização como uma seqüência de mapeamentos "ajustáveis" de dados para uma representação visual de modo a possibilitar interação do usuário com o espaço de informação objetivando o que foi chamado de *cristalização do conhecimento*. Esta seqüência de mapeamentos encontra-se reproduzida na Figura 2.



Figura 1 - Modelo clássico de visualização de Haber e McNabb [18].

Sem perda da generalidade, pode-se utilizar o modelo de Card et al. [5]. *Dados brutos* (coletados ou gerados por algum processo) são transformados em *tabelas*, ou seja, descrições relacionais que incluem metadados. Aqui cabe ressaltar que o uso de tabelas é uma simplificação desnecessária, pois os dados podem ser representados em outros tipos quaisquer de estruturas de dados, dependendo da aplicação.

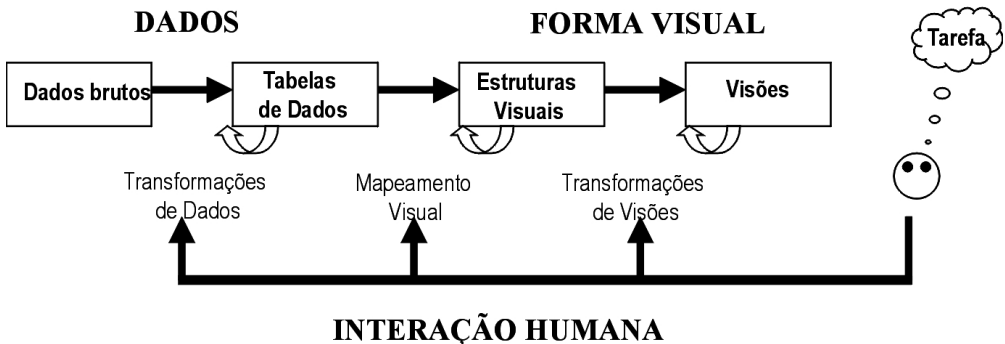


Figura 2 - Modelo de referência de visualização de Card et al. [5].

Além da transformação inicial dos dados brutos em descrições relacionais, novas transformações podem ser aplicadas, quer para agregar novos dados ao conjunto inicial,

como, por exemplo, calcular grandezas estatísticas, quer para converter os dados originais para outros tipos ou reorganizar o conjunto de dados, classificando-o, por exemplo.

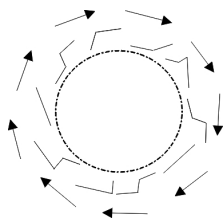
As *tabelas relacionais* são, então, mapeadas para *estruturas visuais* ou *representações visuais*. Estas estruturas visuais são, por sua vez, exibidas em *vistas*, ou *imagens*. Operações sobre essas representações visuais correspondem a *transformações visuais* e objetivam, genericamente, mostrar informações adicionais sobre elementos do conjunto de dados através de mudança do ponto de observação, manipulação geométrica ou indicação de região/subconjunto de interesse.

5 Técnicas de visualização

A seguir são brevemente descritas algumas técnicas de visualização que representaram avanços significativos na área assim como algumas mais recentes, demonstrando a expansão da área.

5.1 Visualização de características e valores diversos

Em geral, características e valores diversos são exibidos em gráficos ou mapas dos mais variados tipos, desde os tradicionais gráficos de pontos ou linhas e mapas utilizando cores, a conjuntos de ícones, ou glifos, dispostos de acordo com o espaço-domínio. Ícones em geral são utilizados para identificar uma entidade ou elemento amostrado num contexto, representando na maioria das vezes a característica principal dessa entidade ou amostra. É o caso de identificação de veículos diferentes numa simulação de tráfego, por exemplo. Utiliza-se a denominação glifo para um objeto geométrico que, representando uma entidade ou elemento de amostragem, tem a forma e outros atributos visuais determinados pelos valores dos atributos da entidade. Um exemplo clássico de utilização de glifos é o conjunto de faces de Chernoff [20]; outro, mais recente [15], utiliza o glifo apresentado esquematicamente na Figura 3, representando valores associados a variáveis medidas no



ciclo de vida de um sistema computacional.

Figura 3 - Glifo utilizado para visualização da variação de medidas relacionadas ao desenvolvimento de um sistema computacional (adaptado de [15]).

