

Fundamentos em Visualização

SCC0652 – Visualização Computacional

Profa. Maria Cristina
cristina@icmc.usp.br

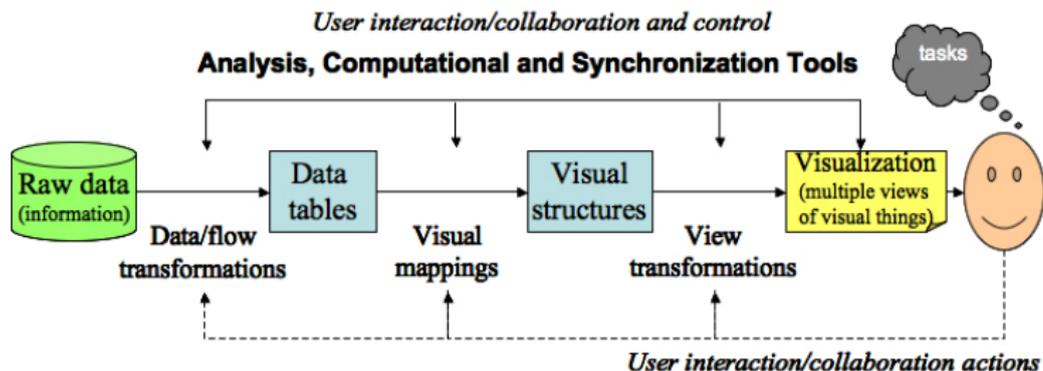
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC)
Universidade de São Paulo (USP)

VICG Grupo de Visualização,
 **Imagens e Computação Gráfica**

- 1 Pipeline de Visualização
- 2 Símbolos Gráficos e Processamento de Informação
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Uma Taxonomia de Visualização

Processo de Visualização

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



Segunda etapa do pipeline: mapear os dados em **representações gráficas**

- Mapeamento dos atributos (valores) em propriedades gráficas: posição, geometria, cor, textura, etc.

Mapeamento Visual

Segunda etapa do pipeline: mapear os dados em **representações gráficas**

- Mapeamento dos atributos (valores) em propriedades gráficas: posição, geometria, cor, textura, etc.

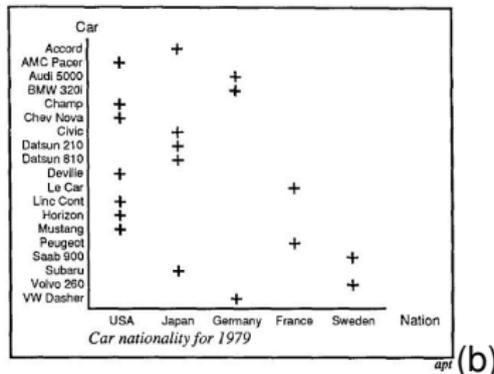
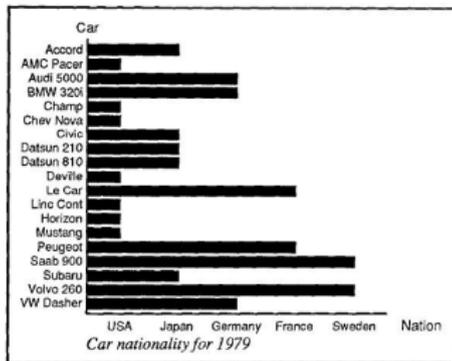


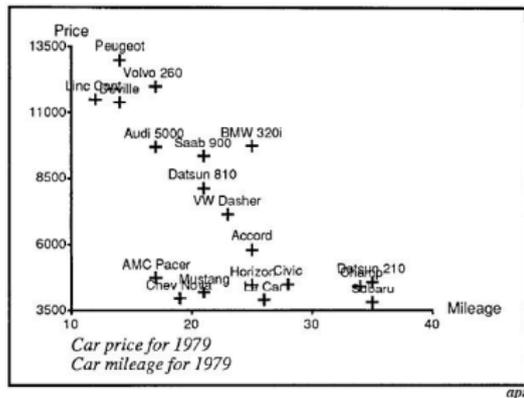
Figura: Dois exemplos de mapeamento visual dos atributos **país de fabricação** e **modelo** (dados de carros): (a) gráfico de barra (inadequado) e (b) gráfico de dispersão (menos inadequado).

Mapeamento Visual

A escolha do mapeamento afeta a **efetividade** da visualização.
Suponha que quero estudar a relação entre preço e consumo neste mesmo conjunto de dados de carros.

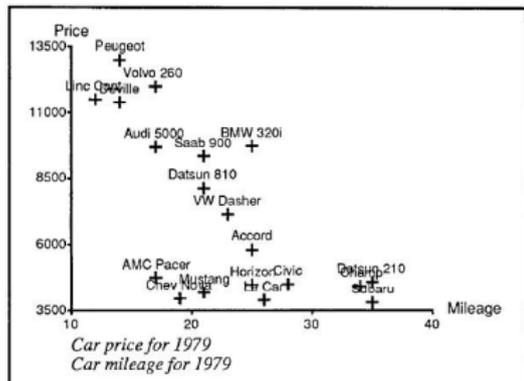
Mapeamento Visual

A escolha do mapeamento afeta a **efetividade** da visualização.
Suponha que quero estudar a relação entre preço e consumo neste mesmo conjunto de dados de carros.

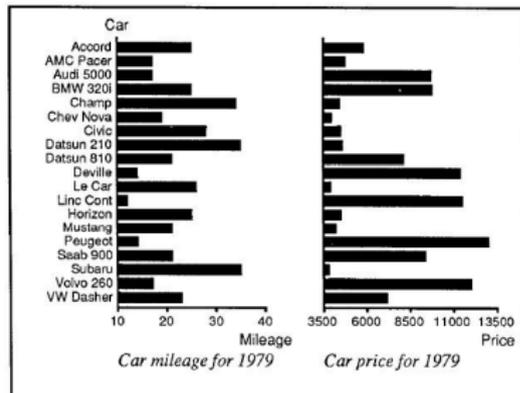


Mapeamento Visual

A escolha do mapeamento afeta a **efetividade** da visualização. Suponha que quero estudar a relação entre preço e consumo neste mesmo conjunto de dados de carros.



