

---

# 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

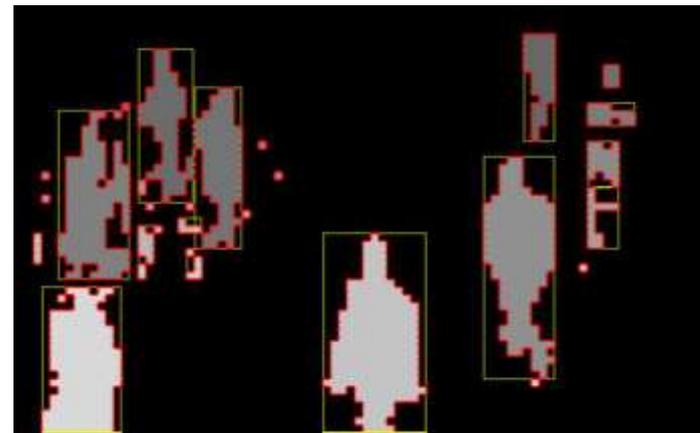
---

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

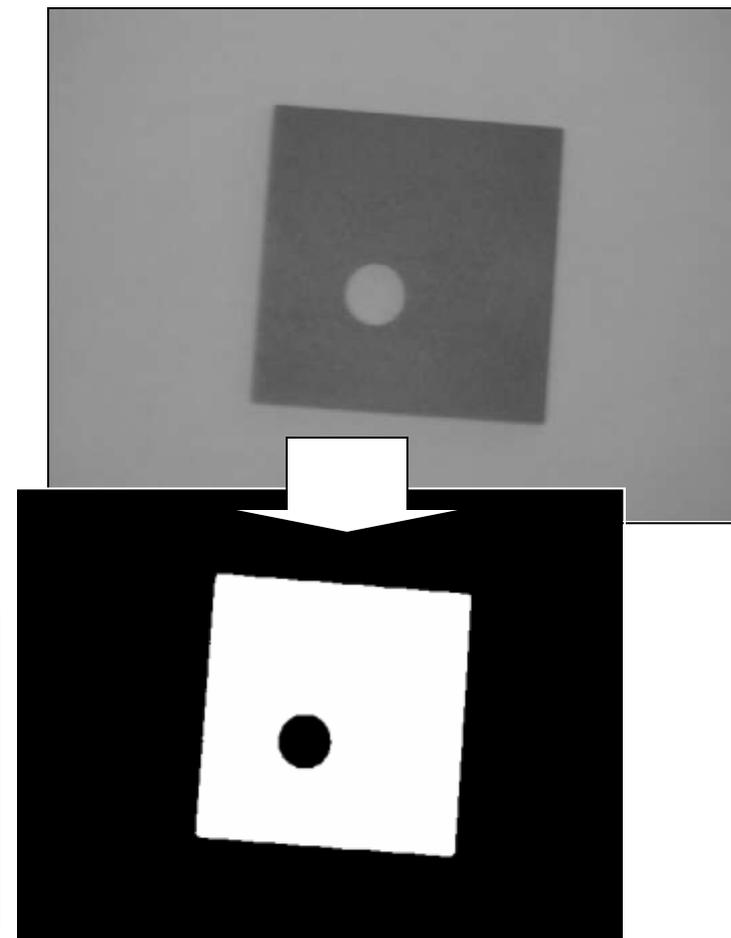
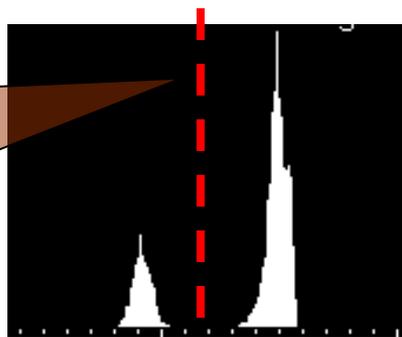
- O resultado de uma segmentação apenas é 'correcto' dado um determinado contexto.
  - Subjectividade!
  - Difícil implementação computacional.
  - Dificuldades na avaliação do desempenho.



# Thresholding

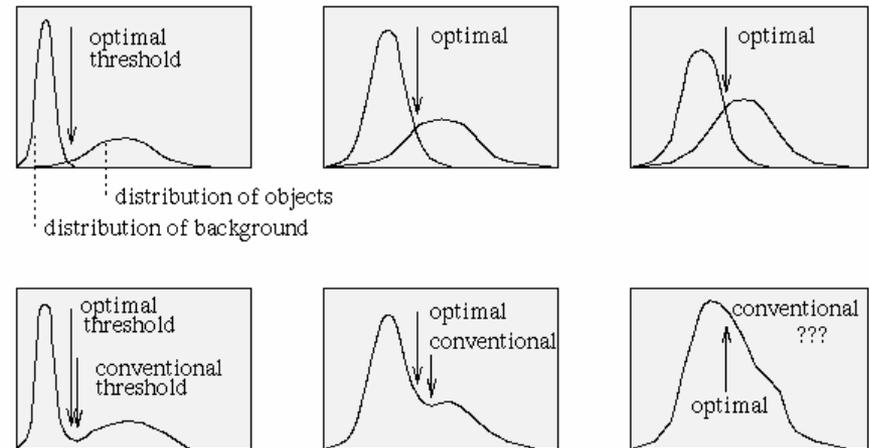
- Consiste em dividir uma imagem em duas zonas:
  - 1, se  $f(x,y) > K$
  - 0, se  $f(x,y) \leq K$
- Não é fácil de achar um *numero mágico k* ideal!
- Provavelmente a técnica mais popular de segmentação
  - Simples
  - Razoavelmente eficaz

*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.



