

---

# Capítulo III – Processamento de Imagem

Proc. Sinal e Imagem  
Mestrado em Informática Médica

*Miguel Tavares Coimbra*

---

# Resumo

---

1. Manipulação ponto a ponto
2. Filtros espaciais
3. Extracção de estruturas geométricas
4. Introdução à segmentação

---

# 1. Manipulação ponto a ponto

---

## 1. Manipulação ponto a ponto

- a. Negativo de uma imagem
- b. Manipulação da gama dinâmica
- c. Equalização de histograma

2. Filtros espaciais

3. Extração de estruturas geométricas

4. Introdução à segmentação

---

# Definições

---

- **Domínio espacial**
  - Refere-se à representação matricial da imagem em que cada pixel representa um ponto visual desta.
  - Por oposição: **Domínio das frequências.**
- **Operações neste domínio**
  - Podem ser expressas por:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

---

# Manipulação ponto a ponto

---

- A transformação  $T$  opera numa janela:
  - Imagem completa
  - Região
  - Ponto
- Se a janela se reduzir a um ponto temos:
  - Valor transformado é independente do valor dos vizinhos – **Manipulação ponto a ponto.**

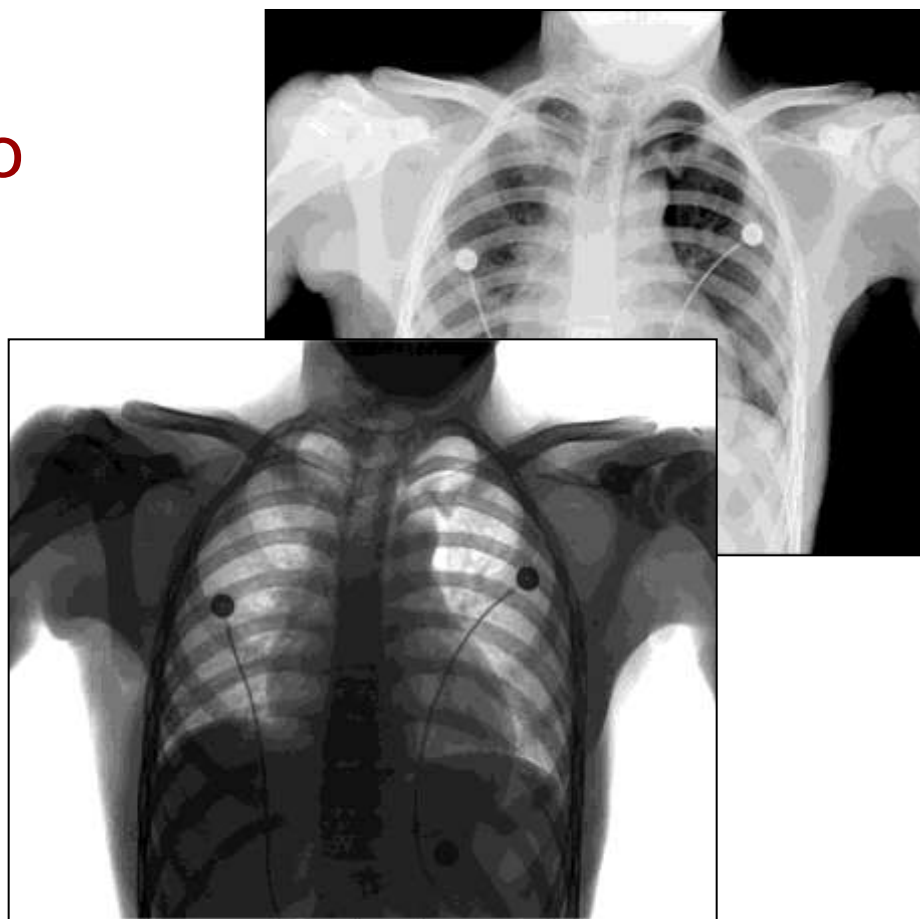
$$s = T(r)$$

# Negativo de uma imagem

- Corrige certos métodos de aquisição de imagem.
- Melhora a clareza psicovisual.

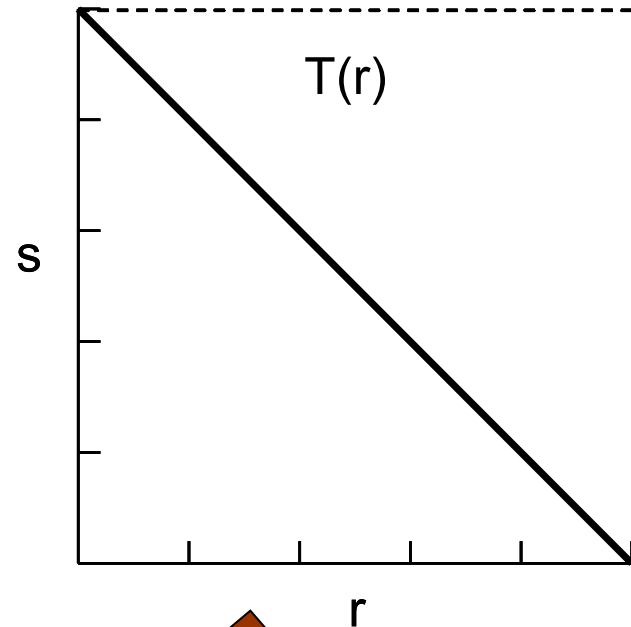
$$s = (MAX - r)$$

$$s = (255 - r)$$



# Manipulação da gama dinâmica

- **Gama dinâmica**
  - Variações de luz suportadas pela imagem.
  - Grande influência na percepção humana.
  - Manipulação usando uma *função de transformação*.