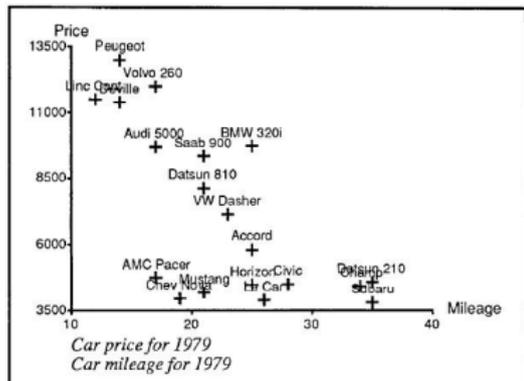
api



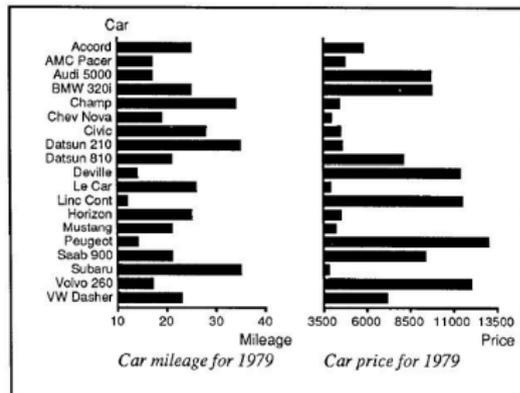
api

Mapeamento Visual

A escolha do mapeamento afeta a **efetividade** da visualização. Suponha que quero estudar a relação entre preço e consumo neste mesmo conjunto de dados de carros.



api



api

Figura: Na análise do **preço vs consumo** a efetividade das representações pode ser muito diferente. Por exemplo, “dos carros que custam mais de US\$11,000 qual é o mais econômico?”

Medidas de Qualidade

- Como a avaliar (mensurar?) a **qualidade** de uma visualização?
- Dois parâmetros essenciais
 - Expressividade
 - Efetividade

Expressividade

- Uma visualização é **expressiva** se transmite toda e tão somente a informação desejada
- Razão entre a informação efetivamente transmitida e a informação que se deseja transmitir:
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que a desejada

Expressividade

- Uma visualização é **expressiva** se transmite toda e tão somente a informação desejada
- Razão entre a informação efetivamente transmitida e a informação que se deseja transmitir:
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que a desejada
 - $M_{exp} > 1$ transmite mais informação do que a desejada

Expressividade

- Uma visualização é **expressiva** se transmite toda e tão somente a informação desejada
- Razão entre a informação efetivamente transmitida e a informação que se deseja transmitir:
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que a desejada
 - $M_{exp} > 1$ transmite mais informação do que a desejada
 - $M_{exp} = 1$ transmite exatamente a informação desejada (o ideal)

Efetividade

- Uma visualização é **efetiva** se pode ser **interpretada corretamente e rapidamente**, a um custo de *rendering* aceitável
- Pode ser dada por ($0 < M_{eff} < 1$)

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

Efetividade

- Uma visualização é **efetiva** se pode ser **interpretada corretamente e rapidamente**, a um custo de *rendering* aceitável
- Pode ser dada por ($0 < M_{eff} < 1$)

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

- Quanto maior M_{eff} , maior a efetividade da visualização
- Se M_{eff} é pequeno, ou o esforço de interpretação, ou o esforço de desenho, são muito altos

- 1 Pipeline de Visualização
- 2 Símbolos Gráficos e Processamento de Informação**
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Uma Taxonomia de Visualização

- **Semiologia**: ciência que **estuda** a interpretação dos **símbolos** (inclusive os **símbolos gráficos**)
 - Qualquer representação diagramática construída no plano Euclideano é formada por símbolos (marcadores) gráficos
 - Diagramas, gráficos, mapas, figuras, desenhos, etc.

Símbolos e Representações Visuais

- Algumas imagens são **universalmente reconhecidas** e interpretadas sem esforço (processamento pré-atentivo), enquanto outras demandam esforço
- A interpretação envolve **dois estágios**
 - 1 reconhecer os **símbolos** (elementos gráficos)

Símbolos e Representações Visuais

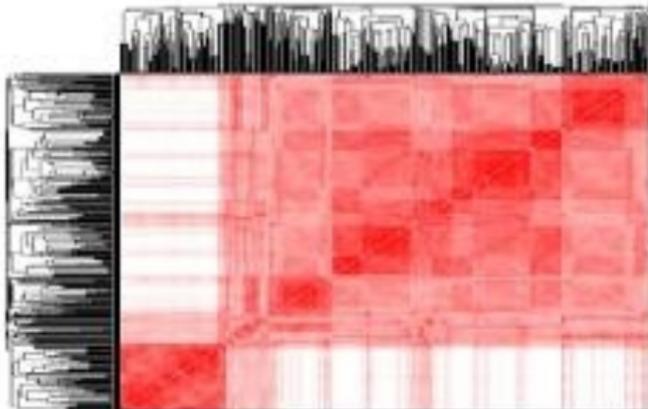
- Algumas imagens são **universalmente reconhecidas** e interpretadas sem esforço (processamento pré-atentivo), enquanto outras demandam esforço
- A interpretação envolve **dois estágios**
 - 1 reconhecer os **símbolos** (elementos gráficos)
 - 2 identificar as **relações** entre eles

Símbolos e Representações Visuais

- Algumas imagens são **universalmente reconhecidas** e interpretadas sem esforço (processamento pré-atentivo), enquanto outras demandam esforço
- A interpretação envolve **dois estágios**
 - 1 reconhecer os **símbolos** (elementos gráficos)
 - 2 identificar as **relações** entre eles