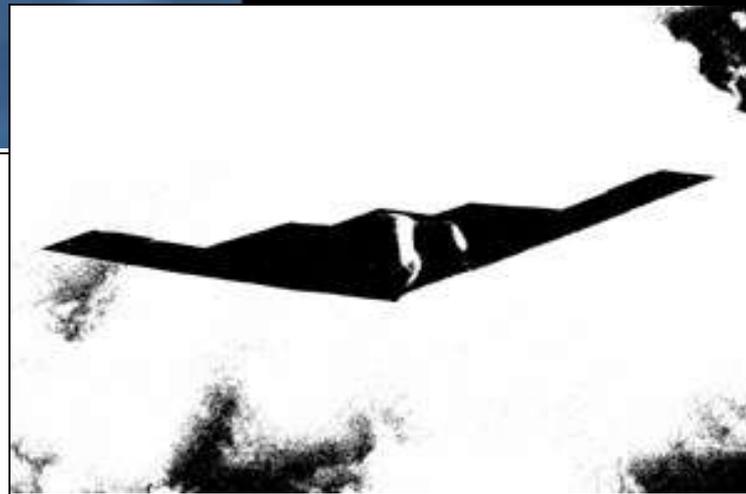
A combinação das distribuições de duas regiões pode tornar a segmentação simples (esquerda) ou muito difícil (direita).

Adaptado de [1]

# Exemplo



Correcta  
( $k = 74$ )



Errada!  
( $k = 128$ )

---

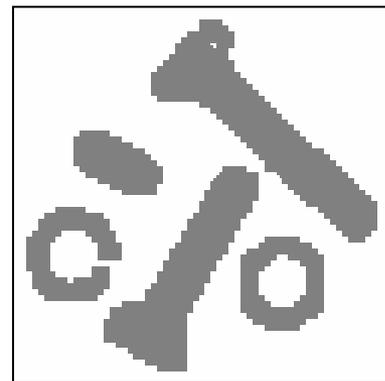
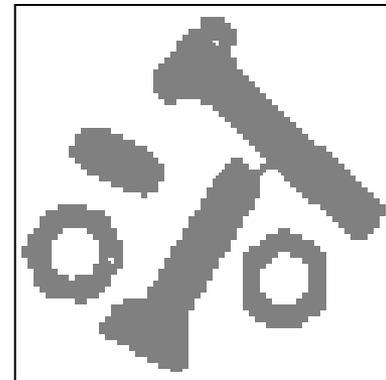
# Pré-processamento

---

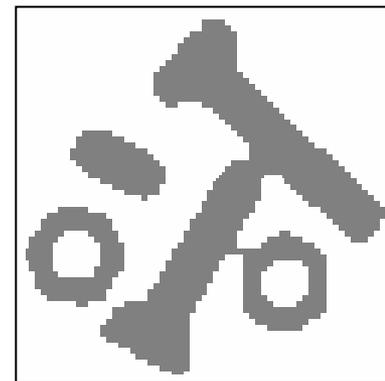
- Manipulação da imagem antes da aplicação do *thresholding*.
- Permite criar uma melhor separação das zonas no histograma.
- Mais comum: Filtragem de ruído.
  - Filtro passa-baixo.
  - Filtro de mediana.

# 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

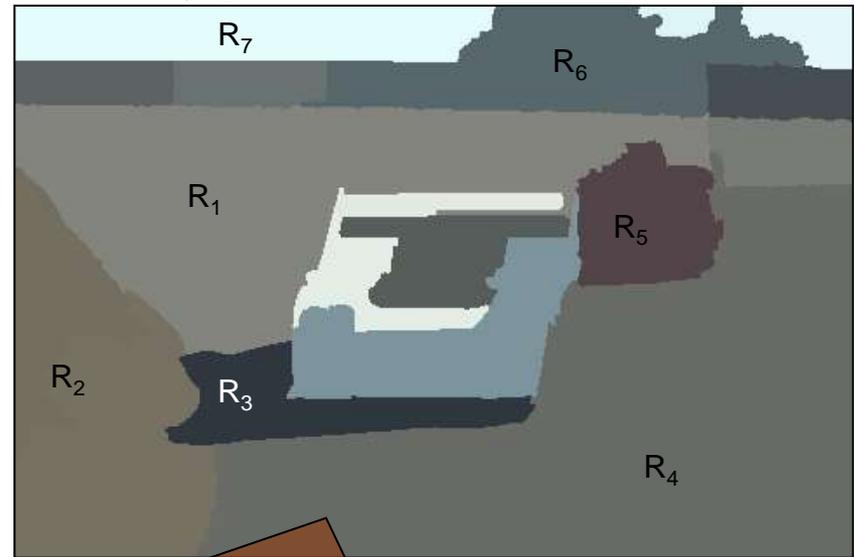
- **Segmentação**
  - Fronteiras e *thresholds* nem sempre eficazes.
- **Regiões homogêneas**
  - *Region-based segmentation*.
  - Eficaz em imagens ruídas.



# 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.

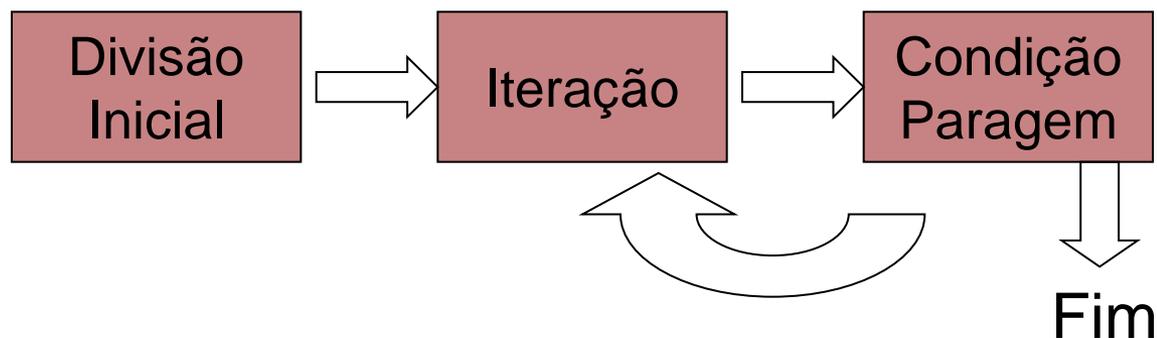
$$R = \bigcup_{i=1}^S R_i \quad R_i \cap R_j \neq \emptyset$$