Na Figura 3, o ícone corresponde às linhas irregulares dispostas circularmente que são, realidade, gráficos de linha mostrando a variação de determinados valores ao longo do

tempo (indicado pelas setas). Exemplos de tais valores são número de linhas-fonte adicionadas ao código do sistema, número de linhas removidas, número de erros detectados, etc. Assim, sistemas estáveis têm as linhas mais horizontais do que sistemas que sofrem contínuas alterações.

5.2 Visualização de estruturas e relacionamentos

Conjuntos de dados ou elementos que guardam uma organização hierárquica, como diretórios de arquivos, ou que apresentam relações diversas como documentos num *web site*, são largamente utilizados na demonstração de técnicas de visualização desde os trabalhos pioneiros realizados no XEROX PARC⁵ [14, 21, 22] até os mais recentes [23, 24, 25, 26, 27]. Da observação da literatura percebe-se também que muitos dos conceitos utilizados atualmente surgiram de técnicas que na realidade visavam apresentar documentos estruturados, isto é, arquivos seqüenciais mas com organização hierárquica, como a *Fisheye view* original de Furnas [28] e a *Bifocal Display*, de Spence e Apperley [29].

Na técnica *Bifocal Display* [29], itens de informação (documentos, figuras, gráficos, etc.) são apresentados em três áreas distintas, sendo a central aquela que contém a informação em foco, em destaque, e as outras informações do contexto geral são apresentadas nas laterais da região focal. A parte central com o foco ocupa uma área maior que as laterais preenchidas pela informação contextual que, por isso, é exibida de forma distorcida [6]. Esta distorção é basicamente na direção X podendo ser aplicada também na direção Y (Figura 4a). O mesmo conceito foi utilizado de forma modificada por Mackinlay et al. [14] na *Perspective Wall* (Figura 4b), onde o espaço de informação é mapeado para uma "parede", com as laterais contendo a informação contextual e a *Document Lens* [30]. *Table Lens* [31] e *Flip Zooming* [32] também incorporaram estes conceitos.

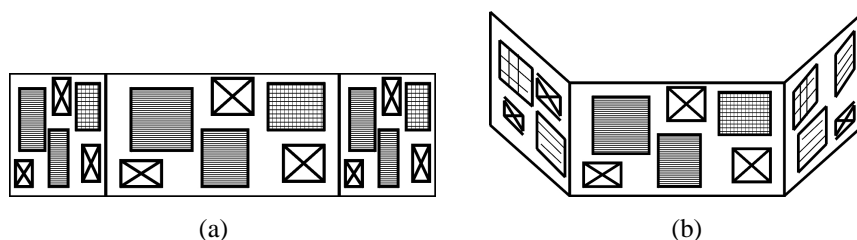


Figura 4 - Representação visual na técnica (a) *Bifocal Display* e na (b) *Perspective Wall*.

A técnica *Cone tree* [21] utiliza uma representação tridimensional de informações hierárquicas na qual o nodo raiz de uma árvore, representado por um retângulo, é localizado no ápice de um cone translúcido e todos os seus filhos são dispostos na base circular do cone (Figura 5). Os cones apresentam mesma altura para cada nível da árvore e mas seus

⁵ XEROX Palo Alto Research Center

diâmetros são reduzidos de um nível para outro de modo que toda a estrutura seja visível na área disponível na tela. O objetivo desta técnica é apresentar uma estrutura na qual uma hierarquia inteira ou um grande percentual desta seja visível sem necessidade de *scrolling*, mas permitindo supressão ou exibição de nodos durante a navegação. Recursos de rotação, animação e *zoom* permitem acesso rápido às informações com boa orientação para visualização. *Cam trees* [21] e *Reconfigurable Disc Trees* [33] são variações de *cone trees* com representação horizontal da hierarquia, no primeiro caso, e uso de discos no lugar de cones para reduzir a oclusão de nodos, no segundo.

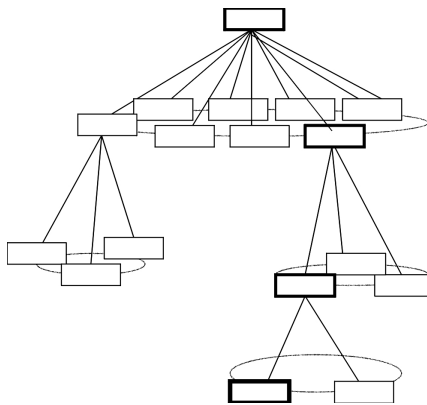


Figura 5 - Esquema básico da técnica *cone tree*, com nodos filhos dispostos na base de um cone, com nodo pai no ápice.

