

Fundamentos em Visualização

SCC5836 – Visualização Computacional

Prof. Fernando V. Paulovich

<http://www.icmc.usp.br/~paulovic>

paulovic@icmc.usp.br

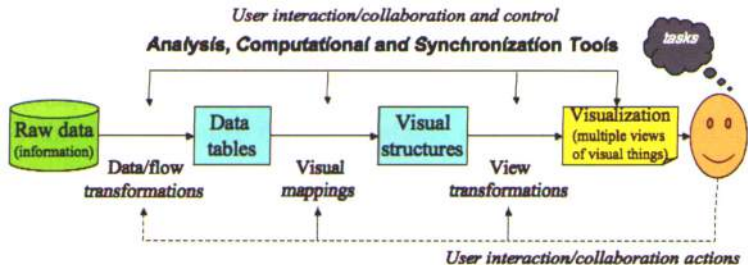
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC)
Universidade de São Paulo (USP)

VICG Grupo de Visualização,
 Imagens e Computação Gráfica

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

Processo de Visualização

- No **pipeline de visualização** usuários podem **interagir** em **qualquer ponto** e cada **ligação** entre blocos é um mapeamento **muitos-para-muitos**

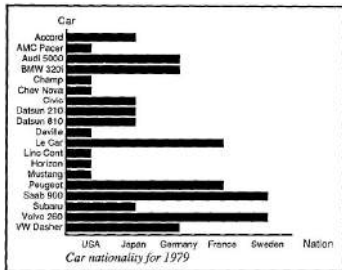


Processamento de dados e Transformação

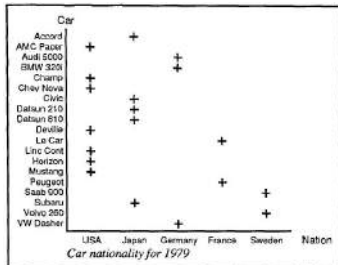
- Primeiro passo é a **conversão dos dados** em uma representação adequada ao processamento computacional
 - Tratar valores **ausentes** (interpolação)
 - Identificar dados **errados** (medidos ou computados)
 - Se necessário, diminuir a **quantidade** de dados (amostragem, filtragem ou agregação)
 - Verificar necessidades de **Normalização** dos dados

Mapeamento para Visualização

- A seguir os dados podem ser **mapeados em representações gráficas** específicas
 - Escolha de geometria, cor, textura, etc.



apt (a)



apt (b)

Figura: Diferentes exemplos de mapeamento visual. (a) escolha ruim e (b) escolha um pouco melhor.

Transformações de *Rendering*

- O estágio final envolve **mapear** a geometria dos dados em uma **imagem**
 - Requer alguma API gráfica, como OpenGL, Java 3D, etc.

Medidas de Visualização

- Duas medidas de **qualidade das visualizações** são essenciais
 - Expressividade e efetividade

Expressividade

- Mede a **concentração de informação** como a razão entre a informação pretendida pelo “designer” da visualização e a realmente transmitida ($0 \leq M_{exp} \leq 1$)
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que o desejado

Expressividade

- Mede a **concentração de informação** como a razão entre a informação pretendida pelo “designer” da visualização e a realmente transmitida ($0 \leq M_{exp} \leq 1$)
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que o desejado
 - $M_{exp} > 1$ transmite mais informação do que o desejado

Expressividade

- Mede a **concentração de informação** como a razão entre a informação pretendida pelo “designer” da visualização e a realmente transmitida ($0 \leq M_{exp} \leq 1$)
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que o desejado
 - $M_{exp} > 1$ transmite mais informação do que o desejado
 - $M_{exp} = 1$ transmite exatamente a informação desejada

Efetividade

- Mede o custo associado a interpretar uma visualização **corretamente e rapidamente** e o seu custo de *rendering*, definida por

$$M_{eff} = \frac{1}{(1 + T_{interpretar} + T_{desenhar})}$$

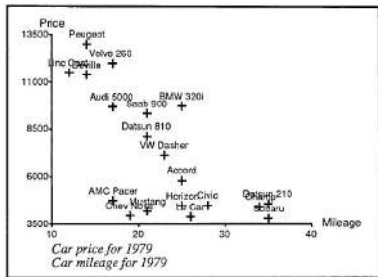
Efetividade

- Mede o custo associado a interpretar uma visualização **corretamente e rapidamente** e o seu custo de *rendering*, definida por

