

# Computação Gráfica

---

## Áreas Relacionadas, Cenário e Histórico

Maria Cristina F. de Oliveira  
Rosane Minghim  
Fernando V. Paulovich  
ICMC - USP

# A Parte Burocrática

- **2 provas, sem substitutiva**

- 1a prova
  - 2a prova

- **1 grande projeto e seminário**

- Atraso na entrega é zero
  - Grupos com no máximo 3 alunos
  - Trabalhos copiados (incluindo anos anteriores) ou muito semelhantes ficam com zero
  - Alunos (ou grupos) podem ser escolhidos para explicar os próprios trabalhos

- **Cálculo da Média**

- $\min = \text{mínimo}((2*NP1 + 3*NP2)/5, NP)$
  - Se  $\min \geq 5,0$  então  $\text{Média} = (2*NP1 + 3*NP2 + 3*NP)/8$ 
    - Caso contrário  $\text{Média} = \min$

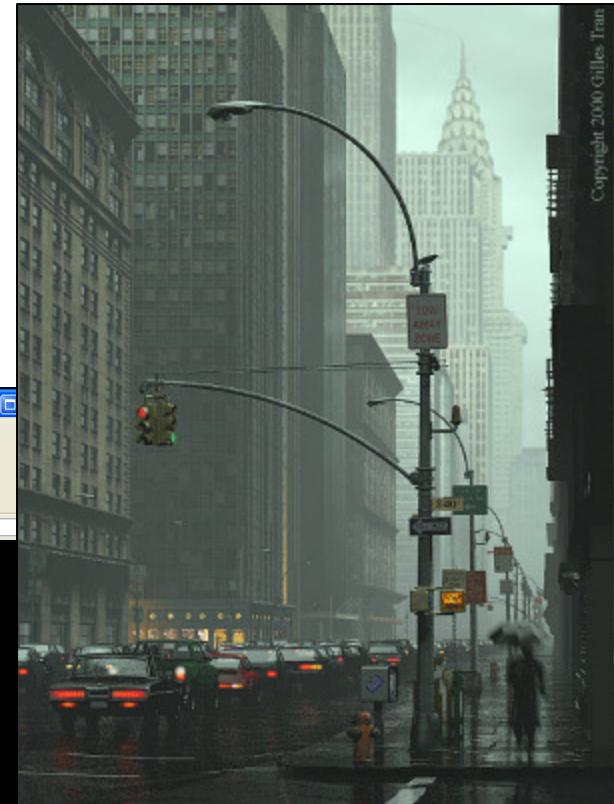
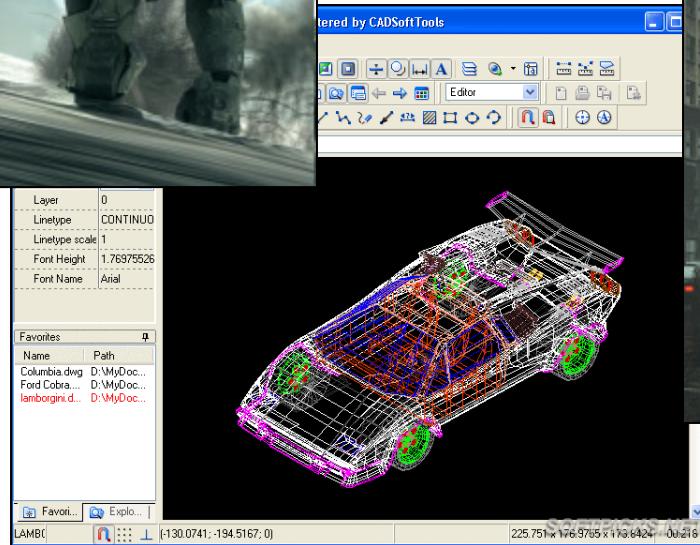
# Visão Geral

- Introdução à Computação Gráfica e Histórico
- Áreas relacionadas
- Computação Visual
- Perfil da disciplina
- Bibliografia

# Introdução à Computação Gráfica

# Computação Gráfica

## ■ Afinal, o que é Computação Gráfica?



# Computação Gráfica

- Sub-área da Ciência da Computação
  - Técnicas para a geração, exibição, manipulação e interpretação de modelos de objetos e de imagens utilizando o computador
  - Modelos e imagens criados a partir de dados do mundo real ⇒ converter dados em imagens
- Usuários em disciplinas diversas
  - Ciência, engenharia, arquitetura, medicina, arte, publicidade, lazer (cinema, jogos, ...)
  - Enorme gama de aplicações

# Sistema Gráfico

- Dispositivo de exibição gráfico
  - Tecnologia matricial: matriz de pixels
- Imagens geradas ou representadas no computador
- Sistemas altamente interativos
  - usuário controla o conteúdo, a estrutura e a aparência dos objetos e imagens visualizadas na tela, usando dispositivos de interação
  - forte relação com HCI - Interação Usuário Computador

# Computação Gráfica em Números

- Halo 3 – faturamento de de lançamento US\$ 170mi
  - O Homem-Aranha 3 faturou cerca de US\$150 milhões em 3 dias, US\$ 60 milhões na estréia
  - Avatar arrecadou US\$ 232,2 milhões em seu final de semana de estréia, US\$ 70 milhões na estréia
- Grand Theft Auto IV (GTA IV) – vendeu 3,6 milhões de cópias no dia da estréia, somando US\$ 310 milhões
  - O livro Harry Potter e as Relíquias da Morte somou US\$ 220 milhões de dólares em 24 horas.
- Shigeru Miyamoto, criador do console Wii/Nintendo, foi escolhido pela revista Time (eleição pela internet) como o homem mais influente do mundo em 2008

# Histórico

- (1963) Sketchpad
  - Ivan Sutherland apresenta o sistema que vinha desenvolvendo p/ seu Ph.D. no MIT
  - Programa p/ desenho e manipulação de elementos geométricos na tela de um monitor de vídeo (primitivas gráficas 2D)
  - Entrada via caneta ótica (light pen), saída no monitor de vídeo (tecnologia vetorial)
  - Primeira tentativa de usar um monitor de vídeo como dispositivo de interação, bem como de usar o computador para gerar exibir figuras!
  - interação por caneta ótica (selecionar, apontar, desenhar)

# Histórico



Ivan Sutherland na console do TX-2, exibindo o Sketchpad (MIT, 1963)

# Histórico (dispositivos vetoriais)

## ■ Primórdios

- Dispositivos de Exibição
  - natureza analógica: *vector graphics*
  - imagens formadas pelo desenho de segmentos de reta (traçado de contornos)
  - tecnologia cara
  - ausência de cores
- Primeiros programas de CAD
- Contexto: pouca interação com o usuário, uso restrito (equipamento caro!)

# CRT - vetorial

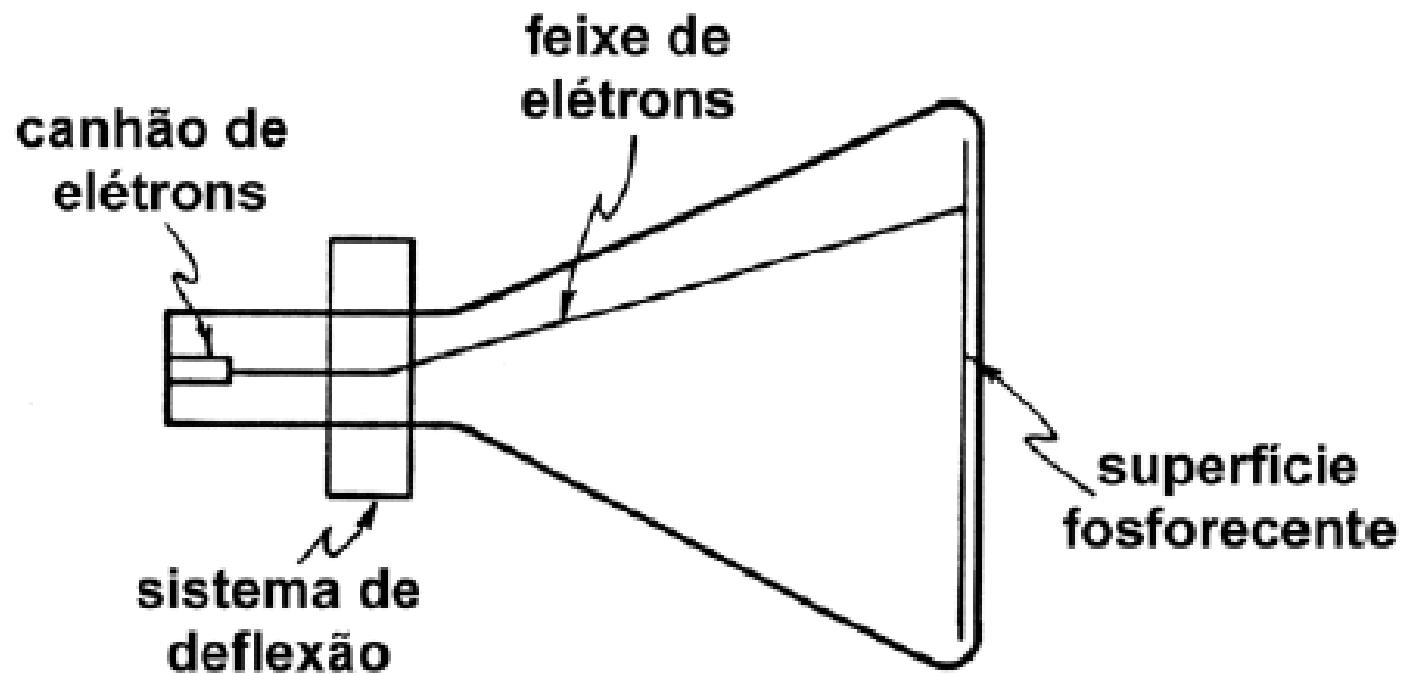
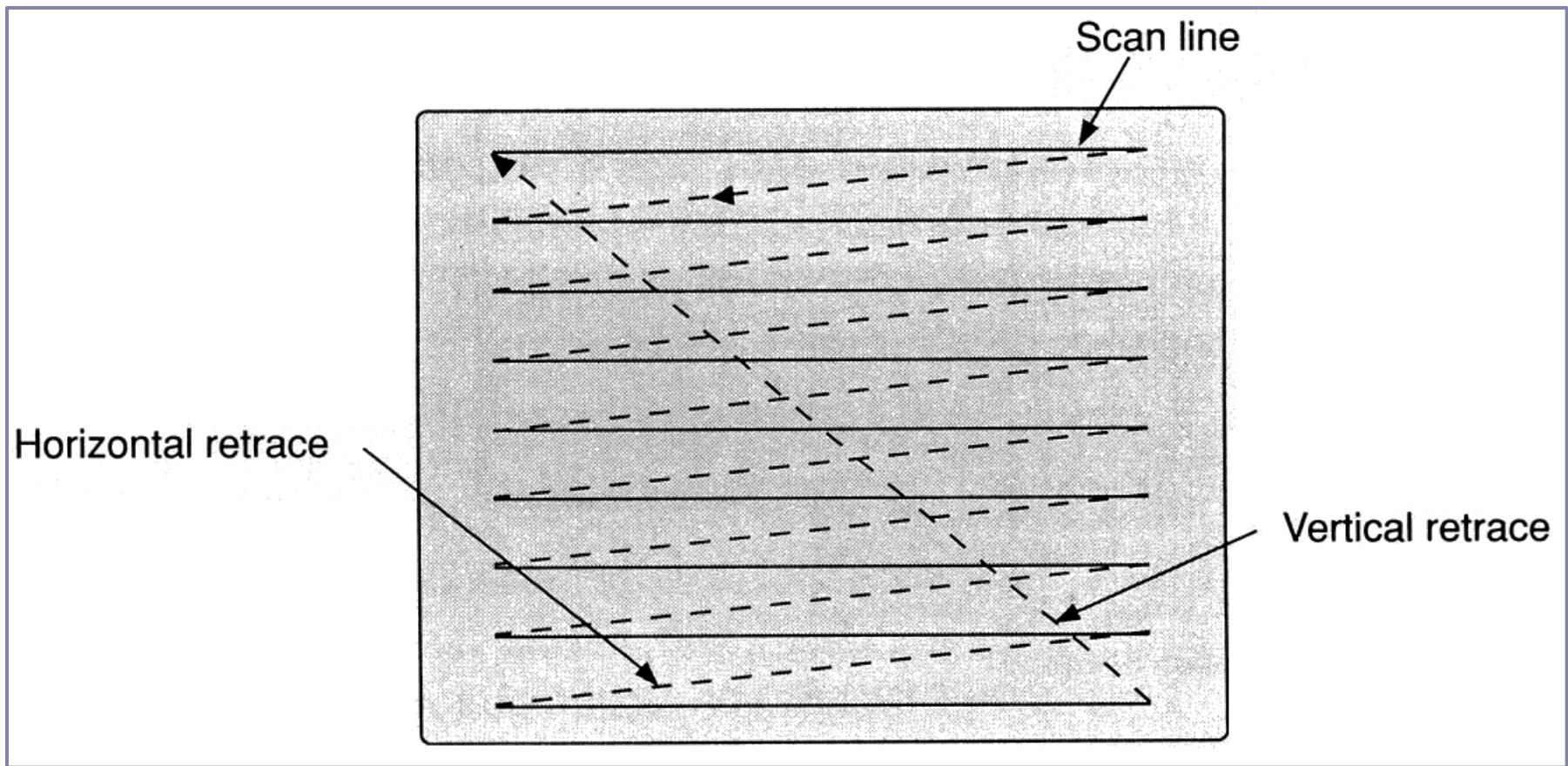


Figura 2.1: Estrutura interna de um CRT.

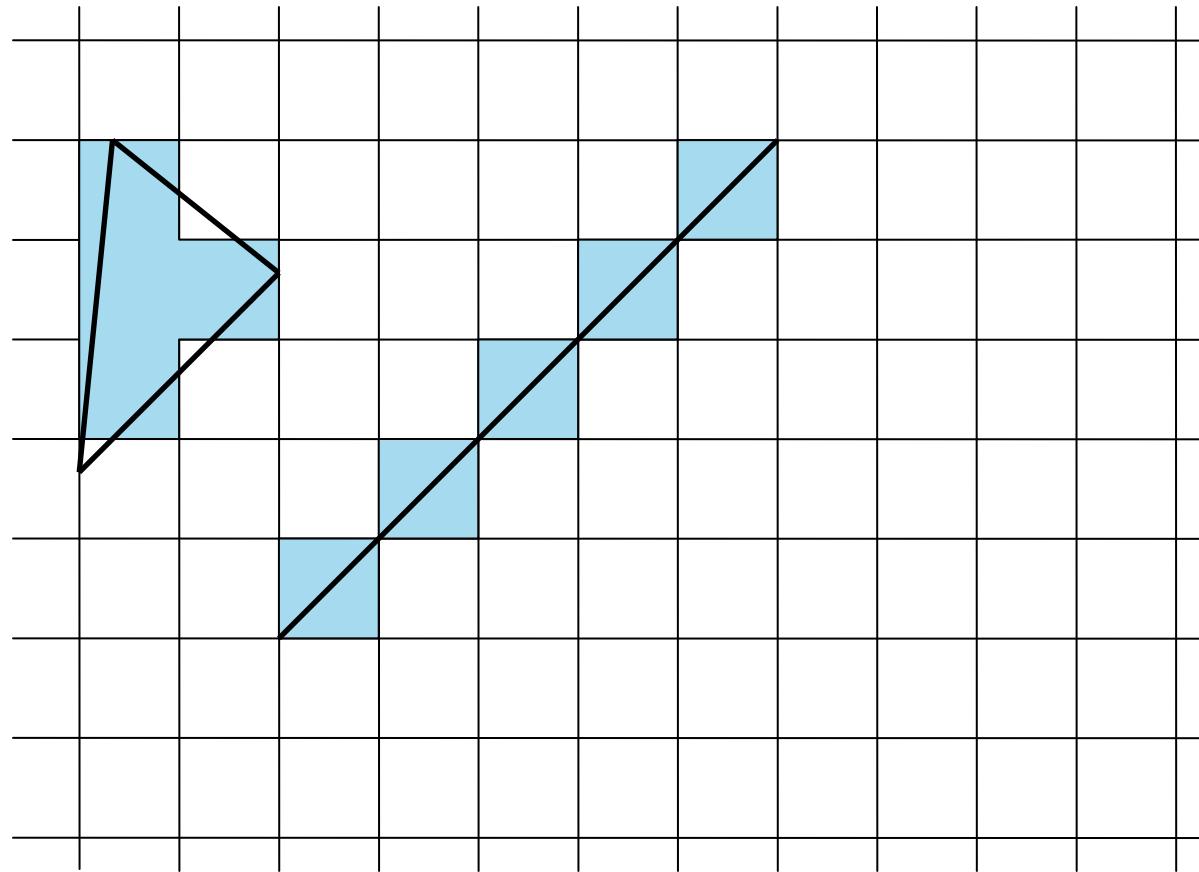
# Histórico

- Década de 80
  - Disseminação de aplicativos
  - Evolução do hardware
    - Surgimento da tecnologia matricial (raster graphics)
      - imagens formadas por matrizes de pontos, ou pixels: picture elements
      - baixo custo, uso de cores, áreas preenchidas
      - aliasing
    - Aumento da capacidade de processamento
    - Melhores dispositivos de interação: mouse (1968), ...
    - Novos paradigmas em HCI: janelas