Uma abordagem diferente, utilizando o espaço de tela para representar elementos de informação, ao invés de utilizar objetos geométricos, foi adotada por Johnson e Shneiderman [34], com a técnica *TreeMaps*. Nesta técnica (Figura 6), uma estrutura hierárquica, como a árvore de diretórios um sistema, é representada pela subdivisão sucessiva do espaço de tela. Cada subespaço representa um diretório e é sub-dividido em função dos sub-diretórios e arquivos que o compõem. Esta abordagem, conhecida como *space-filling*, deu origem a outras como *Cushion TreeMaps* [23], *Information Slices* [24] e a interface do Sunburst [27].

A técnica *Information Slices* usa um ou mais discos semicirculares (Figura 7) para visualizar compactamente hierarquias com vários níveis em duas dimensões [24]. Cada disco representa uma hierarquia de múltiplos níveis; geralmente entre 5 e 10 níveis são visualizados em cada disco. Em cada nível da hierarquia, os filhos são dispostos no espaço de acordo com o tamanho de cada filho. Grandes hierarquias são representadas usando uma série de discos em cascata. Uma fatia do disco semicircular é expandida para uma área à direita da primeira, também como um semicírculo. Para exibir mais do que dois níveis de uma hierarquia, os superiores são representados por ícones. Na interface do sistema Sunburst, Stasko e Zhang [27] usam discos completos, seguindo basicamente o mesmo conceito do *Information Slices*.

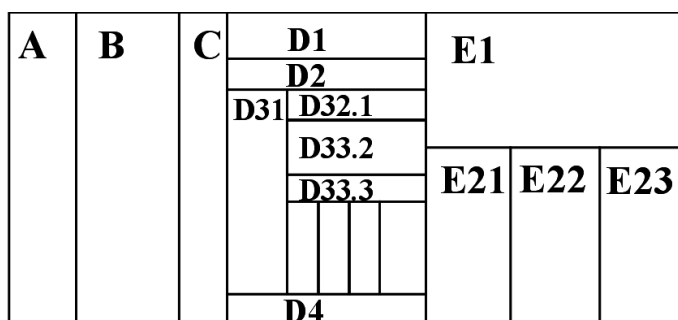


Figura 6 - Esquema básico da técnica *treemaps* [34].

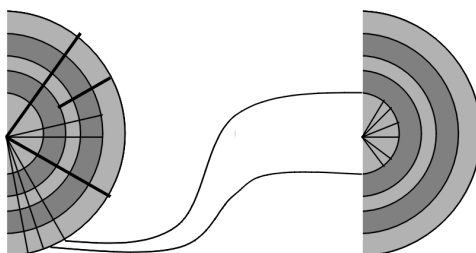


Figura 7 - *Information Slices* (adaptada de [24]).

O conjunto de técnicas para representação de grafos e árvores através de diagramas de nodos e arestas mereceu cuidadosa revisão de Herman et al. [16]. Destaca-se aqui uma das técnicas que representou avanço considerável em termos de apresentação e navegação, técnica a *Hyperbolic Tree* [22] (Figura 8). Esta técnica representa hierarquias através de um layout radial disposto em um plano hiperbólico e depois mapeado para um disco 2D. Apresenta aspectos de construção como o efeito *fish-eye* [28] aliados a mecanismo simples de navegação pela indicação de um nodo de interesse, que é exibido no centro da representação em detalhe e o contexto é mantido pela exibição do restante do diagrama com nodos diminuindo de tamanho até serem suprimidos na borda do círculo. Uma extensão para 3D desta técnica foi desenvolvida por Munzner [25]. A *hyperbolic tree* é empregada atualmente no *browser* comercializado pela Inxight Co.

Características de duas abordagens, hiperbólica e *space-filling*, foram utilizadas em técnica proposta recentemente [35]. Nesta técnica uma hierarquia é exibida através de um diagrama composto, em duas áreas conexas, uma área de contexto e uma área de detalhe (Figura 9). Inicialmente, a raiz da hierarquia está no foco da área de detalhe, não havendo diagrama na área de contexto. Quando um nodo é selecionado, este passa a ser o foco na área de detalhe e o seu nodo-pai passa a ser o foco na área de contexto. Estes focos definem áreas

circulares e são separados por uma distância arbitrária. Desta forma, é permitida ao usuário uma visão detalhada da subárvore que contém o nodo de interesse sem que a percepção da hierarquia completa seja perdida. O efeito *fisheye* é obtido através do cálculo do tamanho dos nodos folhas e da distância do centro do nodo aos focos. Nodos mais distantes dos focos são menos detalhados que os nodos mais próximos. Os nodos são representados por retângulos dispostos de maneira radial com os focos nos centros das estruturas. Expansão, poda (*pruning*) e seleção são operações disponibilizadas pela técnica, que são realizadas sempre mantendo a subárvore visível, o que reduz no usuário a sensação de perda de contexto.