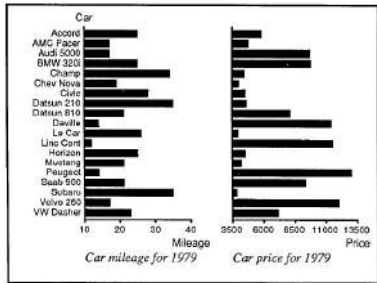
$$M_{eff} = \frac{1}{(1 + T_{interpretar} + T_{desenhar})}$$

- Quanto maior o valor de M_{eff} , maior a efetividade da visualização
 - Se M_{eff} é pequeno é porque o tempo de interpretação ou de desenho são grandes

Medidas de Visualização



apl



apl

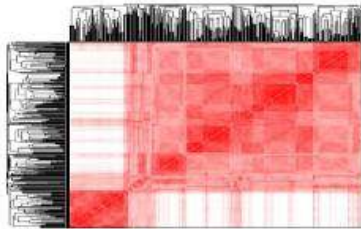
Figura: Na análise do preço ou consumo dos carros a expressividade de ambas as visualizações é possivelmente equivalente, mas a efetividade é diferente. Por exemplo, considere as tarefas de identificar qual carro apresenta a melhor milhagem, ou qual carro com preço acima de US\$11,000 apresenta melhor consumo.

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos**
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

- **Semiologia** é ciência que **estuda** o uso de **símbolos** e **marcadores**
 - Qualquer construção possível no plano Euclideano é uma representação gráfica composta por símbolos gráficos

Símbolos e Visualizações

- Algumas **representações** são **universais** e podem ser reconhecidas **pré-atentivamente**, outras demandam esforço.
- Processo cognitivo: resulta em uma identificação externa



Símbolos e Visualizações

- Algumas **representações** são **universais** e podem ser reconhecidas **pré-atentivamente**, outras demandam esforço. É preciso:
 - ① identificar e interpretar os **elementos** fundamentais
- Processo cognitivo: resulta em uma identificação externa

Símbolos e Visualizações

- Algumas **representações** são **universais** e podem ser reconhecidas **pré-atentivamente**, outras demandam esforço. É preciso:
 - 1 identificar e interpretar os **elementos** fundamentais
 - 2 identificar e interpretar as **relações** entre eles
- Processo cognitivo: resulta em uma identificação externa

- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** das relações entre os **dados** e os **símbolos gráficos** que os representam
 - Quaisquer **padrões percebidos na tela** devem implicar em um **padrão correspondente nos dados**, caso contrário tem-se um artefato

- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** das relações entre os **dados** e os **símbolos gráficos** que os representam
 - Quaisquer **padrões percebidos na tela** devem implicar em um **padrão correspondente nos dados**, caso contrário tem-se um artefato
 - Qualquer **ordem** percebida entre os símbolos deve refletir uma **ordem dos dados**

- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** das relações entre os **dados** e os **símbolos gráficos** que os representam
 - Quaisquer **padrões percebidos na tela** devem implicar em um **padrão correspondente nos dados**, caso contrário tem-se um artefato
 - Qualquer **ordem** percebida entre os símbolos deve refletir uma **ordem dos dados**

Símbolos e Visualizações

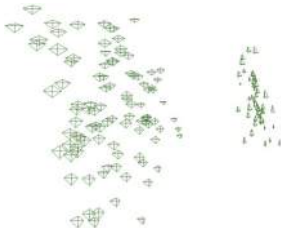
- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** das relações entre os **dados** e os **símbolos gráficos** que os representam
 - Quaisquer **padrões percebidos na tela** devem implicar em um **padrão correspondente nos dados**, caso contrário tem-se um artefato
 - Qualquer **ordem** percebida entre os símbolos deve refletir uma **ordem dos dados**
- Similaridade na estrutura dos dados \Leftrightarrow similaridade visual dos símbolos correspondentes