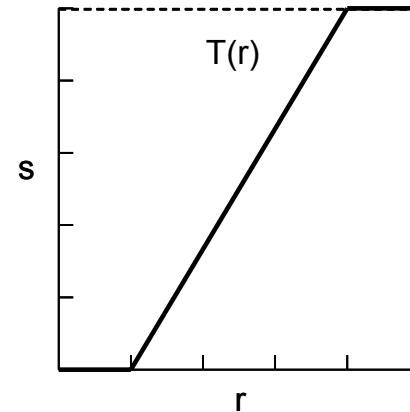


**Função de transformação:**  
Negativo de uma imagem

# Contrast Stretching

- ‘Estica’ a gama dinâmica de uma imagem.
- Melhora a utilização da gama dinâmica digital.
- Corrige problemas de captura óptica:
  - Má iluminação, abertura óptica, baixa eficácia dos sensores, etc.

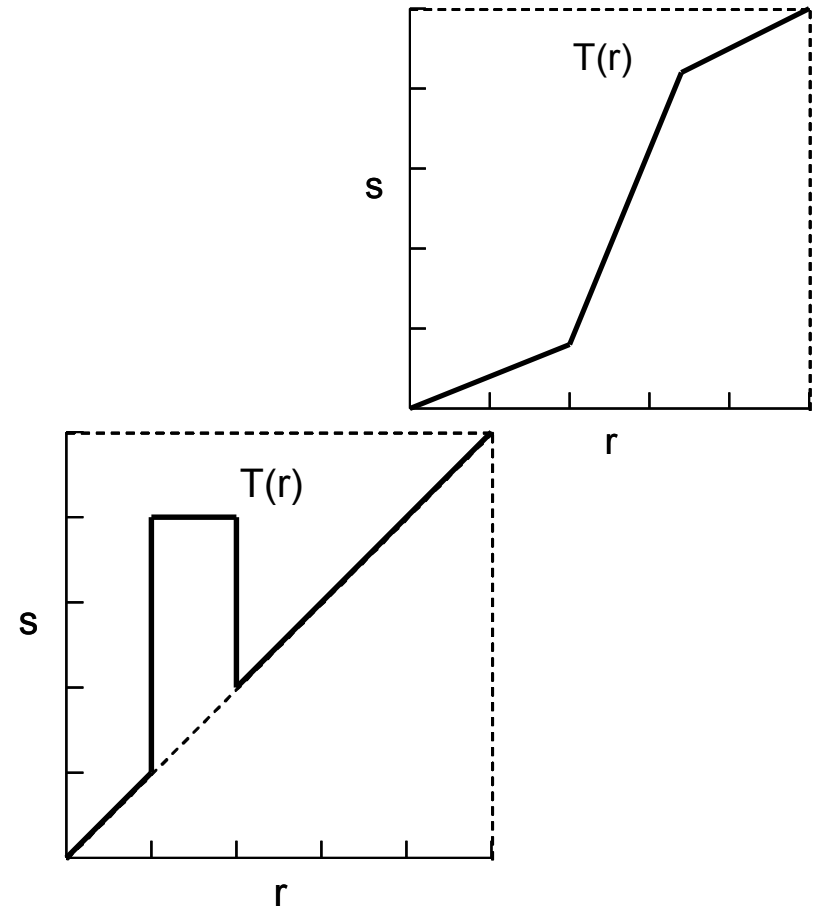
$$s = MAX \frac{r - \min}{\max - \min}$$