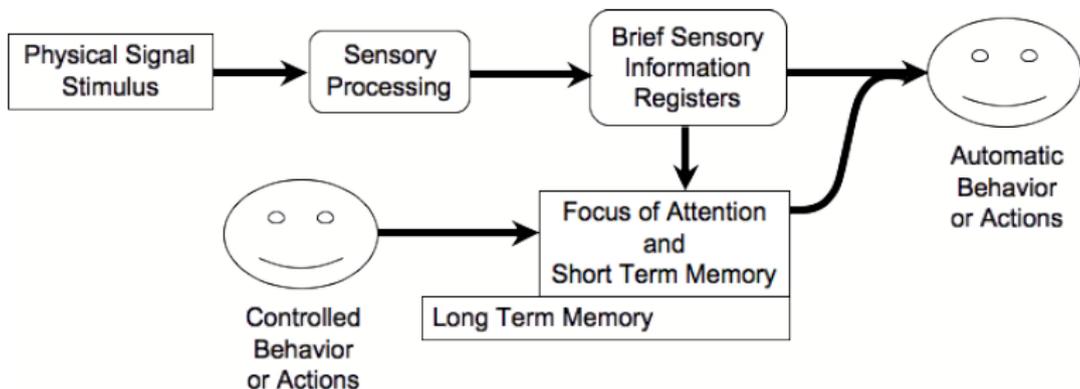
Símbolos e Representações Visuais

- Algumas imagens são **universalmente reconhecidas** e interpretadas sem esforço (processamento pré-atentivo), enquanto outras demandam esforço
- A interpretação envolve **dois estágios**
 - 1 reconhecer os **símbolos** (elementos gráficos)
 - 2 identificar as **relações** entre eles



Processamento Perceptual

- O processo de **percepção visual** pode ser **controlado** (atentivo) ou **não-controlado** (pré-atentivo)
 - Processo **pré-atentivo** é **rápido** e paralelo
 - Processo **atentivo** é **lento** e transforma efeitos visuais iniciais em objetos



Processamento Pré-Atentivo

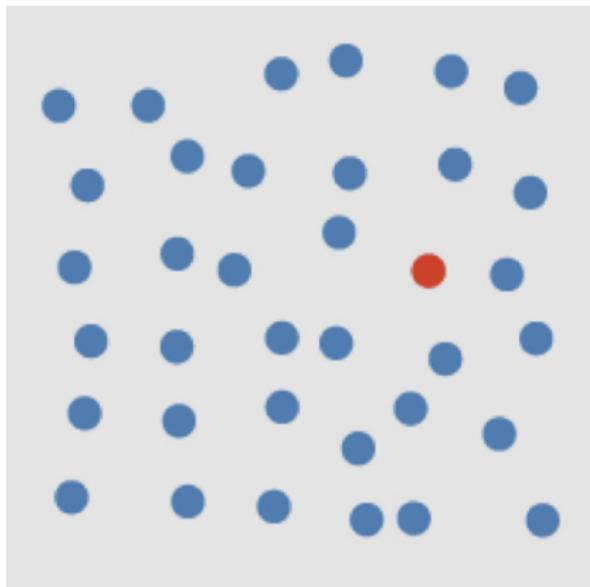
- Um conjunto pequeno de propriedades visuais são **pré-atentivas**, i.e., podem ser detectadas **rapidamente e precisamente**
 - Tarefas executadas em menos de $200ms-250ms$, com pouco esforço (processamento paralelo)

Processamento Pré-Atentivo

- Quanto tempo para identificar o círculo vermelho (tonalidade)?

Processamento Pré-Atentivo

- Quanto tempo para identificar o círculo vermelho (tonalidade)?

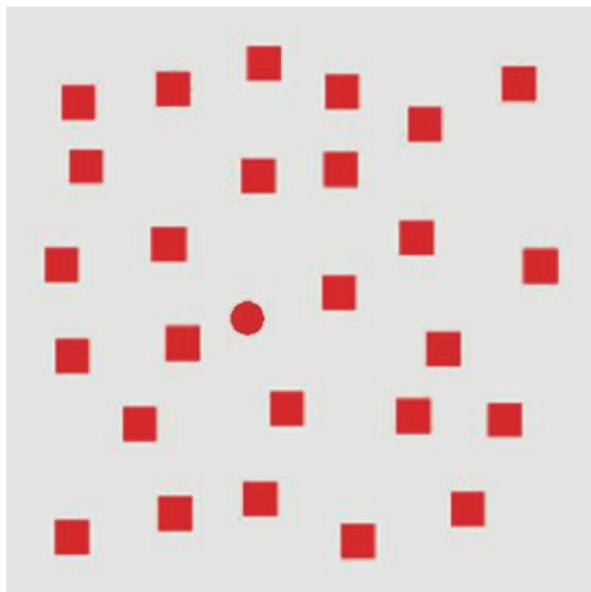


Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo para identificar o círculo vermelho (forma)?

Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo para identificar o círculo vermelho (forma)?



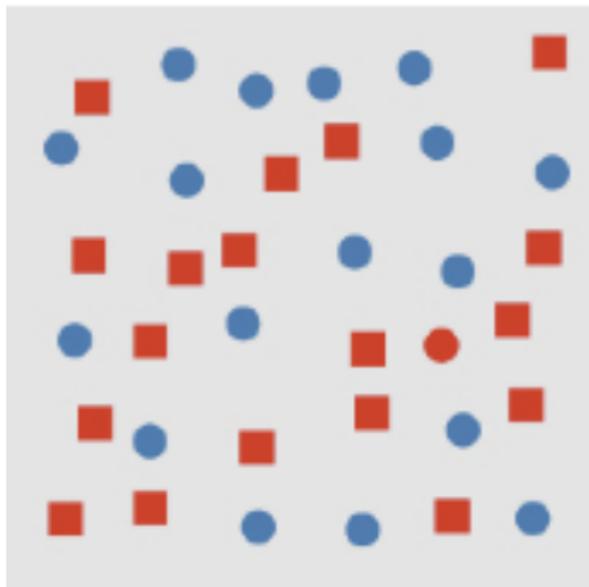
- **Combinação de propriedades** pré-atentivas nem sempre são **detectadas pré-atentivamente**
 - Se alguma das propriedades estiver presente nos objetos não-alvo (distratores), o processo pode se tornar sequencial

Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo para identificar o círculo vermelho?

Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo para identificar o círculo vermelho?



Processo Pré-Atentivo

- Implicação: o **mapeamento** de atributos dos dados em propriedades visuais precisa ser criterioso
- Além de cor e forma, existem outras propriedades gráficas cujo processamento é pré-atentivo
 - comprimento
 - largura
 - tamanho
 - número
 - terminadores
 - intersecções
 - intensidade
 - etc.

Processo Pré-Atentivo

- Tarefas que usam propriedades pré-atentivas são executadas com pouco esforço
- Experimentos em psicologia investigaram o uso de tais propriedades em certos tipos de tarefas

Processo Pré-Atentivo

- Tarefas que usam propriedades pré-atentivas são executadas com pouco esforço
- Experimentos em psicologia investigaram o uso de tais propriedades em certos tipos de tarefas
 - **Detecção de alvos:** identificar a presença (ausência) de um objeto

Processo Pré-Atentivo

- Tarefas que usam propriedades pré-atentivas são executadas com pouco esforço
- Experimentos em psicologia investigaram o uso de tais propriedades em certos tipos de tarefas
 - **Detecção de alvos:** identificar a presença (ausência) de um objeto
 - **Detecção de fronteiras:** detectar fronteiras entre dois grupos de elementos, em que elementos do mesmo grupo compartilham propriedades visuais comuns

Processo Pré-Atentivo

- Tarefas que usam propriedades pré-atentivas são executadas com pouco esforço
- Experimentos em psicologia investigaram o uso de tais propriedades em certos tipos de tarefas
 - **Detecção de alvos:** identificar a presença (ausência) de um objeto
 - **Detecção de fronteiras:** detectar fronteiras entre dois grupos de elementos, em que elementos do mesmo grupo compartilham propriedades visuais comuns
 - **Rastreio de região:** rastrear visualmente um ou mais elementos que se movem no tempo ou espaço

Processo Pré-Atentivo

- Tarefas que usam propriedades pré-atentivas são executadas com pouco esforço
- Experimentos em psicologia investigaram o uso de tais propriedades em certos tipos de tarefas
 - **Detecção de alvos:** identificar a presença (ausência) de um objeto
 - **Detecção de fronteiras:** detectar fronteiras entre dois grupos de elementos, em que elementos do mesmo grupo compartilham propriedades visuais comuns
 - **Rastreio de região:** rastrear visualmente um ou mais elementos que se movem no tempo ou espaço
 - **Contagem e estimação:** estimar o número de elementos com uma mesma propriedade visual

Interpretação do Mapeamento Visual

- A descoberta de relações ou padrões em uma visualização é determinada pelo **mapeamento** estabelecido entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
- A qualidade do mapeamento determina a qualidade da visualização (expressividade e efetividade)
 - Qualquer **padrão** observado na visualização deve corresponder a um **padrão presente nos dados**

Interpretação do Mapeamento Visual

- A descoberta de relações ou padrões em uma visualização é determinada pelo **mapeamento** estabelecido entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
- A qualidade do mapeamento determina a qualidade da visualização (expressividade e efetividade)
 - Qualquer **padrão** observado na visualização deve corresponder a um **padrão presente nos dados**
 - Caso contrário, tem-se um “artefato”

Interpretação do Mapeamento Visual

- A descoberta de relações ou padrões em uma visualização é determinada pelo **mapeamento** estabelecido entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
- A qualidade do mapeamento determina a qualidade da visualização (expressividade e efetividade)
 - Qualquer **padrão** observado na visualização deve corresponder a um **padrão presente nos dados**
 - Caso contrário, tem-se um “artefato”

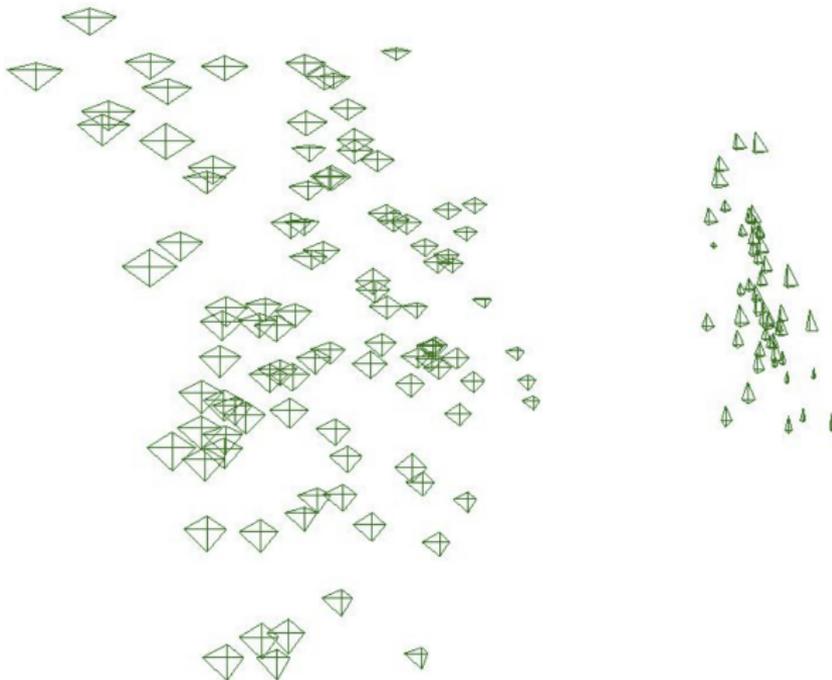
Interpretação do Mapeamento Visual

- A descoberta de relações ou padrões em uma visualização é determinada pelo **mapeamento** estabelecido entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
 - A qualidade do mapeamento determina a qualidade da visualização (expressividade e efetividade)
 - Qualquer **padrão** observado na visualização deve corresponder a um **padrão presente nos dados**
 - Caso contrário, tem-se um “artefato”
-
- Similaridade nos dados \Leftrightarrow similaridade visual dos símbolos correspondentes