Símbolos e Visualizações

- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** das relações entre os **dados** e os **símbolos gráficos** que os representam
 - Quaisquer **padrões percebidos na tela** devem implicar em um **padrão correspondente nos dados**, caso contrário tem-se um artefato
 - Qualquer **ordem** percebida entre os símbolos deve refletir uma **ordem dos dados**
- Similaridade na estrutura dos dados \Leftrightarrow similaridade visual dos símbolos correspondentes
- Ordem entre os itens de dados \Leftrightarrow ordem visual entre os símbolos correspondentes

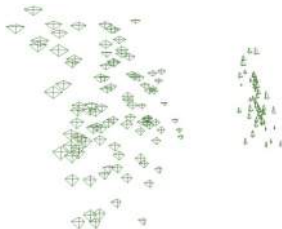
Análise de um Gráfico

- Quando analisamos um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)



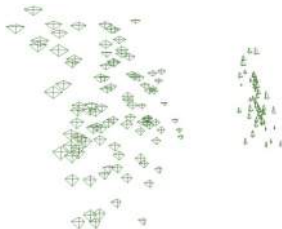
Análise de um Gráfico

- Quando analisamos um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)



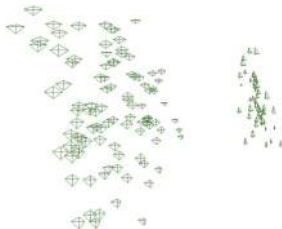
Análise de um Gráfico

- Quando analisamos um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, analisamos casos especiais, como elementos que **não foram agrupados** ou relações entre grupos



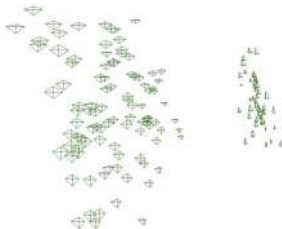
Análise de um Gráfico

- Quando analisamos um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, analisamos casos especiais, como elementos que **não foram agrupados** ou relações entre grupos



Análise de um Gráfico

- Quando analisamos um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, analisamos casos especiais, como elementos que **não foram agrupados** ou relações entre grupos



- Processo executado em múltiplos níveis que pode ser apoiado por visualizações distintas
- Visualização pode ser integrada a ferramentas analíticas

Sumário

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais**
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

As Oito Variáveis Visuais

- Uma forma de codificar dados em uma representação gráfica é **mapear** diferentes instâncias e seus atributos em **diferentes marcadores gráficos**

As Oito Variáveis Visuais

- Uma forma de codificar dados em uma representação gráfica é **mapear** diferentes instâncias e seus atributos em **diferentes marcadores gráficos**
- Marcadores gráficos têm propriedades variáveis: cor, tamanho, etc., sendo possível **codificar até oito variáveis visuais**
 - 1 posição
 - 2 formato (ou marcador)
 - 3 tamanho (comprimento, área ou volume)
 - 4 brilho (ou luminância)
 - 5 cor
 - 6 orientação
 - 7 textura
 - 8 movimento

Posição

- **Posição** (1D, 2D ou 3D) é o atributo mais importante
 - Arranjo espacial é o **primeiro passo na leitura** da visualização

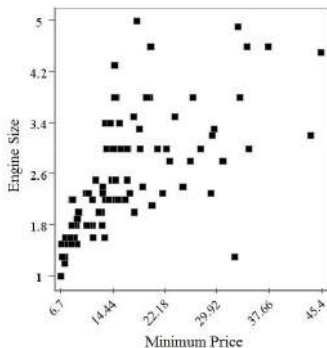
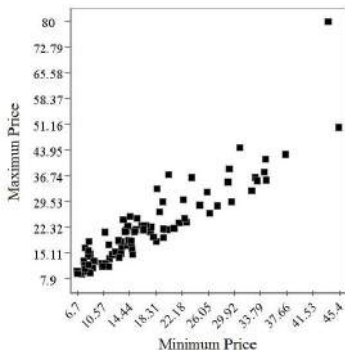


Figura: Exemplos de representação com sobreposição (a) e com melhor espalhamento (b).