Exemplos de algumas regiões da imagem

# Region growing

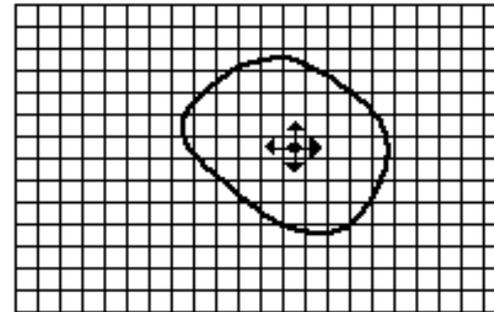
- Consiste na união/divisão de um conjunto inicial de regiões.
- Homogeneidade:
  - Cor
  - Textura
  - Outros
- Tipicamente iterativo
  - Como começar?
  - O que fazer em cada iteração?
  - Quando parar?



# Region merging

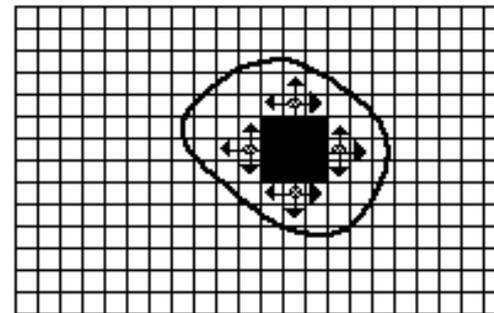
- **Algoritmo**

- 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



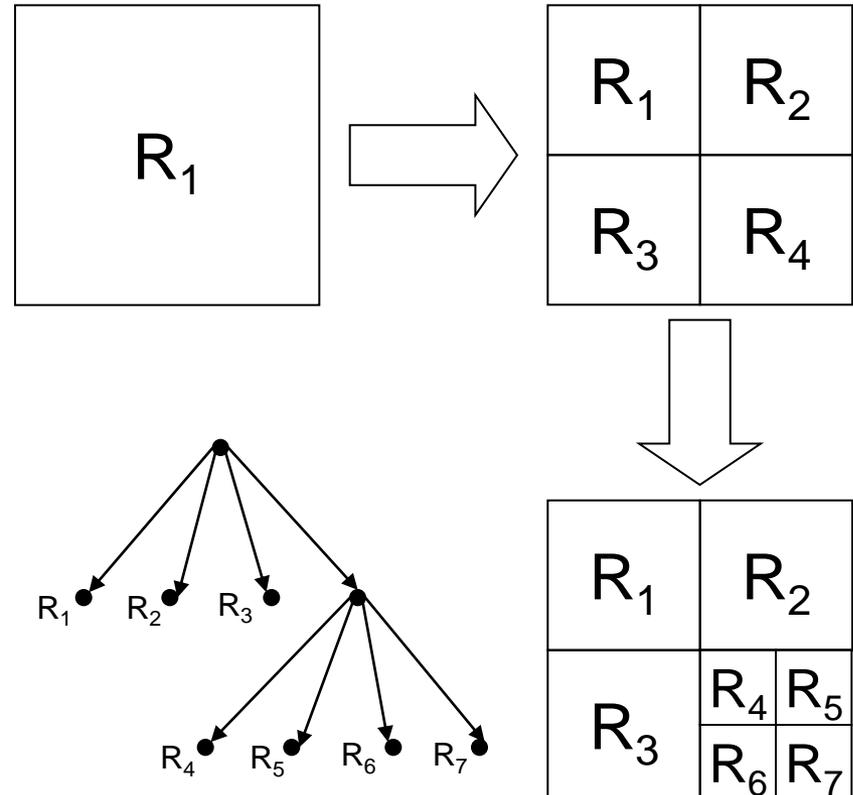
(b) Growing Process After a Few Iterations

- 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.

