

---

# Capítulo IV – Processamento de Imagem e Vídeo

Proc. Sinal e Imagem  
Mestrado em Informática Médica

*Miguel Tavares Coimbra*

---

# Resumo

---

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. Processamento vídeo

---

# 1. Introdução à segmentação

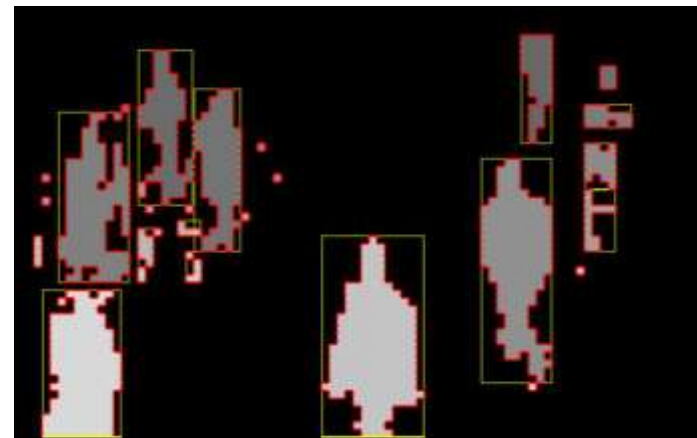
---

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. Processamento vídeo

# Definição

- Consiste na separação da imagem em áreas diferentes.
  - Extracção de objectos.
  - Extracção de áreas com características próprias.

Nada trivial! É o '*santo graal*' de uma imensidão de problemas!



# A subjectividade da segmentação

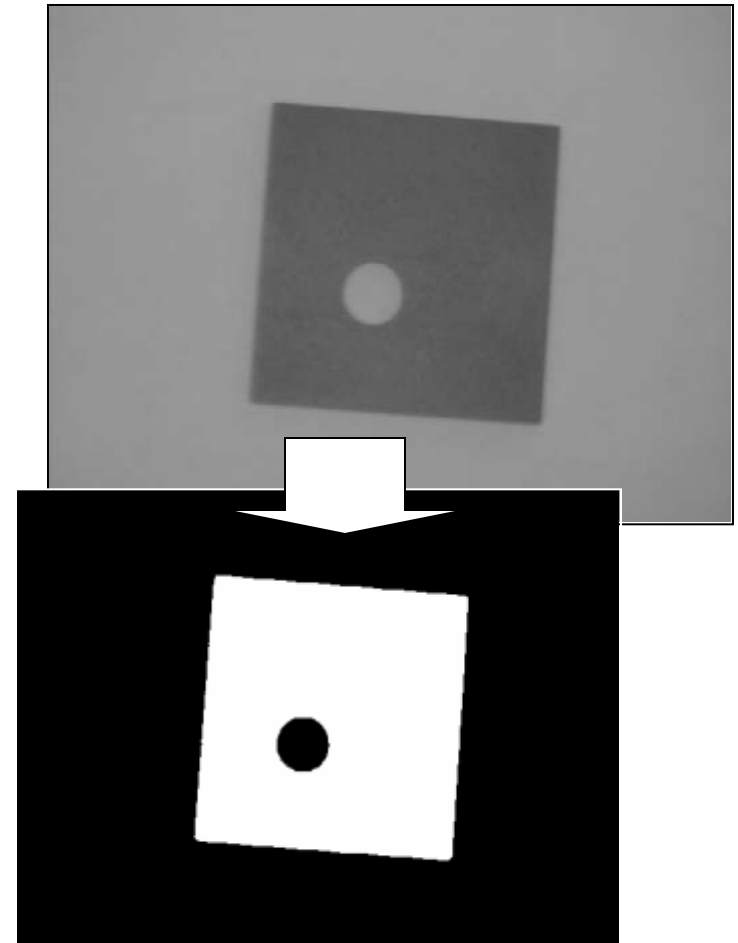
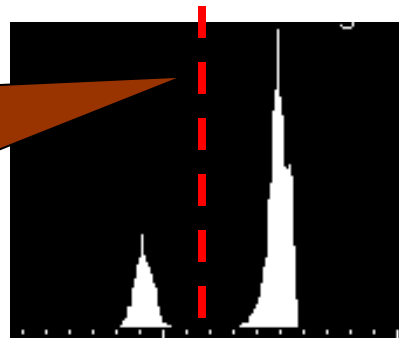
- O resultado de uma segmentação apenas é 'correcto' dado um determinado contexto.
  - Subjectividade!
  - Difícil implementação computacional.
  - Dificuldades na avaliação do desempenho.



# Thresholding

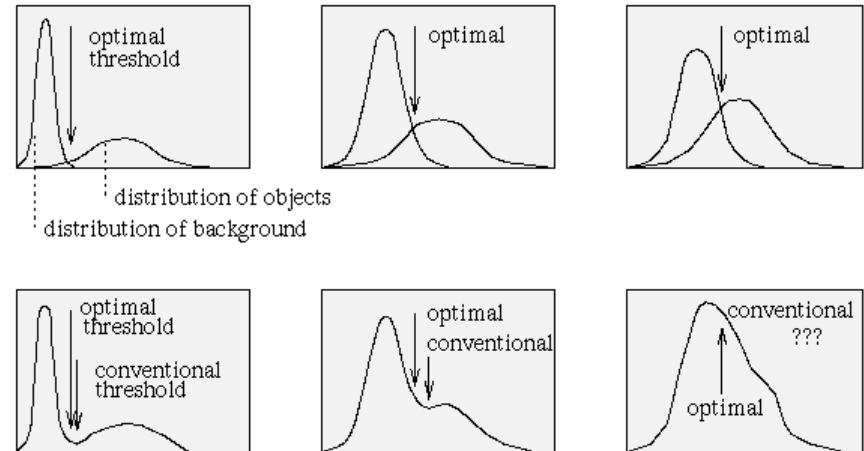
- Consiste em dividir uma imagem em duas zonas:
  - 1, se  $f(x,y) > K$
  - 0, se  $f(x,y) \leq K$
- Não é fácil de achar um *numero mágico k* ideal!
- Provavelmente a técnica mais popular de segmentação
  - Simples
  - Razoavelmente eficaz

*Threshold adequado!*



# Números mágicos

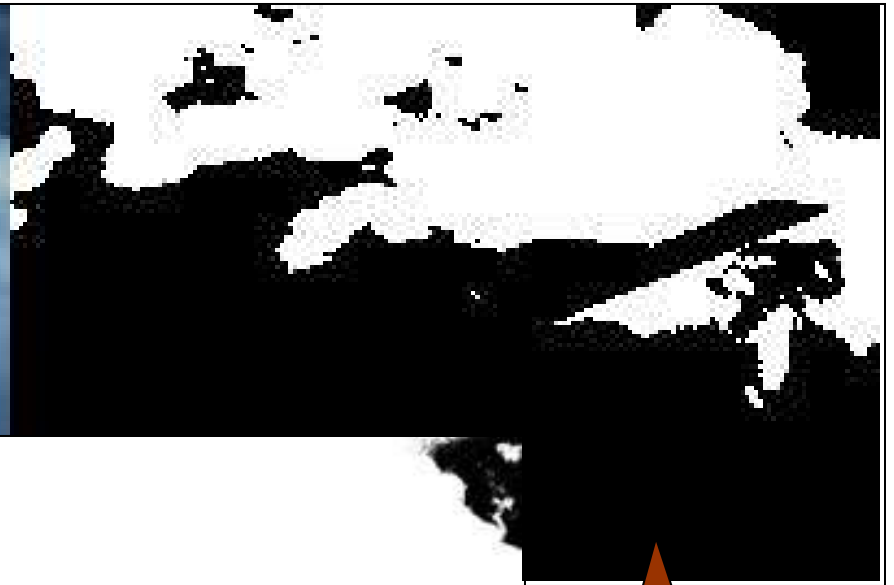
- O resultado é muito sensível às variações de  $k$ .
- *Número mágico.*
  - Bom para uma situação.
  - Mau para todas as outras.
- Sistema tem que ser robusto!
- Como escolher  $k$ ?
  - Histogramas.
  - Outras técnicas.