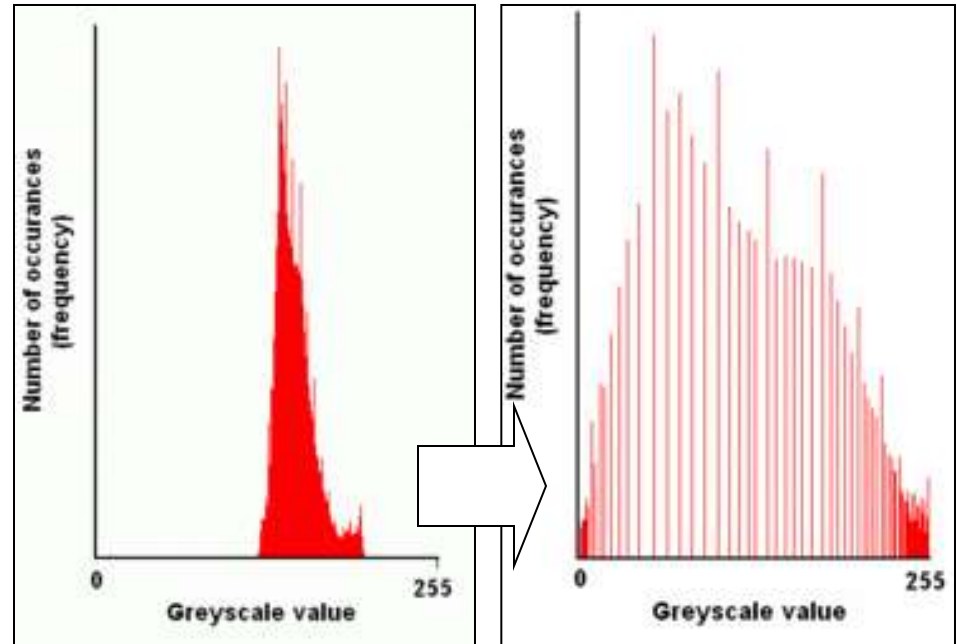
# Manipulação específica

- Adaptável às necessidades do problema.
- Adaptável ao sistema de aquisição.
- Flexibilidade:
  - Transformação linear.
  - Transformação não linear.
  - Definida pela *função de transformação*.



# Equalização de histograma

- Tenta melhorar a eficiência de utilização do espaço de amplitudes.
  - Histograma plano
- Sinal digital:
  - Histograma 'quase' plano
- Melhora contraste.
- Pode criar cores irrealistas!



$$f(a) = 255.P(a)$$

# Equalização de histograma - Exemplo



---

# 2. Filtros espaciais

---

1. Manipulação ponto a ponto
- 2. Filtros espaciais**
  - a. Máscaras espaciais
  - b. Tipos de filtros
3. Extracção de estruturas geométricas
4. Introdução à segmentação

---

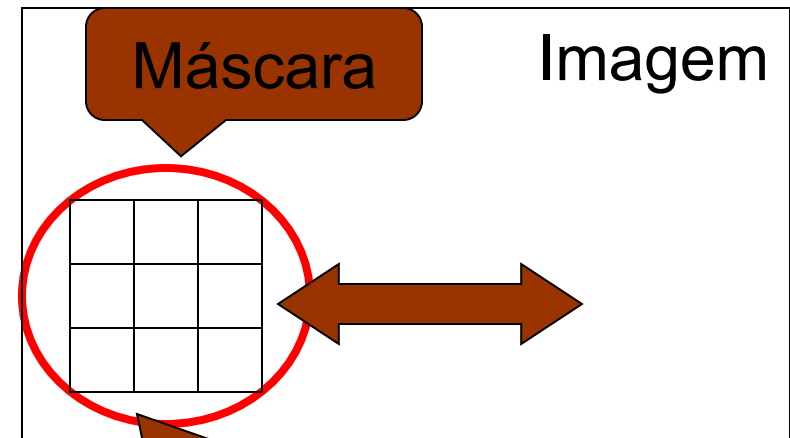
# Definições

---

- **Filtros espaciais**
  - Utilizam uma **máscara** para actuar sobre uma região da imagem.
  - Trabalham directamente com os pontos da imagem.
  - Por oposição: **Filtros de frequência**.
- **Vantagens**
  - Implementação simples: **convolução** com uma máscara.
  - Máscaras diferentes permitem uma **grande variedade de funcionalidades**.

# Máscara espacial

- Forma simples de processar uma imagem.
- Máscara define a função aplicada.
- Corresponde a uma multiplicação no espaço de frequências.



# Máscara espacial - Exemplo

- Cada posição da máscara possui um peso  $p$ .
- O resultado da operação num ponto é igual a:

|    |    |    |
|----|----|----|
| 1  | 2  | 1  |
| 0  | 0  | 0  |
| -1 | -2 | -1 |

Máscara

|   |   |   |
|---|---|---|
| 2 | 2 | 2 |
| 4 | 4 | 4 |
| 4 | 5 | 6 |

Imagem

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b p(s, t) \cdot f(x + s, y + t)$$

$$\begin{aligned} &= 1 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 1 \cdot 2 + \dots \\ &= 8 + 0 - 20 \\ &= -12 \end{aligned}$$

# Smoothing – Média

- Consiste em **atenuar** as frequências espaciais elevadas da imagem (filtro passa-baixo).
  - Torna a imagem mais ‘suave’.
  - Usado na remoção de ruído.
- Pode ser implementado com máscaras ou no espaço de frequências.



|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 1/9 | 1/9 | 1/9 |
| 1/9 | 1/9 | 1/9 |
| 1/9 | 1/9 | 1/9 |



# Sharpen - Laplaciano

- Operação inversa: **Acentua** as frequências espaciais elevadas da imagem.
  - Acentua as fronteiras da imagem.
  - Parece tornar a imagem mais 'nítida'.
- Implementação:
  - Filtro passa-alto (Laplaciano).
  - Resultado somado à imagem original.



|   |    |   |
|---|----|---|
| 0 | 1  | 0 |
| 1 | -4 | 1 |
| 0 | 1  | 0 |

|   |    |   |
|---|----|---|
| 1 | 1  | 1 |
| 1 | -8 | 1 |
| 1 | 1  | 1 |

---

# Outros filtros espaciais

---

- **Passa-baixo**

- Mediana
- Gaussiano

A máscara utilizada não necessita de ser 3x3!