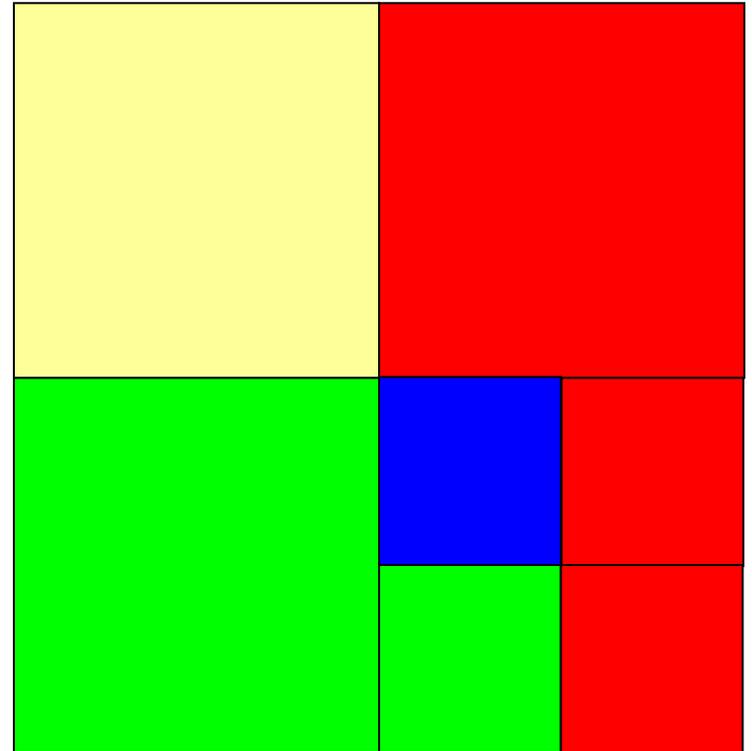


---

# *Split and Merge*

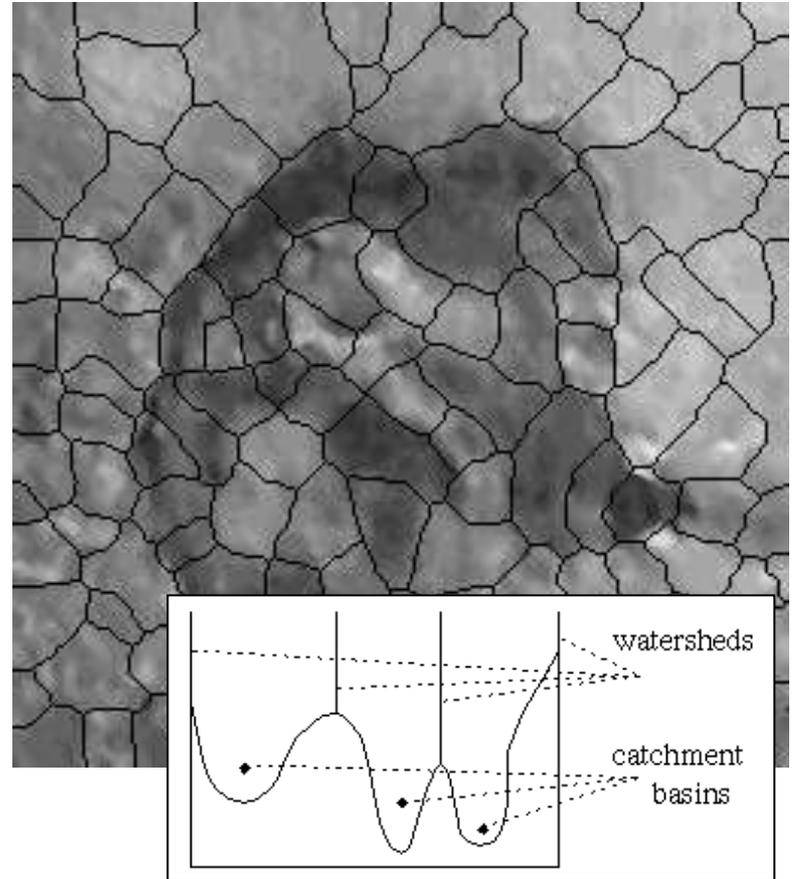
---

- 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

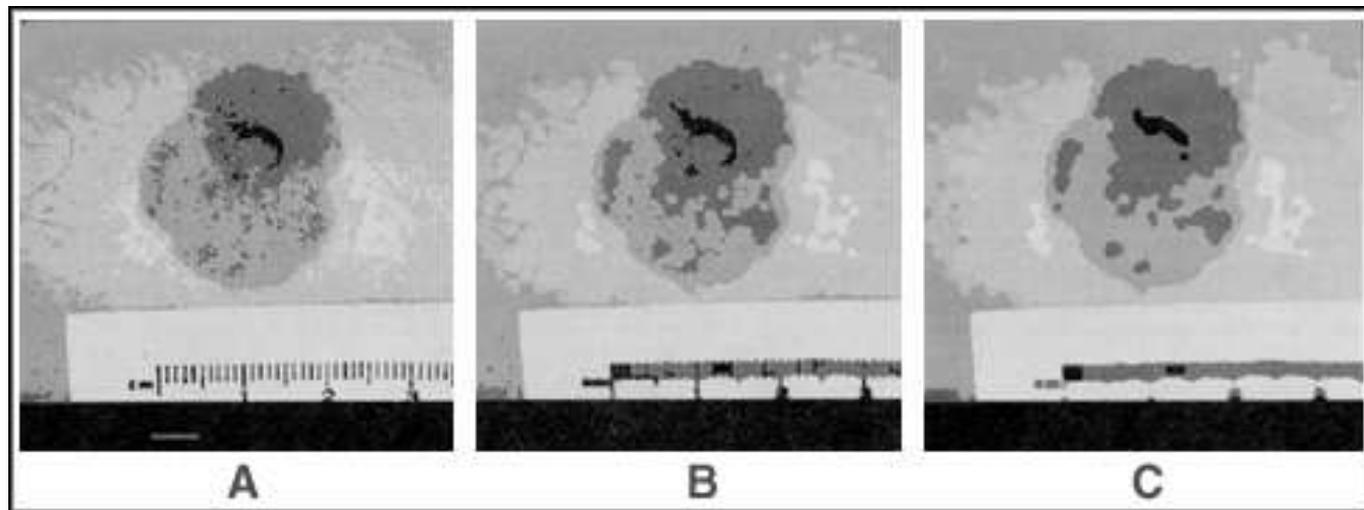
---

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:

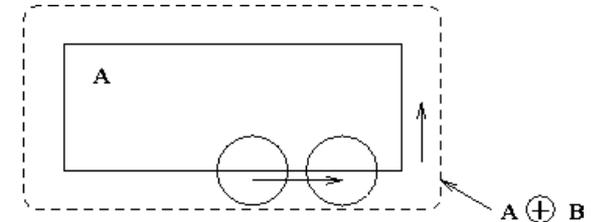
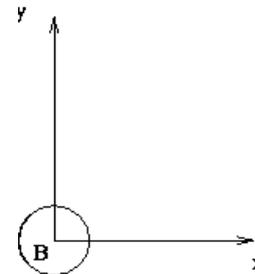
- Imagem
- Kernel morfológico

- Dilatação (D)