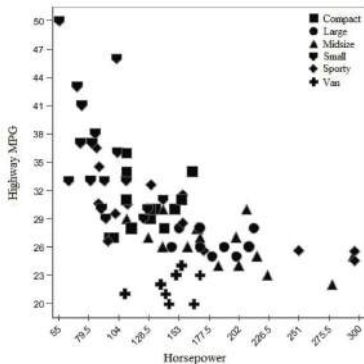
- **Qualquer elemento gráfico** pode ser usado como um **marcador**, incluindo símbolos, letras e palavras



Figura: Exemplos de marcadores.

Marcador ou Forma

- **Marcadores** devem ser tão **diferentes** entre si quanto possível, de modo a serem **facilmente distinguíveis**
 - Os diferentes marcadores devem ter **área e complexidade similares** para evitar que um seja mais destacado que outros



Tamanho (Comprimento, Área e Volume)

- Posição e formato são as variáveis mais importantes, as outras apenas afetam a maneira como essas representações são mostradas, como o **tamanho dos marcadores**



Tamanho (Comprimento, Área e Volume)

- **Tamanho** pode ser usado para mapear **variáveis contínuas e categóricas**, mas no segundo caso deve-se considerar poucas categorias

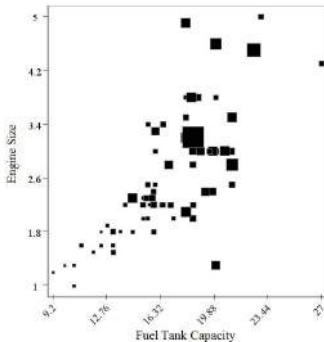


Figura: Exemplo de utilização de tamanho para atributo contínuo (preço do carro).

- Apesar de ser possível utilizar qualquer valor de **Brilho** (ou luminância), não é possível distinguir todos os pares de valores
 - Deve-se considerar um **conjunto reduzido de valores** de brilho



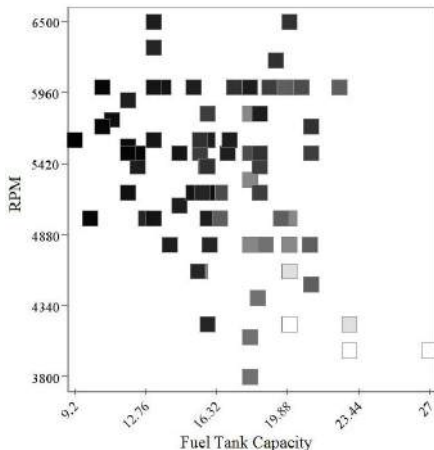


Figura: Exemplo da utilização de brilho para codificar variáveis (tamanho do carro).

- **Cor** pode ser definida por meio da **saturação e tonalidade**
 - Matiz é o comprimento da onda dominante (cor) e saturação é o nível de matiz relativo ao cinza (pureza da cor)

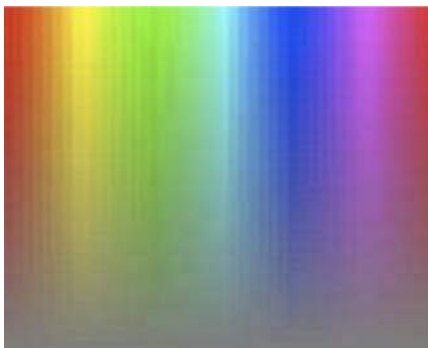
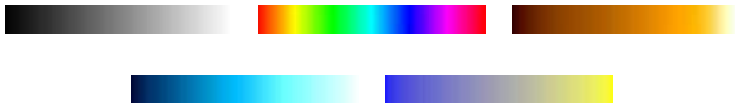
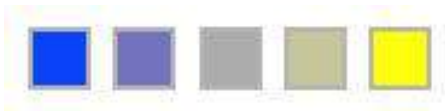


Figura: Matiz é definido na horizontal e saturação na vertical.