Interpretação do Mapeamento Visual

- A descoberta de relações ou padrões em uma visualização é determinada pelo **mapeamento** estabelecido entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
- A qualidade do mapeamento determina a qualidade da visualização (expressividade e efetividade)
 - Qualquer **padrão** observado na visualização deve corresponder a um **padrão presente nos dados**
 - Caso contrário, tem-se um “artefato”
- Similaridade nos dados \Leftrightarrow similaridade visual dos símbolos correspondentes
- Ordem entre os itens de dados \Leftrightarrow ordem percebida entre os símbolos correspondentes

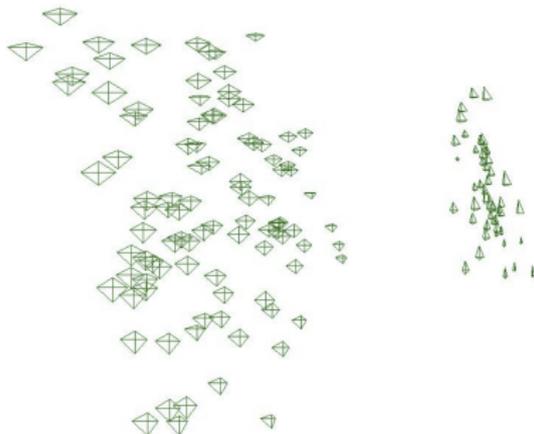
Interpretação do Mapeamento Visual



Considere este gráfico do conjunto Iris.

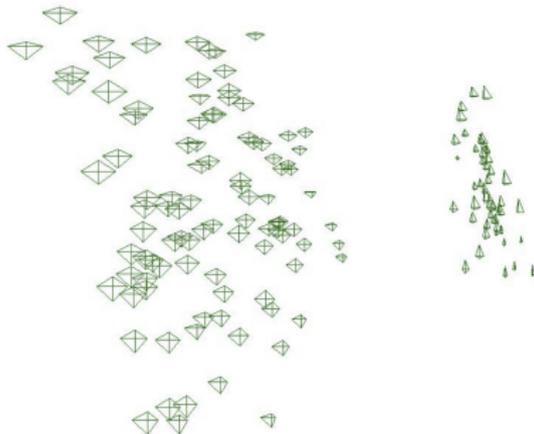
Interpretação do Mapeamento Visual

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)



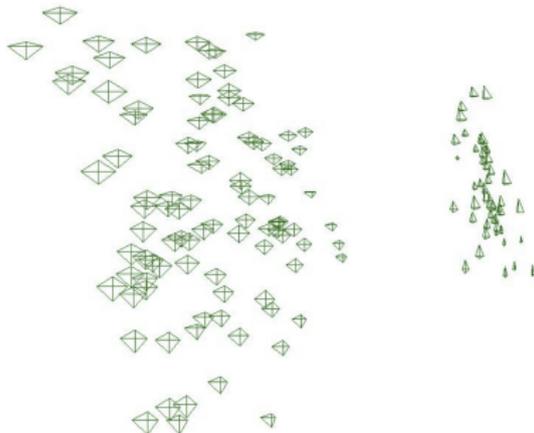
Interpretação do Mapeamento Visual

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



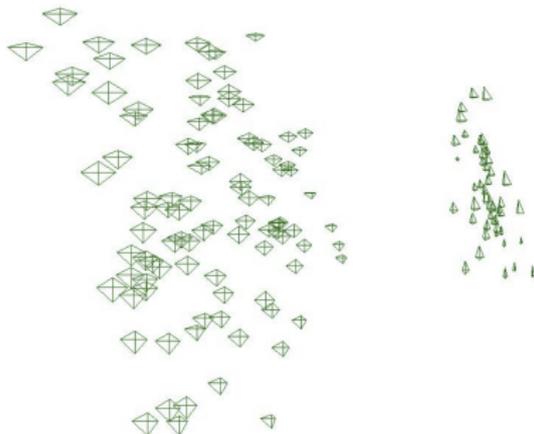
Interpretação do Mapeamento Visual

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, consideramos casos especiais (e.g., elementos sem relação com os grupos)



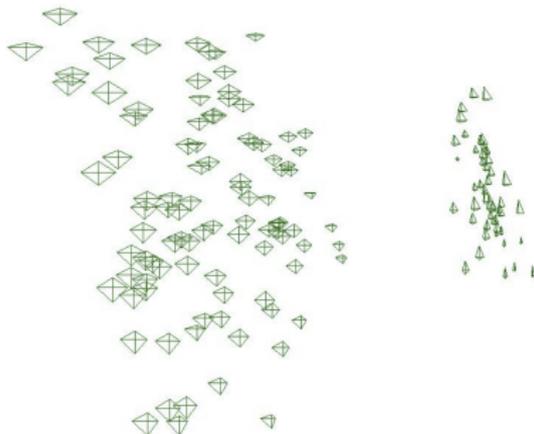
Interpretação do Mapeamento Visual

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, consideramos casos especiais (e.g., elementos sem relação com os grupos)



Interpretação do Mapeamento Visual

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, consideramos casos especiais (e.g., elementos sem relação com os grupos)



Esse é o processo a ser apoiado pela visualização, em tarefas de análise de dados

- 1 Pipeline de Visualização
- 2 Símbolos Gráficos e Processamento de Informação
- 3 As Oito Variáveis Visuais**
- 4 Uma Taxonomia de Visualização

As Oito Variáveis Visuais

- Mapeamento visual: codificação dos dados (itens e/ou atributos dos itens) em **marcadores gráficos**
- Propriedades dos dados são mapeadas para propriedades (visuais) dos marcadores gráficos, como cor, formato, tamanho, etc.