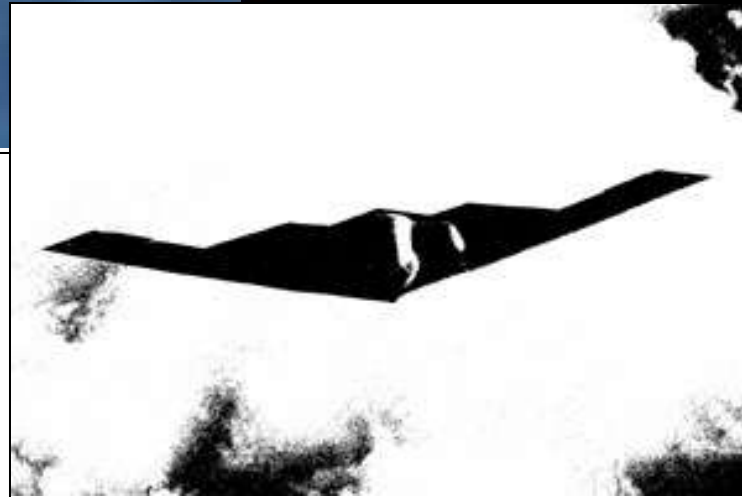
A combinação das distribuições de duas regiões pode tornar a segmentação simples (esquerda) ou muito difícil (direita).

Adaptado de [1]

# Exemplo



Correcta  
( $k = 74$ )



Errada!  
( $k = 128$ )



---

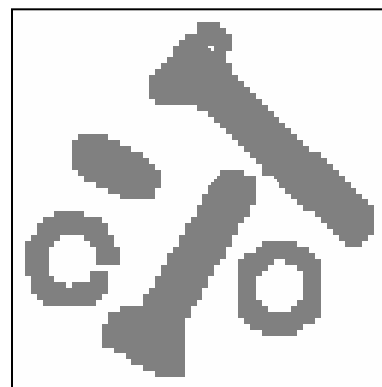
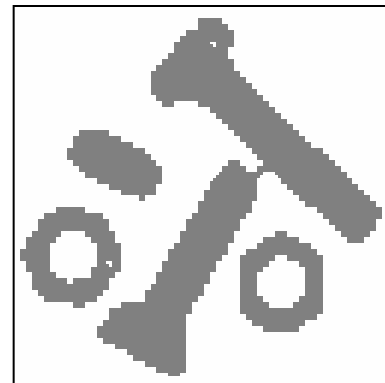
# Pré-processamento

---

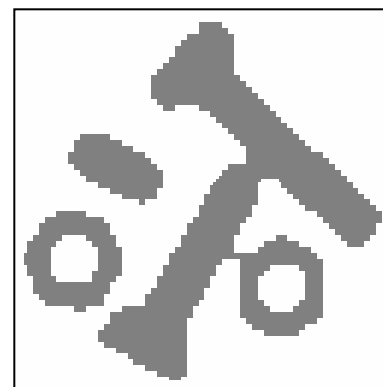
- Manipulação da imagem antes da aplicação do *thresholding*.
- Permite criar uma melhor separação das zonas no histograma.
- Mais comum: Filtragem de ruído.
  - Filtro passa-baixo.
  - Filtro de mediana.

# Pós-Processamento

- Tenta corrigir os erros de segmentação.
- Conhecimento *a-priori* acerca do resultado esperado.
- Filtros morfológicos.
  - Muito populares para pós-processamento.
  - Abertura.
  - Fecho.



Abertura



Fecho

---

# 2. Segmentação baseada em regiões

---

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. Processamento vídeo

# Motivação

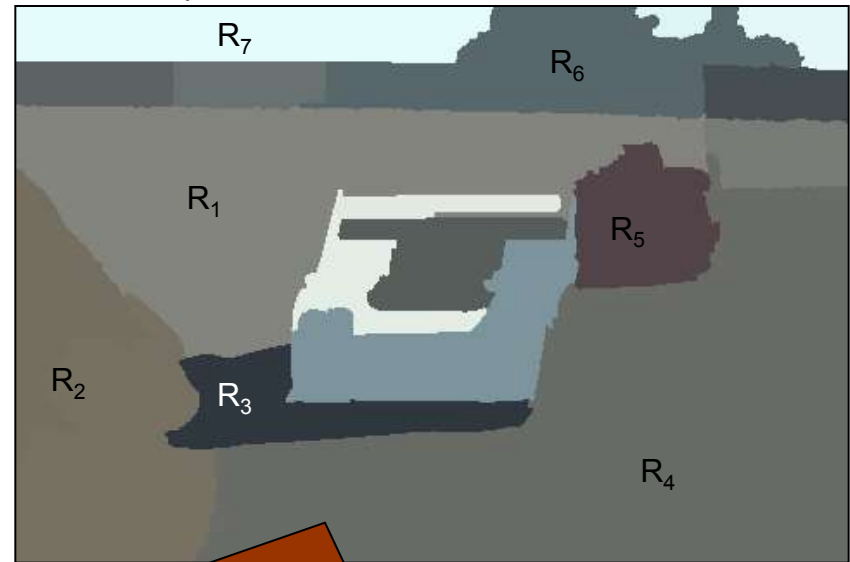
- **Segmentação**
  - Fronteiras e *thresholds* nem sempre eficazes.
- **Regiões homogêneas**
  - *Region-based segmentation*.
  - Eficaz em imagens ruídas.



# Definições

- Baseia-se em *conjuntos*.
- A imagem  $R$  é um conjunto de regiões  $R_i$ .
  - Todos os pontos pertencem a uma das regiões.
  - Um ponto apenas pode pertencer a uma única região.