- Valores são mapeados em cores normalmente por meio de um **mapa de cores** (*colormaps*)
 - Normalmente associado a dados **contínuos**, mas na presença de poucas categorias também pode ser associado a valores **nominais**



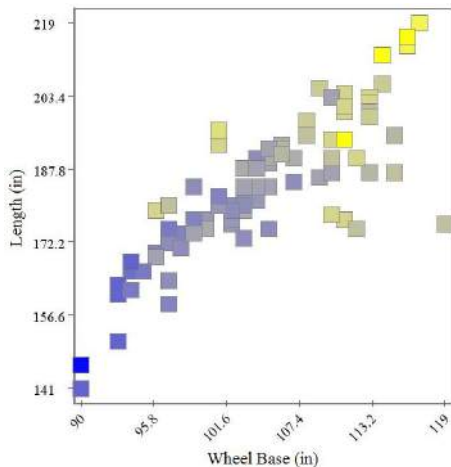


Figura: Exemplo de uso de cor para mapear valores (comprimento do carro).

- **Orientação** ou direção é processada **pré-atentivamente**
 - Não pode ser usada com todos os marcadores, os melhores são os que **apresentam um único eixo natural**



Orientação

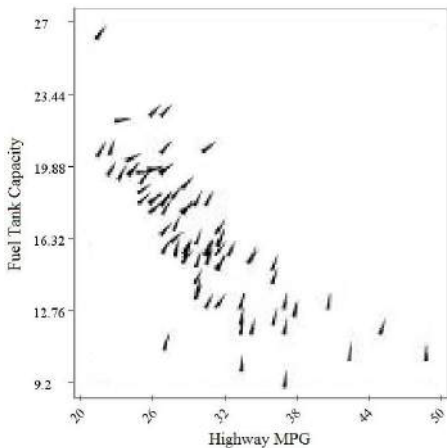
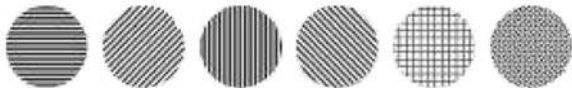


Figura: Exemplo de orientação para mapeamento de valores (preço médio do carro).

- **Textura** pode ser vista como a **combinação de outras propriedades**, como forma, cor e orientação



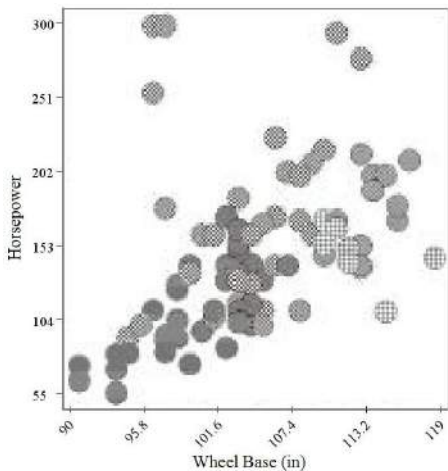


Figura: Exemplo do uso de textura para mapear valores (tipo de carro).

Movimento

- **Movimento** pode ser associado a qualquer das outras propriedades visuais
 - Importante para indicar **variação temporal**

- **Movimento** pode ser associado a qualquer das outras propriedades visuais
 - Importante para indicar **variação temporal**

- G. Robertson, R. Fernandez, D. Fisher, B. Lee, J. Stasko. **Effectiveness of Animation in Trend Visualization.** *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 14, no. 6, pp. 1325-1332, November/December, 2008

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias**
- 5 Referências

- Tentativas de sistematizar e organizar os diversos elementos do processo
- Os **dados** tratados, as **técnicas de visualização**, as **tarefas** e os métodos para **interação**, definindo diferentes **taxonomias**

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas
- Os tipos de **dados** são
 - unidimensional linear

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas
- Os tipos de **dados** são
 - unidimensional linear
 - mapa bidimensional

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas
- Os tipos de **dados** são
 - unidimensional linear
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas
- Os tipos de **dados** são
 - unidimensional linear
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas
- Os tipos de **dados** são
 - unidimensional linear
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal
 - multidimensional

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas
- Os tipos de **dados** são
 - unidimensional linear
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal
 - multidimensional
 - árvore

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia da área de visualização em termos da natureza dos **dados** e das **tarefas** associadas
- Os tipos de **dados** são
 - unidimensional linear
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal
 - multidimensional
 - árvore
 - rede

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região
 - **Filtragem** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região
 - **Filtragem** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para ter detalhes quando necessário

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região
 - **Filtragem** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para ter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região
 - **Filtragem** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para ter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **Histórico** - manter histórico para permitir retroceder, refazer e refinamento progressivo