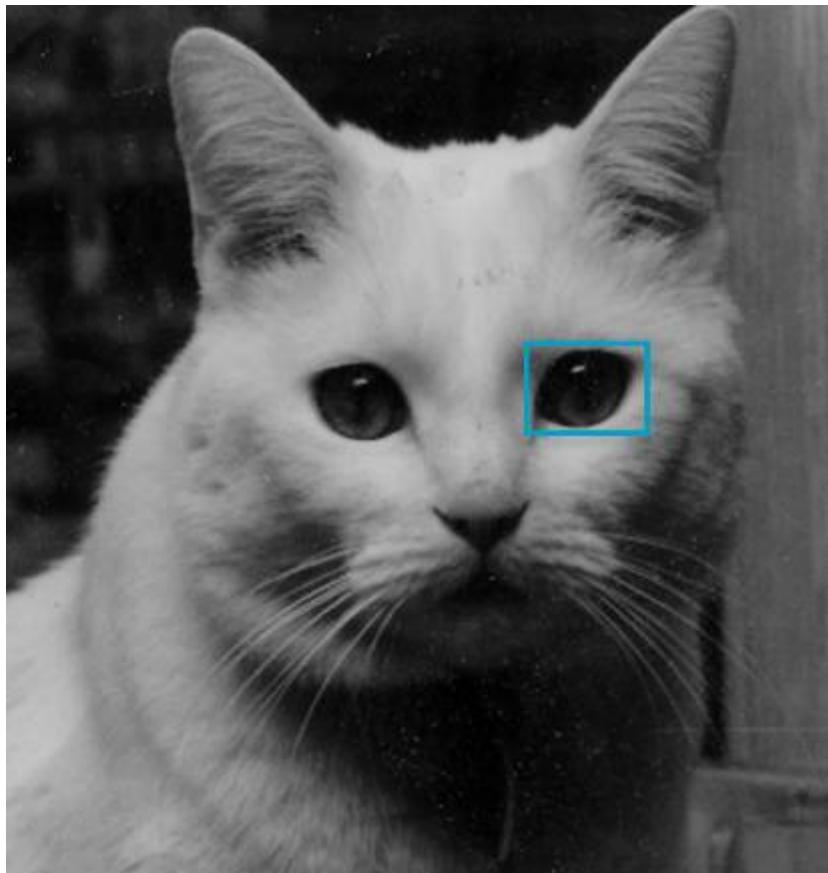
# CRT - matricial



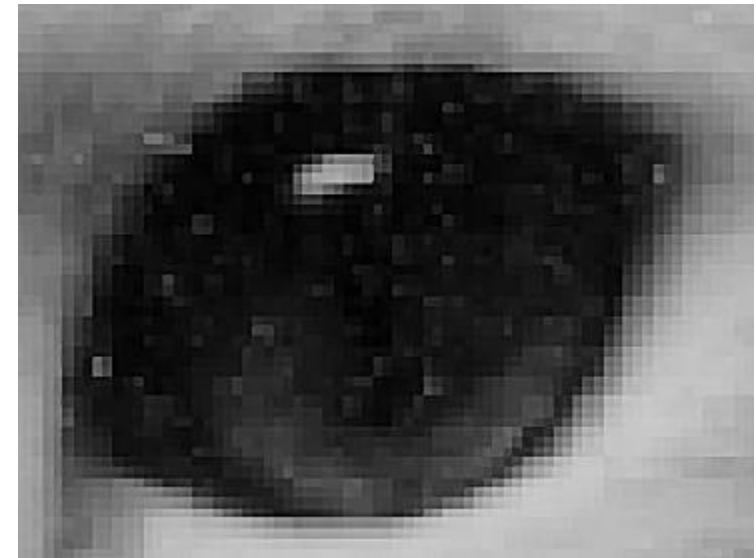
# Aliasing



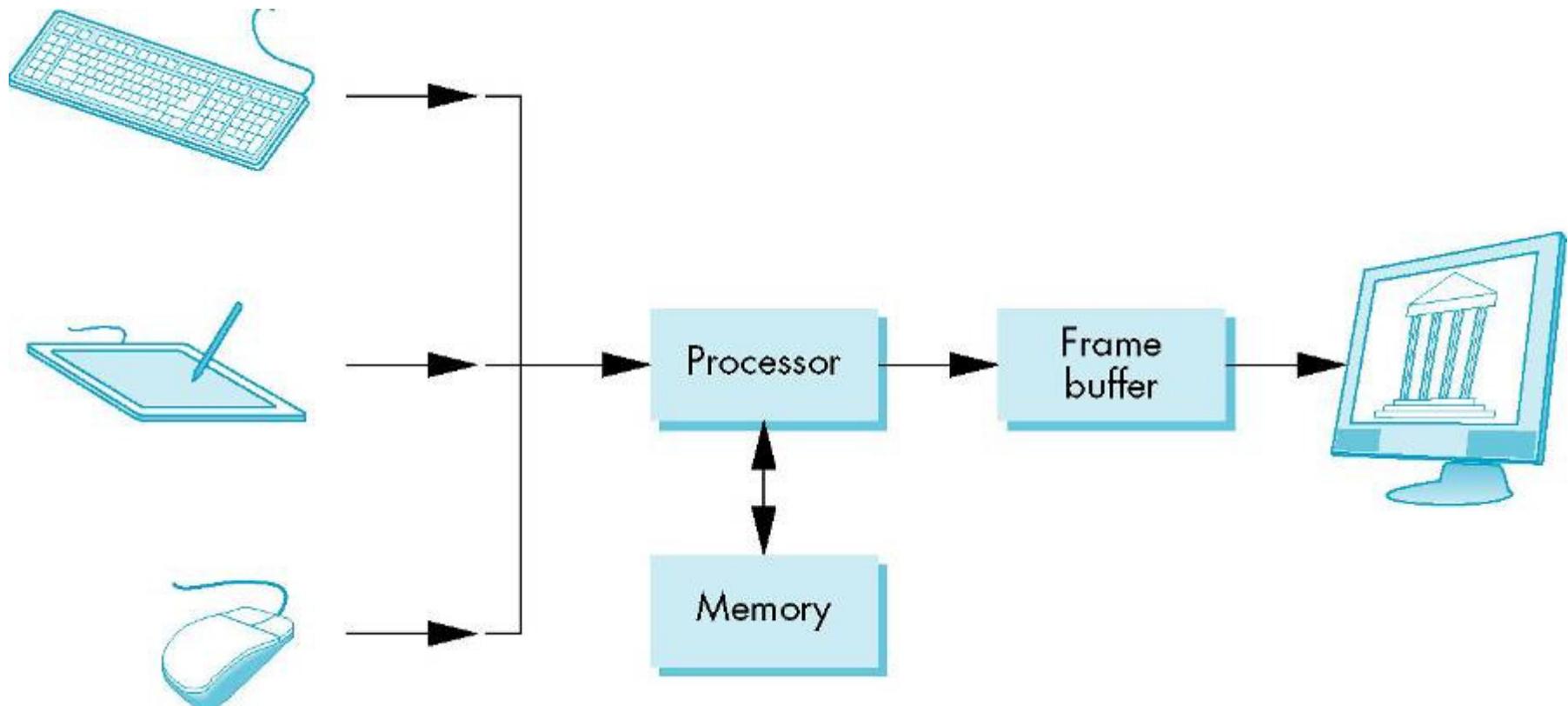
# Pixels



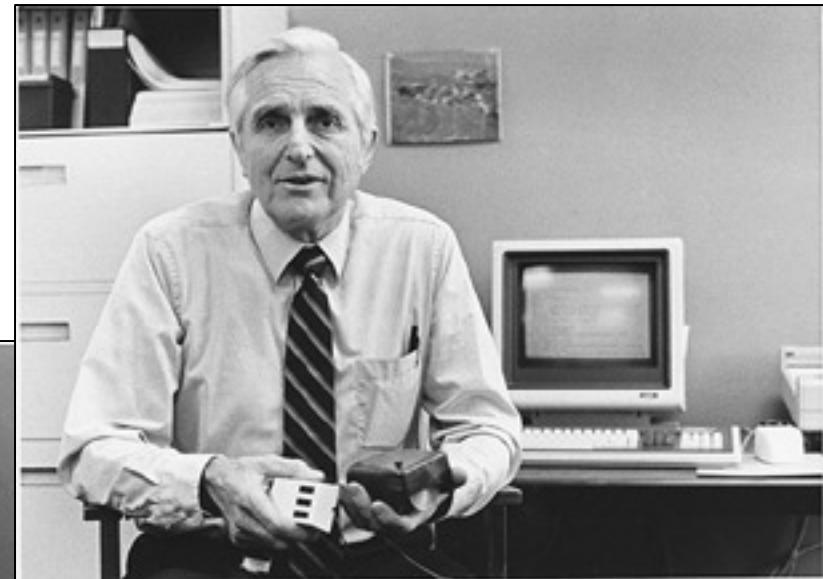
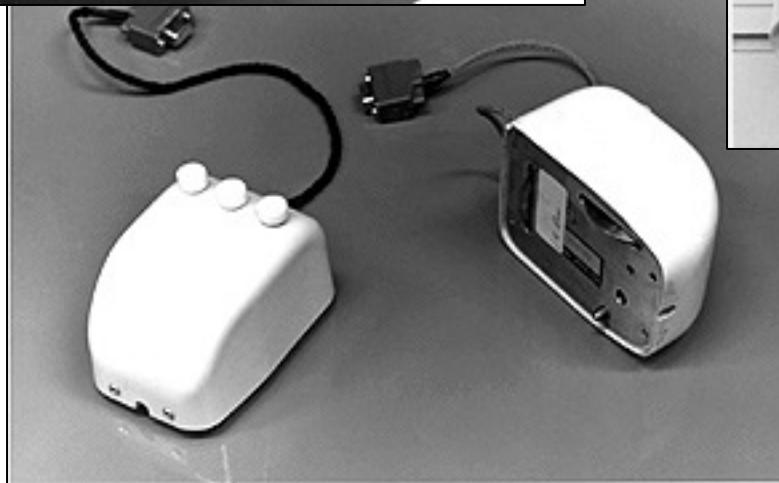
Cada pixel corresponde a uma pequena área da imagem – armazenados no frame buffer



# Pixels e o Frame Buffer



# Mouse



<http://sloan.stanford.edu/mousesite/>

# Histórico

## ■ Década de 80

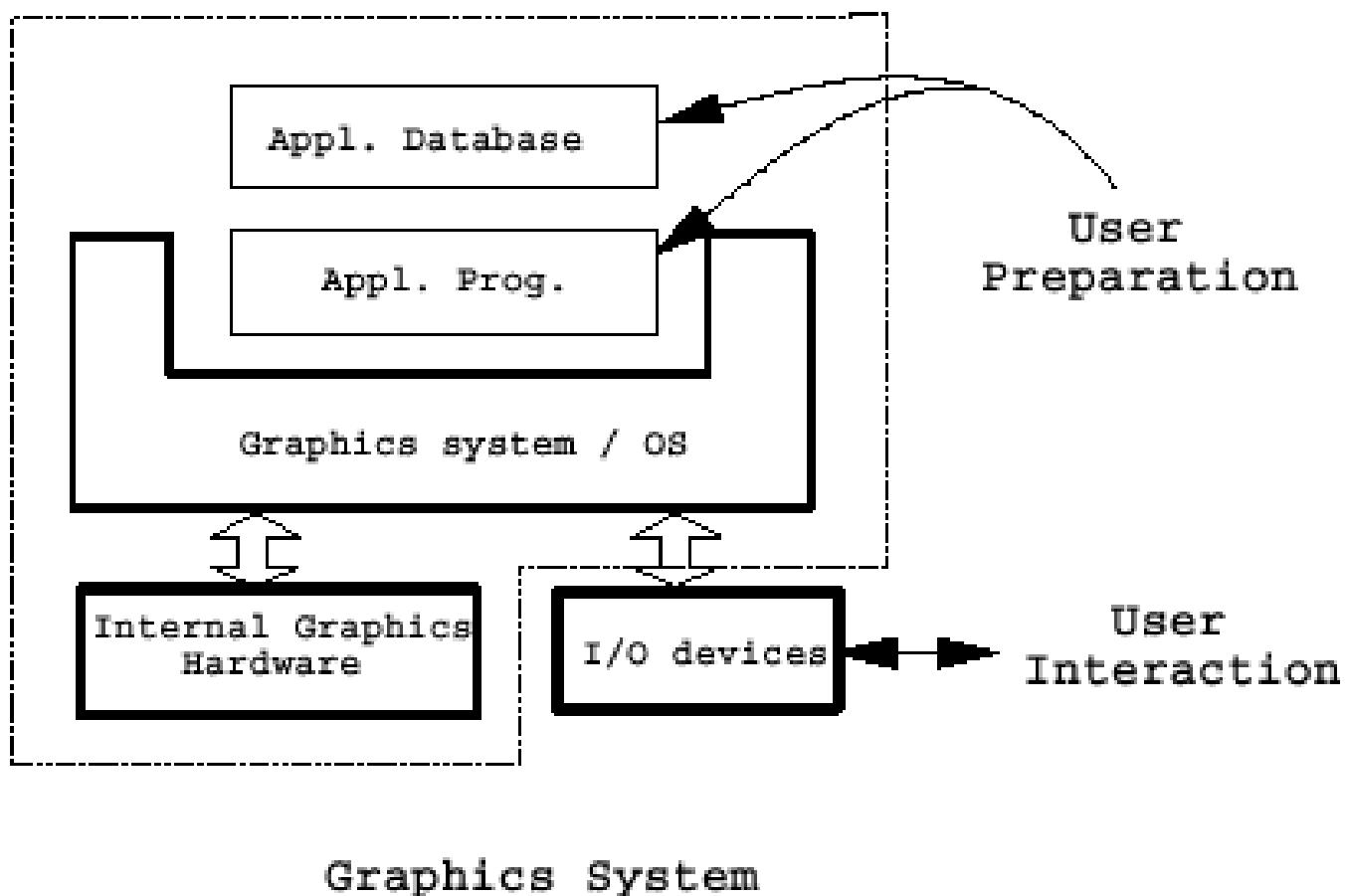
### □ Pacotes gráficos

- portabilidade (independência de dispositivo)
- reutilização
- APIs: GKS, PHIGS, OpenGL
  - Padrões: especificação de uma interface para os programadores de aplicativos independente do S.Op. e do sistema gerenciador de janelas.

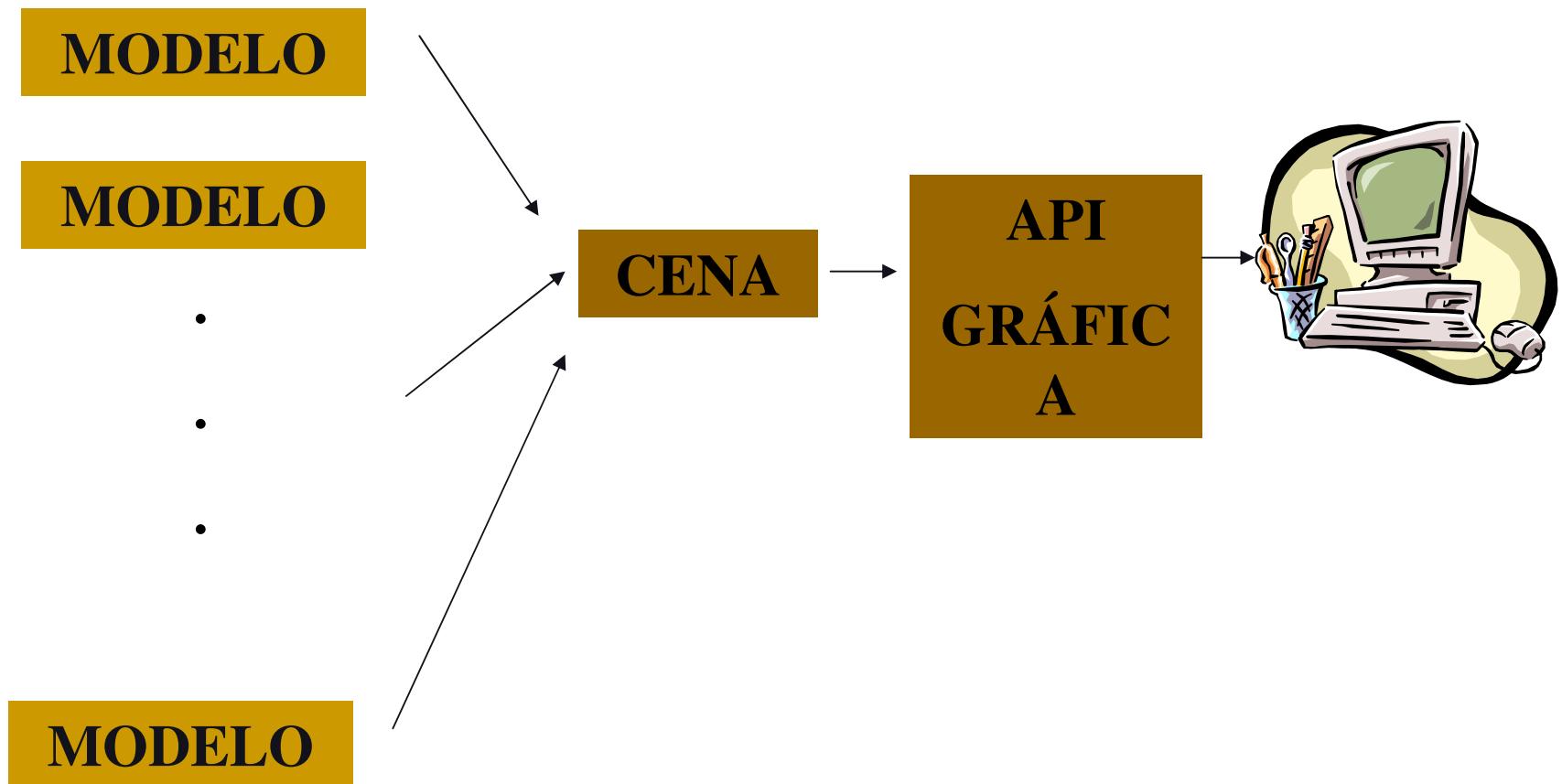
### □ Computação Gráfica 3D

- Principais representações gráficas 3D: baseadas em descrições geométricas das superfícies dos objetos

# Sistema Gráfico



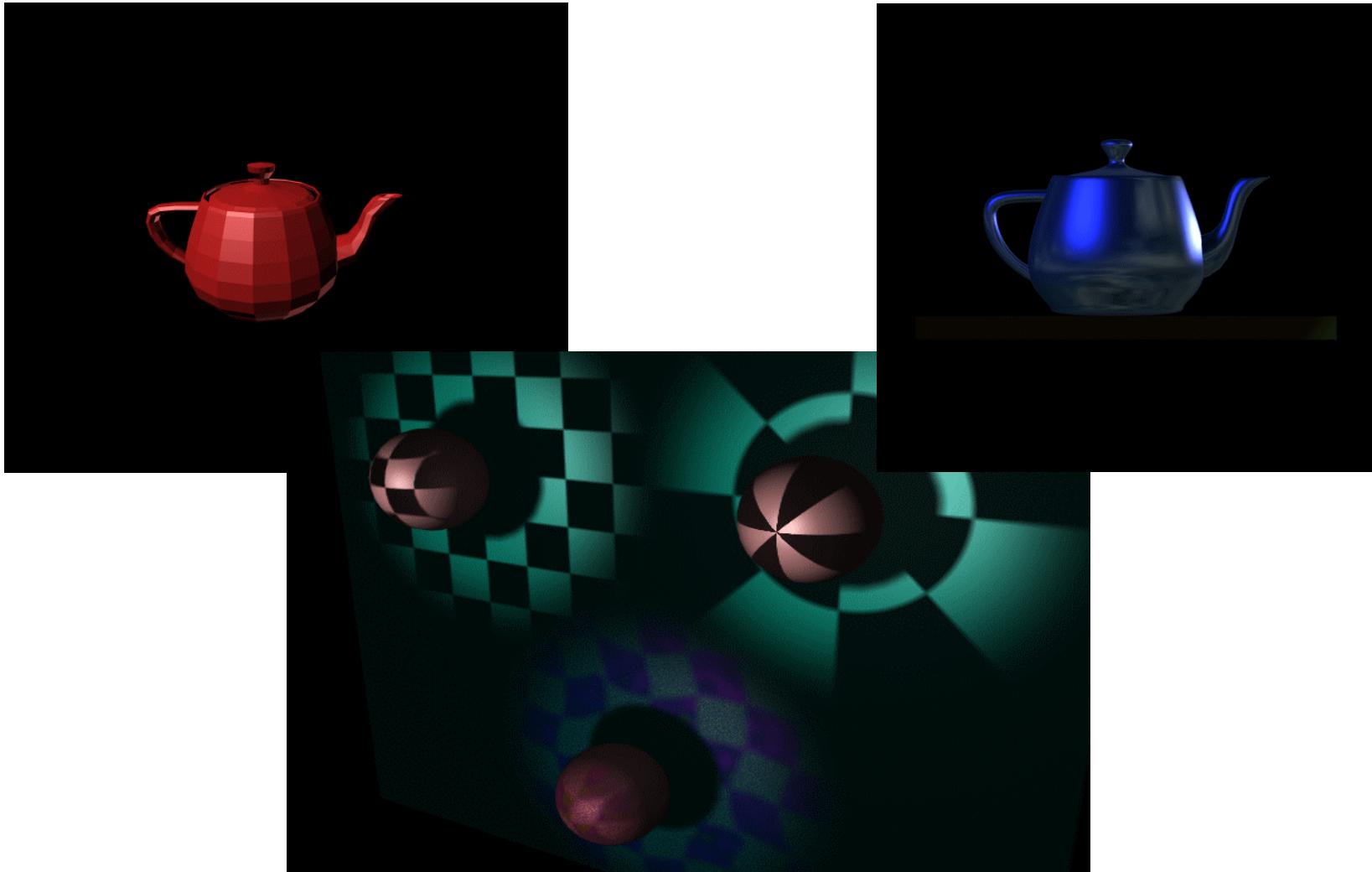
# Sistema Gráfico



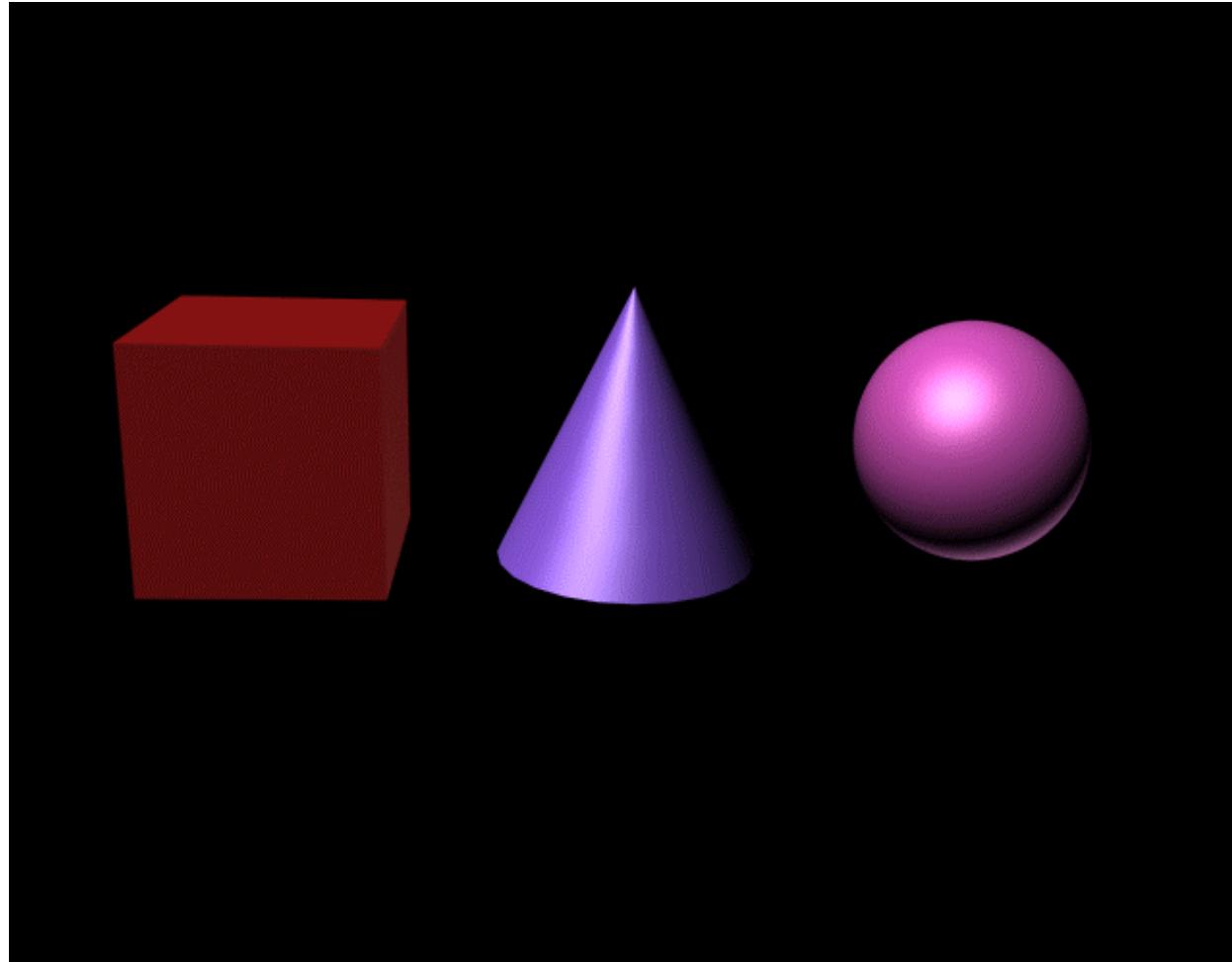
# Histórico: (síntese de imagens)

- Técnicas para criar ‘mundos 3D’ no computador
  - Modelagem: criação de uma representação dos objetos
    - informações geométricas
    - informações sobre os materiais
    - informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Rendering (e animação): apresentação dos objetos
    - geração de uma imagem (ou uma seqüência delas) a partir das representações (modelos)
    - poligonização: aproximação da descrição geométrica por uma malha de faces poligonais (planares), como triângulos
    - simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena

# Síntese de Imagens



# Síntese de Imagens



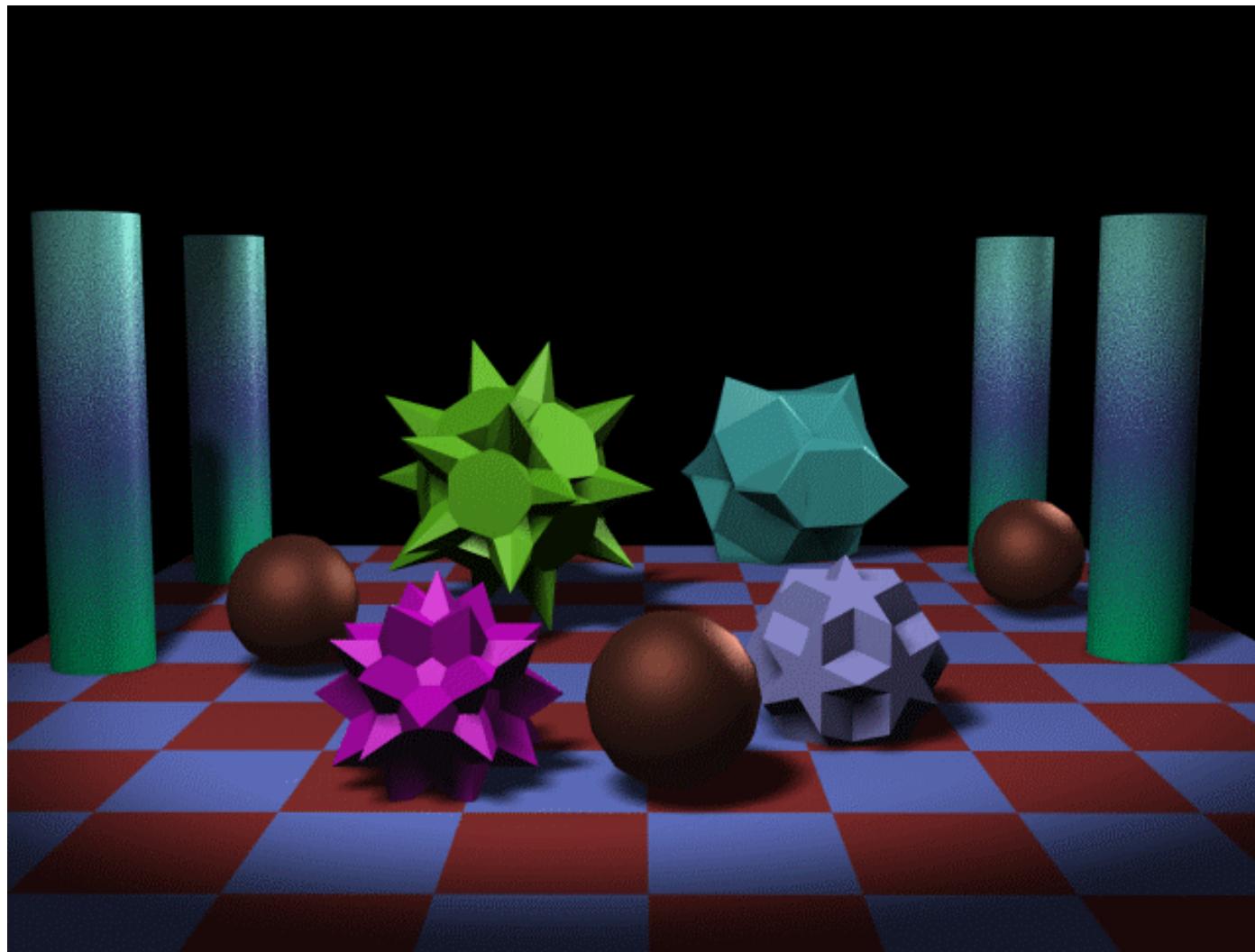
# Histórico

- Marcos históricos – LucasFilm, Pixar
  - Ed Catmull, University of Utah
    - Patches bicúbicos (representação de superfícies), z-buffer (remoção de superfícies ocultas), mapeamento de texturas – início da década de 70.
  - Loren Carpenter, Boeing
    - Modelagem por fractais – montanhas, nuvens, água... – início da década de 80
  - Robin Cook, Cornell University
    - Novo modelo de reflexão de luz, mais realista, shade trees ('linguagem' para rendering) - década de 80.
  - Pixar's RenderMan
  - Oscar em março de 2001 'for significant advancements to the field of motion picture rendering'