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

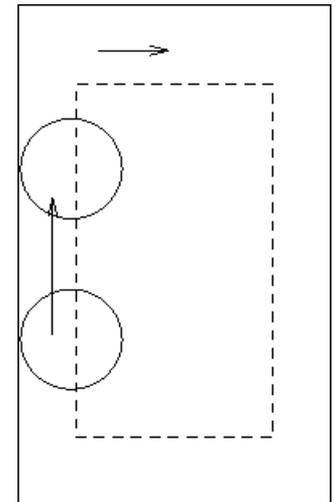
- Erosão (E)

- Intersecção
- Diminuição da área resultante



$$D(A, B) = A \oplus B = \bigcup_{\beta \in B} (A + \beta)$$

$$E(A, B) = A \ominus B = \bigcap_{\beta \in B} (A - \beta)$$



# Abertura, Fecho

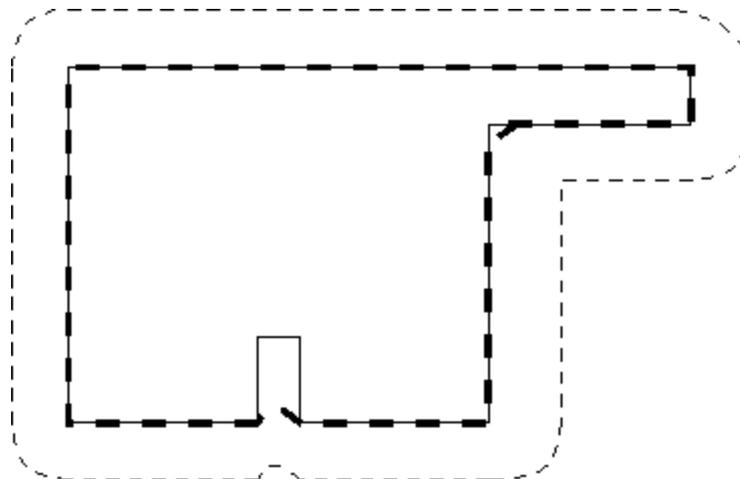
- **Abertura**

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

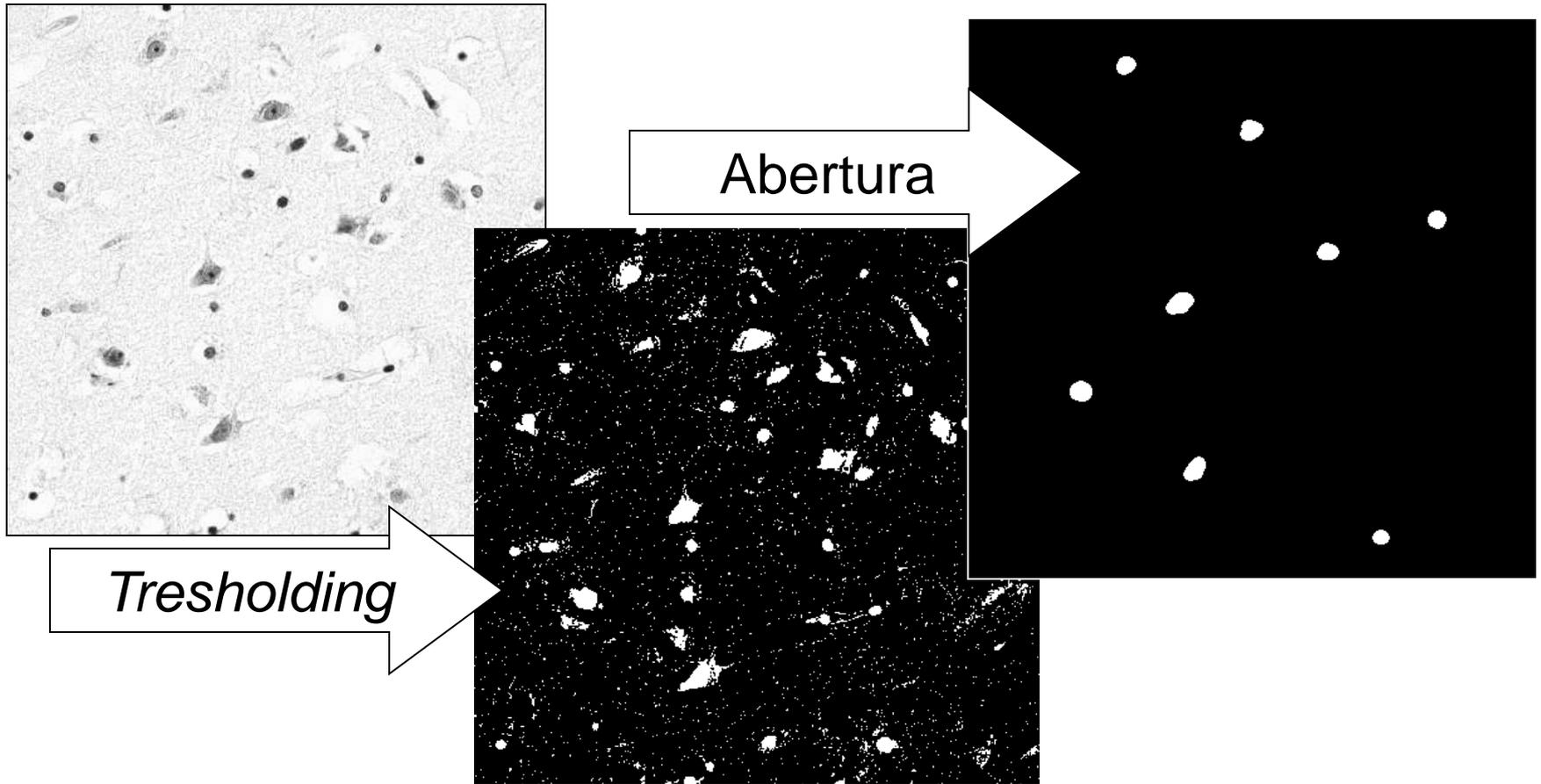


- **Fecho**