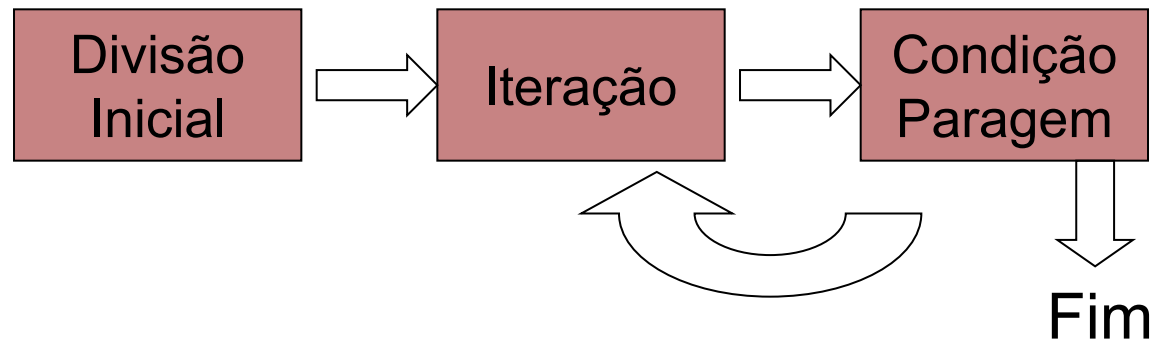
$$R = \bigcup_{i=1}^S R_i \quad R_i \cap R_j \neq 0$$



Exemplos de algumas regiões da imagem

# Region growing

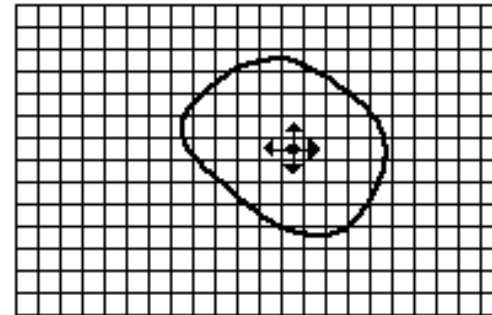
- Consiste na união/divisão de um conjunto inicial de regiões.
- Homogeneidade:
  - Cor
  - Textura
  - Outros
- Tipicamente iterativo
  - Como começar?
  - O que fazer em cada iteração?
  - Quando parar?



# Region merging

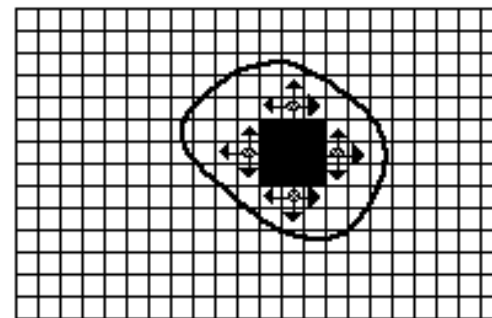
- **Algoritmo**

- Divisão inicial da imagem em regiões.
- Definição do critério de união de 2 regiões adjacentes.
- Unir regiões. Repetir passo anterior até não haver mais uniões.



(a) Start of Growing a Region

- Seed Pixel
- ↑ Direction of Growth



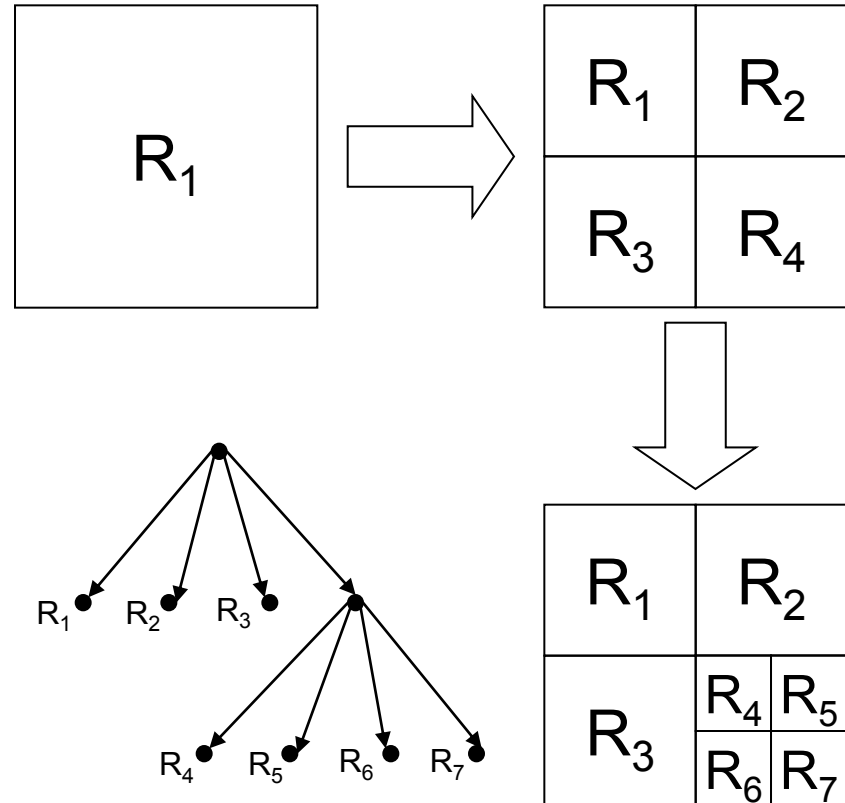
(b) Growing Process After a Few Iterations

- Grown Pixels
- ⊕ Pixels Being Considered

# Region splitting

- **Algoritmo**

- Inicialmente usa a imagem completa.
- Definição do critério de divisão.
- Divisão iterativa em sub-regiões.
- Paragem quando falhar o critério de divisão.