# Histórico

- Década de 90
  - Gama de técnicas estabelecidas em Síntese de Imagens
    - estratégias clássicas de modelagem: por fronteira, CSG, octrees, ...
    - estratégias para descrição de modelos: varredura, formulações matemáticas para definição interativa de curvas e superfícies (B-splines, NURBS, ...)
    - estratégias alternativas de modelagem: fractais, partículas, ...
    - estratégias de rendering sofisticadas: ray tracing, radiosidade, modelos físicos de iluminação, mapeamento de textura...
  - Áreas relacionadas também amadureceram

# Histórico

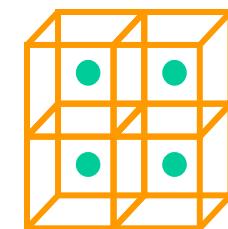


# Histórico



# Histórico

- Década de 90
  - Consolidação da Visualização Computacional como disciplina
    - conceito de voxels: volume elements
  - Computação Gráfica Volumétrica
    - modelos gráficos utilizando voxels (ou tetraedros) como primitivas
    - cena: descrita como um volume de voxels ou tetraedros
    - altíssimos requisitos de memória e processamento
    - futuro: rendering de superfícies x rendering volumétrico?
  - Realidade Virtual
    - mundos virtuais
    - interação imersiva



# Áreas Relacionadas

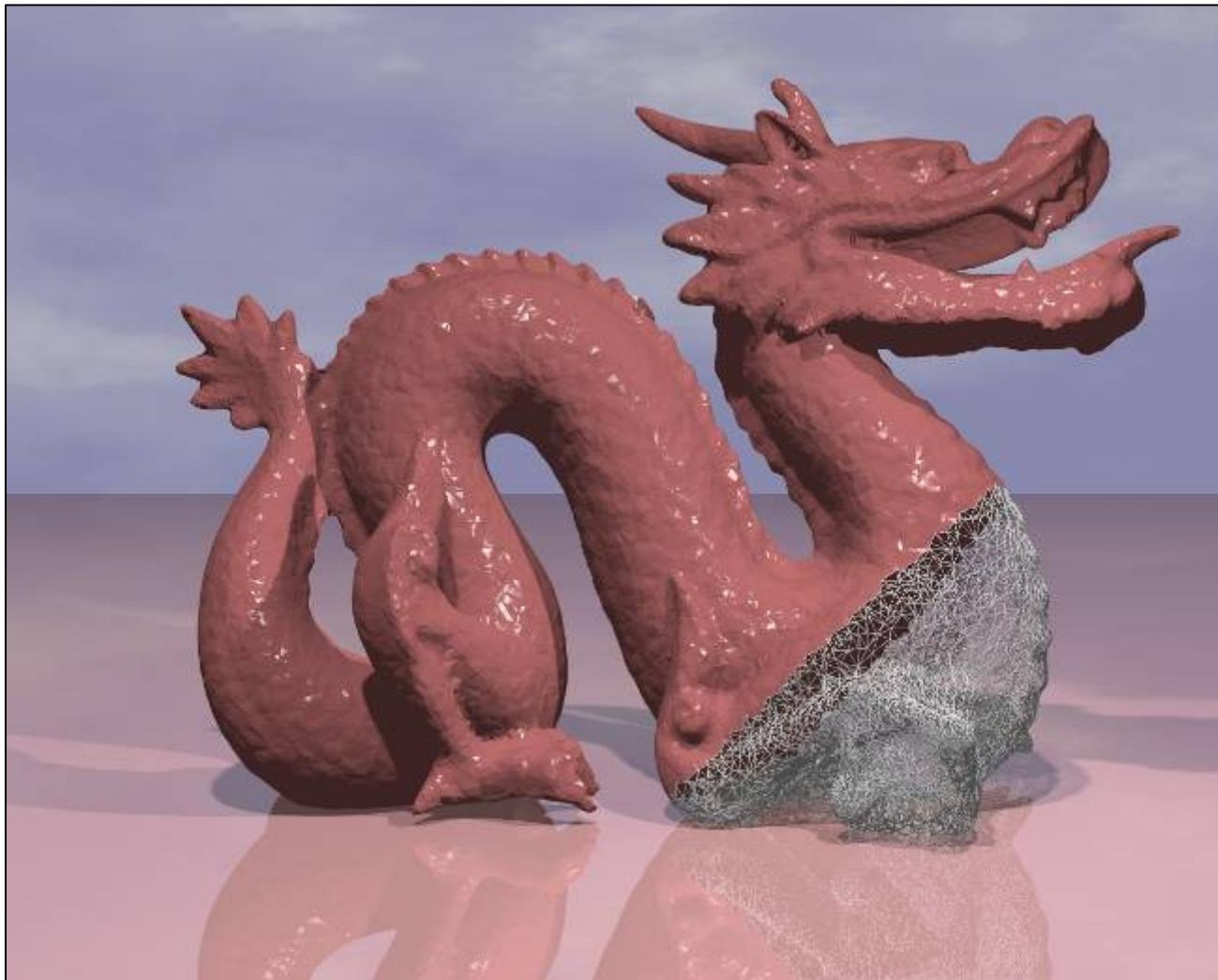
# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Artificial
- Visualização Computacional

# Computação Gráfica

- Síntese de imagens
- Técnicas para gerar representações visuais a partir de especificações geométricas e de atributos visuais dos seus componentes
  - modelagem e rendering
- Objetivo: ‘mundo’ 3D no computador
- Cena descrita em termos de sua geometria e atributos visuais para o ‘rendering’, até obter matriz de pixels

# Computação Gráfica



Bíscaro et al., 2005

# Computação Gráfica



© 2004 Tor Olav Kristensen

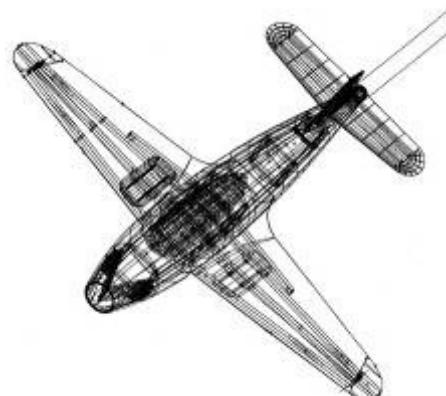
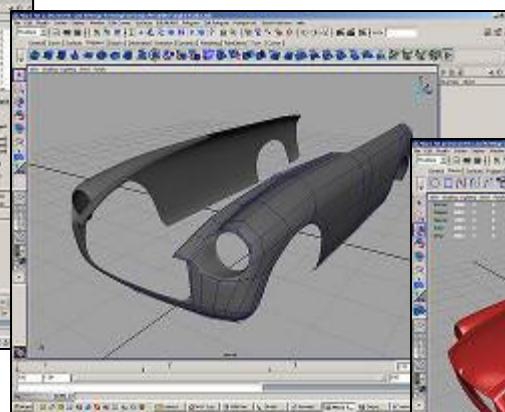
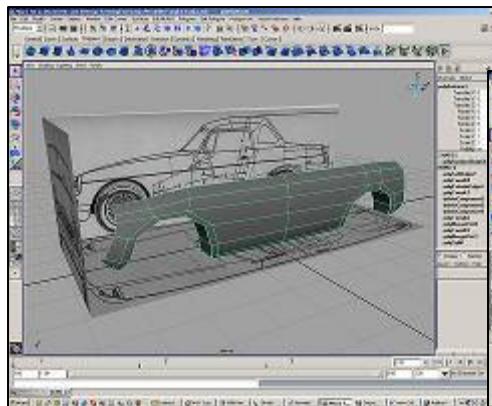
# Computação Gráfica



# Computação Gráfica

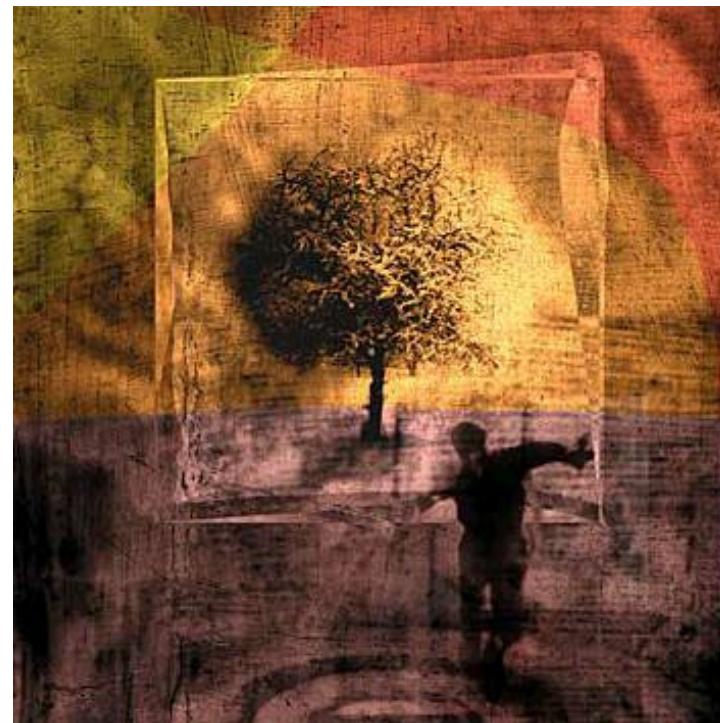


# Computação Gráfica



<http://www.bmmmedia.no/henningb/tutorial/mgb/mgb.html>

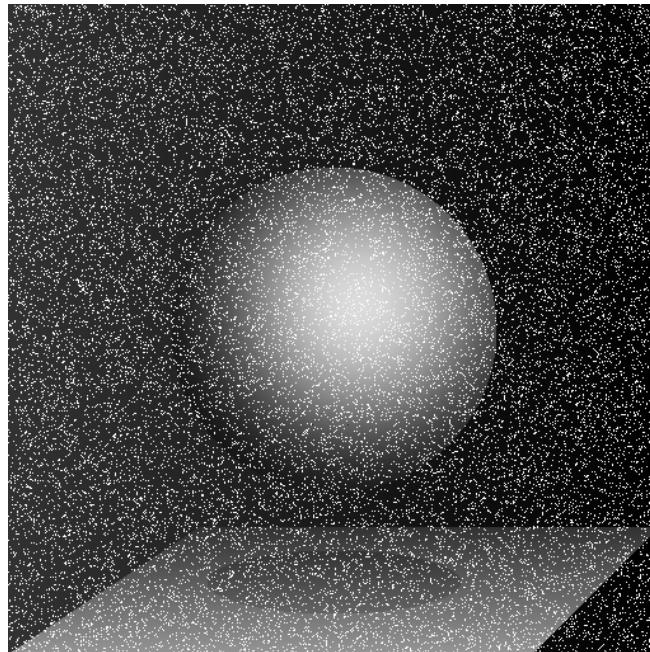
# Arte por Computador



# Processamento de Imagens

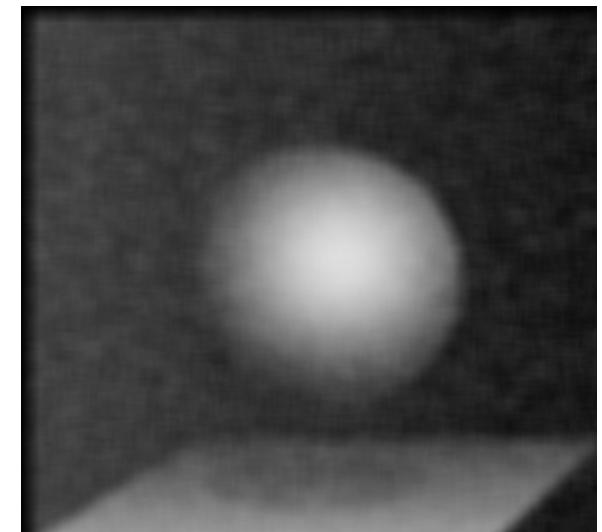
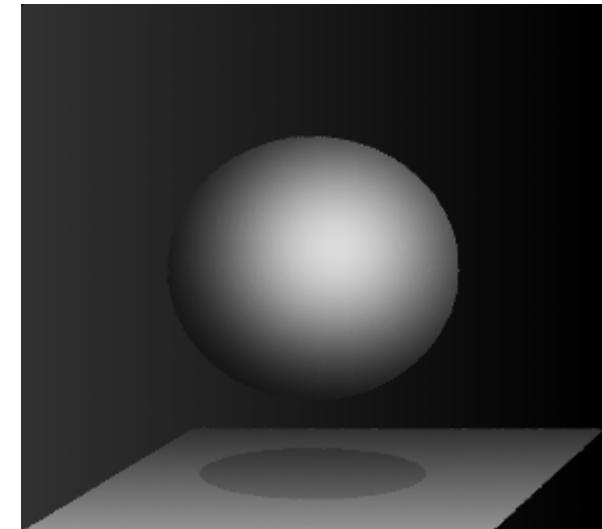
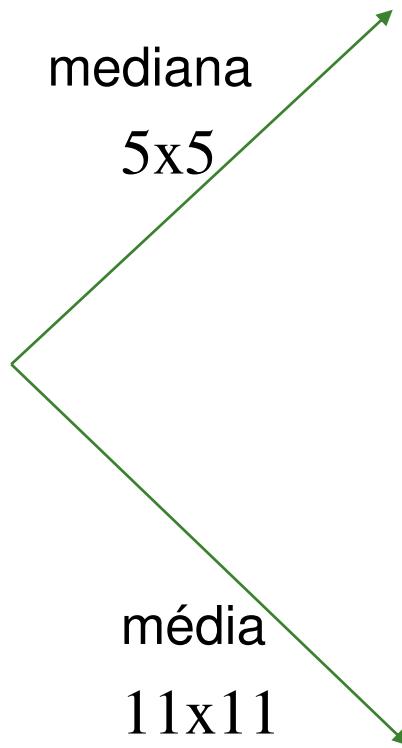
- Técnicas de transformação de imagens descritas como ‘matriz’ de pixels
- Objetivo
  - melhorar características visuais (aumentar contraste, melhorar foco, reduzir ruído, eliminar distorções)
  - extrair elementos de interesse; ou mesmo ‘transformar’ a imagem, criando efeitos visuais
- Cena: matriz de ‘pixels’

# Processamento de Imagens



mediana

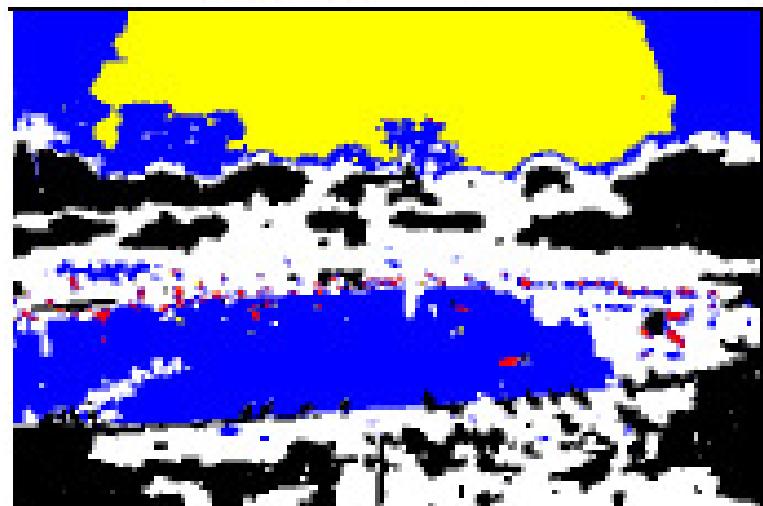
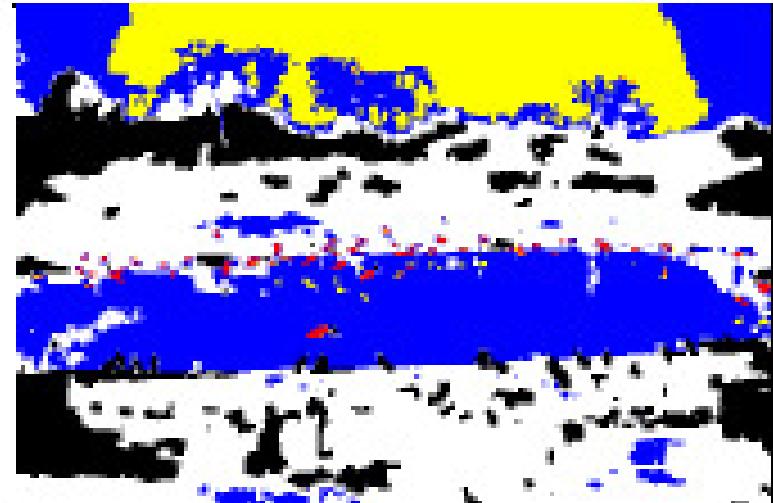
$5 \times 5$



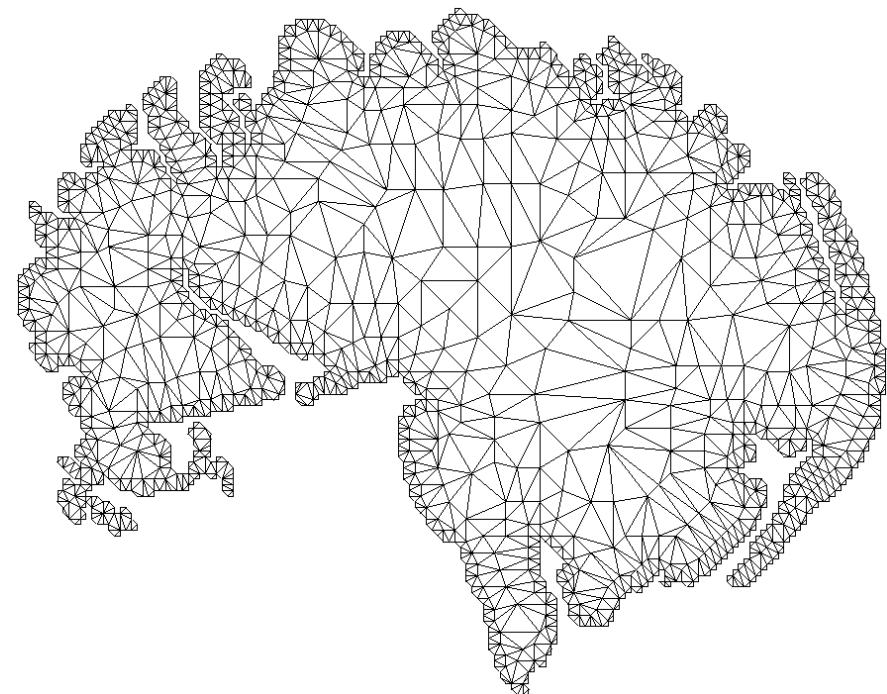
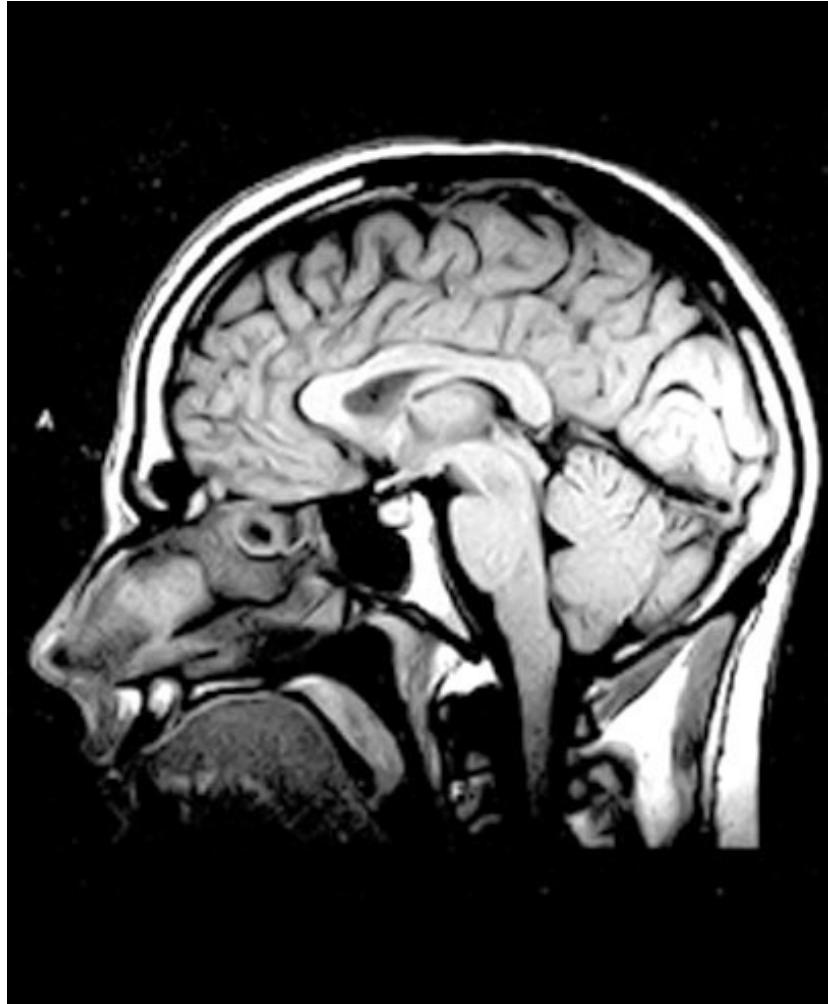
# Processamento de Imagens