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



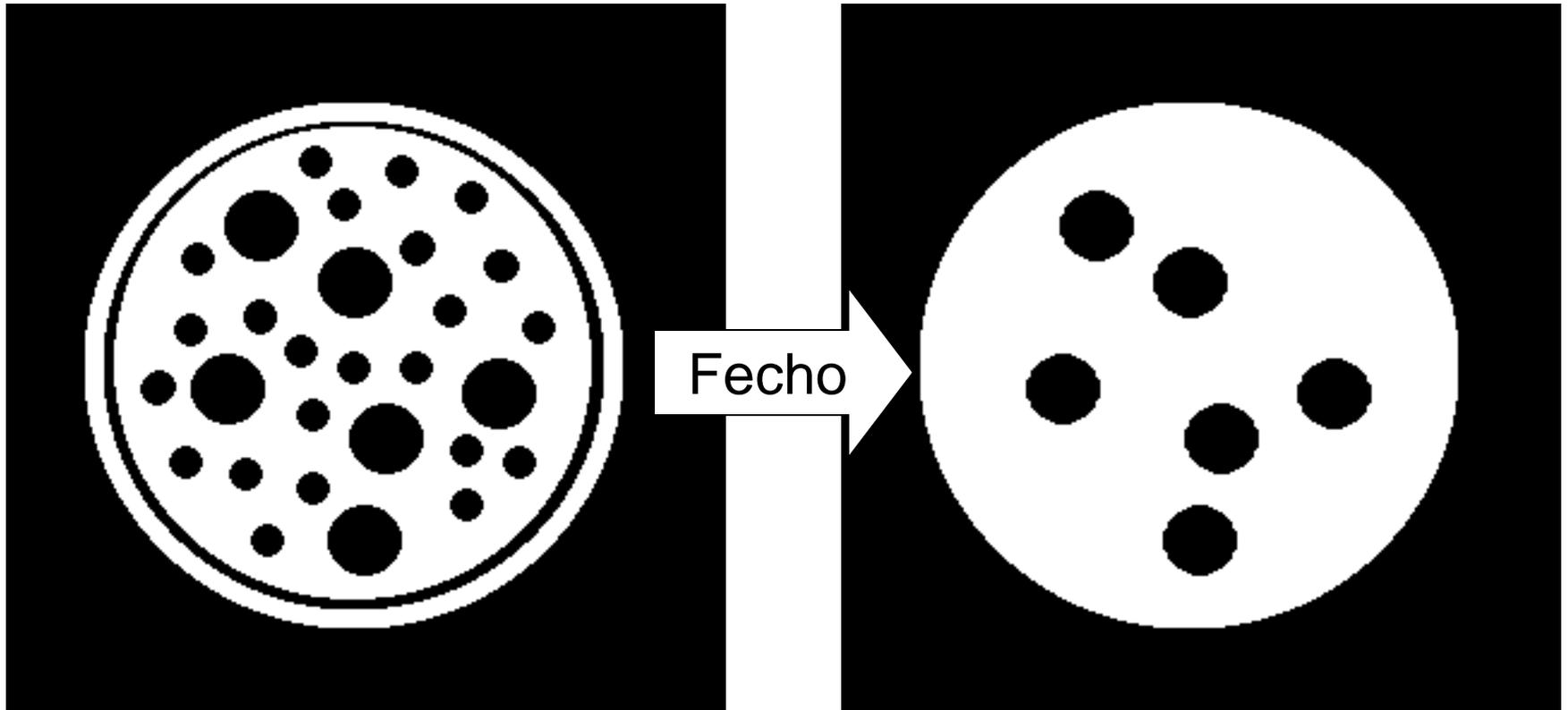
# Exemplos: Abertura



---

# Exemplos: Fecho

---



# Análise de componentes ligados

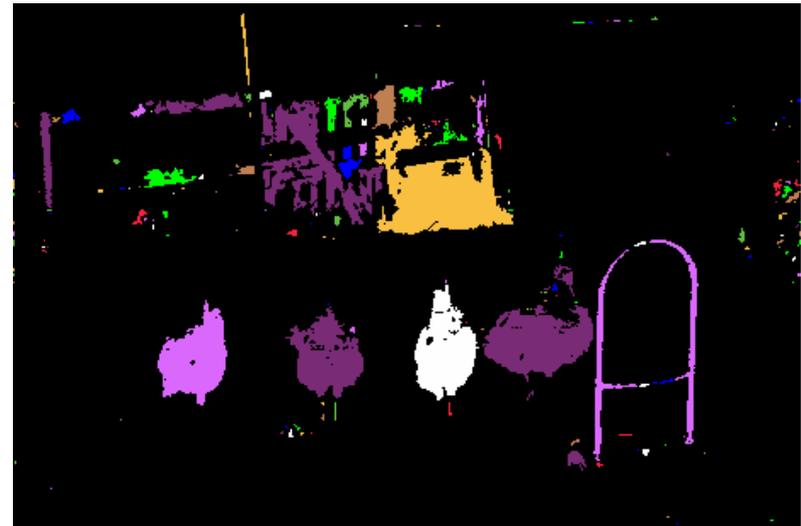
- Definimos 'ligação'

- 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**.

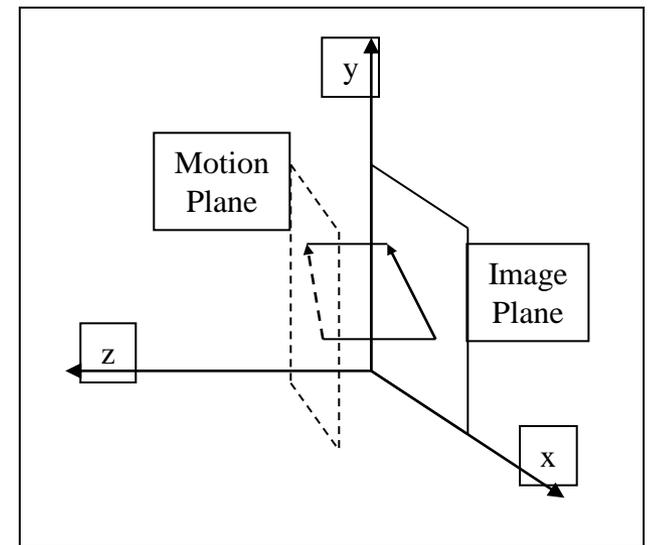
$$f(x,y,t)$$

- 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 Schunk 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.