- **Passa-alto**

- Detectores de fronteiras.

- **Outros**

- Podemos configurar um filtro espacial, dado um determinado filtro de frequência.

---

# Tipos de resultados

---

- **Imagem**

- A matriz representa uma ‘imagem fotográfica’.
  - Espaço de cores original.
  - Novo espaço de cores.
- Objectivos:
  - Remover ruído.
  - Melhorar visibilidade.
  - Artístico.

- **Característica**

- O resultado não é uma ‘imagem’ (sentido restrito).
- Mede uma característica da imagem.
- Objectivos:
  - Detecção.
  - Extracção de características.

---

# 3. Extr. estruturas geométricas

---

1. Manipulação ponto a ponto
2. Filtros espaciais
- 3. Extracção de estruturas geométricas**
  - a. Pontos, linhas e fronteiras
  - b. Operadores populares
  - c. Outras formas
4. Introdução à segmentação

---

# Definições

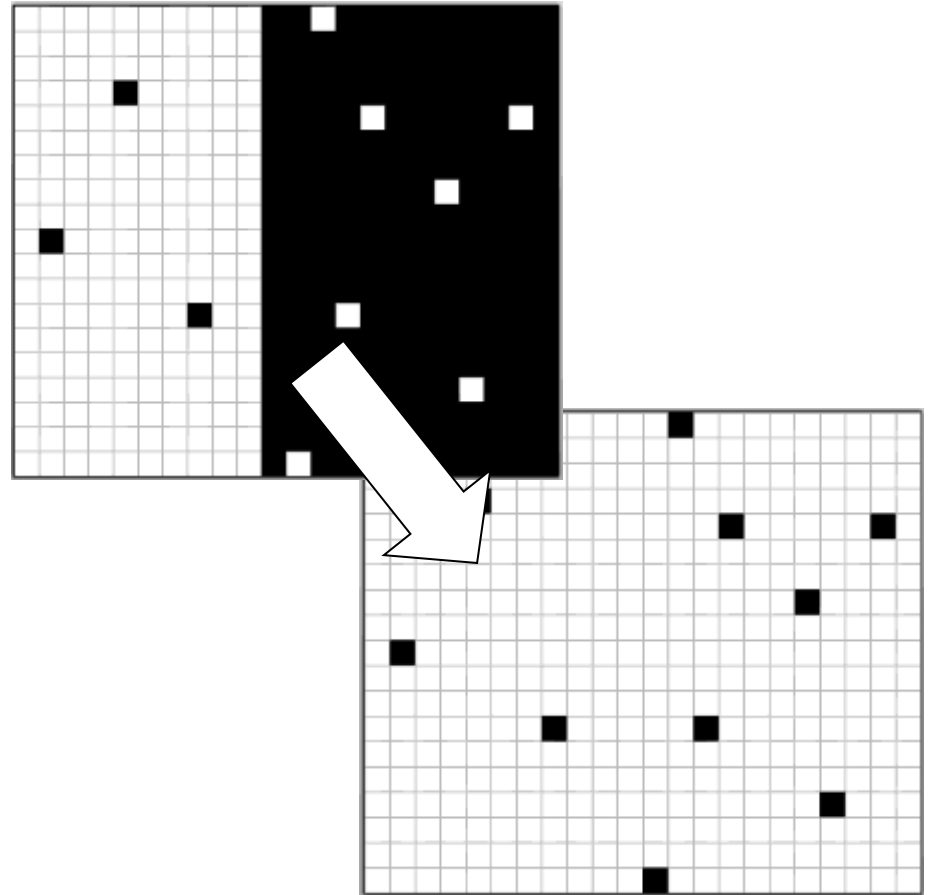
---

- As estruturas geométricas são **descontinuidades** na matriz da imagem.
- O **gradiente** espacial ajuda-nos a medir o grau de **variação espacial** da imagem.
- Zonas de elevado gradiente denotam descontinuidades.
- Posso usar **máscaras espaciais** para medir o gradiente.

# Pontos

- Um ponto isolado deve ter elevado gradiente:
  - Horizontal
  - Vertical
- Máscara simples.