As Oito Variáveis Visuais

- Mapeamento visual: codificação dos dados (itens e/ou atributos dos itens) em **marcadores gráficos**
 - Propriedades dos dados são mapeadas para propriedades (visuais) dos marcadores gráficos, como cor, formato, tamanho, etc.
-
- Variáveis gráficas: é possível **codificar até oito variáveis visuais**
 - 1 posição (disposição espacial)
 - 2 forma
 - 3 tamanho
 - 4 brilho, ou intensidade
 - 5 cor (matiz, saturação, intensidade)
 - 6 orientação
 - 7 textura
 - 8 movimento

Posição

Posição (1D, 2D ou 3D) é a variável gráfica mais importante

- A interpretação de uma visualização começa pela leitura do arranjo espacial

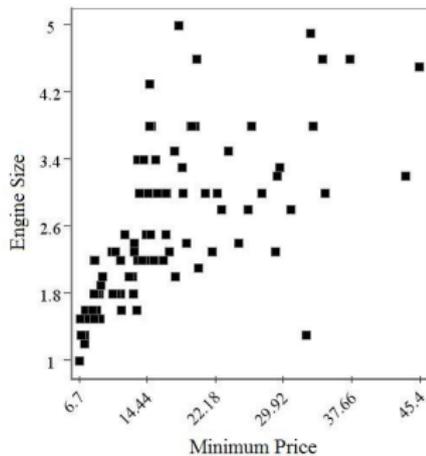
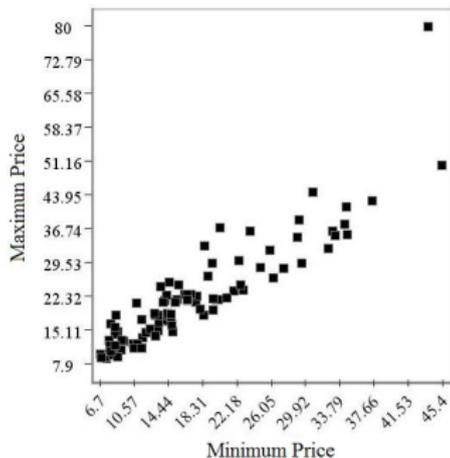


Figura: Exemplos de mapeamento: duas variáveis dos dados mapeadas nas variáveis de **posição espacial** horizontal e vertical. (a) forte sobreposição dos marcadores gráficos e (b) marcadores melhor distribuídos.

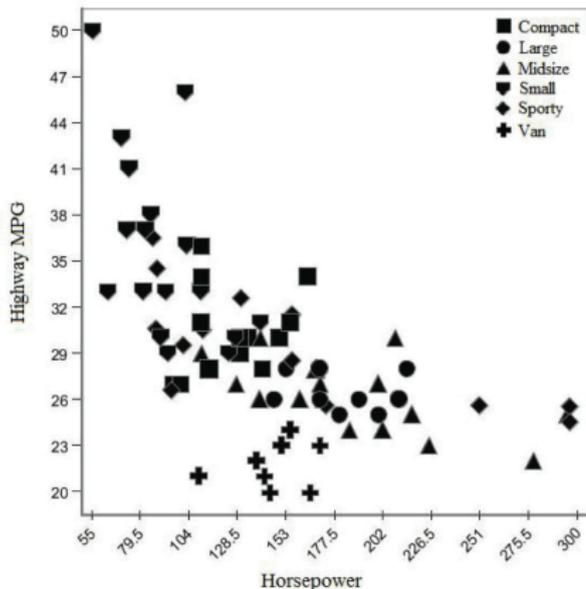
Forma: o dado é mapeado na forma do marcador gráfico. Qualquer símbolo visual pode ser usado como um **marcador**, incluindo símbolos, letras e palavras



Figura: Exemplos de marcadores gráficos com diferentes formas.

Formato

- As **formas** devem ser **facilmente distinguíveis**
 - Os marcadores gráficos devem ter **área e complexidade similares**, para evitar que um predomine sobre os demais



Tamanho (Comprimento, Área, Volume)

- Posição e forma são as variáveis gráficas mais determinantes (dominantes no mapeamento visual)
- as demais propriedades apenas modificam a aparência dessas representações, por exemplo, o **tamanho** ou a **cor** dos marcadores



Tamanho (Comprimento, Área e Volume)

- **Tamanho** é uma propriedade que pode mapear tanto **variáveis contínuas** como **variáveis categóricas**
- No segundo caso, é mais adequada para mapear poucas categorias