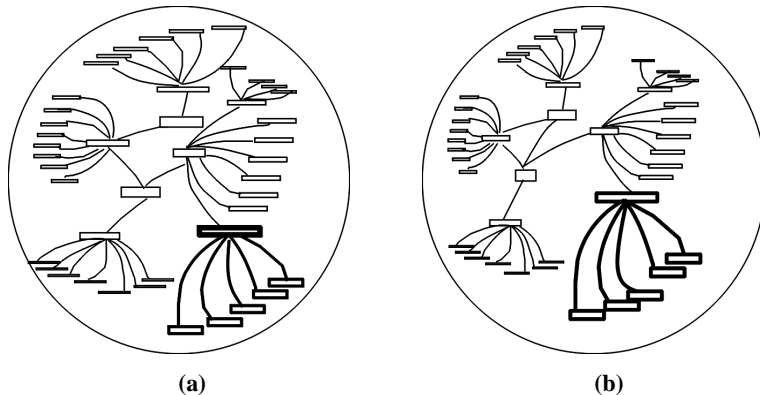


Figura 8 - Representação utilizada no *browser hiperbólico*, adaptada de [22]: (a) árvore com nodo selecionado e (b) deslocamento do nodo selecionado para a esquerda.

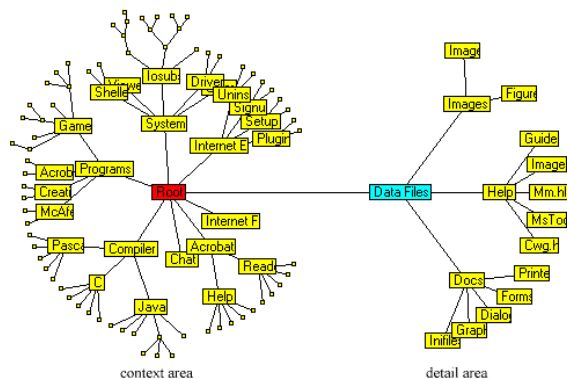


Figura 9 - Técnica para informações hierárquicas com dois focos [35].

6. Comentários finais

O crescente desenvolvimento de técnicas de visualização tem-se dado, em geral, baseado em implementações experimentais avaliadas de forma empírica e isolada. Apesar da

existência de inúmeras diretrizes clássicas [36, 37, 38, 39] e uma constante preocupação com os aspectos de projeto típicos da área de interação homem-computador, alguns aspectos das representações visuais transformam-se em problemas se mecanismos de interação não forem projetados para minimizar o seu impacto no processo de percepção. Aspectos como oclusão de objetos, desordem visual e desorientação visual dificultam a interpretação das informações pelo usuário.

A *oclusão de objetos* ocorre quando existe um grande volume de informações e alguns elementos sobrepõem-se a outros. A *desordem visual* é decorrente da dificuldade de reconhecimento e interpretação (pelo usuário) de muitos elementos (não necessariamente sobrepostos) presentes na visualização o que força uma sobrecarga no seu sistema cognitivo. Para resolver estes problemas algumas técnicas utilizam algumas características de realismo, tais como sombra e transparência permitindo ao usuário a localização mais clara dos objetos. Podem ser fornecidos mecanismos básicos de manipulação geométrica como rotação, mudança de escala e translação dos objetos para a minimização desses dois problemas. Algumas técnicas podem apresentar o problema de *desorientação visual*, que ocorre quando o usuário tem dificuldade na manutenção da atenção por ocasião de troca do ponto de vista e retorno a situações anteriores. Técnicas *foco+contexto* tentam minimizar esta desorientação evitando que informações desapareçam (elas apenas tem dimensão reduzida) e apresentando transições suaves animadas entre dois momentos no processo interativo.