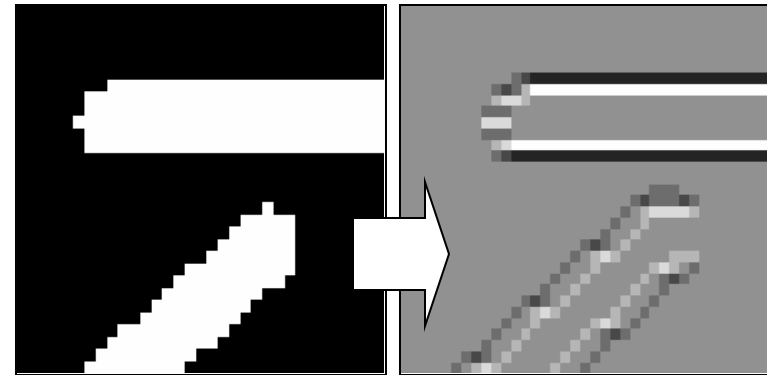
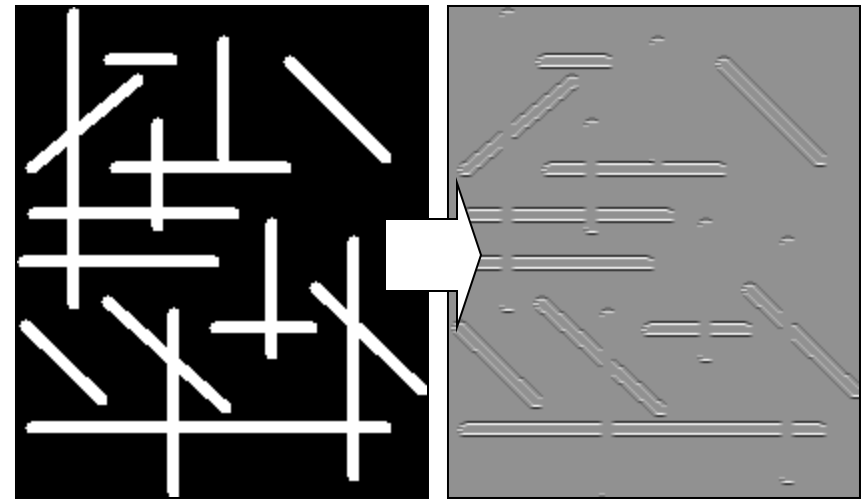
|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| -1 | 8  | -1 |
| -1 | -1 | -1 |



# Linhas

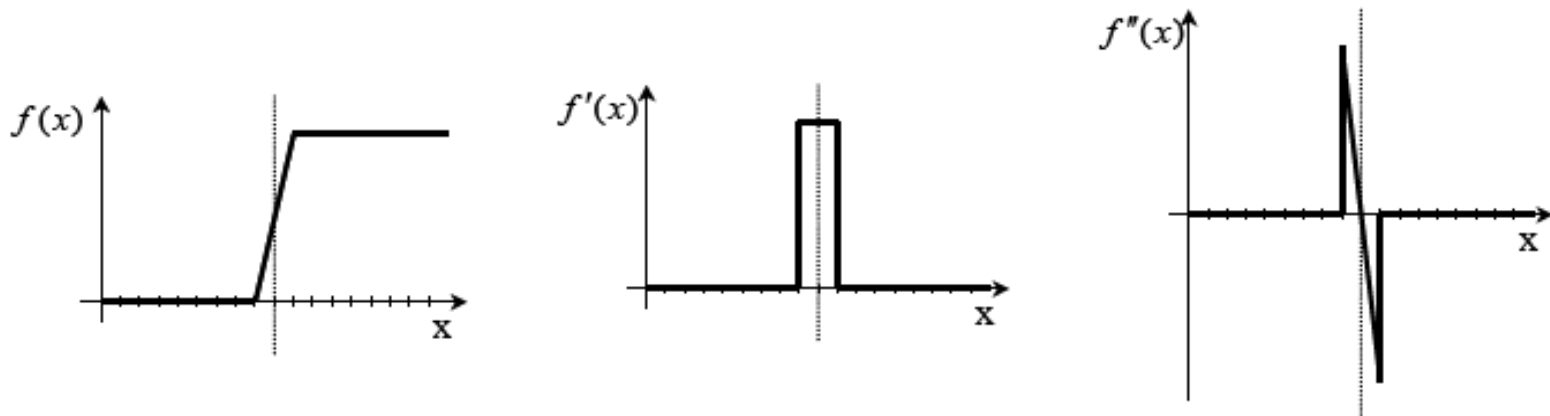
- Uma linha reflecte um gradiente forte numa só direcção.
- Duas máscaras:
  - Horizontal
  - Vertical
- E para mais direcções?
  - Mais máscaras!

|    |    |    |    |   |    |
|----|----|----|----|---|----|
| -1 | -1 | -1 | -1 | 2 | -1 |
| 2  | 2  | 2  | -1 | 2 | -1 |
| -1 | -1 | -1 | -1 | 2 | -1 |



# Fronteiras

- **Fronteira:**
  - Descontinuidade espacial da amplitude dos pixels.
  - Magnitude elevada do gradiente espacial.
    - Primeira derivada (pico)
    - Segunda derivada (*zero crossing*)





# Operadores populares

- **Detecção de fronteiras**

- Grande utilidade para vários problemas.
- Problema bem estudado.

$$G_x \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_y \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

a) Sobel edge detector

$$G_x \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_y \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

