

Processamento Digital de Imagens

Análise de Imagens

Eduardo A. B. da Silva

Programa de Engenharia Elétrica - COPPE/UFRJ

Laboratório de Sinais, Multimídia e Telecomunicações
eduardo@smt.ufrj.br

Sergio L. Netto

Programa de Engenharia Elétrica - COPPE/UFRJ

Laboratório de Sinais, Multimídia e Telecomunicações
sergioln@smt.ufrj.br

Abril de 2017



Sumário

- ① **Análise de Imagens**
 - Análise de Imagens
 - Detecção de Arestas
 - Morfologia

Análise de Imagens

Visa a extração de dados do mundo real a partir de uma imagem. Envolve técnicas de:

- Extração de Características;
- Segmentação;
- Classificação;



Extração de Características Espaciais

- Amplitude de propriedades físicas de objetos: estão diretamente associadas à informações do mundo real (reflectância, resposta espectral);
 - Ex: em imagens médicas, tons de cinza distintos representam tecidos com características distintas).
 - Podem ser extraídas diretamente da imagem ou usando técnicas de realce;
- Histogramas (probabilidades dos tons de cinza): usados para extrair média, variância, momentos em geral, entropia (em geral em uma janela móvel);
 - Indicam propriedades dos objetos tais como atividade local,
 - Fornecem parâmetros que auxiliam no realce de imagens, modelagem de processos de degradação, etc.

Extração de Características das Transformadas

Fornecem informações espectrais dos dados;

Ex: saber o ângulo de inclinação de uma barra, etc.

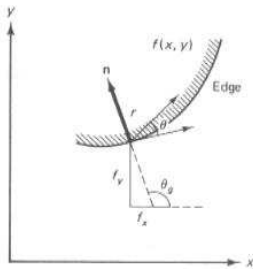
Detecção de Arestas

Arestas caracterizam os limites dos objetos, sendo úteis então para segmentação, identificação de objetos em cenas, etc.

São locais com mudanças abruptas de nível de cinza.

Operadores por Gradiente

⇒ Máximo local da derivada de uma função $f(x, y)$ numa direção perpendicular à aresta.



$$\frac{\partial f}{\partial r} = \frac{\partial f}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial r} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial r} = f_x \cos \theta + f_y \sin \theta$$

$$\text{Máximo de } \frac{\partial f}{\partial r} \Rightarrow \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{\partial f}{\partial r} \right) = 0$$

$$-f_x \sin \theta + f_y \cos \theta = 0, \quad \tan \theta = \frac{f_y}{f_x}, \quad \cos \theta = \frac{f_x}{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}, \quad \sin \theta = \frac{f_y}{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial f}{\partial r} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Aproximados por:

$$g_x(x, y) \approx f(x+1, y) - f(x-1, y)$$

$$g_y(x, y) \approx f(x, y+1) - f(x, y-1)$$

Exemplos:

$$\text{Roberts} \begin{bmatrix} \boxed{0} & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \boxed{1} & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

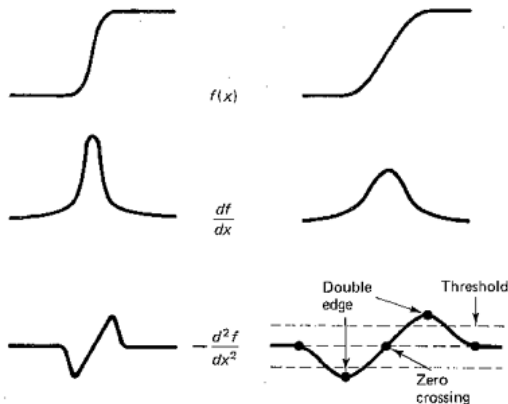
$$\text{Prewitt} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & \boxed{0} & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & \boxed{0} & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Sobel} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & \boxed{0} & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & \boxed{0} & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Isotropic} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & \boxed{0} & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & \boxed{0} & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$$

Operadores por Derivada

Zero-crossing da derivada segunda de uma borda:

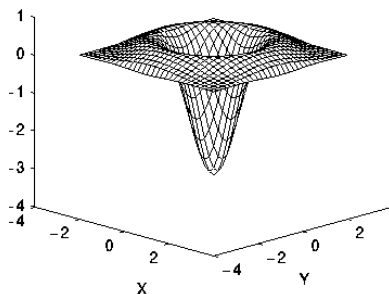


Sensível a ruído: filtro a imagem com uma gaussiana antes.