# Processamento de Imagens



# Processamento de Imagens



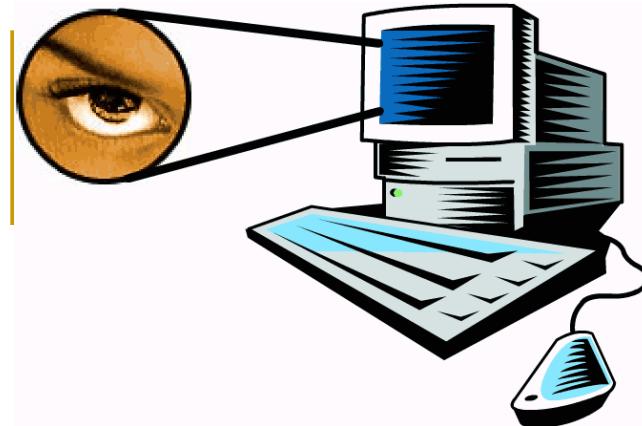
# Visão Artificial



Colocar “o sentido”  
da visão na máquina

# Visão Artificial

- Problema extremamente complexo
  - Visão envolve inteligência...
- Ponto de partida é o problema mais simples de analisar imagens
  - técnicas para extrair informações de imagens
  - objetivos: p.ex., extrair modelos geométricos, ou implementar no computador tarefas que requerem habilidade visual
  - informação não pictórica obtida da imagem
    - por exemplo, obter primitivas geométricas que descrevem elementos contidos na imagem, ou reconhecer padrões

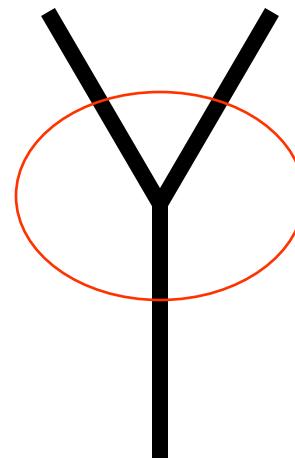


---

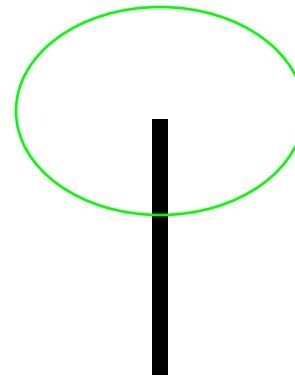
Exemplo: um sistema de visão para reconhecer digitais



# Reconhecimento de Digitais - padrões

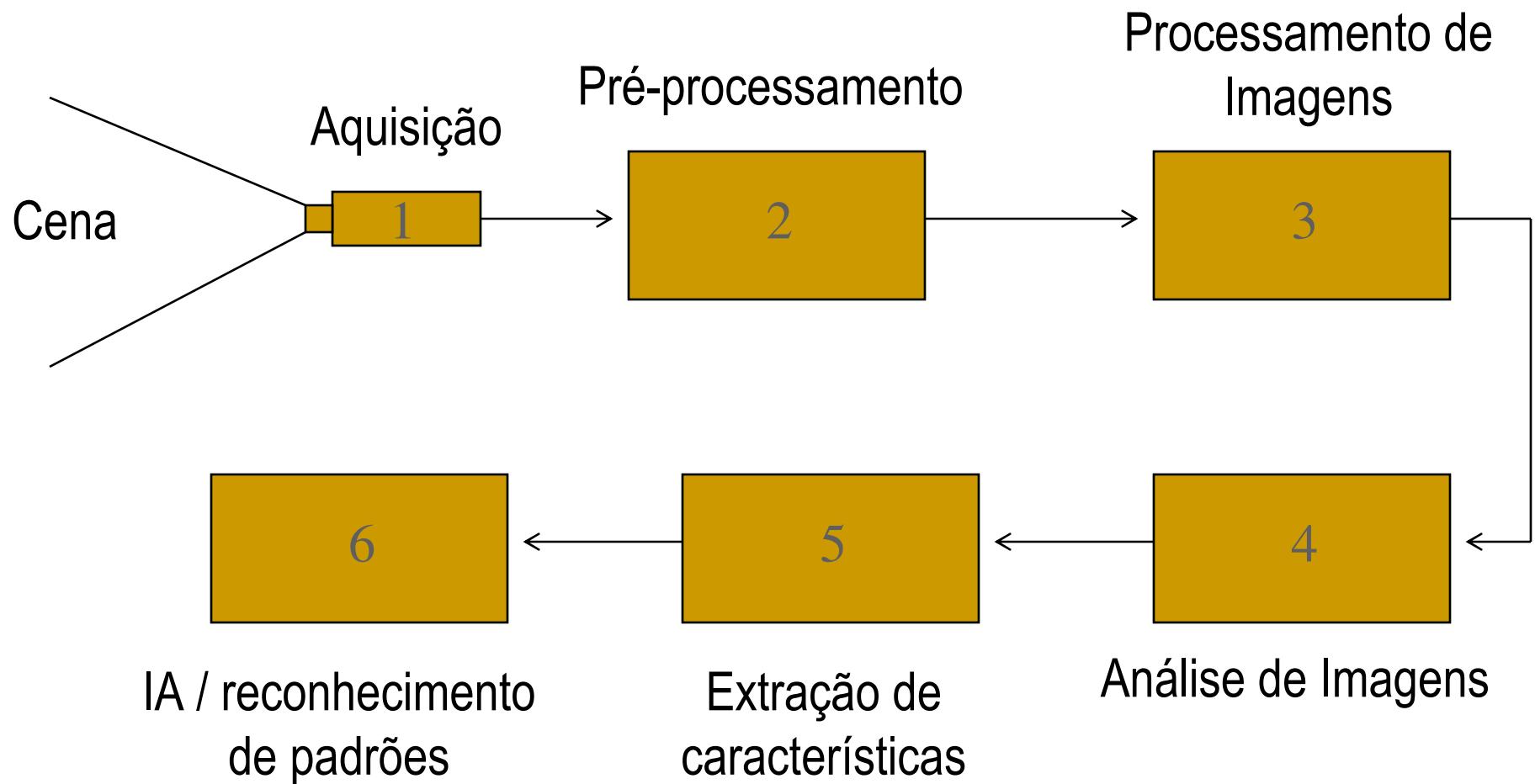


Bifurcações

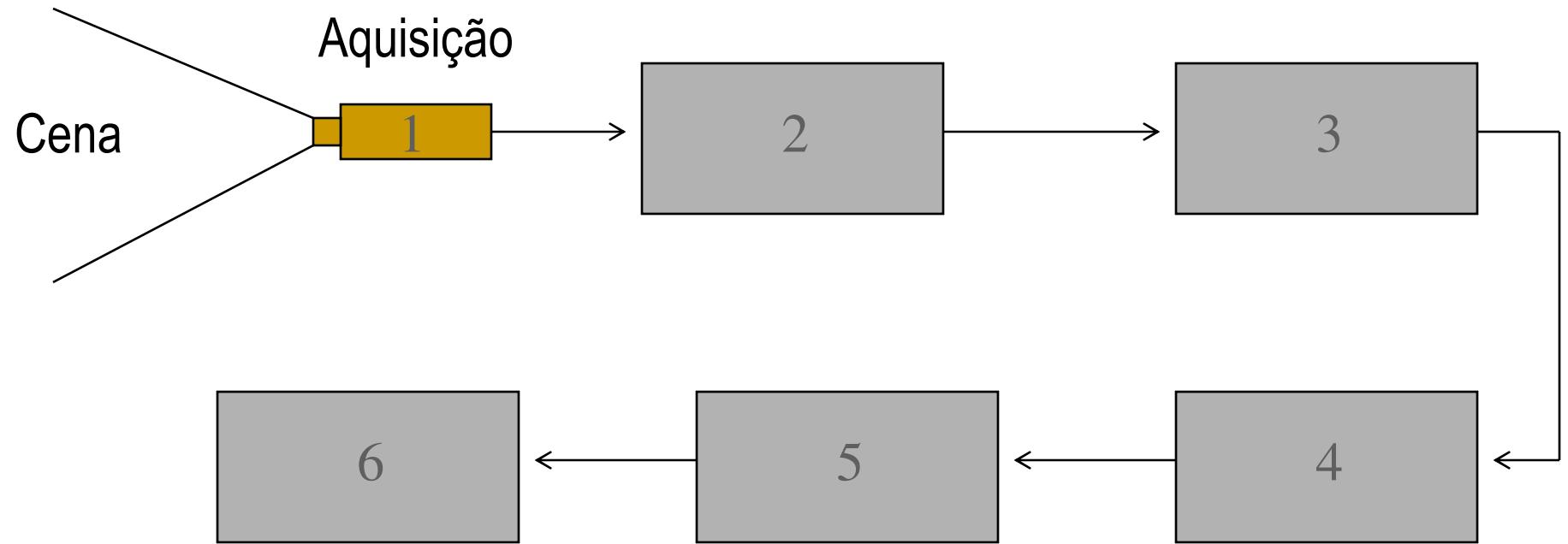


Terminações

# Típico sistema de visão



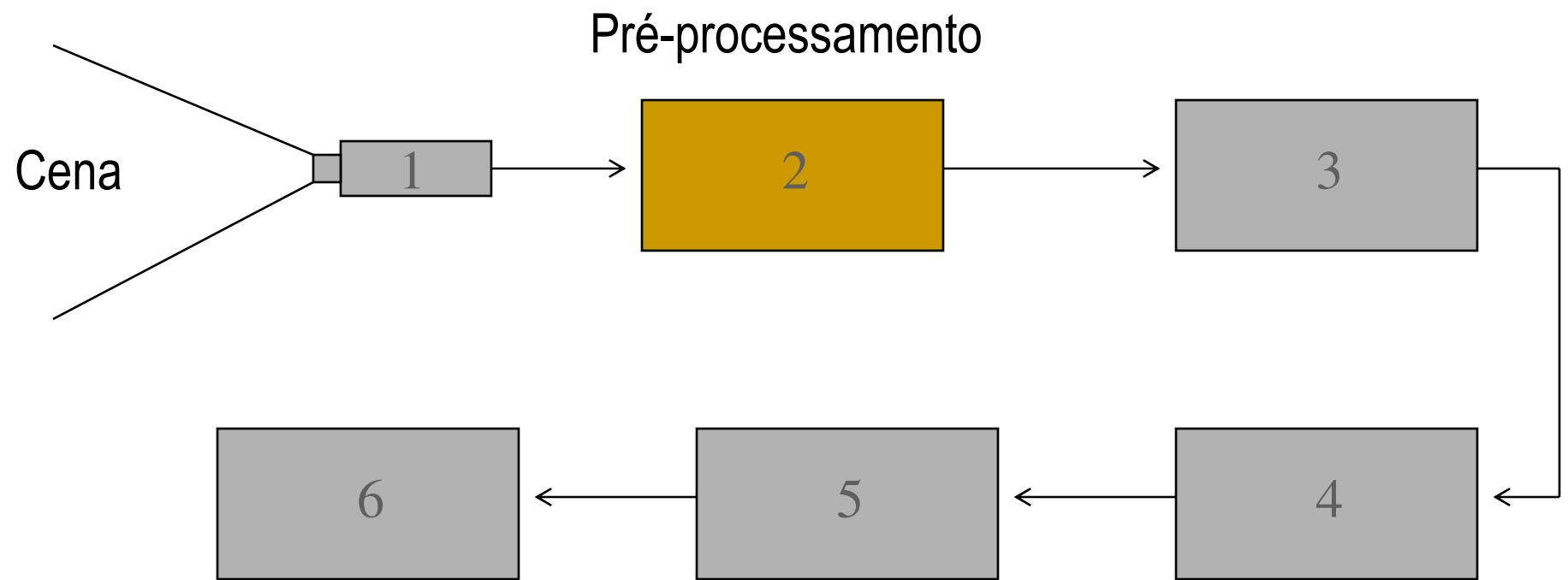
# Passo 1 - Aquisição



# Aquisição



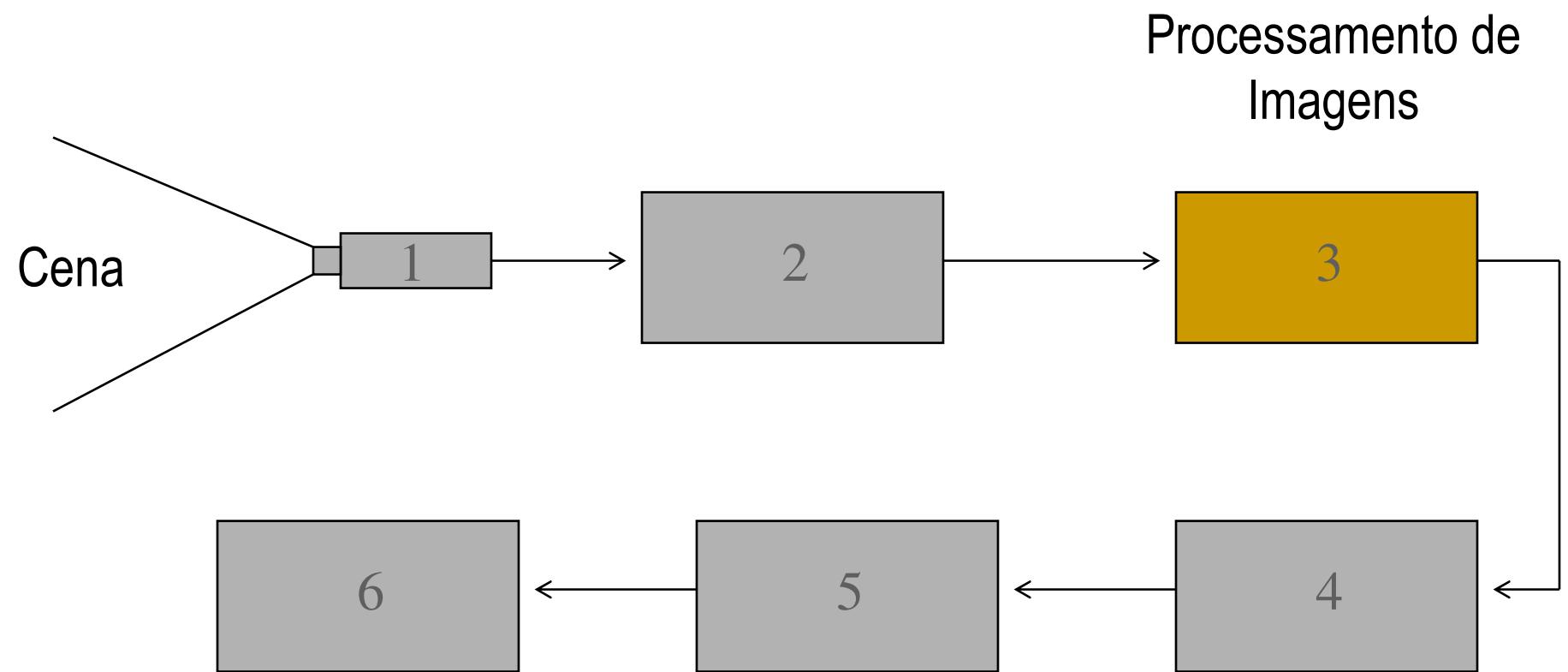
# Passo 2 - Pré-processamento



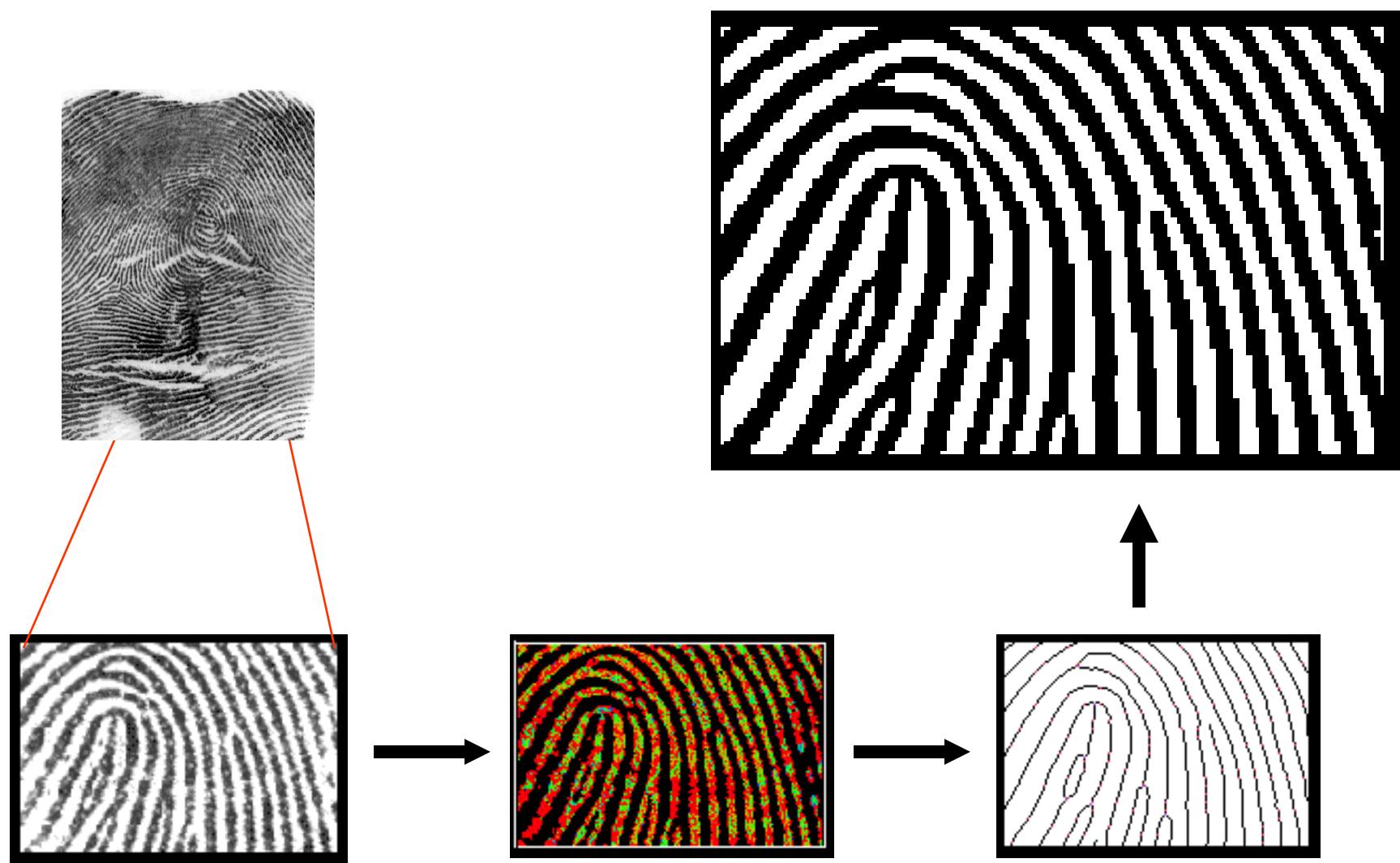
# Pré-processamento



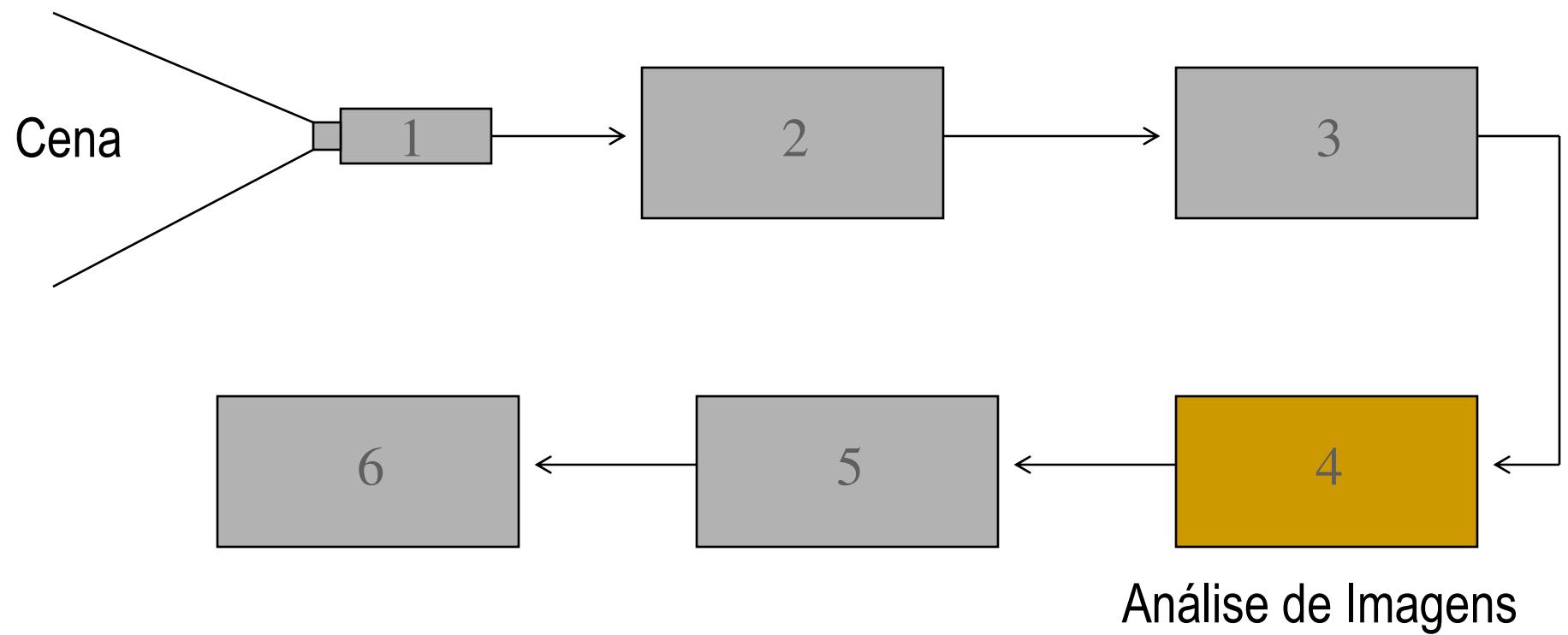
# Passo 3 - Processamento de Imagens



# Processamento de Imagens



# Passo 4 - Análise de Imagens



# Análise de Imagem

1- Procurar todos e marcar:

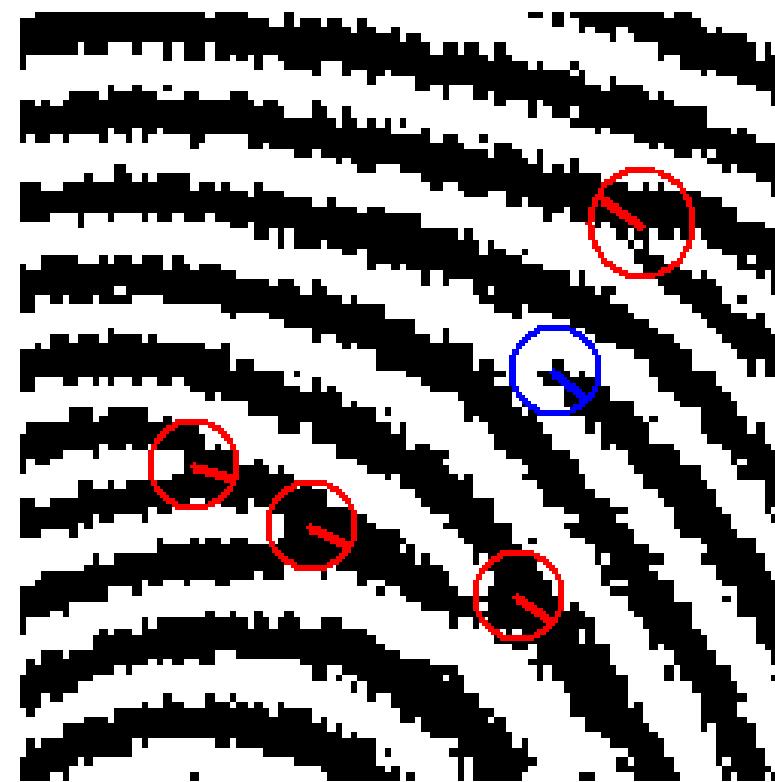
- bifurcações
- terminações



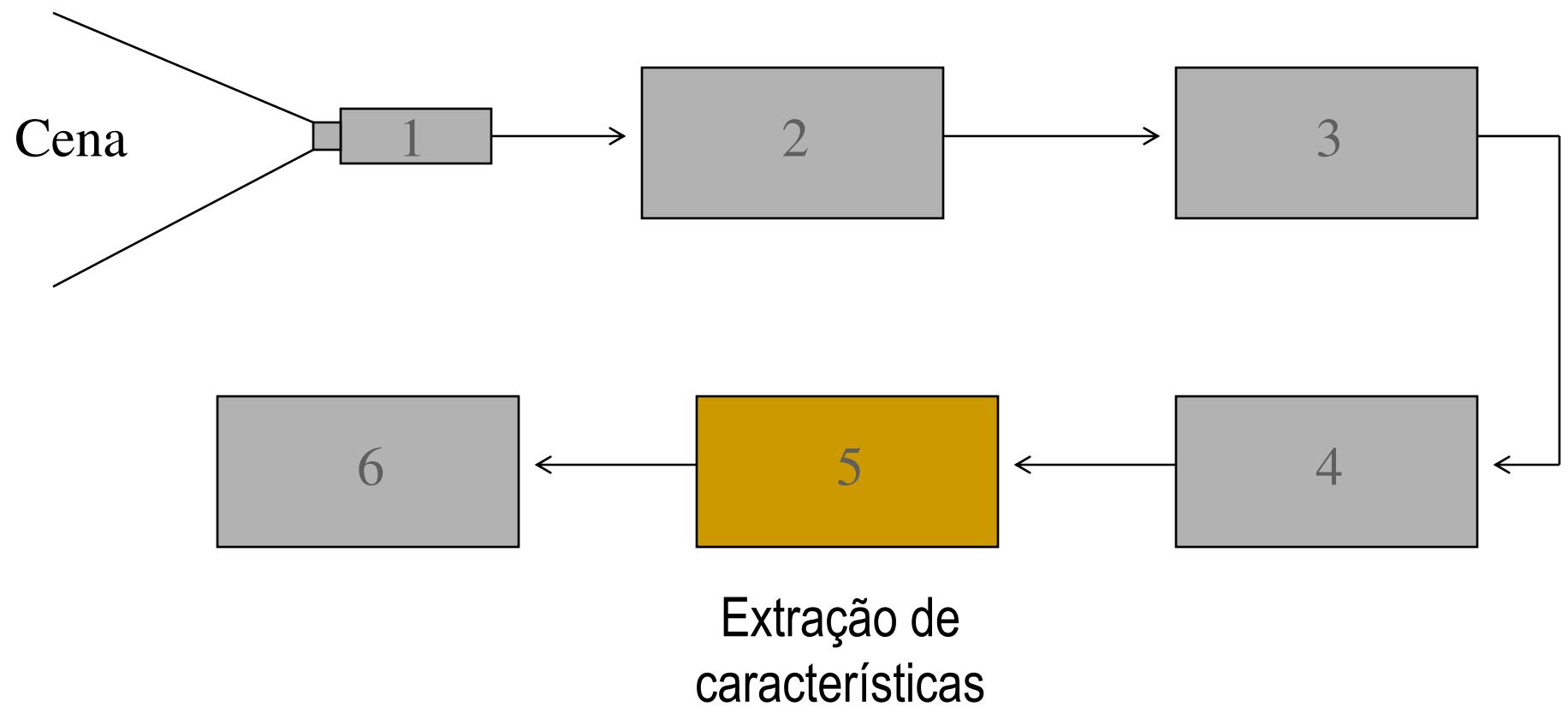
# Análise de Imagem

2 - Determinar as orientações:

- bifurcações
- terminações



# Passo 5 - Extração de Características

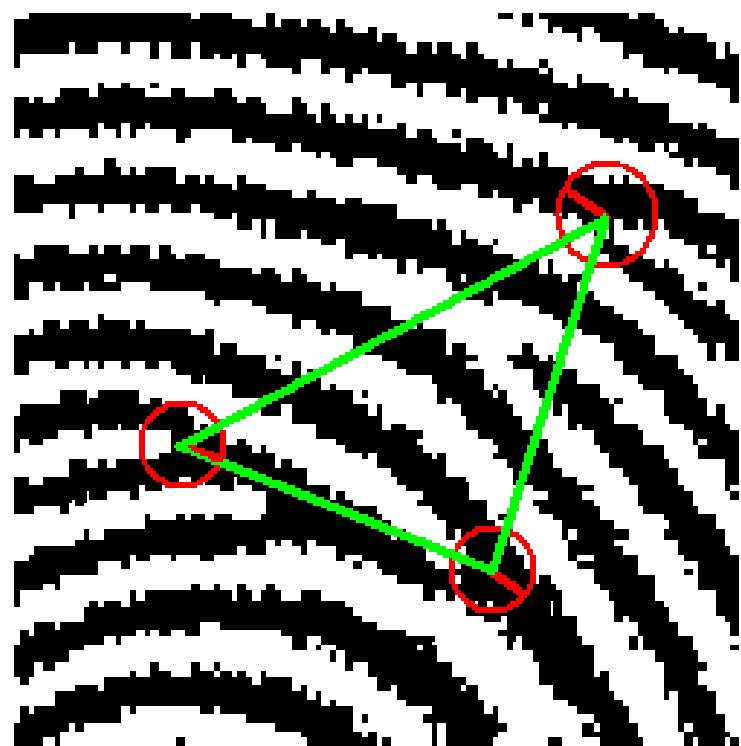


# Extração de Características: Modelo Matemático

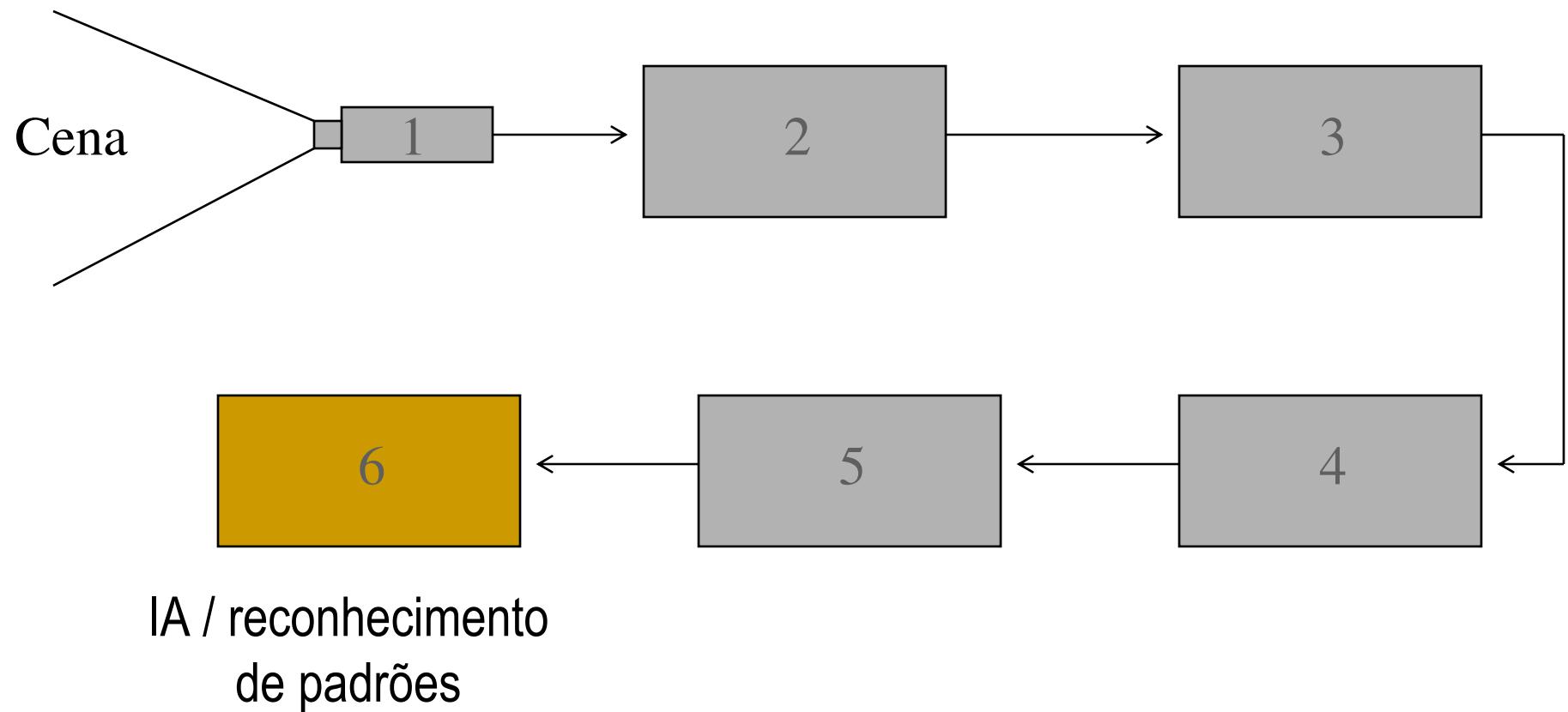
Modelo Matemático

- Semelhança de Triângulos

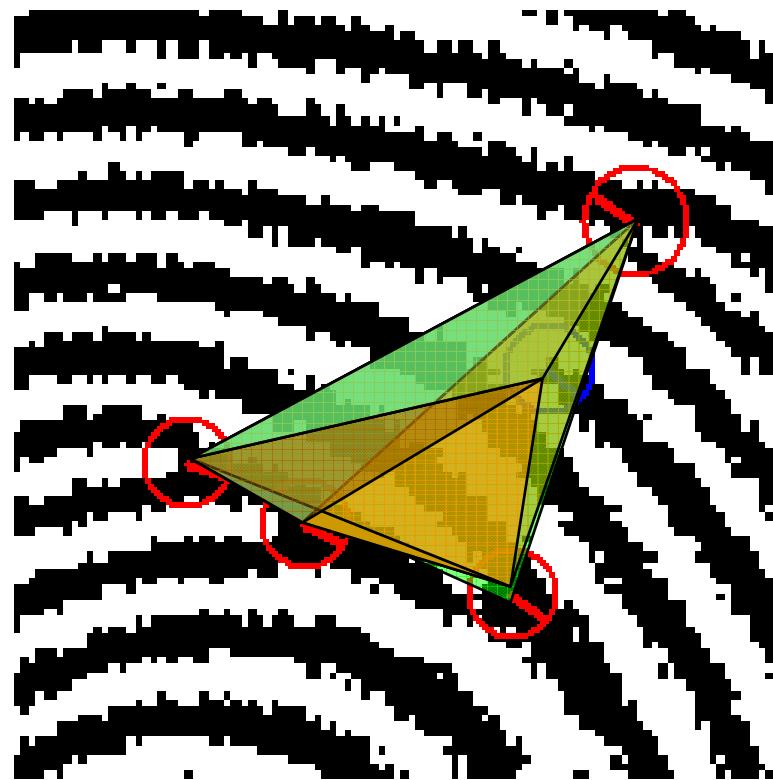
Combinar as marcações 3 a 3



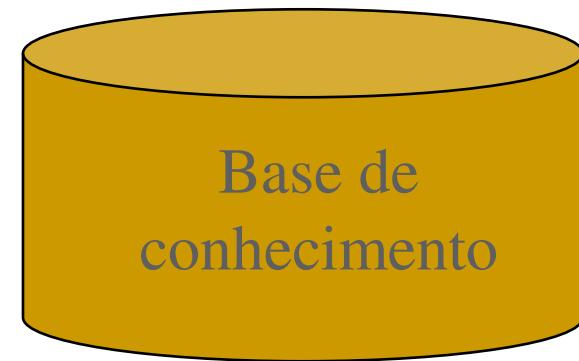
# Passo 6 - IA / Reconhecimento de padrões



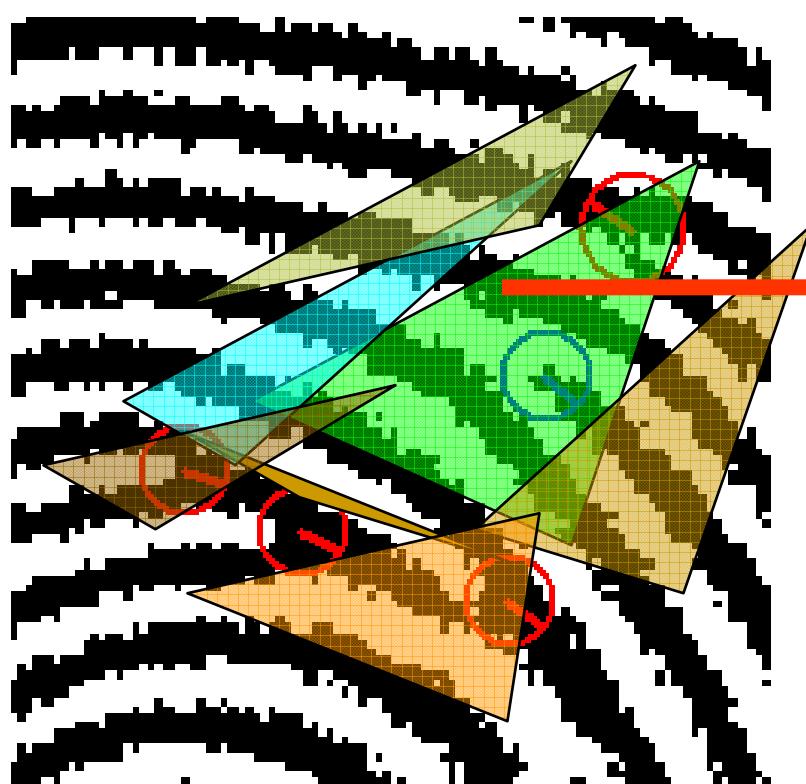
# IA / Reconhecimento de padrões



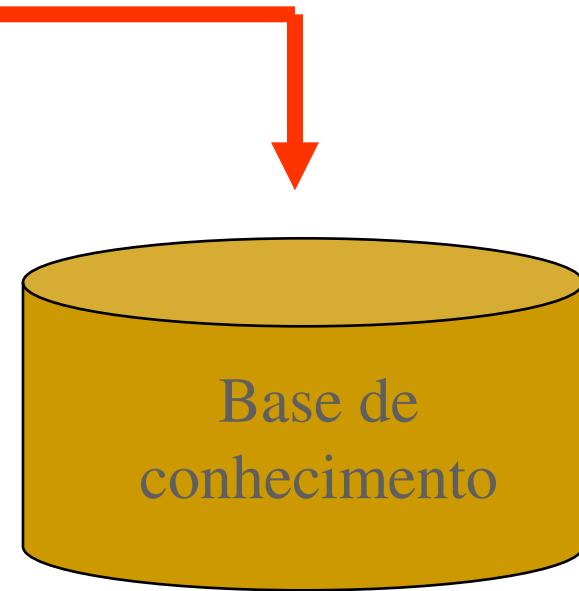
Armazenar o modelo matemático  
de todos os triângulos



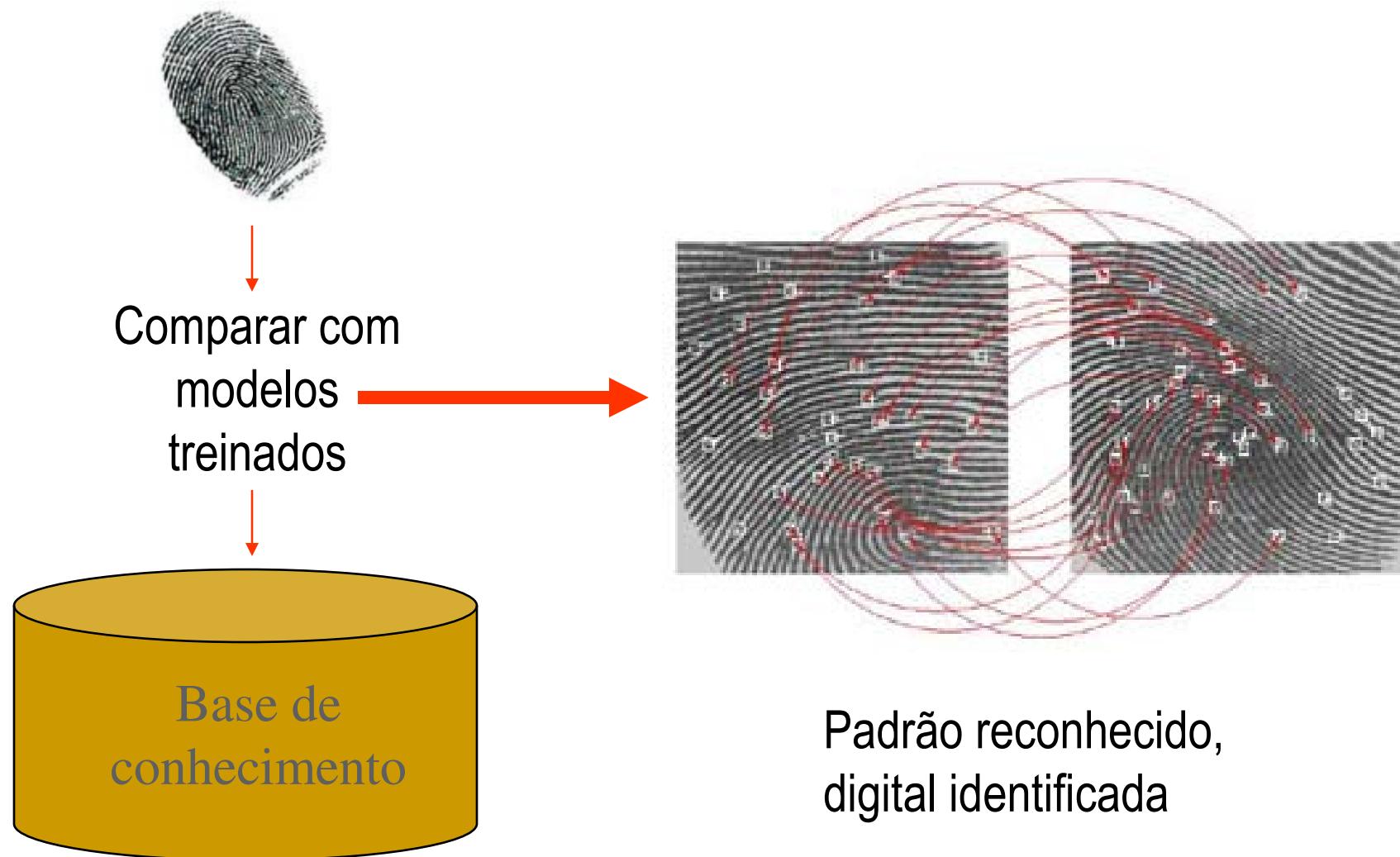
# IA / Reconhecimento de padrões



Armazenar o modelo matemático  
de todos os triângulos



# IA / Reconhecimento de padrões



# Visualização Computacional

- Técnicas da CG para representar dado/informação: representações gráficas de dados, numéricos ou não
- Objetivos: facilitar o entendimento de fenômenos complexos e a exploração de diferentes cenários
- Síntese para gerar as representações visuais, análise (pelo usuário) para extrair informações

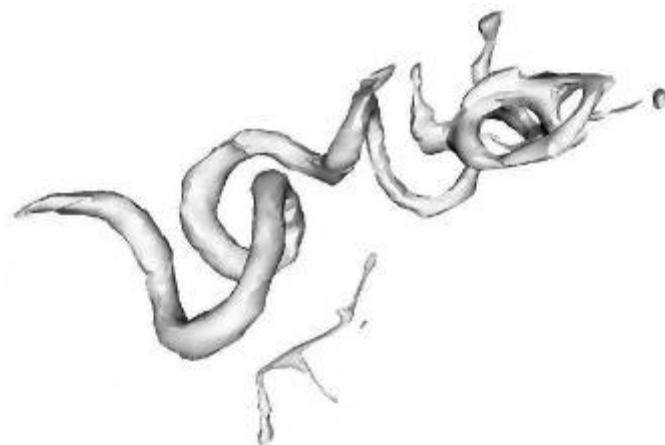
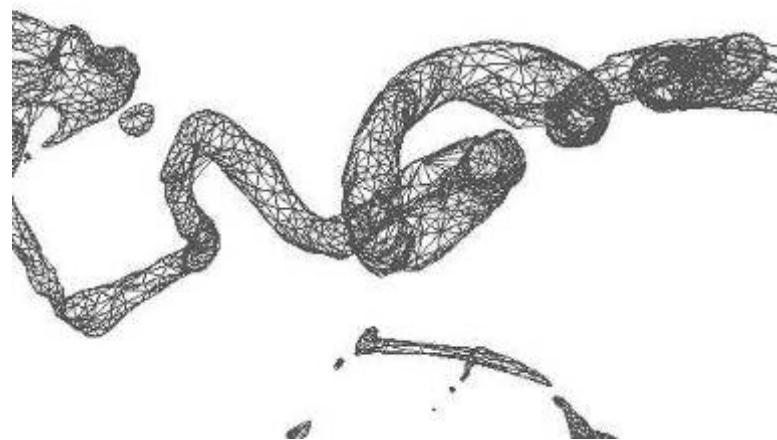
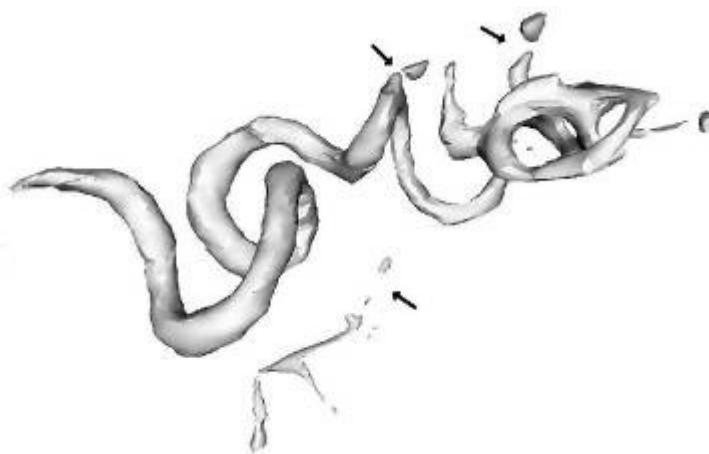
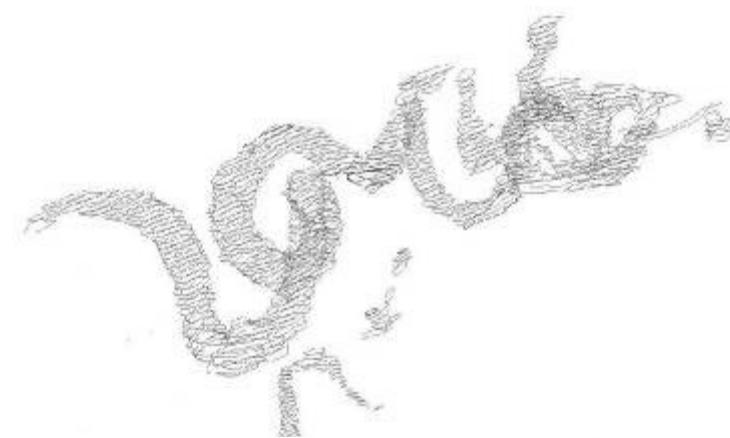
# Visualização