b) Prewitt edge detector

- **Soluções variadas**

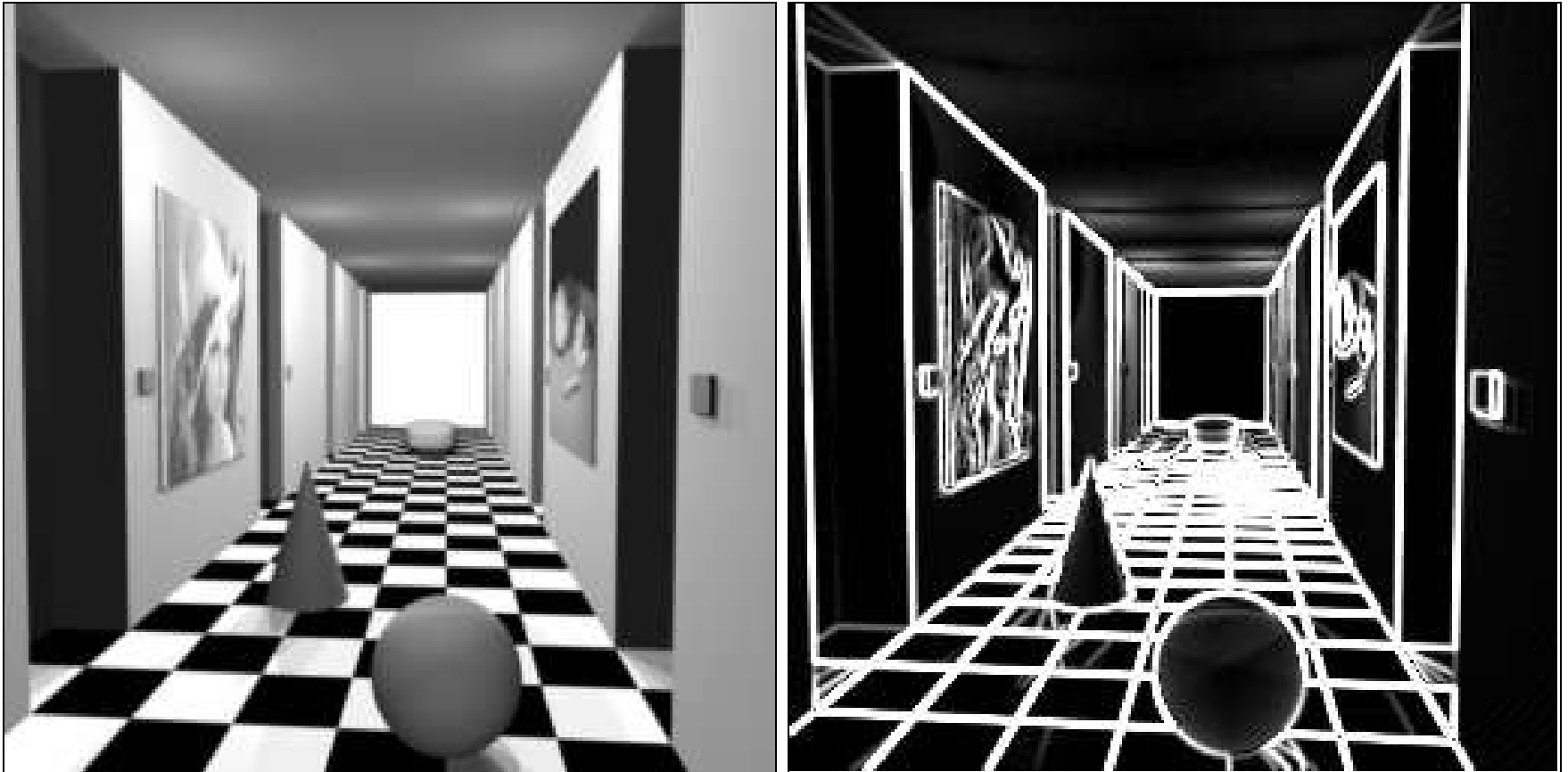
- Sobel, Prewitt, Roberts,...

$$G_x \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$G_y \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

c) Roberts edge detector

# Exemplo



# Transformada de Hough

- Equação de uma linha:

- Parâmetros:  $x, y$

- $$y_i = ax_i + b$$

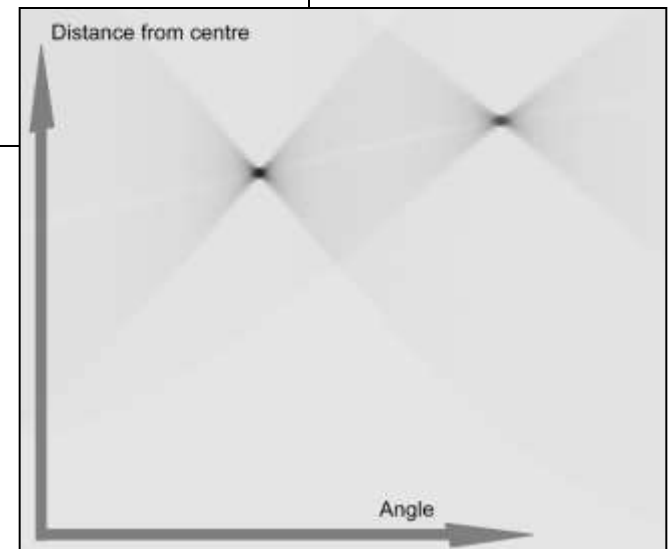
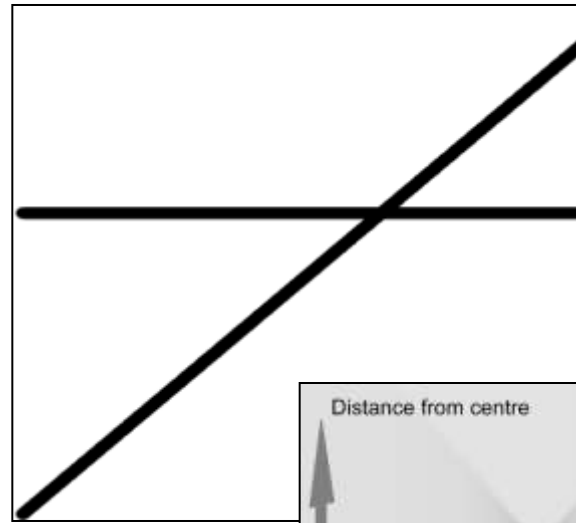
- Parâmetros:  $a, b$

- $$b = -x_i a + y_i$$

- Linha que passam por um ponto:

- $x, y$  – infinitas

- $a, b$  – uma!