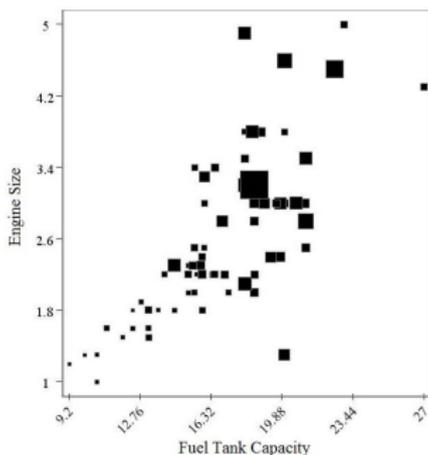
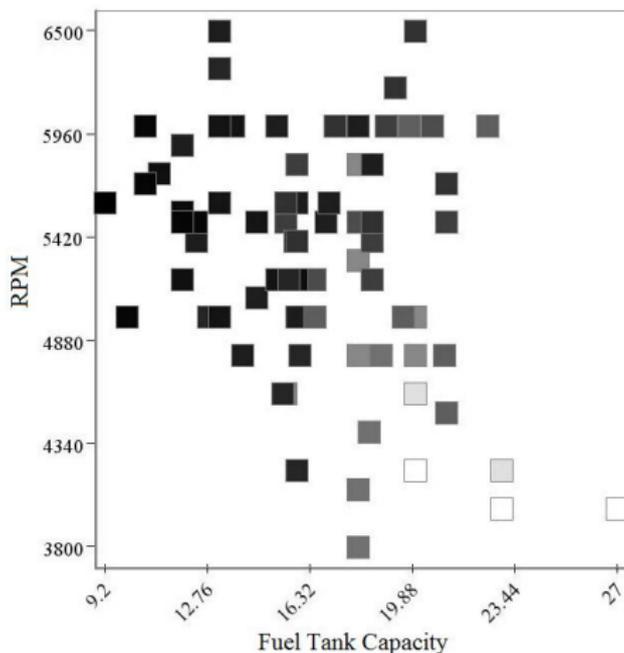


Figura: Exemplo de mapeamento visual: variável gráfica **Tamanho** do marcador gráfico usada para mapear o **preço** do carro (um atributo contínuo).

- Brilho, Intensidade: pode-se utilizar um número alto de valores distintos de intensidade
- Porém, nem sempre as diferenças são perceptíveis pelo olho humano
 - Dependendo da situação, é melhor considerar um número pequeno de intensidades distintas





- **Cor:** propriedade definida em termos do **matiz** (tonalidade) e **saturação**
 - Matiz: determinado pelo comprimento da onda dominante

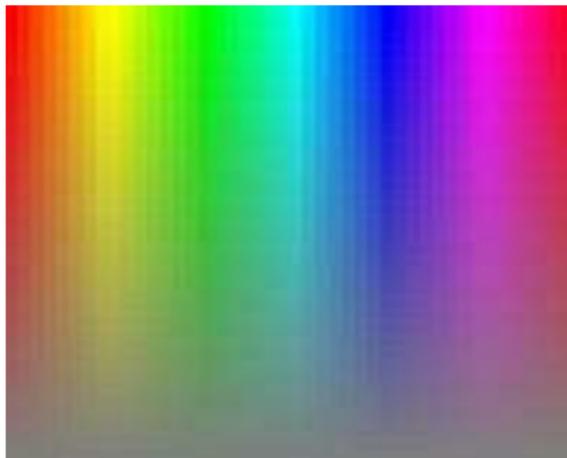


Figura: Tonalidade definida na horizontal, saturação na vertical.

- **Cor:** propriedade definida em termos do **matiz** (tonalidade) e **saturação**
 - Matiz: determinado pelo comprimento da onda dominante
 - Saturação: a concentração de matiz, relativamente ao cinza (pureza da cor)

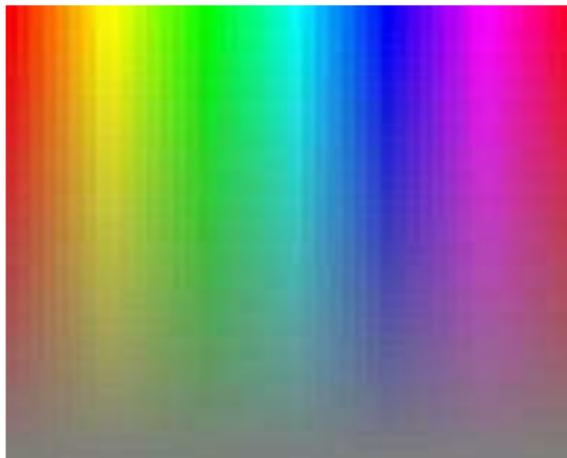
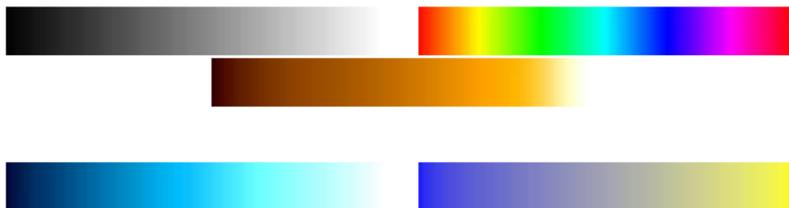


Figura: Tonalidade definida na horizontal, saturação na vertical.

- **Mapa de cores** (*colormap*): define como é feito o mapeamento dos valores em cores
 - Pode ser utilizada para mapear atributos **contínuos** (numéricos) ou **categóricos** (nominais) (número pequeno de valores distintos)



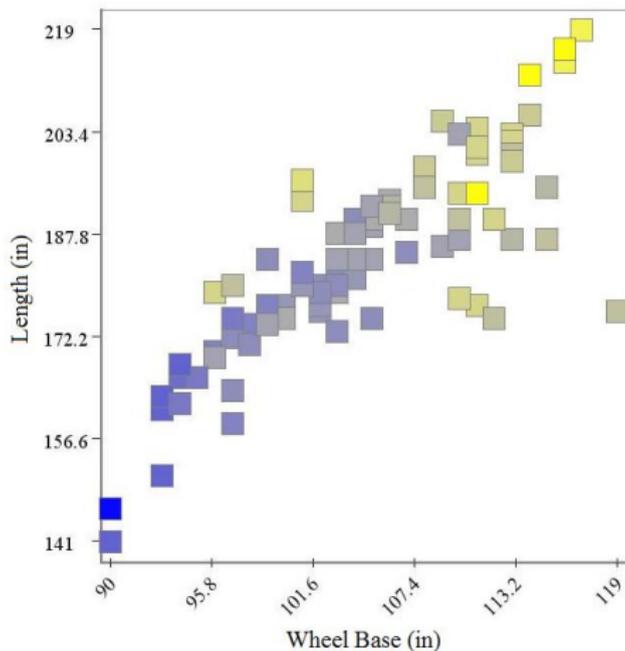


Figura: Exemplo de mapeamento: variável gráfica **Cor** usada para mapear um atributo contínuo (**comprimento** do carro).