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região
 - **Filtragem** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para ter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **Histórico** - manter histórico para permitir retroceder, refazer e refinamento progressivo
 - **Extração** - extrair itens ou dados para facilitar outros usos

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região
 - **Filtragem** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para ter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **Histórico** - manter histórico para permitir retroceder, refazer e refinamento progressivo
 - **Extração** - extrair itens ou dados para facilitar outros usos

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão mais detalhada de uma região
 - **Filtragem** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para ter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **Histórico** - manter histórico para permitir retroceder, refazer e refinamento progressivo
 - **Extração** - extrair itens ou dados para facilitar outros usos
- Segundo Shneiderman uma ferramenta efetiva deveria prover recursos para executar todas essas tarefas!

- Keim [Keim, 2002] propôs uma classificação de sistemas de visualização segundo **três dimensões**
 - tipos de dados
 - técnicas de visualização
 - métodos de interação/distorção

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.
 - **texto e hipertexto** - notícias, documentos web, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.
 - **texto e hipertexto** - notícias, documentos web, etc.
 - **hierarquia e grafos** - tráfego de rede/telefonia, modelos de sistemas dinâmicos, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.
 - **texto e hipertexto** - notícias, documentos web, etc.
 - **hierarquia e grafos** - tráfego de rede/telefonia, modelos de sistemas dinâmicos, etc.
 - **algoritmos e software** - software, memória, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D típicos** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D típicos** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D típicos** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.
 - **Display iconográficos** - *star icons*, *Chernoff faces*, *stick figure icons*, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D típicos** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.
 - **Display iconográficos** - *star icons*, *Chernoff faces*, *stick figure icons*, etc.
 - **Display denso de pixels** - padrões recursivos, segmento de círculos, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D típicos** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.
 - **Display iconográficos** - *star icons*, *Chernoff faces*, *stick figure icons*, etc.
 - **Display denso de pixels** - padrões recursivos, segmento de círculos, etc.
 - **Displays empilhados** - *dimensional stacking*, *treemaps*, *cone tress*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.

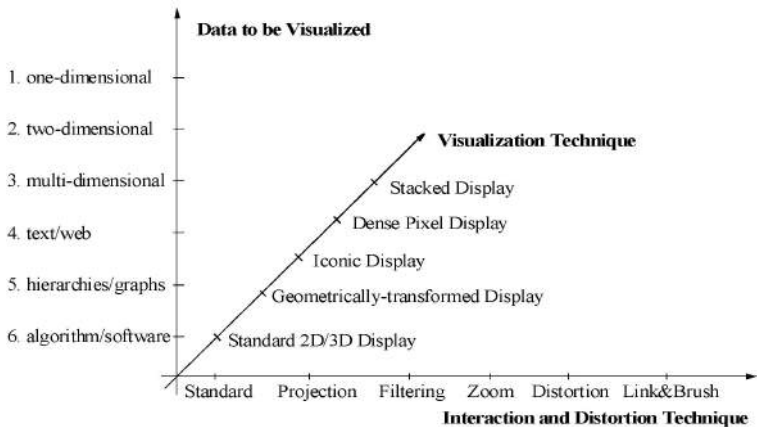
- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.
 - **Zoom interativo** - *TableLens*, *IVEE/Spotfire*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.
 - **Zoom interativo** - *TableLens*, *IVEE/Spotfire*, etc.
 - **Distorção interativa** - distorções esféricas e hiperbólicas, displays bifocais, *perpective wall*, *fisheye lens*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.
 - **Zoom interativo** - *TableLens*, *IVEE/Spotfire*, etc.
 - **Distorção interativa** - distorções esféricas e hiperbólicas, displays bifocais, *perspective wall*, *fisheye lens*, etc.
 - **Linking and brushing interativo** - múltiplos *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.

Taxonomia de Keim



- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

- Ward, M., Grinstein, G. G., Keim, D. **Interactive data visualization foundations, techniques, and applications.** Natick, Mass., A K Peters, 2010.



Keim, D. A. (2002).

Information visualization and visual data mining.

IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 8:1–8.



Shneiderman, B. (1996).

The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations.

In Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Visual Languages, pages 336–, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.