- Hamming 1973: "*the purpose of computation is insight, not numbers*"
- Card et al. 1999: "*the purpose of visualization is insight, not pictures*"
- Principais objetivos desse "*insight*": descoberta, verificação de hipóteses, tomada de decisões, explicação
- A Visualização é útil na medida em que amplia a nossa capacidade de executar essas e outras tarefas cognitivas

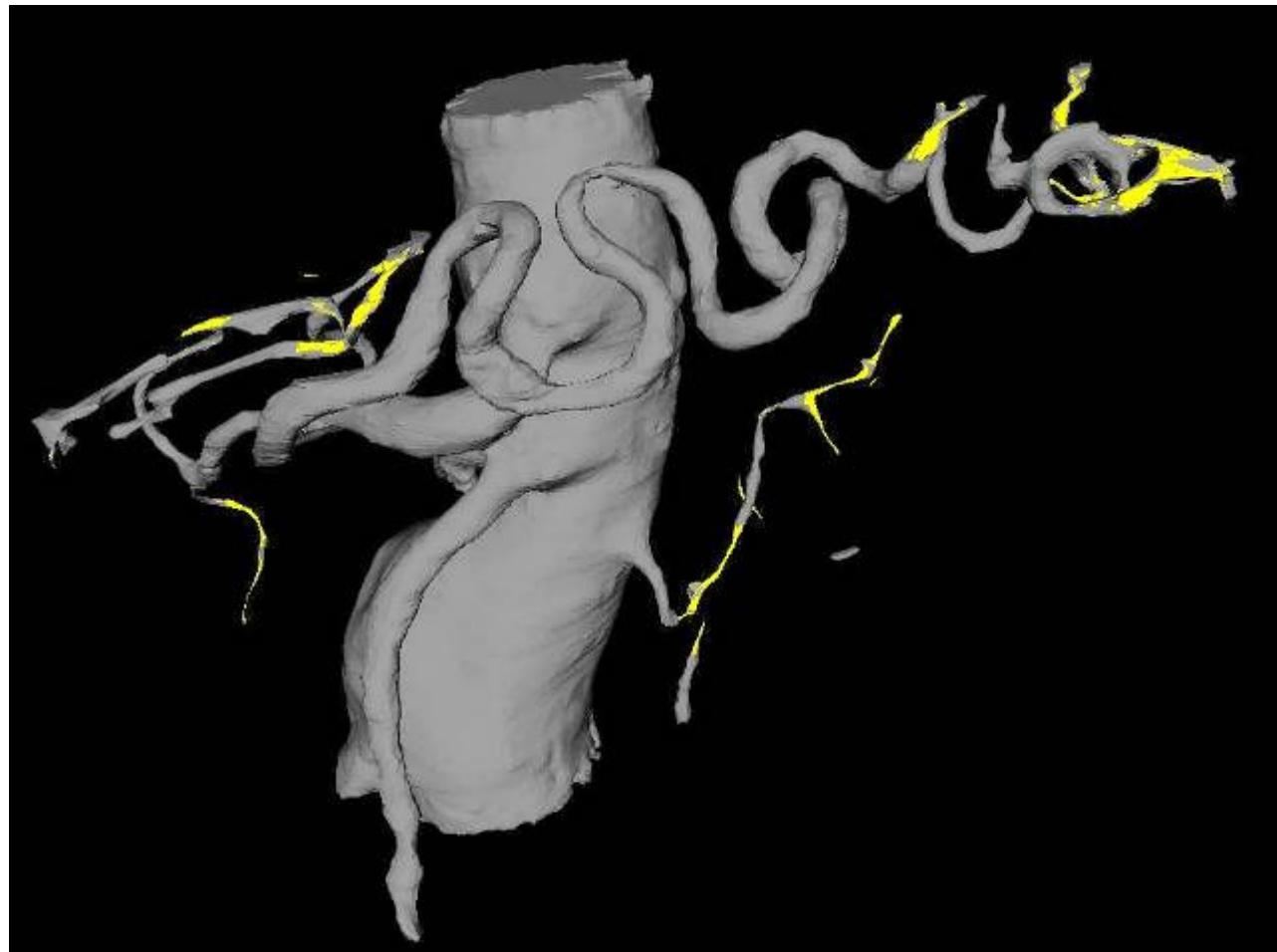
# Visualização

- Visualização Científica
- Visualização de Informação

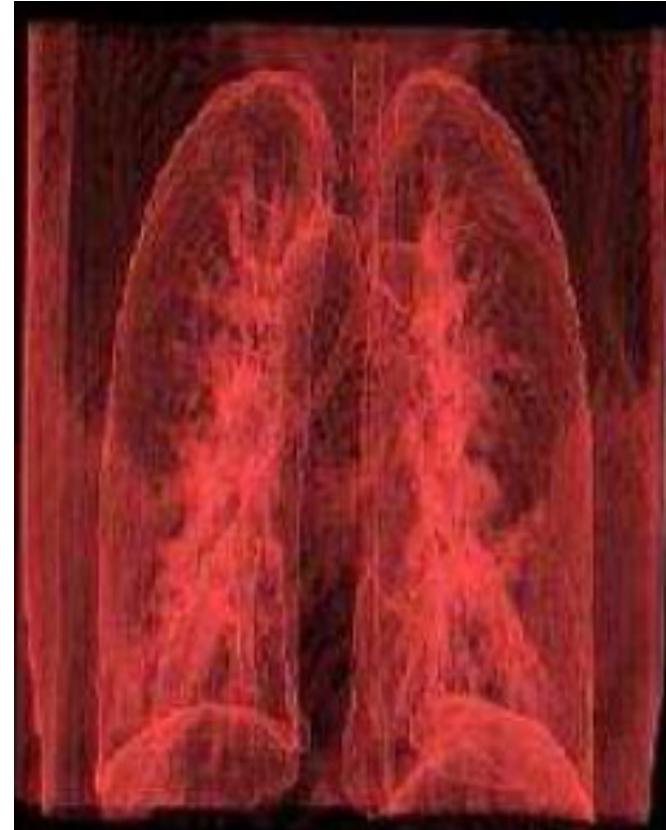
# Visualização Científica



# Visualização Científica

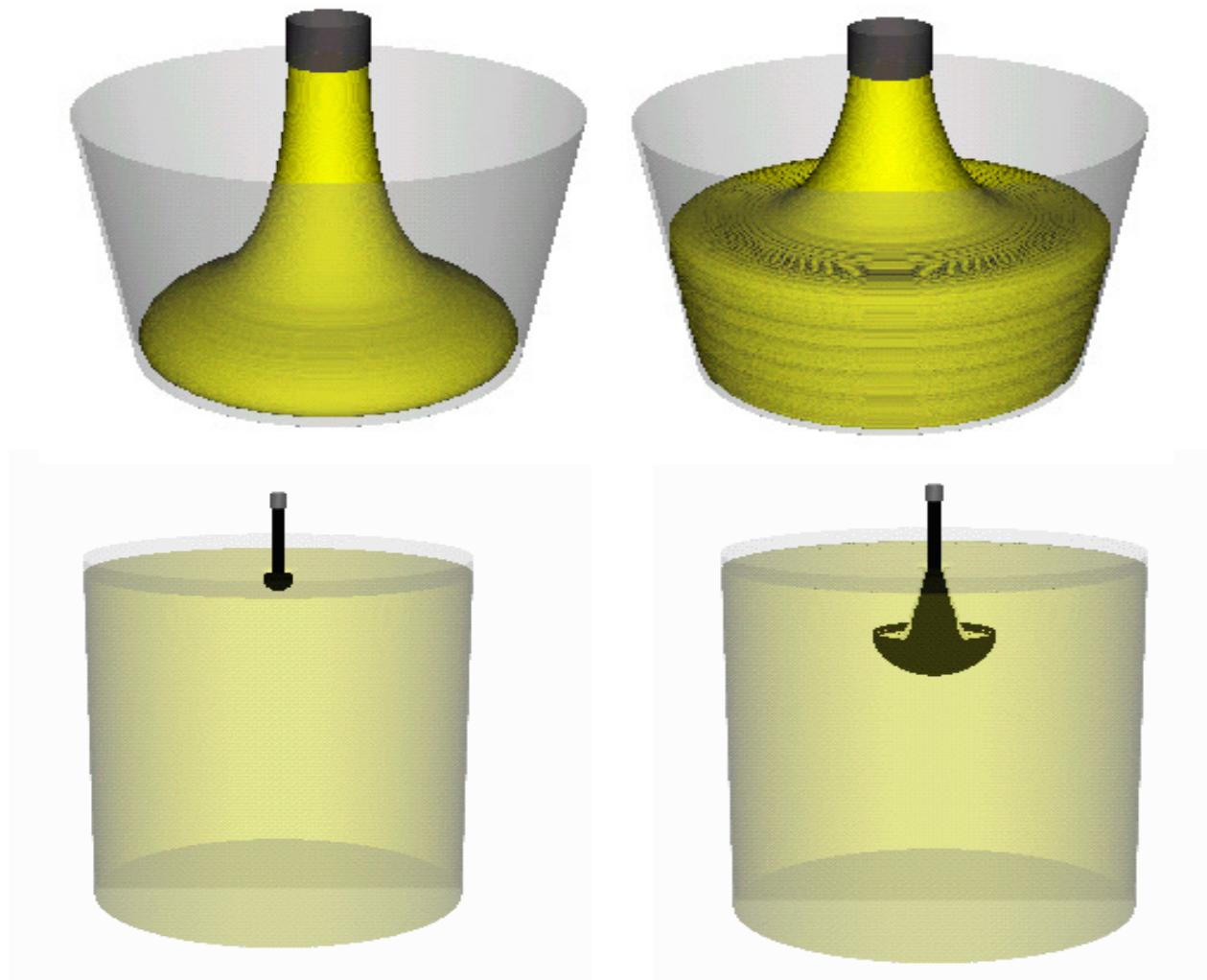


# *Rendering Volumétrico Direto*

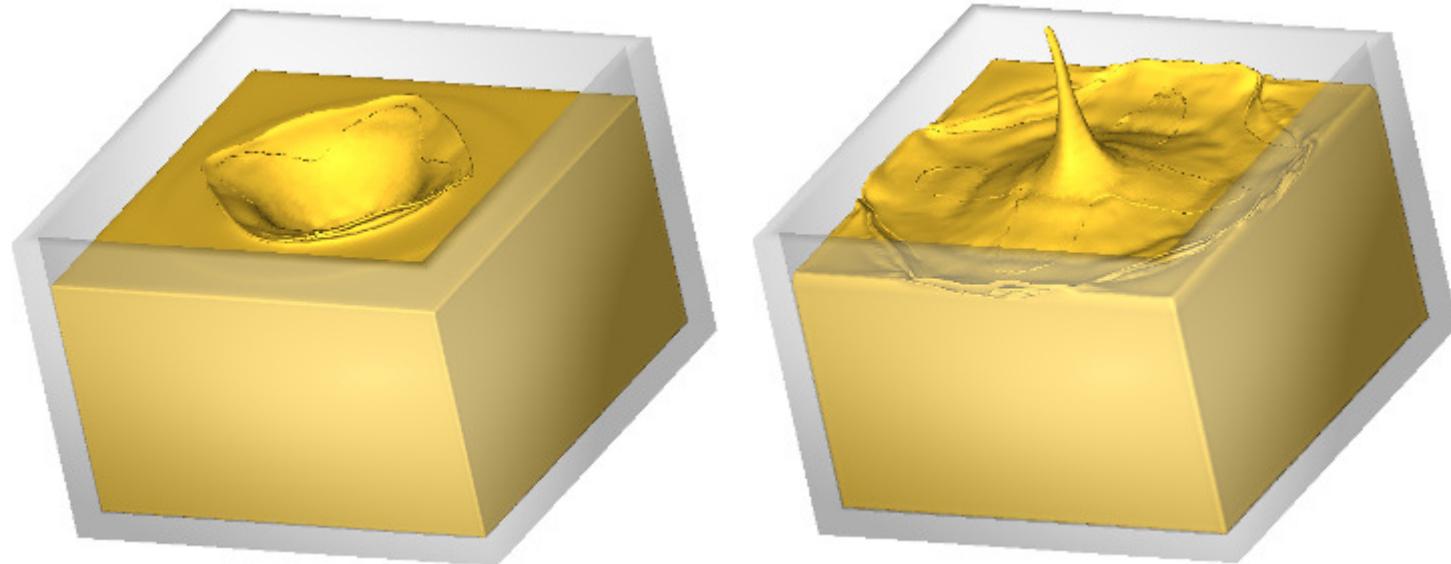


Modelo gerado por DVR: *ray casting* no *Visualization Toolkit*  
Gerado por Danilo Medeiros Eler

# Visualização Científica

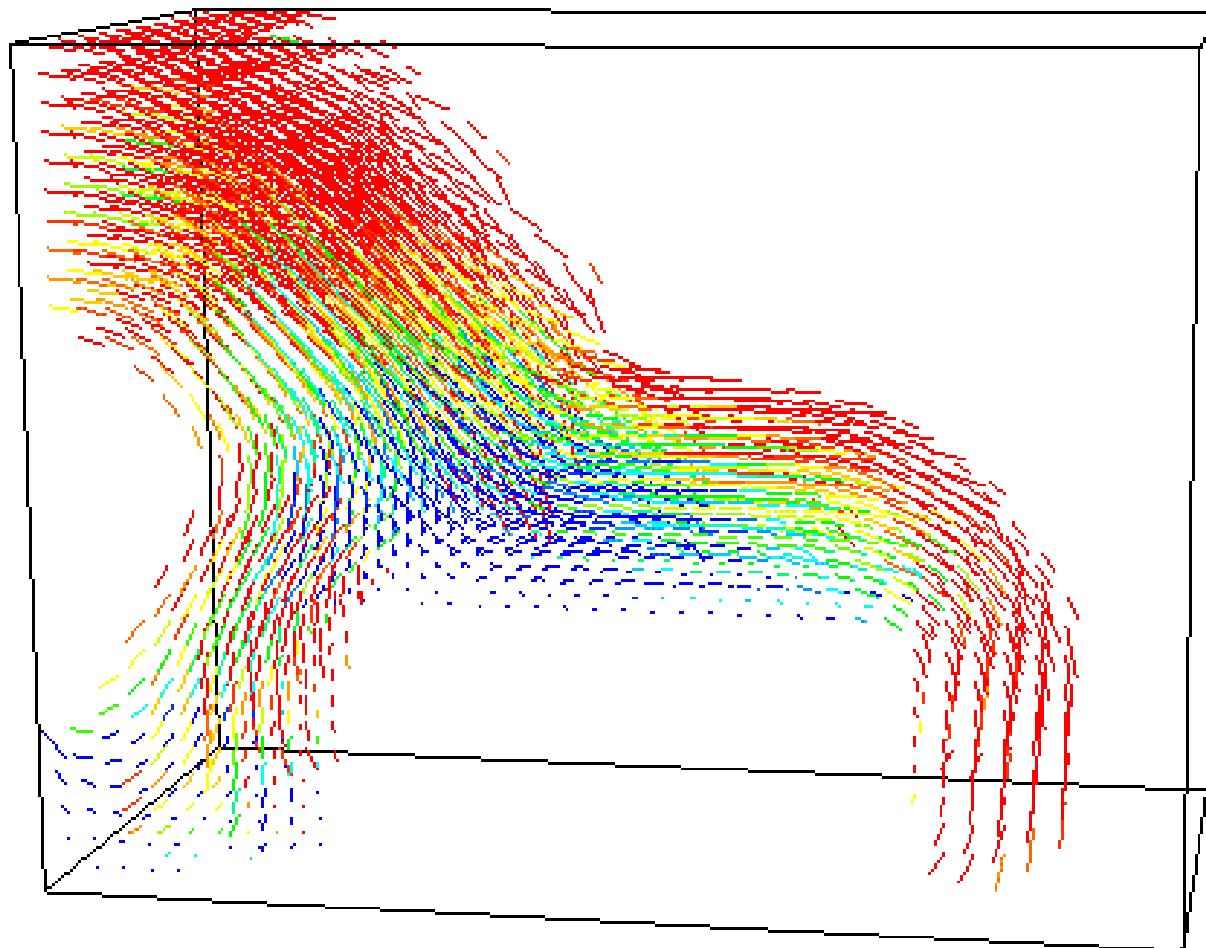


# Visualização Científica

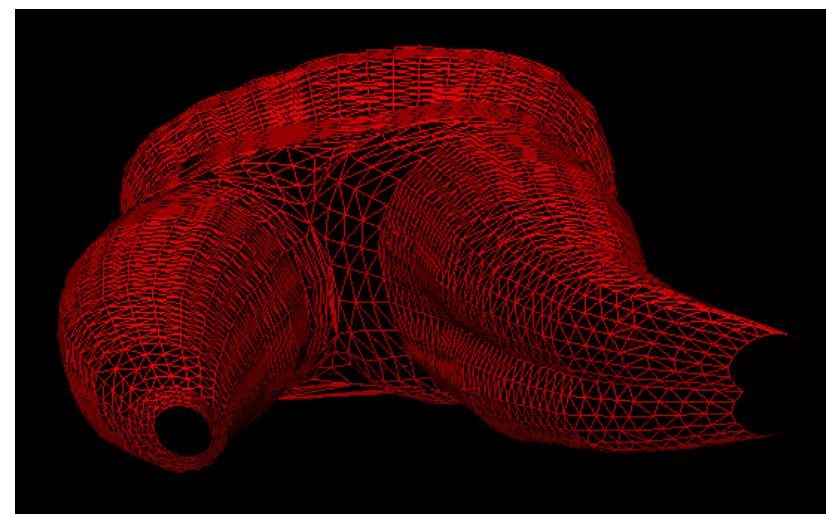
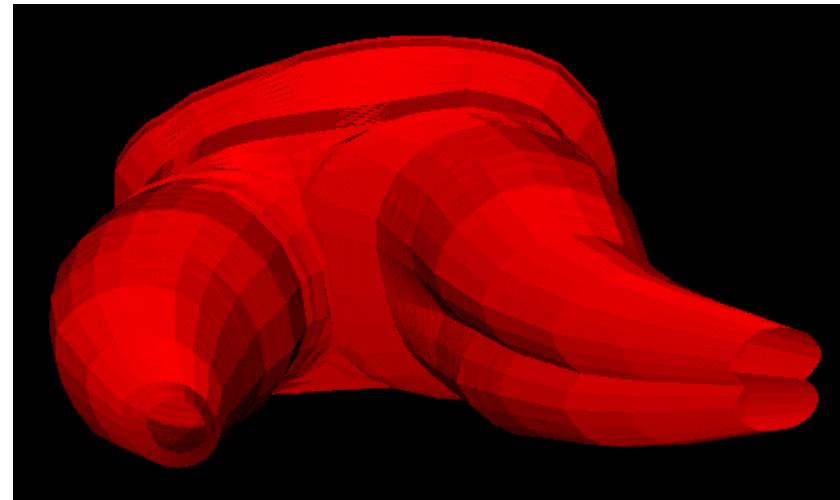
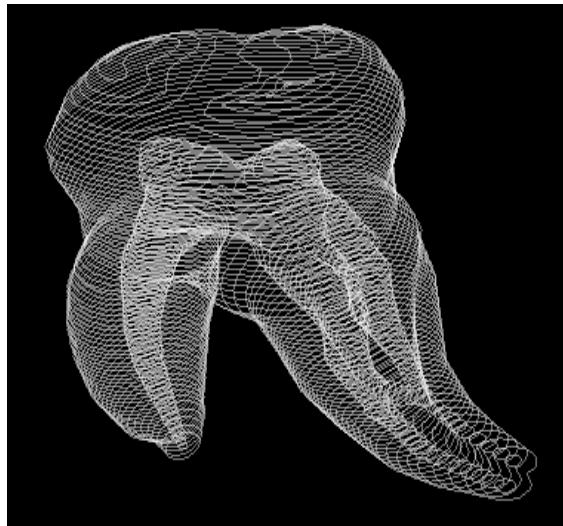