---

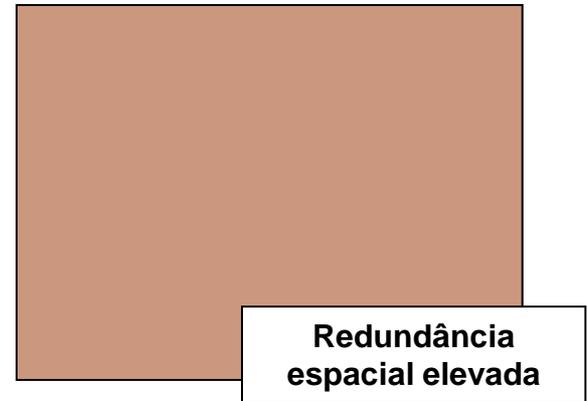
# Redundância de codificação

---

- **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



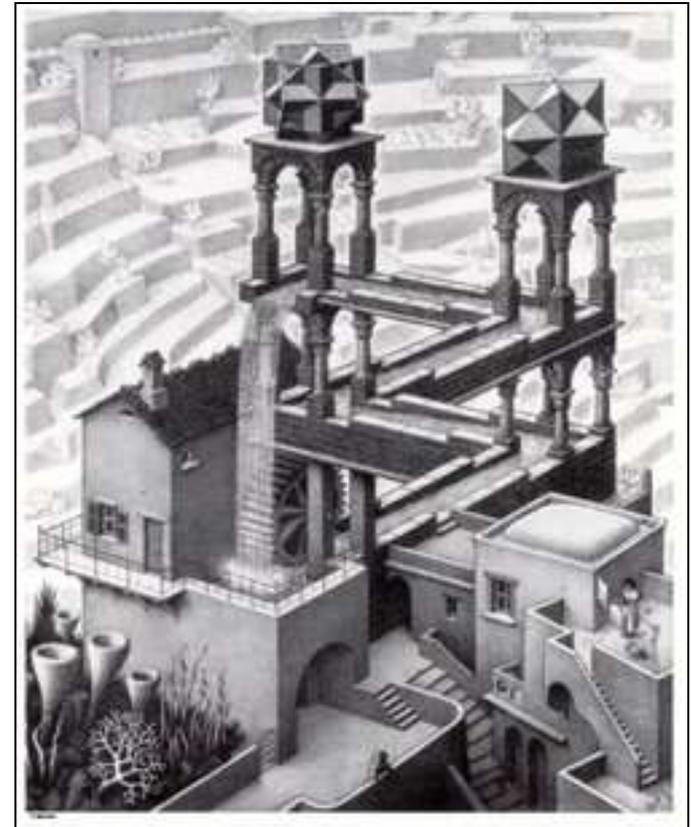
# Redundância temporal

- **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*.