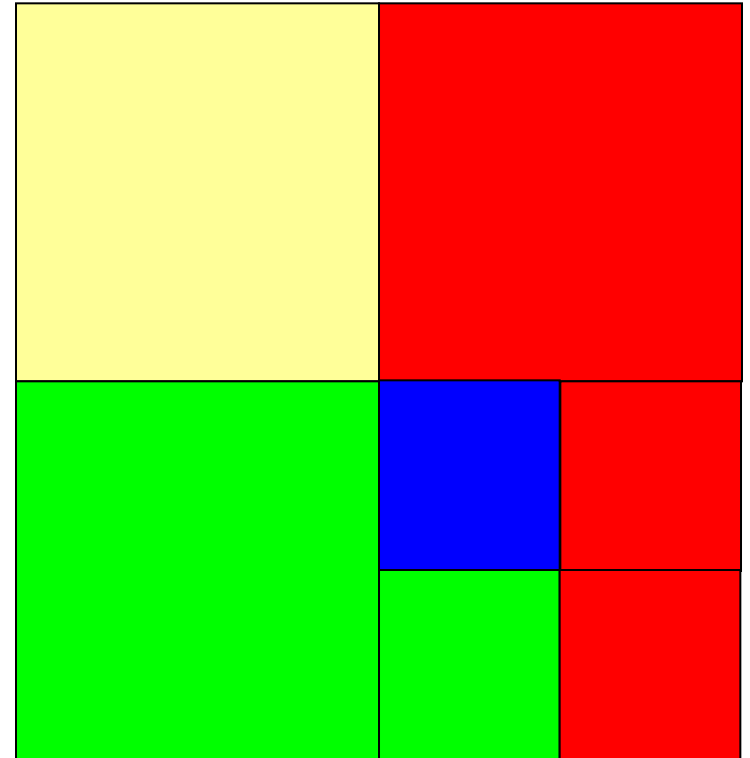


---

# *Split and Merge*

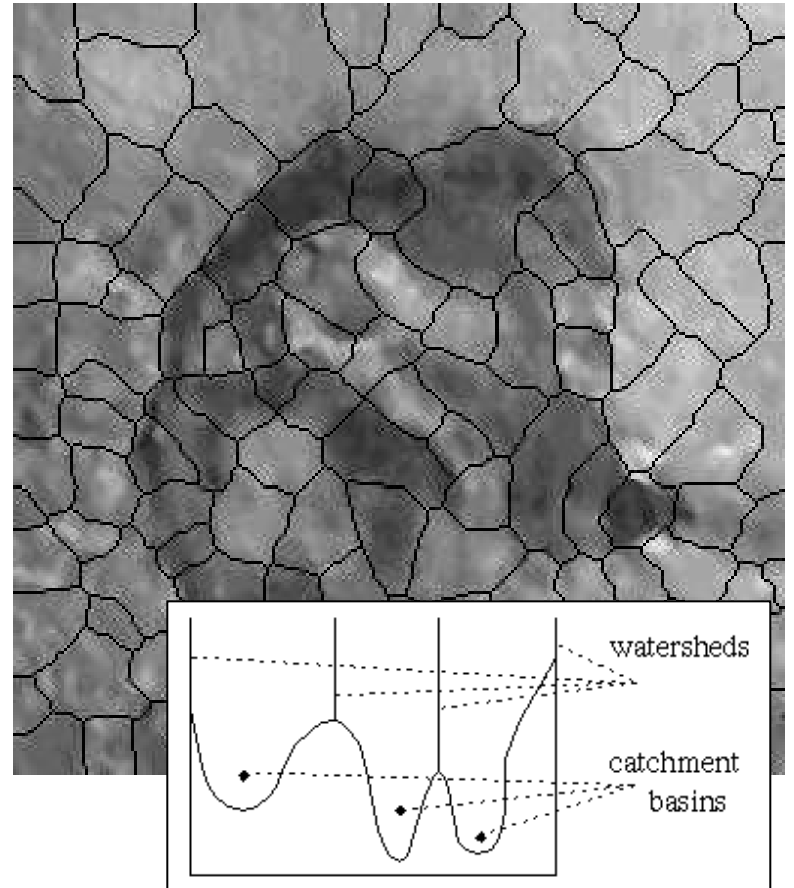
---

- Combinação dos dois algoritmos.
- Permite lidar com formas mais variadas.
  - Basta aplicar consecutivamente os algoritmos anteriores.



# A transformada *Watershed*

- **Inspiração geográfica.**
  - Lançar água sobre um terreno montanhoso.
  - Cada lago corresponde a uma região.
- **Características:**
  - Computacionalmente complexo.
  - Grande flexibilidade na segmentação.
  - Risco de sobre-segmentação.



---

# 3. Morfologia matemática

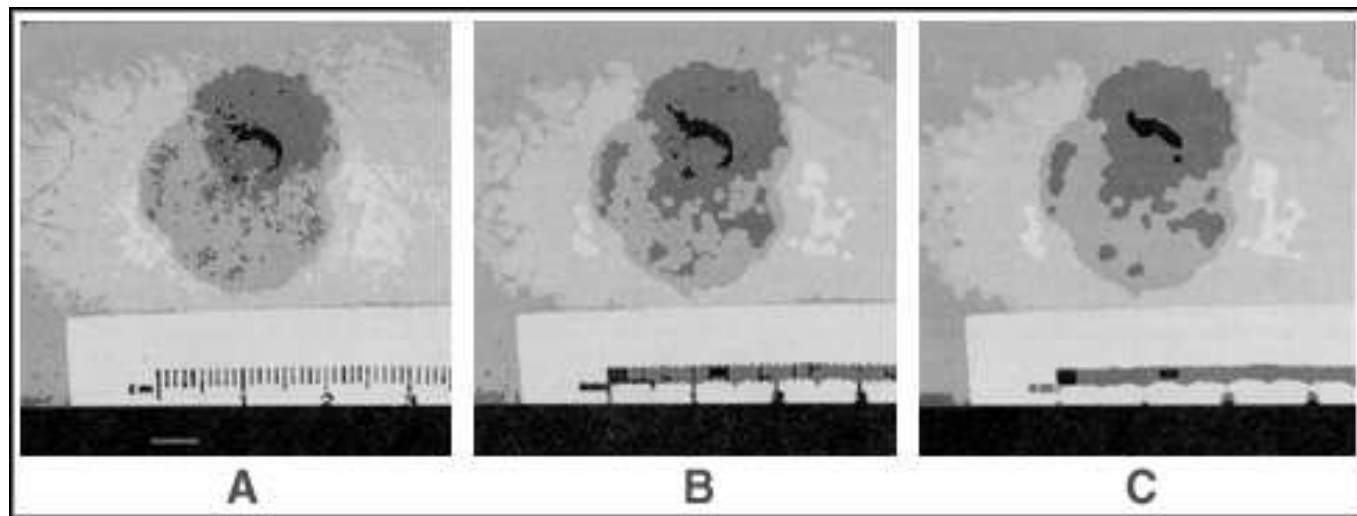
---

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
- 3. Morfologia matemática**
4. Processamento vídeo

# Morfologia matemática

- Desenvolvida para descrever quantitativamente estruturas geométricas
- Baseada em *sets*
  - Grupos de pontos que definem áreas de uma imagem
- Para que servem?
  - Manipulação de imagens binárias.
  - ‘Limpar’ resultados de uma segmentação!

Segmentação de um tumor usando filtros morfológicos



# Dilatação, Erosão

- Implicam dois conjuntos:

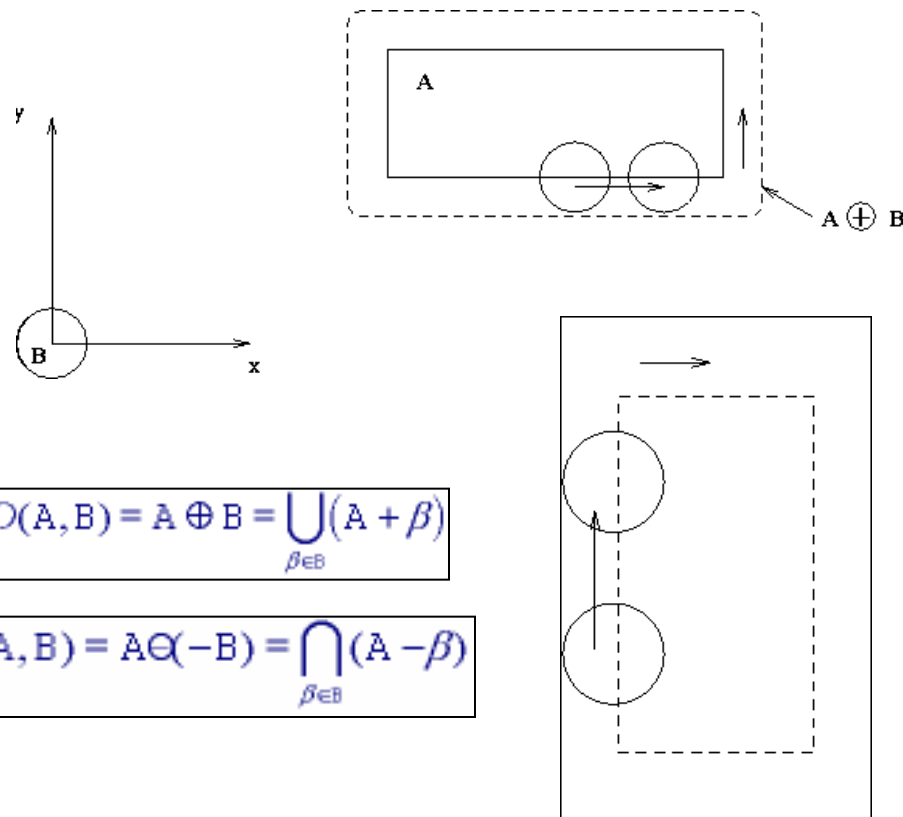
- Imagem
- Kernel morfológico

- Dilatação (D)

- União do *kernel* com todo o conjunto da imagem
- Aumento da área resultante

- Erosão (E)

- Intersecção
- Diminuição da área resultante



# Abertura, Fecho

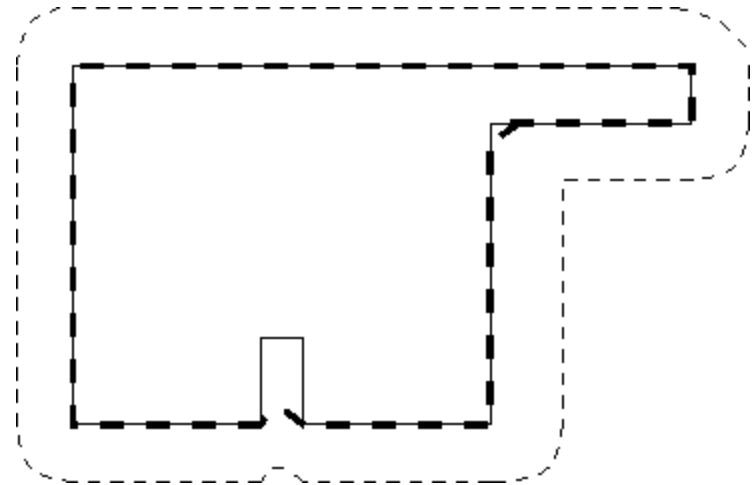
- **Abertura**

- Erosão, seguida de dilatação.
- Menos destrutivo do que uma erosão.
- ‘Adapta’ a forma da imagem à forma do kernel.

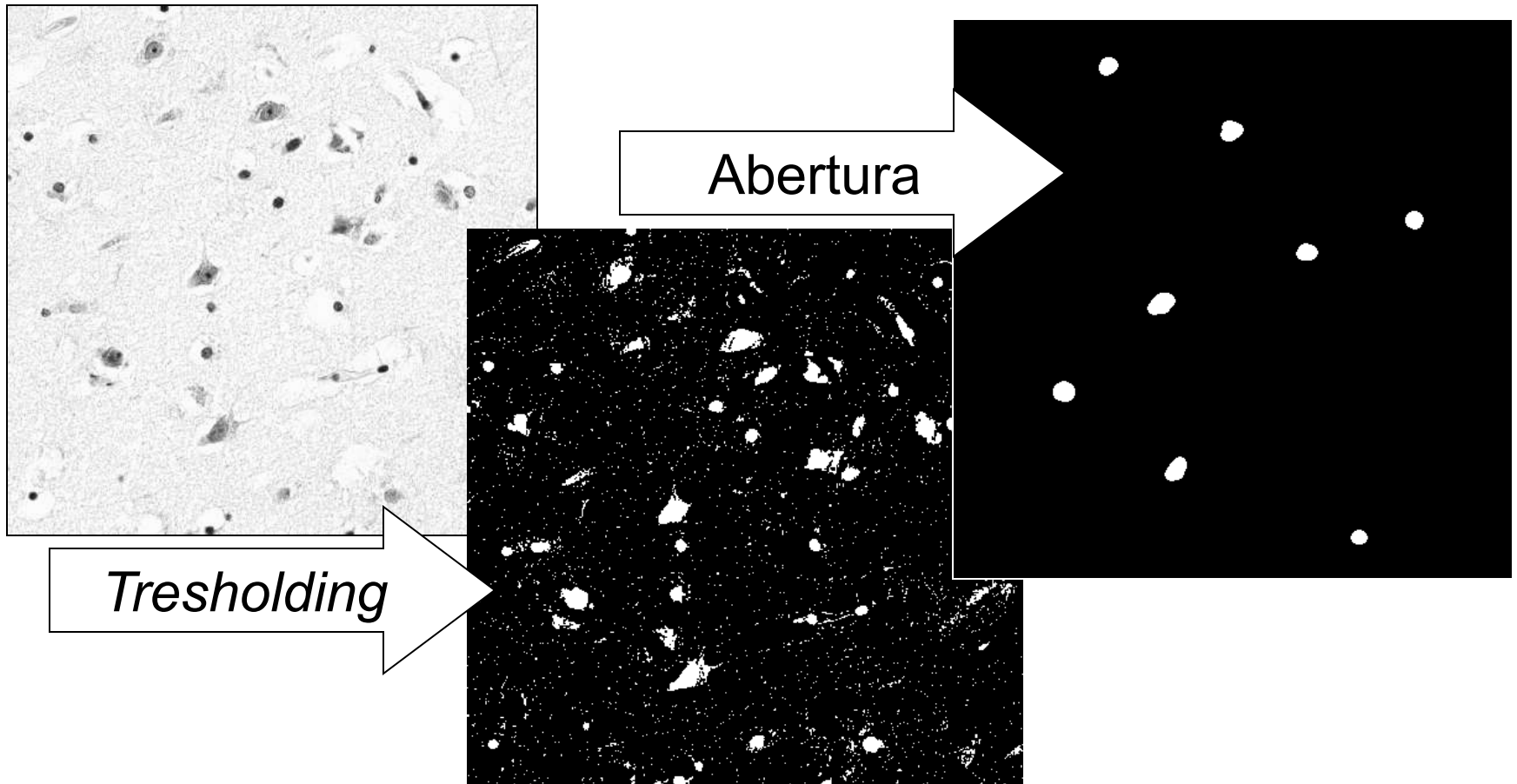


- **Fecho**

- Dilatação, seguida de erosão.
- Menos destrutivo do que uma dilatação.
- Tende a ‘fechar’ as irregularidades das formas.