# Outras formas

- Codifico na máscara a forma a detectar.
- Rigidez da detecção:
  - Dimensão.
  - Orientação.
- Variabilidade na detecção:
  - Preciso de muitas máscaras!

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Util para formas muito específicas

---

# 4. Introdução à segmentação

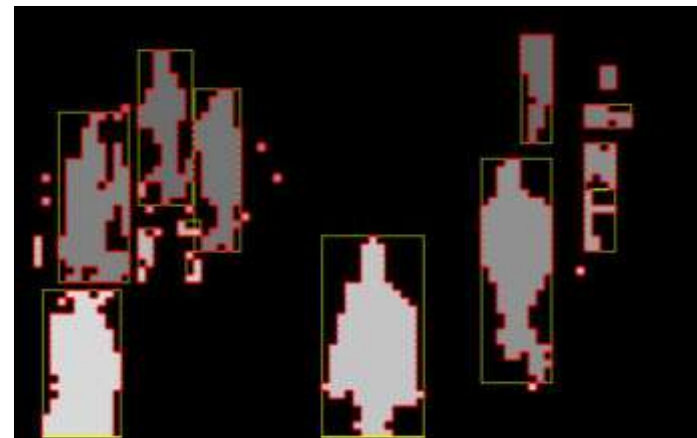
---

1. Manipulação ponto a ponto
2. Filtros espaciais
3. Extração de estruturas geométricas
- 4. Introdução à segmentação**
  - a. Subjectividade do resultado
  - b. Thresholding*
  - c. Pré e Pós-processamento

# 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

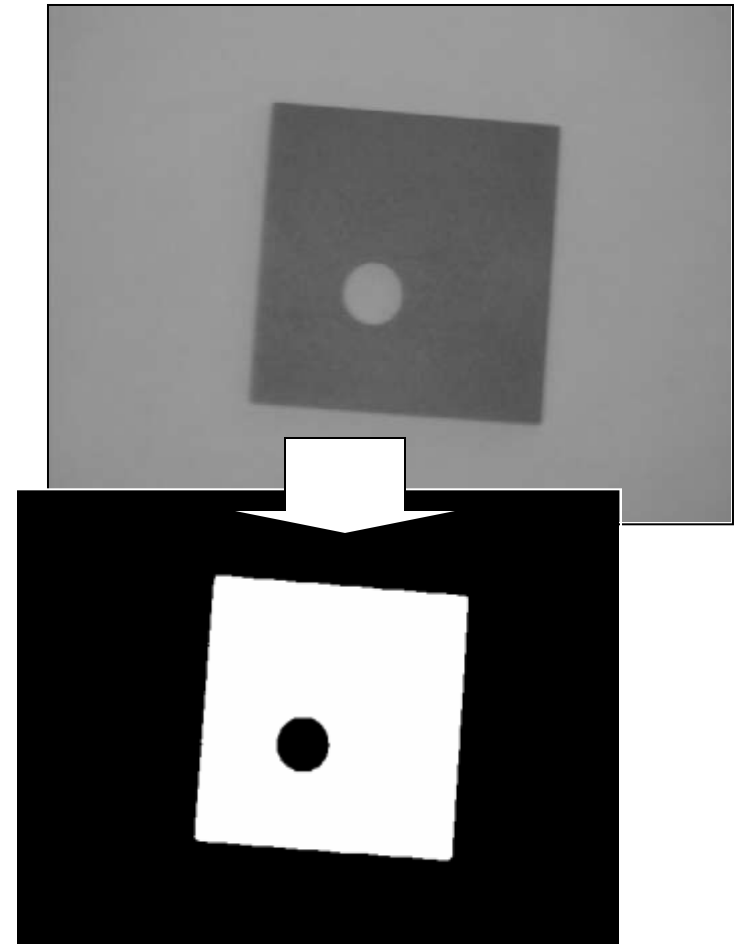
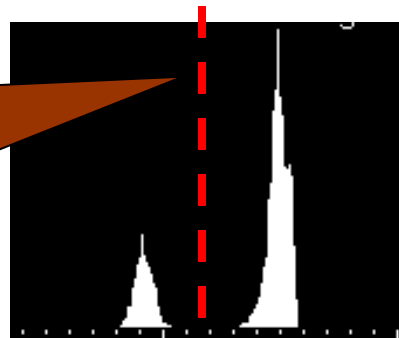
- O resultado de uma segmentação apenas é 'correcto' dado um determinado contexto.
  - Subjectividade!
  - Difícil implementação computacional.
  - Dificuldades na avaliação do desempenho.