**Simulação de escoamento de fluidos**  
**A. Castelo et al.**

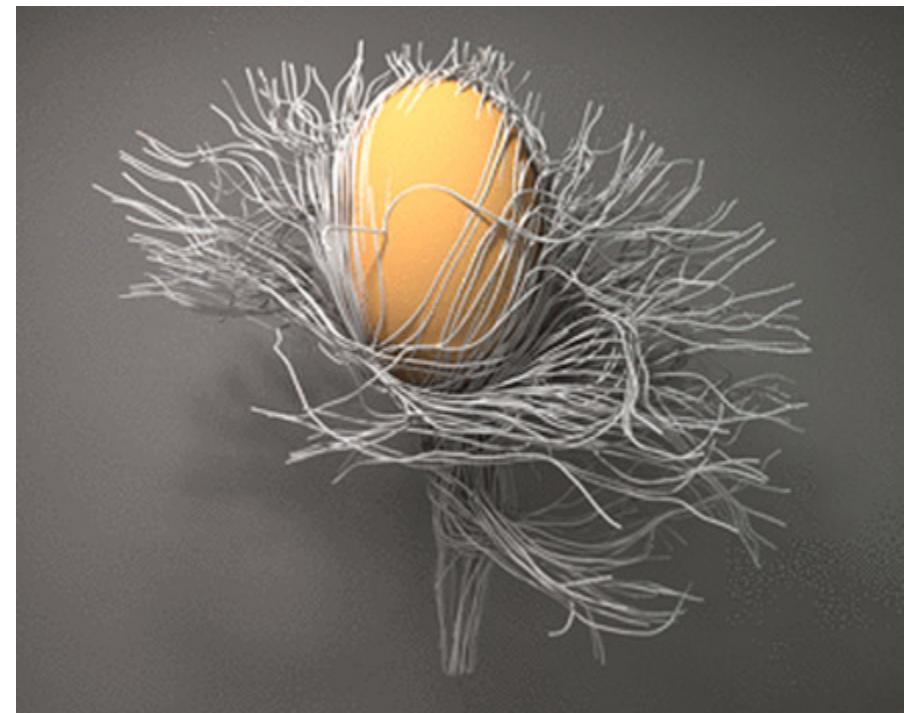
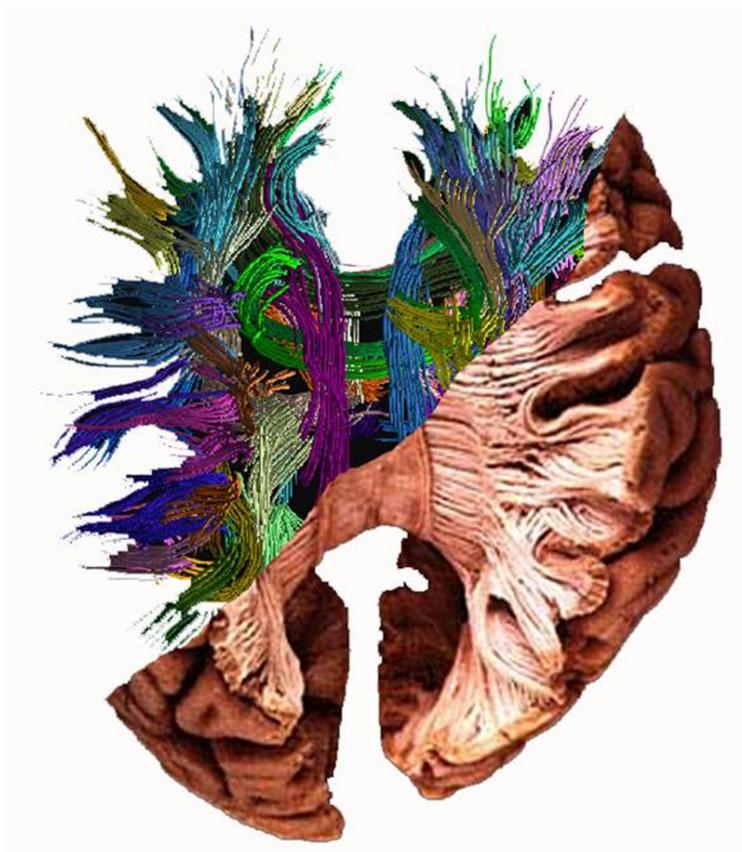
# Visualização Científica



# Visualização Científica



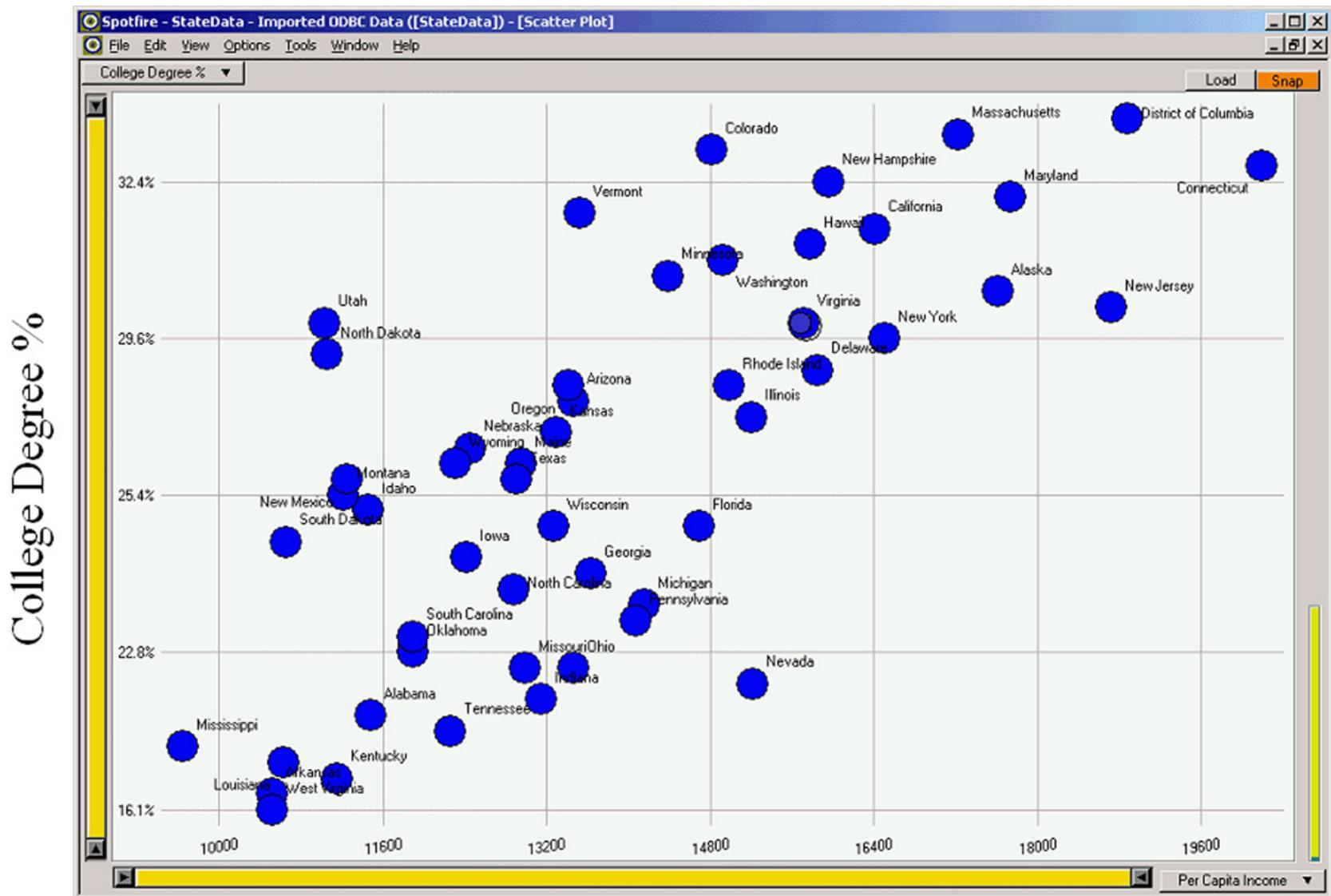
# Visualização Científica



# Visualização de Informação

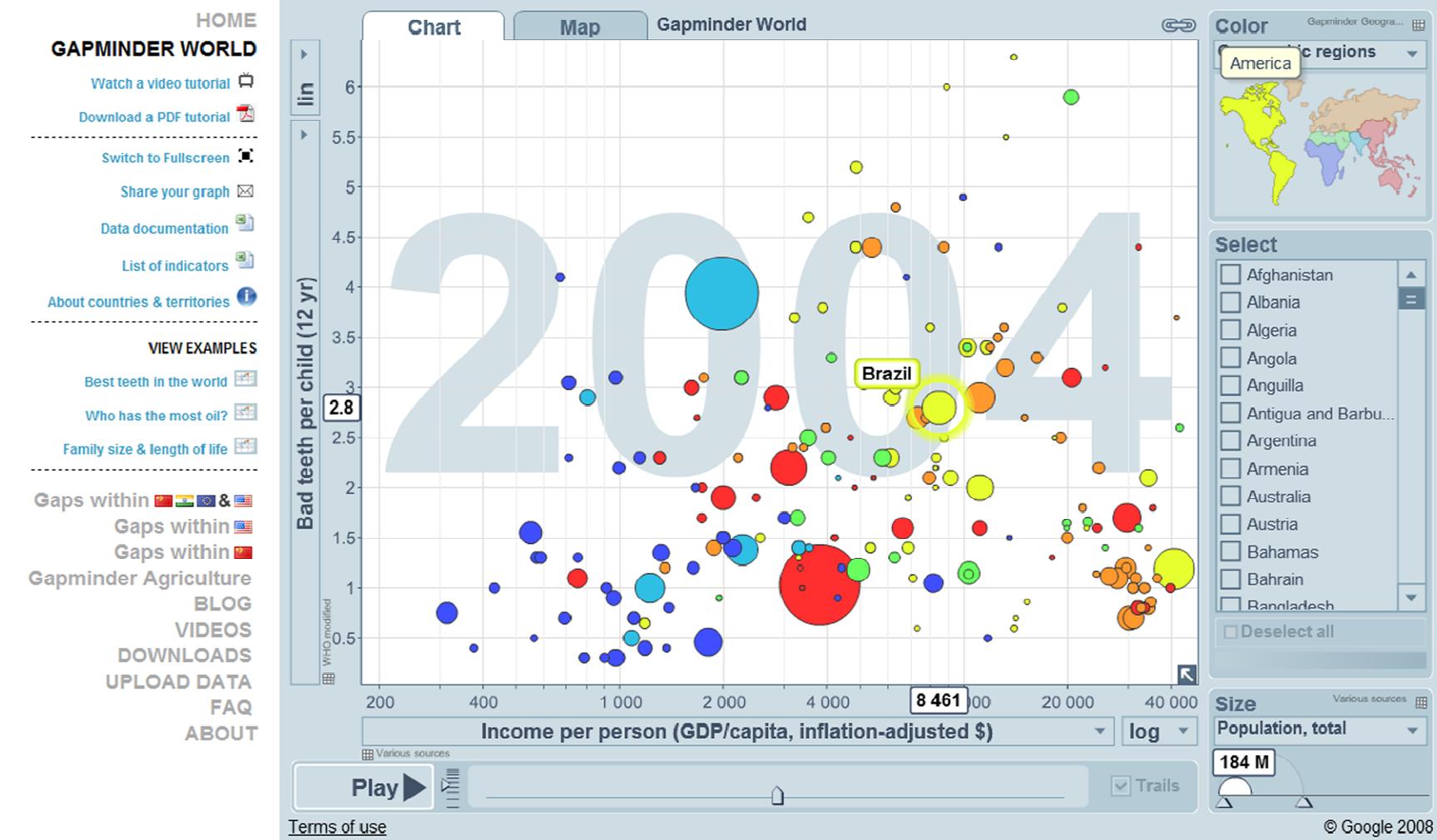
Table - StateData ()		
	Load	Snap
State	College Degree %	Per Capita Income
Alabama	20.6%	11486
Alaska	30.3%	17610
Arizona	27.1%	13461
Arkansas	17.0%	10520
California	31.3%	16409
Colorado	33.9%	14821
Connecticut	33.8%	20189
Delaware	27.9%	15854
District of Columbia	36.4%	18881
Florida	24.9%	14698
Georgia	24.3%	13631
Hawaii	31.2%	15770
Idaho	25.2%	11457
Illinois	26.8%	15201
Indiana	20.9%	13149
Iowa	24.5%	12422
Kansas	26.5%	13300
Kentucky	17.7%	11153
Louisiana	19.4%	10635
Maine	25.7%	12957
Maryland	31.7%	17730
Massachusetts	34.5%	17224
Michigan	24.1%	14154
Minnesota	30.4%	14389
Mississippi	19.9%	9648
Missouri	22.3%	12989
Montana	25.4%	11213
Nebraska	26.0%	12452
Nevada	21.5%	15214
New Hampshire	32.4%	15959
New Jersey	30.1%	18714
New Mexico	25.5%	11246
New York	29.6%	16501
North Carolina	24.2%	12885
North Dakota	28.1%	11051
Ohio	22.3%	13461
Oklahoma	22.8%	11893
Oregon	27.5%	13418
Pennsylvania	23.2%	14068
Rhode Island	27.5%	14981
South Carolina	23.0%	11897
South Dakota	24.6%	10661
Tennessee	20.1%	12255
Texas	25.5%	12904
Utah	30.0%	11029
Vermont	31.5%	13527
Virginia	30.0%	15713
Washington	30.9%	14923
West Virginia	16.1%	10520
Wisconsin	24.9%	13276
Wyoming	25.7%	12311

# Visualização de Informação



Per Capita Income

# Visualização de Informação



# Visualização de Informação

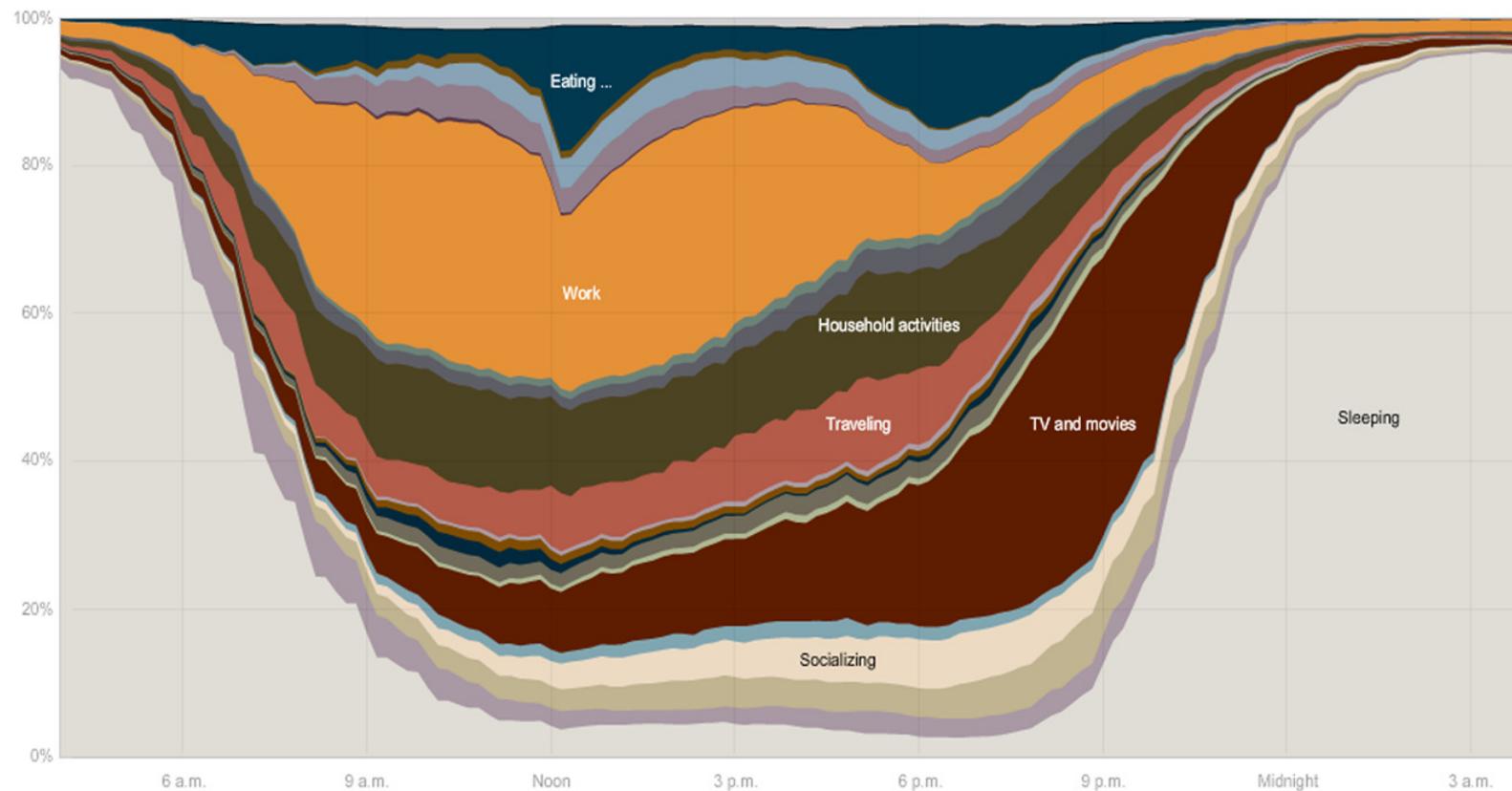
## How Different Groups Spend Their Day

The American Time Use Survey asks thousands of American residents to recall every minute of a day. Here is how people over age 15 spent their time in 2008. [Related article](#)

### Everyone

Sleeping, eating, working and watching television take up about two-thirds of the average day.

Everyone	Employed	White	Age 15-24	H.S. grads	No children
Men	Unemployed	Black	Age 25-64	Bachelor's	One child
Women	Not in lab...	Hispanic	Age 65+	Advanced	Two+ children

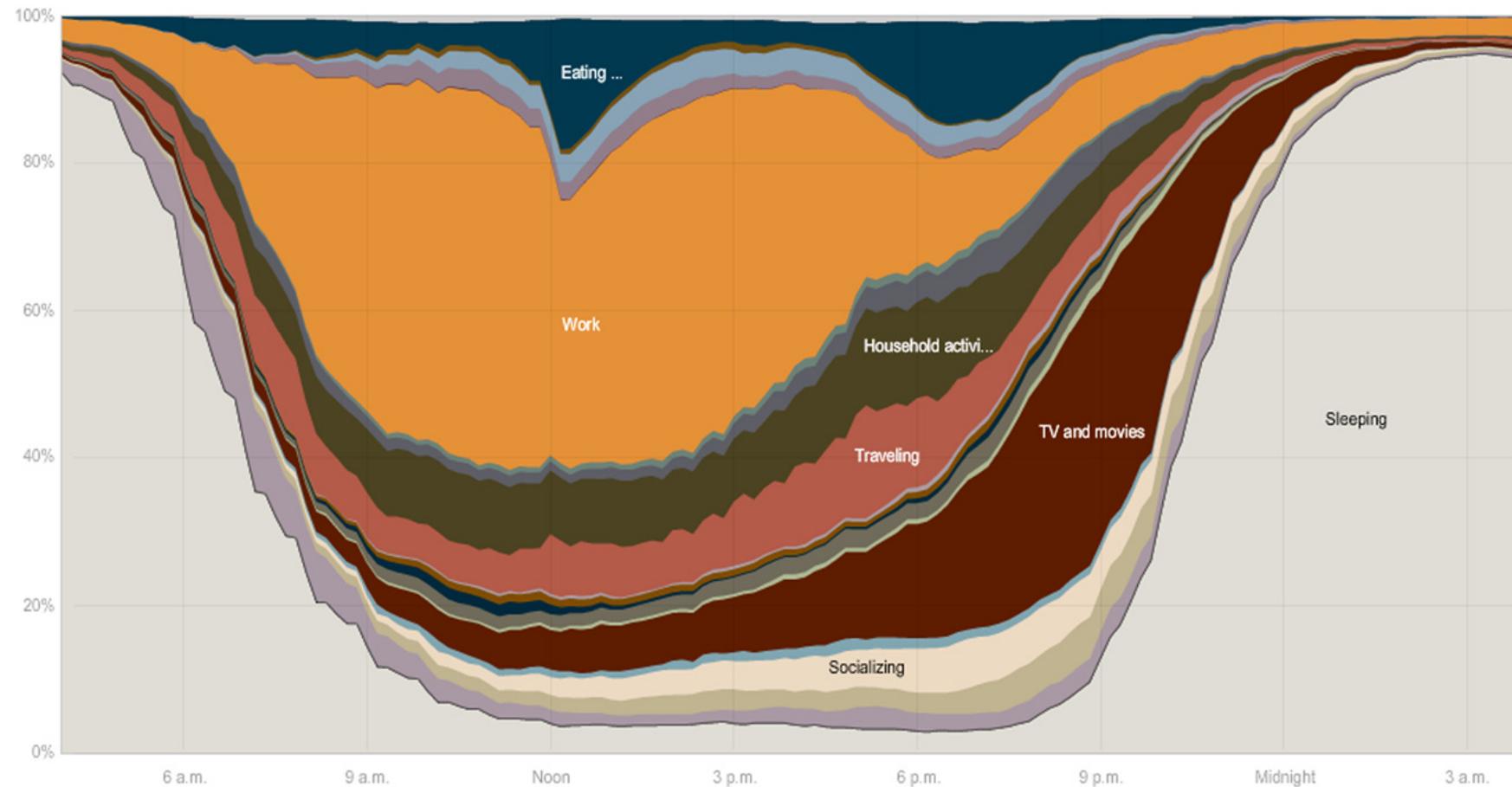


# Visualização de Informação

## The employed

At 6 a.m., about 60 percent of employed people are sleeping, compared with more than 80 percent of those who are unemployed.