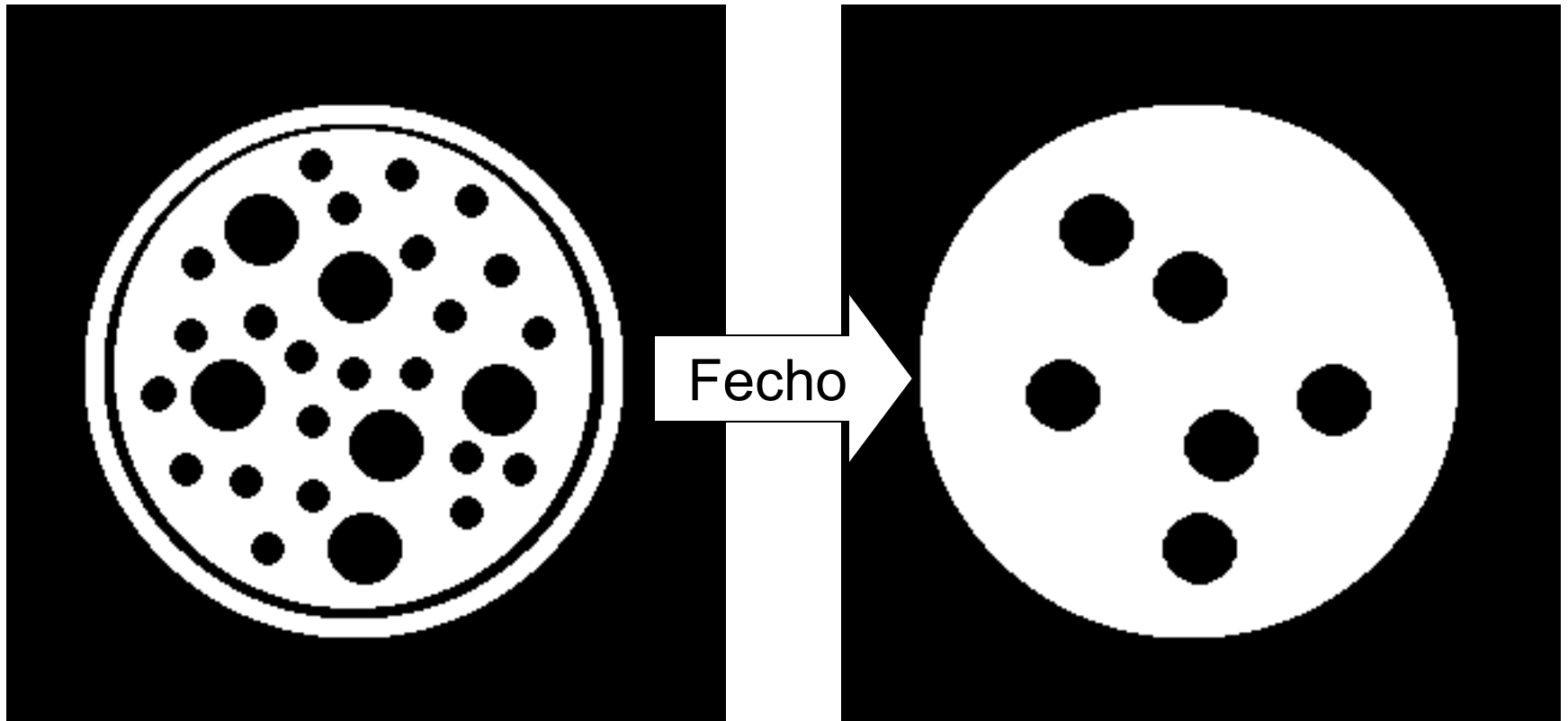
# Exemplos: Abertura



---

# Exemplos: Fecho

---

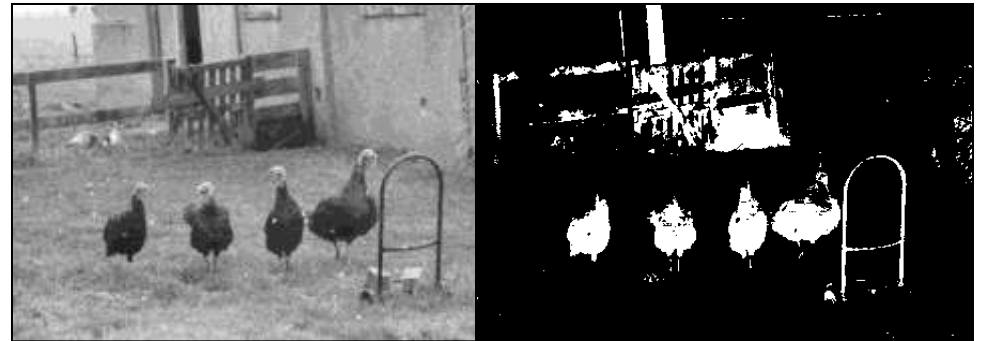




# Análise de componentes ligados

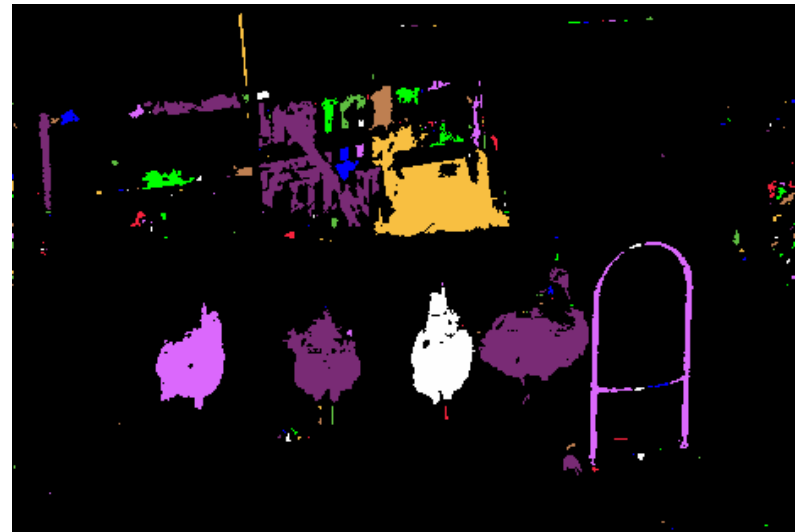
- Definimos 'ligação'

- 4 vizinhos
- 8 vizinhos
- Etc.



- Pesquisamos toda a imagem

- Recursivamente obtemos todos os pontos 'ligados' ao nosso ponto inicial



---

# 4. Processamento vídeo

---

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. **Processamento vídeo**

---

# Definições

---

- Imagem pode ser representada por uma matriz 2D.
- O vídeo pode ser representado por uma matriz 3D – Dimensão **tempo**.

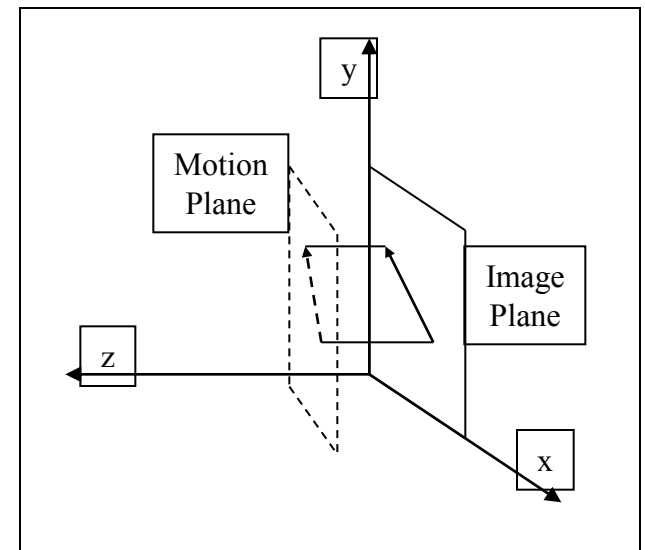
$$f(x,y,t)$$

- Passamos a ter um gradiente no espaço-tempo – **Movimento**
- Novas capacidades, novos problemas!