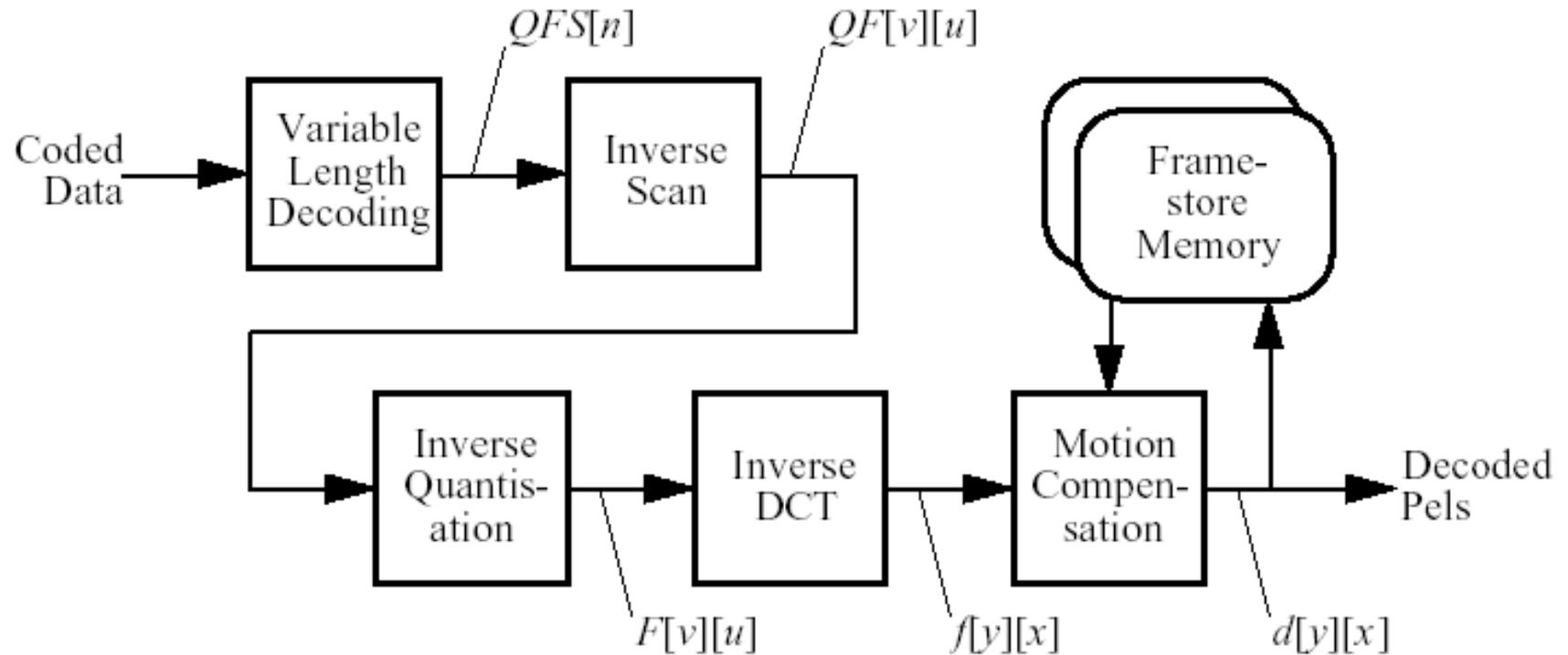
# Redundância psicovisual

- **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!

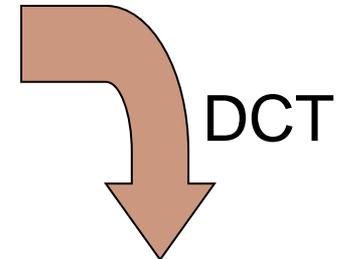
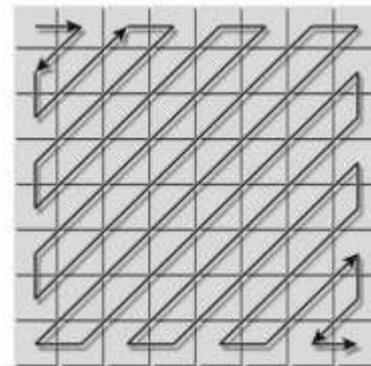
# Modelo de um codificador / descodificador vídeo



Descodificador MPEG-2

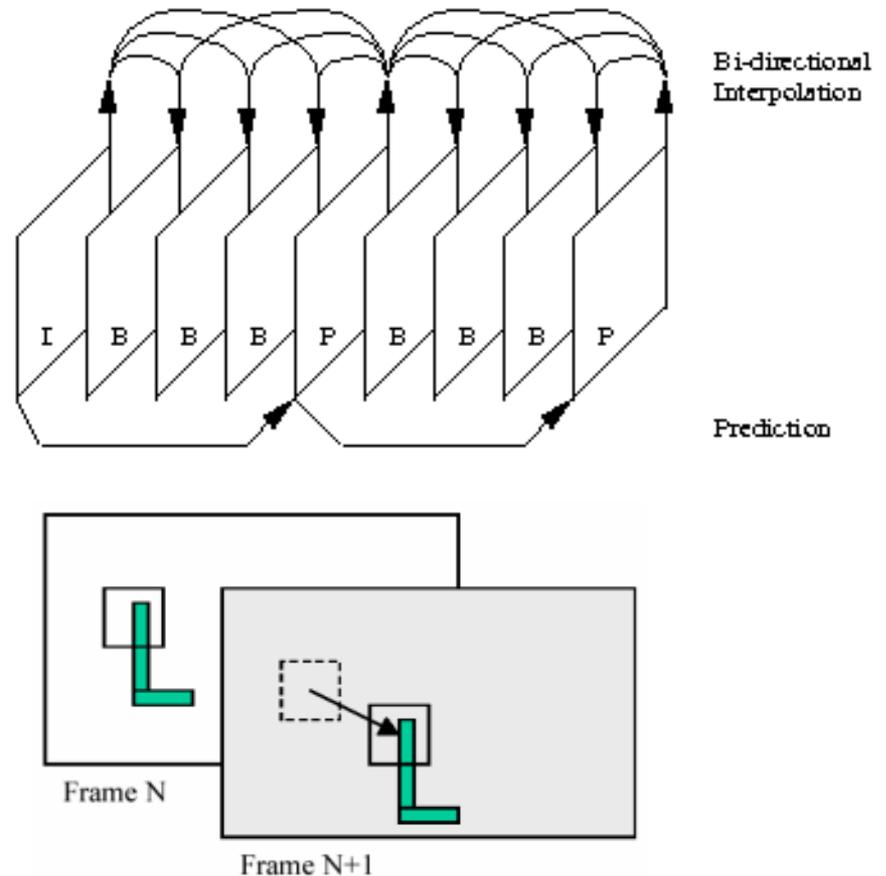
# Algoritmos de compressão de imagem

- 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, ...

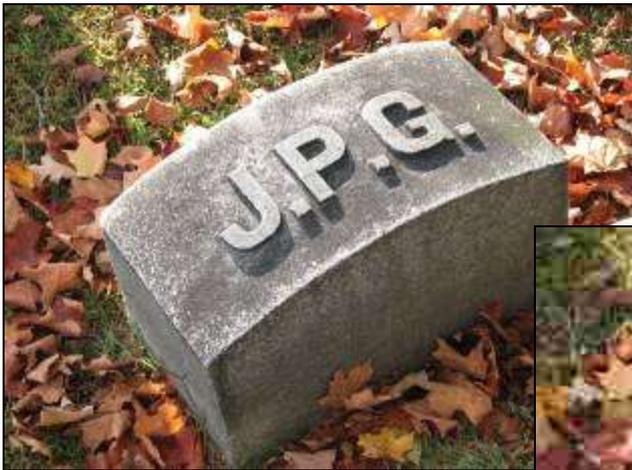


---

# Artefactos de compressão

---

- Podem afectar significativamente a qualidade das imagens!



A photograph of a grey stone marker or tombstone. The top surface of the marker is engraved with the letters 'JPG' in a bold, sans-serif font. The marker is set on a lawn covered with fallen autumn leaves in shades of brown, orange, and yellow. The lighting is bright, casting shadows on the stone and the ground.

JPG

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.