# 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

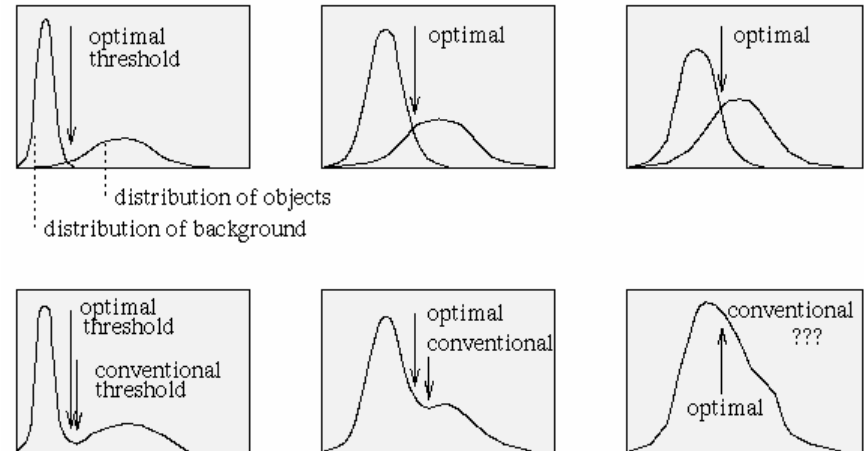
*Threshold adequado!*





# 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.



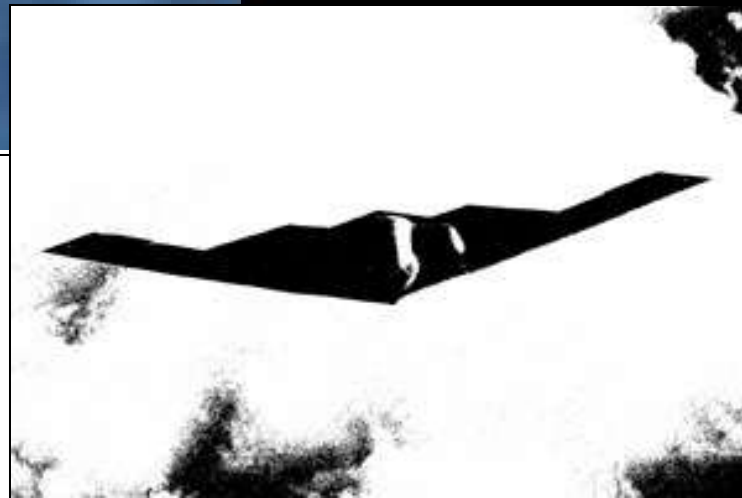
A combinação das distribuições de duas regiões pode tornar a segmentação simples (esquerda) ou muito difícil (direita).

Adaptado de [1]

# Exemplo



Correcta  
( $k = 74$ )



Errada!  
( $k = 128$ )

---

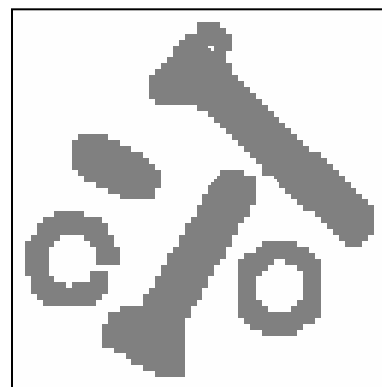
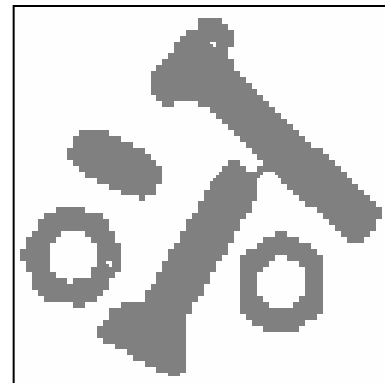
# Pré-processamento

---

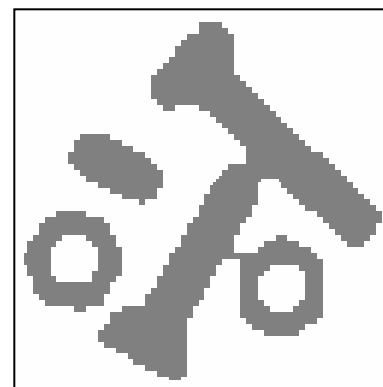
- Manipulação da imagem antes da aplicação do *thresholding*.
- Permite criar uma melhor separação das zonas no histograma.
- Mais comum: Filtragem de ruído.
  - Filtro passa-baixo.
  - Filtro de mediana.

# 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

---

# Resumo

---

- Operações ponto a ponto.
- Máscaras e filtros espaciais.
- Extração de formas geométricas simples.
- *Thresholding* e os números mágicos.
- Vantagens do Pré e Pós-Processamento.

---

# Referências

---

1. M. Sonka et al., “Image Processing, Analysis and Machine Vision”, 2<sup>nd</sup> Edition, International Thomson Publishing, 1999.
2. Gonzalez and Woods, “Digital Image Processing – 3<sup>rd</sup> Edition”, Prentice Hall, 2008.