Everyone	<b>Employed</b>	White	Age 15-24	H.S. grads	No children
Men	Unemployed	Black	Age 25-64	Bachelor's	One child
Women	Not in lab...	Hispanic	Age 65+	Advanced	Two+ children

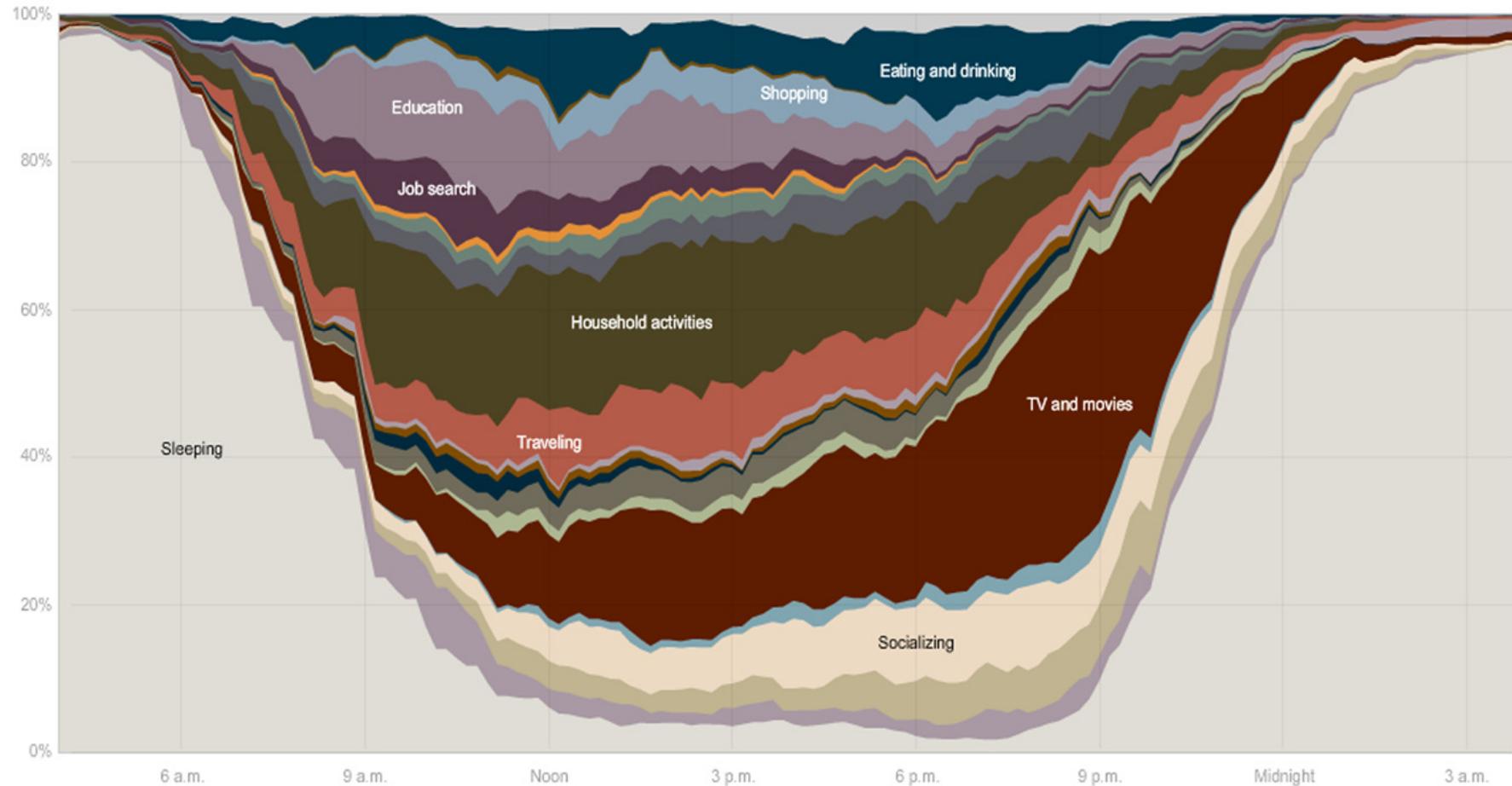


# Visualização de Informação

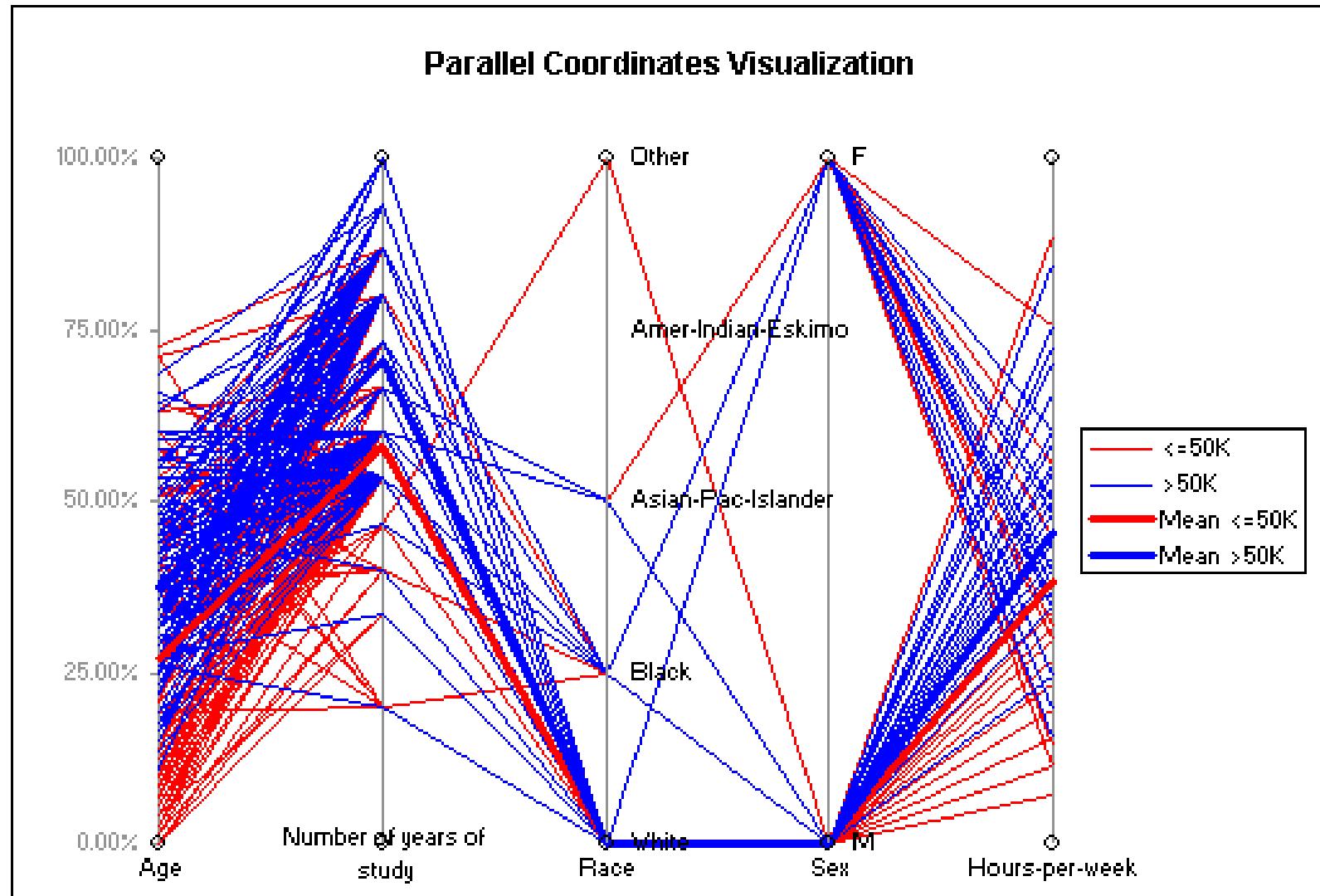
## The unemployed

On average, the unemployed spend about a half-hour looking for work. They tidy the house, do laundry and yard work for more than two hours, about an hour more than the employed.

Everyone	Employed	White	Age 15-24	H.S. grads	No children
Men	<b>Unemployed</b>	Black	Age 25-64	Bachelor's	One child
Women	Not in lab...	Hispanic	Age 65+	Advanced	Two+ children

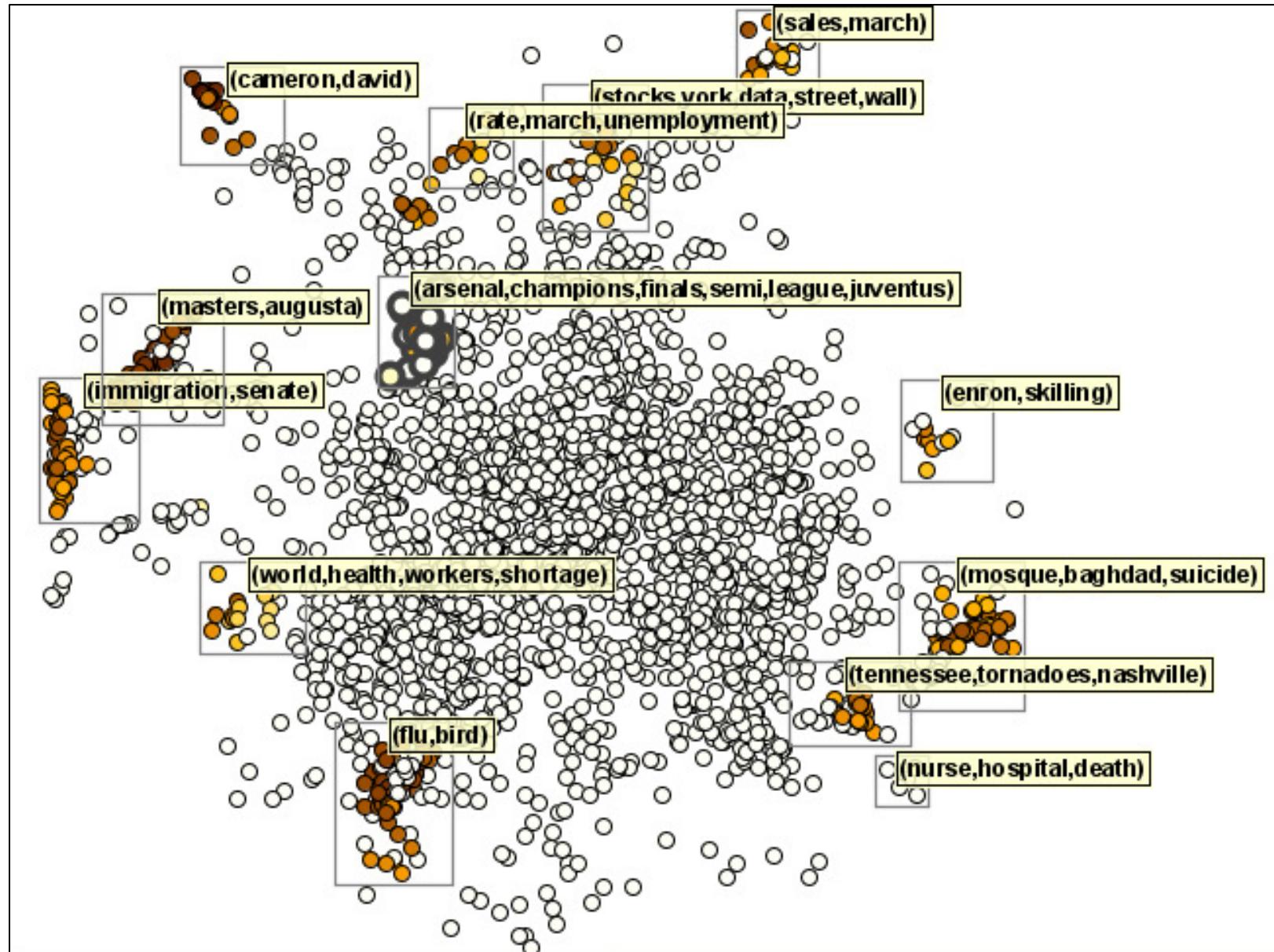


# Visualização de Informação

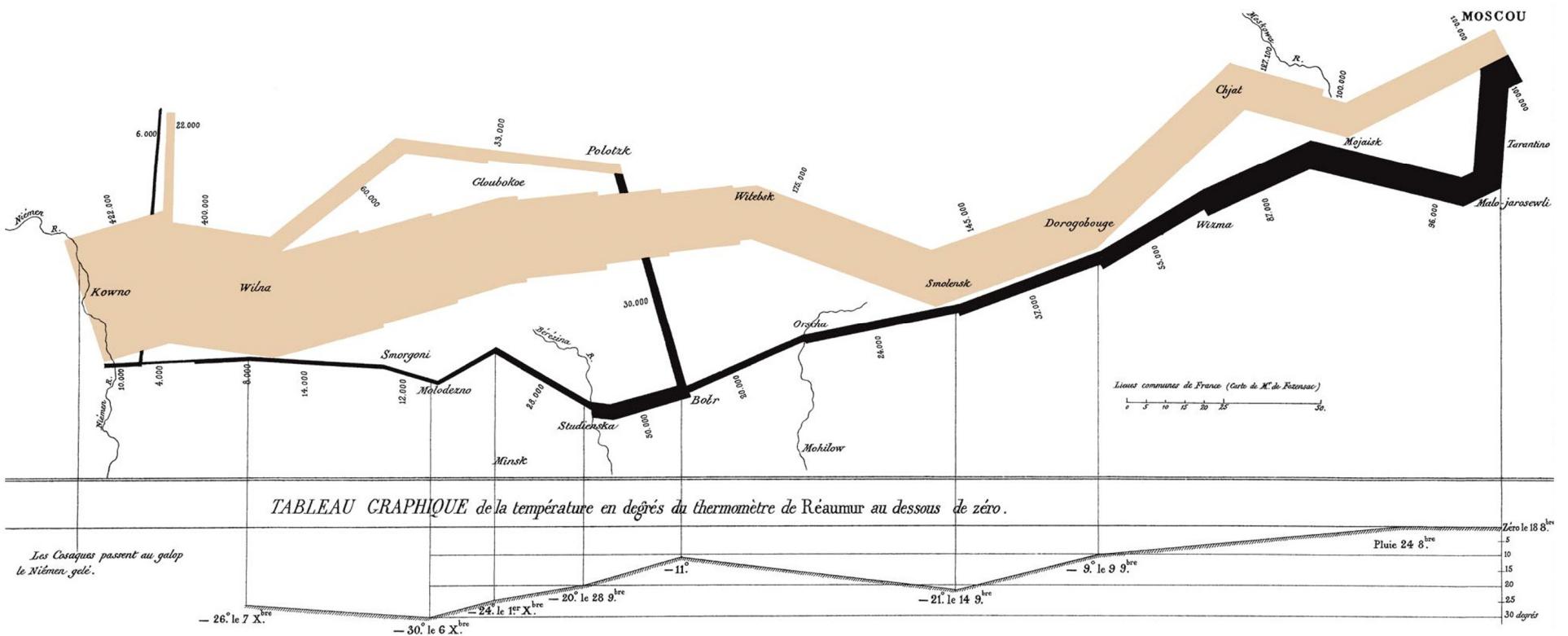


**Coordenadas Paralelas**

# Visualização de Informação

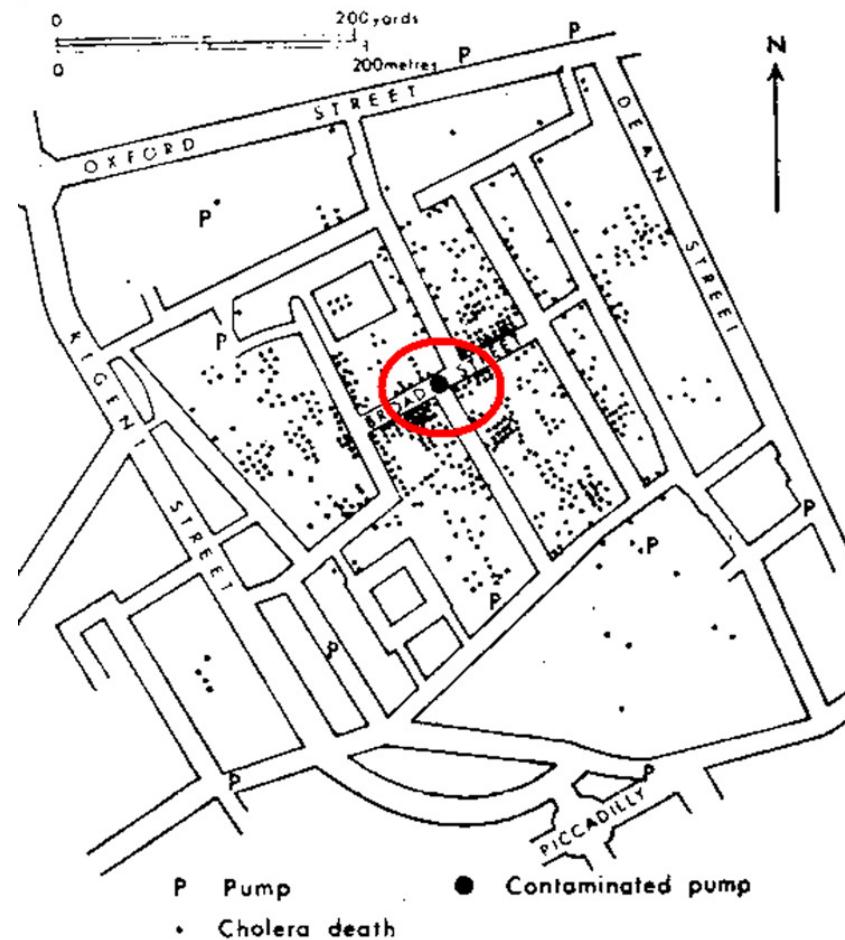


# Visualização de Informação



Campanha de Napoleão na Rússia (Minard, 1869) - começou com 422.000 soldados e terminou com 10.000

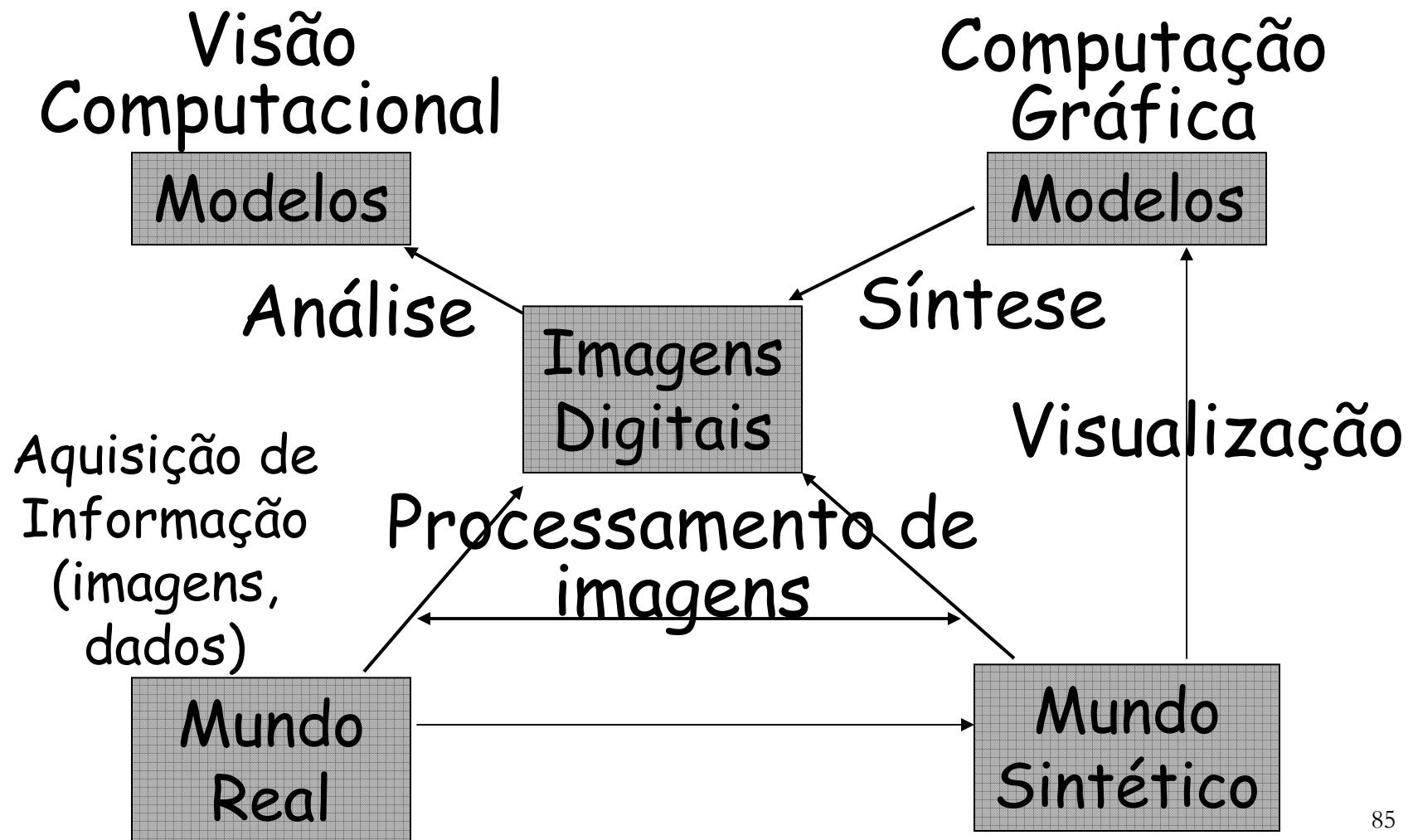
# Visualização de Informação



Identificação das causas da epidemia de cólera em Londres (John Snow, 1854)

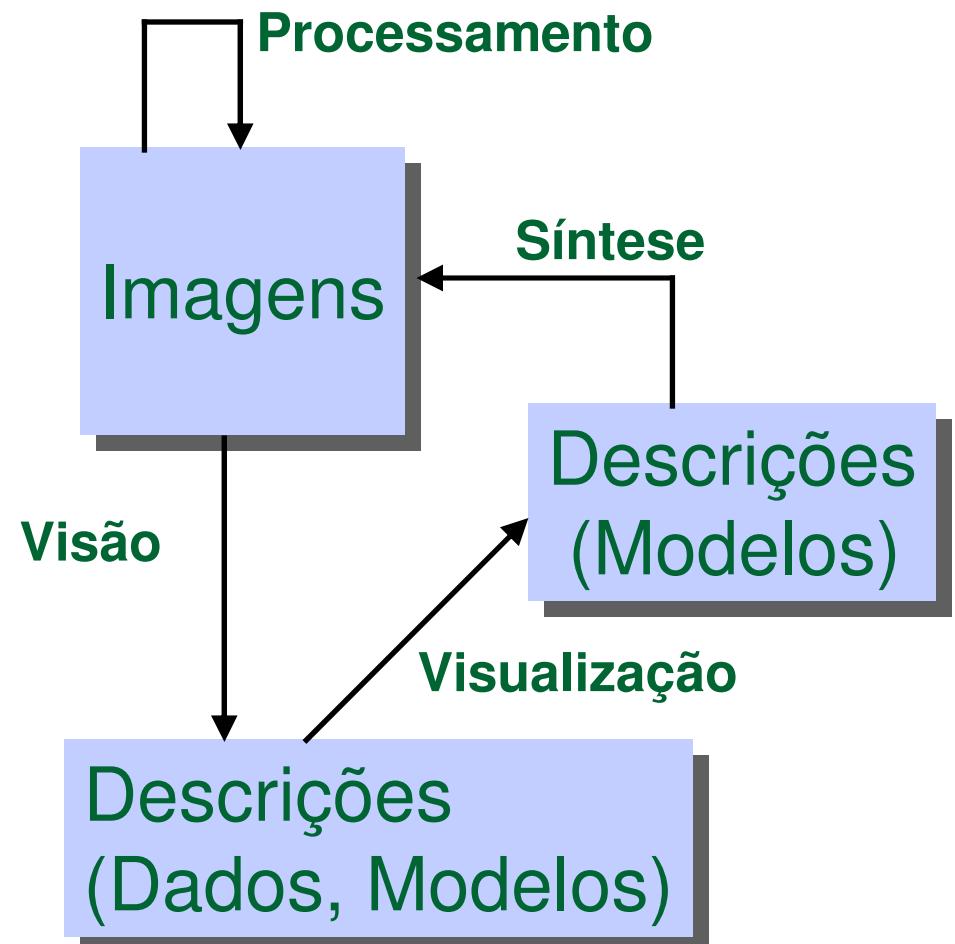
# Processamento Gráfico

## Computação Visual



# Relacionamento entre as áreas

Áreas de pesquisa completas que interagem entre si, compartilham técnicas e algoritmos, mas têm o seu próprio conjunto de técnicas e algoritmos



---

# Perfil da Disciplina e Bibliografia

# Perfil da Disciplina

- Ênfase em síntese de imagens
- Fundamentos
  - algoritmos de conversão matricial
  - transformações geométricas, sistemas de coordenadas, transformações entre sistemas
  - *pipeline* de visualização
- Técnicas clássicas de modelagem 3D e *rendering*
  - Patches bicúbicos e representação por fronteiras
  - Modelos clássicos de iluminação e remoção de superfícies ocultas

# Bibliografia

- Hearn, D. Baker, M. P. Computer Graphics with OpenGL, Prentice Hall, 2004.
- Foley, J. et. al - Introduction to Computer Graphics, Addison-Wesley, 1993.
- Computer Graphics Comes of Age: An Interview with Andries van Dam. CACM, vol. 27, no. 7. 1982
- The RenderMan – And the Oscar Goes to... IEEE Spectrum, vol. 38, no. 4, abril de 2001.
- Apostilas da disciplina Computação Gráfica
- Curso da ACM SIGGRAPH (on line)