⇒ Equivale a filtrar o operador Laplaciano pela gaussiana;

Laplaciano de uma Gaussiana:

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$



LoG

0	1	1	2	2	2	1	1	0
1	2	4	5	5	5	4	2	1
1	4	5	3	0	3	5	4	1
2	5	3	-12	-24	-12	3	5	2
2	5	0	-24	-40	-24	0	5	2
2	5	3	-12	-24	-12	3	5	2
1	4	5	3	0	3	5	4	1
1	2	4	5	5	5	4	2	1
0	1	1	2	2	2	1	1	0

aproximação discreta

Operadores Laplace

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & \boxed{4} & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & \boxed{8} & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & \boxed{4} & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Ex: Operador por gradiente



Input image



Horizontal Sobel



Vertical sobel



Combined Sobel



Threshold value 25



Threshold value 60

Imagem Original:



Roberts:



Prewitt:



Sobel:



Laplace:



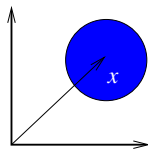
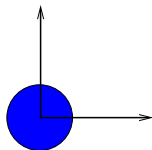
Morfologia

Definições Básicas

Processamento realizado em imagens binárias (apenas preto ou branco, 1 bit por pixel)

Elemento estruturante B : conjunto de pontos no espaço $2D$;

B_x : B transladado para ter origem em x ;



⇒ O elemento estruturante B pode ter formato arbitrário;

Exemplo:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

0	1	0
1	1	1
0	1	0

0	1	0	1
1	0	1	1
0	1	0	0

Operações Elementares

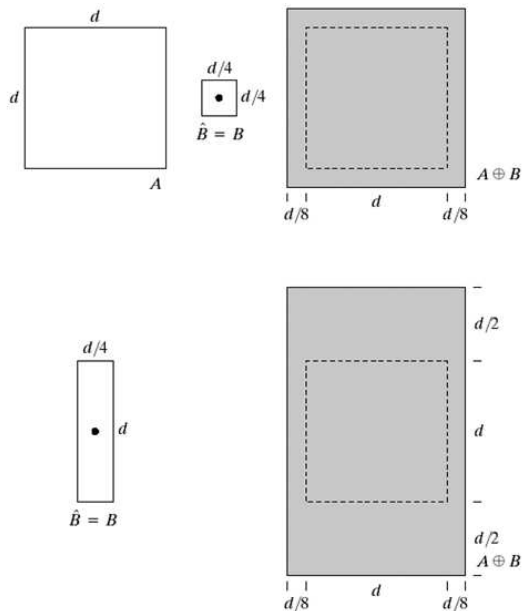
São os blocos de construção das operações morfológicas.

Dilatação:

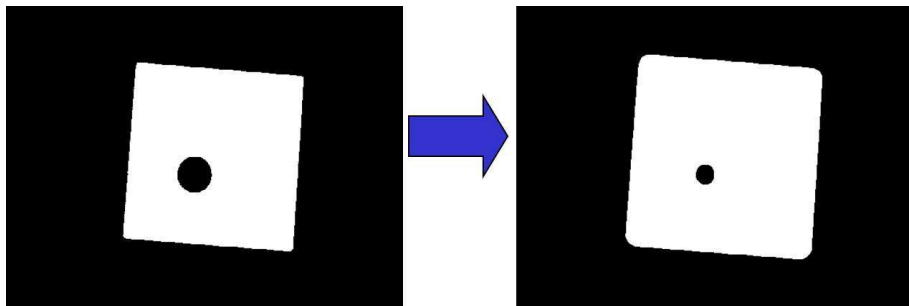
$$X \oplus B \triangleq \{x : B_x \cap X \neq \emptyset\}$$

⇒ Coordenadas do centro de B para as quais B toca o conjunto X;

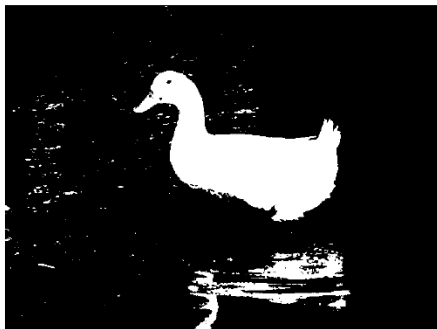
Exemplo:



Exemplo 2:



Exemplo 3:



elemento
estruturante

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

23

Exemplo 4:

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



0	1	0
1	1	1
0	1	0

Quando a dilatação é útil?