# Fluxo óptico

Optical flow is “the distribution of apparent velocities of movement of brightness patterns in an image” – **Horn and Schunck 1980**

The optical flow field approximates the true motion field which is a “purely geometrical concept..., it is the [2D] projection into the image [plane] of [the sequence’s] 3D motion vectors” – **Horn and Schunck 1993**



Criaram o conceito de ‘fluxo óptico’

---

# Tipos de métodos de fluxo óptico

---

- **Differential**
  - Horn and Schunck [HS80], Lucas Kanade [LK81], Nagel [83].
- **Region-based matching**
  - Anandan [Anan87], Singh [Singh90], Digital video encoding standards.
- **Energy-based**
  - Heeger [Heeg87]
- **Phase-based**
  - Fleet and Jepson [FJ90]

Problema ainda continua em estudo!  
As soluções conhecidas ainda não são satisfatórias!

---

# Exemplo

---



---

# Necessidade da compressão vídeo

---

- **Problema: Vídeo digital ocupa demasiado espaço!**

- VGA: 640x480, 3 bytes por pixel -> 920KB por imagem.
- Cada segundo de vídeo: 23 MB
- Cada hora de vídeo: 83 GB

Incomportável!

- **Solução: Compressão Vídeo**

- Rácios de compressão superiores a 100:1!

- **Resultado: Explosão da popularidade do vídeo digital.**

- DVD, máquinas digitais, web-streaming, telemóveis 3G, etc.

---

# Redundância de codificação

---

- **Teoria da informação**
  - Os valores mais comuns devem ser codificados usando menos bits.
- **Codificação de Huffman**
  - Menor número possível de símbolos de *código* por símbolos de *fonte*.
  - Codificação sem perdas (*Lossless*).
- **Codificação LZW**
  - Cria valores adicionais para sequências comuns de valores (ex: sequências de pixels negros).
  - GIF, TIFF, PDF.
  - Explora a redundância espacial das imagens!



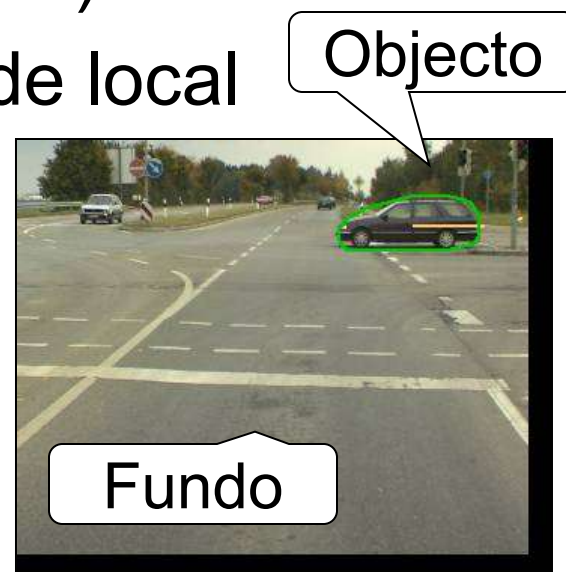
# Redundância espacial

- **Correlação entre pixels vizinhos.**
  - Ex: Uma linha branca pode ser codificada com 2 números (nr.pixels, cor).
- **Formas matemáticas de a explorar:**
  - Lossless – Ex: LZW
  - Lossy – Ex: DCT



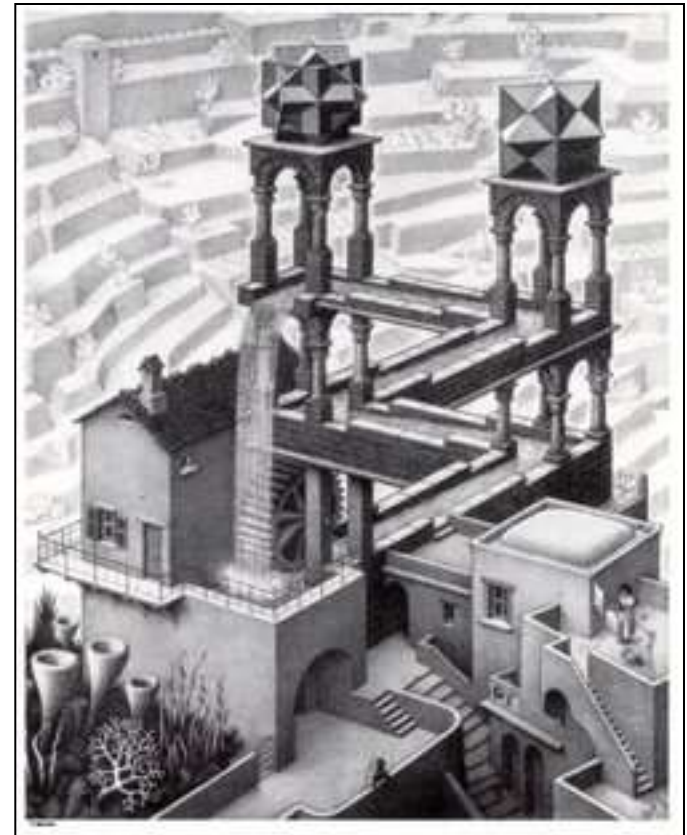
# Redundância temporal

- **Imagens consecutivas de um vídeo variam pouco!**
  - Há áreas que não mudam (fundo).
  - Há áreas que apenas mudam de local (objectos em movimento).
- **Podemos explorar isto!**
  - Enviar *diferenças de imagem*.
  - Usar *vectores de movimento*.