- **Orientação** (direção) de um marcador gráfico é uma variável gráfica processada **pré-atentivamente**
 - Não aplicável a qualquer marcador: mais adequado aos que **apresentam um único eixo natural**



Orientação

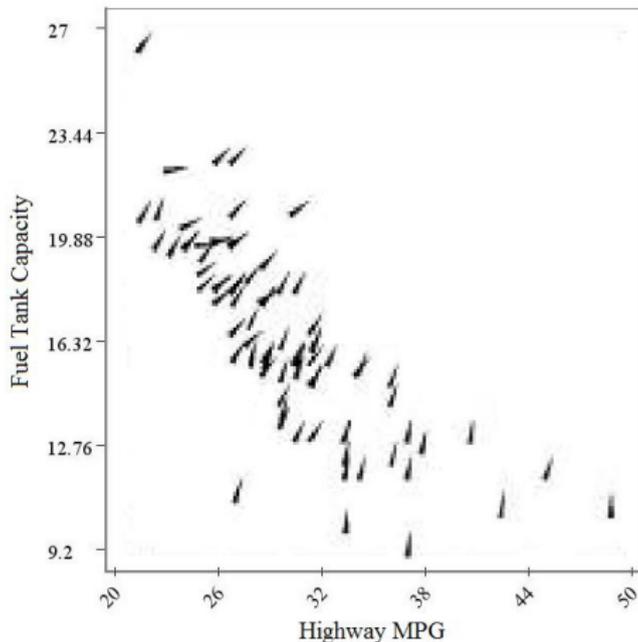
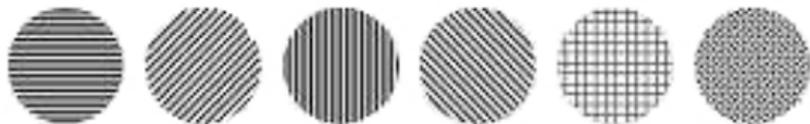


Figura: Exemplo de mapeamento visual: na variável gráfica **Orientação** usada para mapear um atributo contínuo (**preço médio** do carro).

- **Textura:** essa variável pode ser interpretada como a **combinação de diversas variáveis gráficas**, como formato, cor e orientação



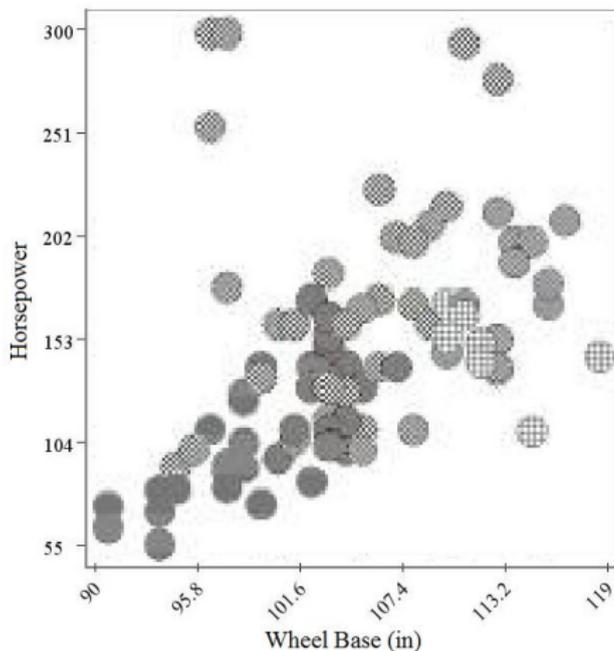


Figura: Exemplo de mapeamento visual: variável gráfica **Textura** usada para mapear um atributo categórico (**categoria** do carro).

- **Movimento**: variável que pode ser associado a qualquer das outras variáveis visuais
 - Muito utilizada para mapear atributos temporais, i.e., **variação temporal**

- **Movimento**: variável que pode ser associado a qualquer das outras variáveis visuais
 - Muito utilizada para mapear atributos temporais, i.e., **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 Pipeline de Visualização
- 2 Símbolos Gráficos e Processamento de Informação
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Uma Taxonomia de Visualização

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman (1996) propôs a “Task by Data Type Taxonomy”
- Uma taxonomia de visualização em termos do tipo de **dados** que são visualizados e das **tarefas** executadas por meio da visualização

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman (1996) propôs a “Task by Data Type Taxonomy”
- Uma taxonomia de visualização em termos do tipo de **dados** que são visualizados e das **tarefas** executadas por meio da visualização
- Os tipos de **dados**
 - linear unidimensional
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal
 - multidimensional
 - árvore
 - rede

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas (atividades)** executadas por um analista ao interagir com uma visualização de dados
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz o espaço de trabalho/busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **História** - manter um histórico que permita retroceder a etapas anteriores do processo de análise
 - **Extrair** - extrair itens ou atributos para facilitar outros usos

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas (atividades)** executadas por um analista ao interagir com uma visualização de dados
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz o espaço de trabalho/busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **História** - manter um histórico que permita retroceder a etapas anteriores do processo de análise
 - **Extrair** - extrair itens ou atributos para facilitar outros usos
- Segundo Shneiderman, uma ferramenta efetiva de visualização deveria prover suporte a todos os tipos de tarefas!

- Ward, M., Grinstein, G. G., Keim, D. **Interactive data visualization foundations, techniques, and applications**. Natick, Mass., A K Peters, 2010.
- B. Shneiderman, The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations, Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages, Boulder, CO, USA, 1996, pp. 336-343, DOI: 10.1109/VL.1996.545307.