Apenas recentemente a questão de avaliação de técnicas de visualização começou a ser tratada objetivamente [40, 41, 42]. A base de um processo objetivo de avaliação de uma técnica de visualização é a determinação de **critérios** e **métricas** associadas a esses critérios de modo que um projetista possa avaliar o **conteúdo** de informação percebido pelo usuário. A avaliação de técnicas de visualização é, pois, necessária na tentativa de verificar sua eficiência no apoio às tarefas dos usuários e sua capacidade de exibir informações realmente relevantes, que facilitem a análise, interpretação e compreensão do conjunto de informações. Esta avaliação é, sobretudo, importante para nortear o desenvolvimento de novas técnicas. Considerando que as técnicas de visualização são interativas, conforme já mencionado, sua avaliação deve levar em conta esse dinamismo aliado aos mecanismos de interação oferecidos. Neste ponto reside uma grande dificuldade que tem levado autores como Brath [40], por exemplo, a utilizar algumas métricas de avaliação somente representações visuais estáticas. Pesquisas nessa área, portanto, devem integrar a avaliação de aspectos de percepção [11] com técnicas de avaliação de interfaces [43].

Referências

- [1] Gershon, N.; Eick, S. Visualization's New Tack. *IEEE Spectrum*, 32(11): 38-56, nov. 1995.
- [2] Gershon, N. e Eick, S. G. Information Visualization, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 17 (4): 29-31, julho/agosto, 1997.

- [3] Cugini, J., Laskowski, S., Sebrechts, M. *Design of 3D Visualization of Search Results: Evolution and Evaluation*, National Institute of Standards and Technology, 2000. (<http://www.itl.nist.gov/iaui/vvrg/cugini/uicd/nirve-paper.html>)
- [4] Tukey, J.W. *Exploratory Data Analysis*. Reading, Mass., Addison-Wesley, 1977.
- [5] Card, S.K.; Mackinlay, J.D. e Shneiderman, B. Information Visualization. In: Card, S.K.; Mackinlay, J.D. e Shneiderman, B. (eds.) *Readings in Information Visualization - Using Visualization to Think*. San Francisco, Morgan Kaufmann Publ., 1999. pp. 1-34.
- [6] Spence, R. *Information Visualization*. ACM Press and Addison-Wesley, 2001.
- [7] Shneiderman, B. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. *Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages*, Boulder, CO, September 3-6, 1996. pp. 336-343.
- [8] Chi, E.H. e Riedl, J.T. An Operator Interaction Framework for Visualization Spreadsheets. In: *Proceedings of IEEE Information Visualization Symposium*, pp. xx-xx, 1998.
- [9] Wong, P.C. Visual Data Mining. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19(5):20-21, setembro/outubro 1999.
- [10] Freitas, C. M. D. S. e Wagner, F. R. Ferramentas de suporte às tarefas da análise exploratória visual. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 2(1): 5-36, jan. 1995.
- [11] Ware, C. *Information Visualization: Perception for Design*, San Francisco, Morgan Kaufmann, 2000.
- [12] Bertin, J. *Graphics and Graphic Information Processing*. New York, De Gruyter, 1981.
- [13] Tesler, H. e Heilmeier, G.H. *FSN: The 3D File System Navigator*. Mountain View, Silicon Graphics, 1992.
- [14] Mackinlay, J. D., Robertson, G.G., e Card, S.K., - The Perspective Wall: Detail and Context Smoothly Integrated. *Proceedings of ACM CHI'91*, 1991. pp. 173-179.
- [15] Chuah, M.C. e Eick, S.G. Information Rich Glyphs for Software Management Data. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 18(4):24-29, julho/agosto 1998.
- [16] Herman, I; Melançon, G. e Marshall, M.S. Graph Visualization and Navigation in Information Visualization: A Survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 6(1):24-42, janeiro/março 2000.
- [17] Card, S.K.; Mackinlay, J.D. e Shneiderman, B. Focus+Context. In: Card, S.K.; Mackinlay, J.D. e Shneiderman, B. (eds.) *Readings in Information Visualization - Using Visualization to Think*. San Francisco, Morgan Kaufmann Publ., 1999. pp. 307-309.
- [18] Haber, R.B. e McNabb, D.A. Visualization Idioms: A conceptual model for scientific visualization systems. *Visualization in Scientific Computing*, 1990. pp. 74-93.