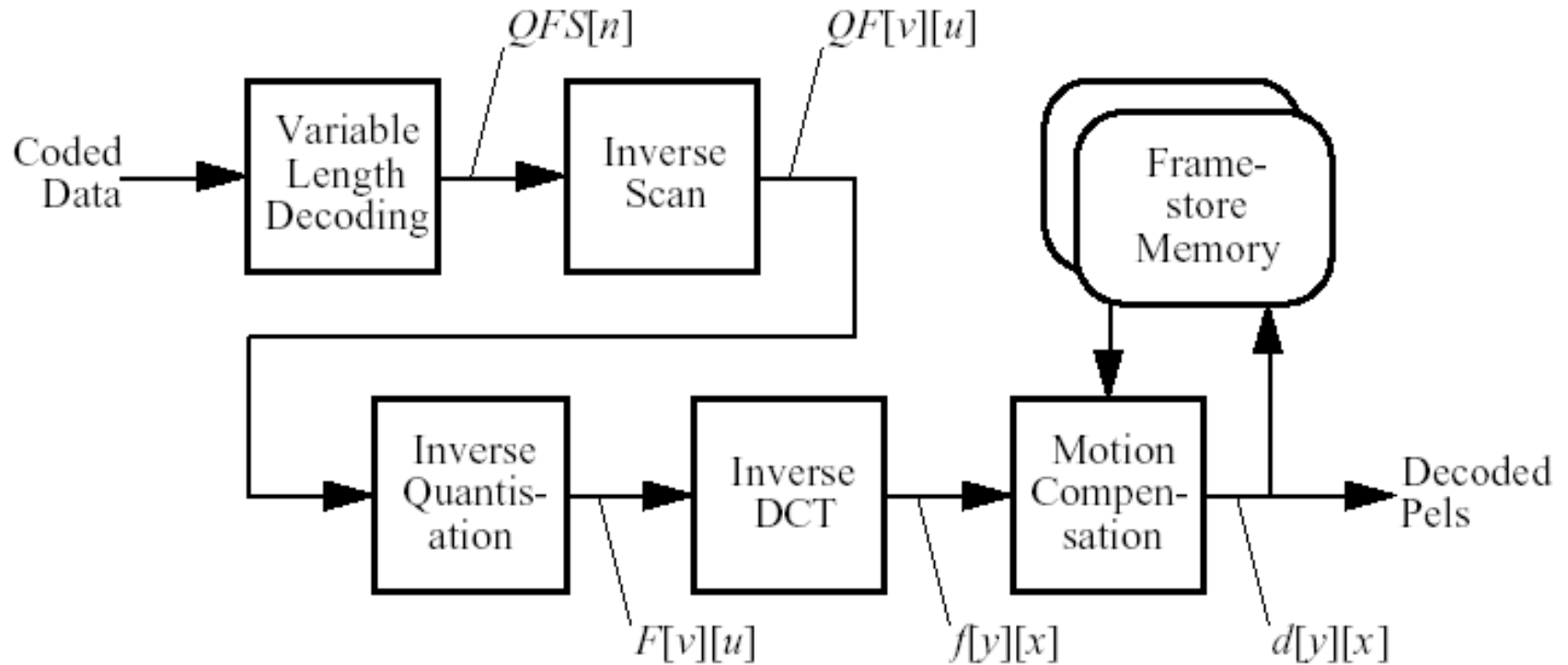
# Redundância psicovisual

- **Sistema visual humano**
  - Sensibilidade diferente para informação diferente.
- **Processamento humano**
  - Apenas vemos algumas partes da imagem.
  - Cérebro completa o resto.



A compressão pode ser *lossy* logo que a informação descartada seja pouco relevante para nós!

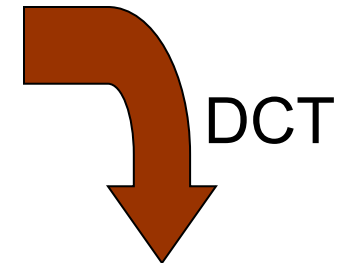
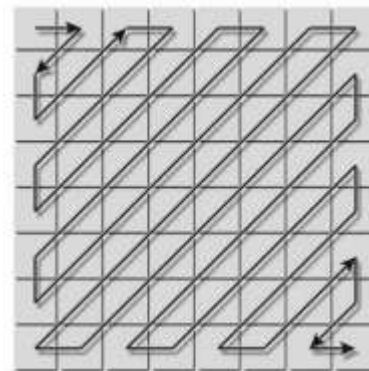
# Modelo de um codificador / descodificador vídeo



Descodificador MPEG-2

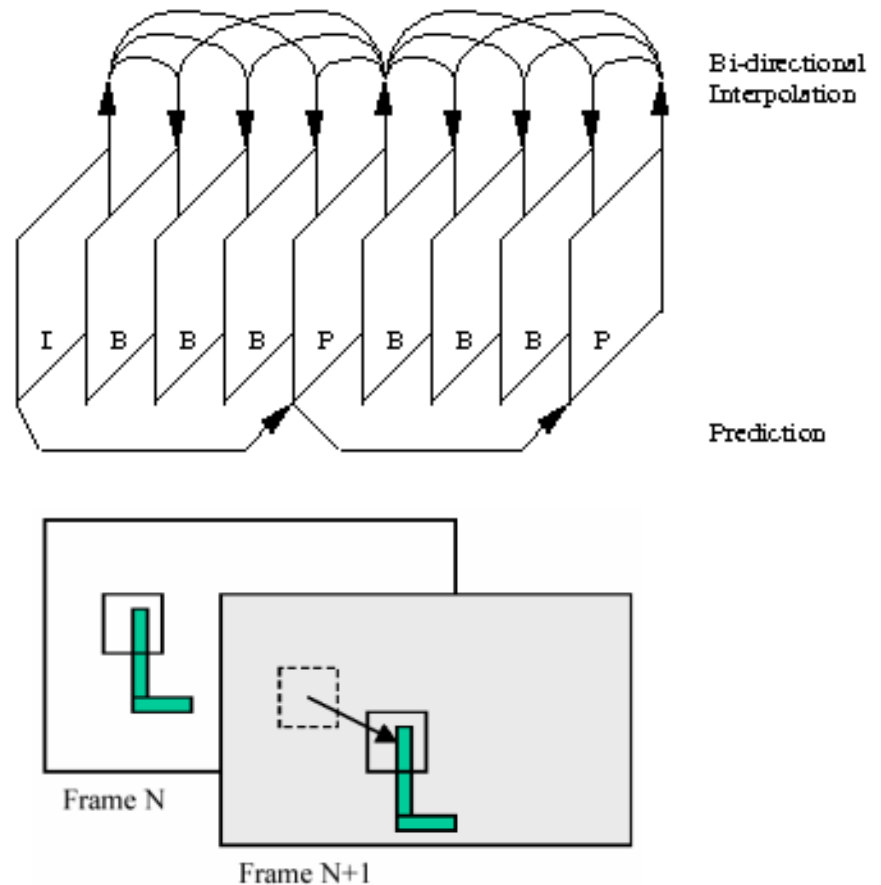
# Algoritmos de compressão de imagem

- GIF, TIFF, PCX, JPEG 2000, ...
- Mais popular: JPEG
  - Espaço de cor: YCbCr
  - Cor menos importante que luminosidade.
  - Transformação DCT.
  - Quantização.
  - *Zig-Zag Run-Length Huffman encoding*

$$\begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -26 & -3 & -6 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 5 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$


# Algoritmos de compressão vídeo

- H.261, H.263, DivX, MPEG-1, ...
- MPEG-2
  - Imagens comprimidas como JPEG.
  - Previsão da imagem seguinte.
  - Estimação de movimento
  - DVDs, TV digital, ...



---

# Artefactos de compressão

---

- Podem afectar significativamente a qualidade das imagens!





Compressão reduzida





Compressão média



Compressão elevada

---

# Resumo

---

- A segmentação é uma operação com um grau de dificuldade muito variável.
- Uma segmentação baseada em regiões apresenta claras vantagens em relação a *thresholding*.
- Pós-processamento através de filtros morfológicos.
- Movimento, fluxo óptico e compressão vídeo.