- [19] Campo, M; Orosco, R. e Teyseyre, A. Automatic Abstraction Mangement in Information Visualization Systems. In: *Proceedings of the International Information Visualization Conference*, 1997. pp. 50-56.
- [20] Chernoff, H. The use of faces to represent points in k-dimensional space. *Journal of the American Statistical Association*, 68(342):361-368, 1973.
- [21] Robertson, G., Card, S., Mackinlay, J. Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information. *Proceedings of ACM CHI'91*, 1991, pp. 189-194.
- [22] Lamping J., Rao, R. The hyperbolic browser: a focus+context technique for visualizing large hierarchies, *Journal of Visual Languages and Computing*, 7(1):33-55, março 1996.
- [23] van Wijk, J.J. e van de Wetering, H. Cushion Treemaps: Visualization of Hierarchical Information. *Proceedings of IEEE Information Visualization*, Outubro 1999. pp. 73-78.
- [24] Andrews, K., Heidegger, H. - Information Slices: Visualization and Exploring Large Hierarchies using Cascading, Semi-Circular Discs. *Proceedings IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'98)*, outubro 1998.
- [25] Munzner, T. H3: Laying Out Large Directed Graphs in 3D Hyperbolic Space. In: *Proceedings of the IEEE Information Visualization Symposium*. 1997. pp 2-10.
- [26] Cugini, J. Presenting Search Results: Design, Visualization and Evaluation, *Proceedings of Information Doors -- Where Information Search and Hypertext Link Workshop*, San Antonio, Maio 2000. (<http://www.itl.nist.gov/iaui/vvrg/cugini/irlib/paper-may2000.html>)
- [27] Stasko, J.; Zhang, E.. Focus+Context Display and Navigation Techniques for Enhancing Radial, Space-Filling Hierarchy Visualizations. *Proceedings of IEEE Information Visualization*, San Francisco, California, October 2000. pp. 57-65.
- [28] Furnas, G. W. The FishEye View: A New Look at Structured Files. Murray Hill, NJ: AT & T Bell Laboratories. Reprinted in S.K. Card, S.K.; Mackinlay, J.D.; Shneiderman, B. (eds.) *Readings in Information Visualization – Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, pp. 312-330.
- [29] Spence, R. e Apperley, M.D. Data Base Navigation: An Office Environment for the Professional. *Behaviour and Information Technology*, 1(1): 43-54, 1982.
- [30] Robertson, G.G. e Mackinlay, J.D. The Document Lens. *Proceedings of ACM Conference on User Interface Software and Technology*, 1993. pp. 101-108.
- [31] Rao, R. e Card, S.K. The Table Lens: Merging Graphical and Symbolic Representations in an Interactive Focus+Context Visualization for Tabular Information, *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, MA, Abril 1994. pp. 318-322.
- [32] Holmquist, L.E. Focus+Context Visualization with Flip Zooming and the Zoom Browser. *ACM CHI'97 Electronic Publications: Late Breaking/Interactive Posters*, 1997.

- [33] Jeong, C.; Pang, A.. Reconfigurable disc trees for visualizing large hierarchical information space. *Proceedings of IEEE Information Visualization*, Raleigh Durham, North Carolina, Outubro 1998. pp. 19-25.
- [34] Johnson, B. e Shneiderman, B. TreeMaps: A space - filling approach to the visualization of hierarchical information structures. *Proceedings of IEEE Visualization*. San Diego. 1991. pp 284 - 291
- [35] Cava, R.A. e Freitas, C.M.D.S. Node-Edge Diagram Layout for Displayng Hierarchies. *Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*, Santa Catarina, 2001. (poster)
- [36] Bertin, J. *Semiology of Graphics*, University of Wisconsin Press, 1983.
- [37] Tufte, E. R. *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphics Press, 1983.
- [38] Tufte, E. R. *Envisioning Information*, Graphics Press, 1990.
- [39] Tufte, E. R. *Visual Explanations*, Graphics Press, 1997.
- [40] Brath, R. Concept Demonstration: Metrics for Effective Information Visualization. *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization*, 1997, pp. 108-111. (<http://www.computer.org/proceedings/infovis/8189/81890108abs.htm>)
- [41] Wiss, U., Carr, D. e Jonsson, H. *Evaluating 3-Dimensional Information Visualization Designs*, Department of Computer Science and Electrical Engineering, Luleå University, 1998 (<http://www.sm.luth.se/~hj/art-iv98.shtml>).
- [42] Yang-Peláez, J. e Flowers, W. C. Information Content Measures of Visual Displays, *Proceedings of IEEE Information Visualization*, 2000, pp 99-103.
- [43] Nielsen, J. e Mack, R. L. (Eds.) *Usability inspection methods*. New York, John Wiley & Sons, 1994.