Para fechar contornos:



Para preencher imperfeições na periferia (e interior) dos objetos:

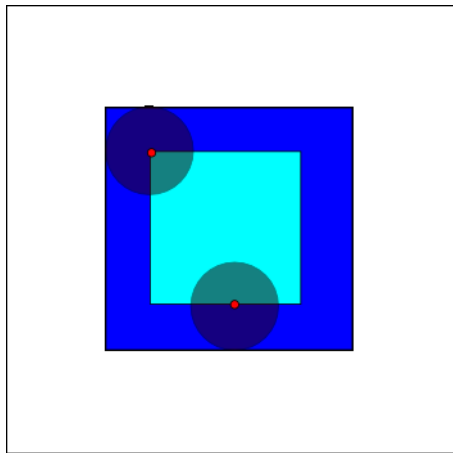


⇒ Atenção: a dilatação amplia as dimensões do objeto!

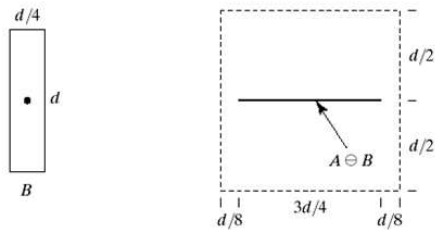
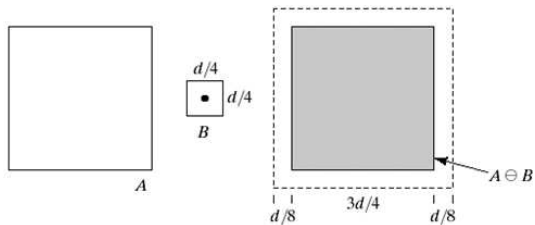
Erosão:

$$X \ominus B \triangleq \{x : B_x \subset X\}$$

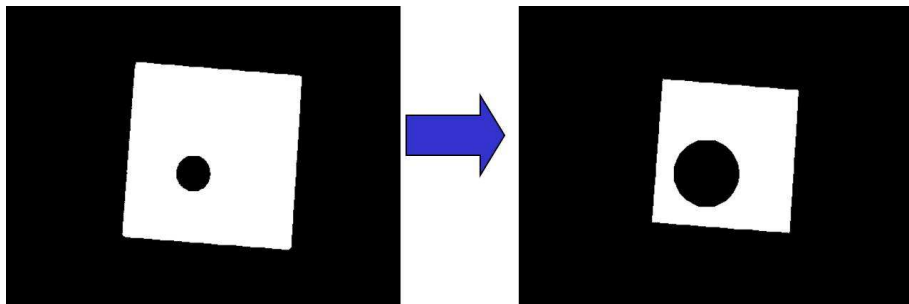
$\Rightarrow \Rightarrow$ Coordenadas do centro de B para as quais B cabe (integralmente) no conjunto X ;



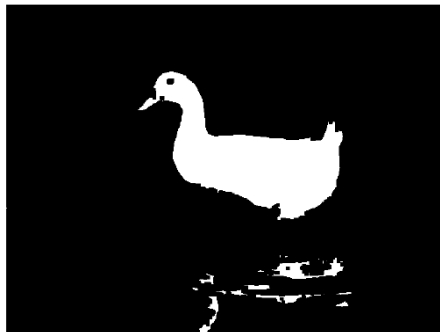
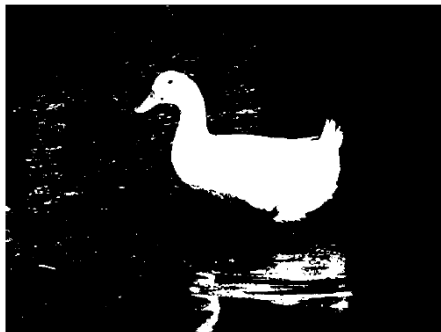
Exemplo:



Exemplo 2:



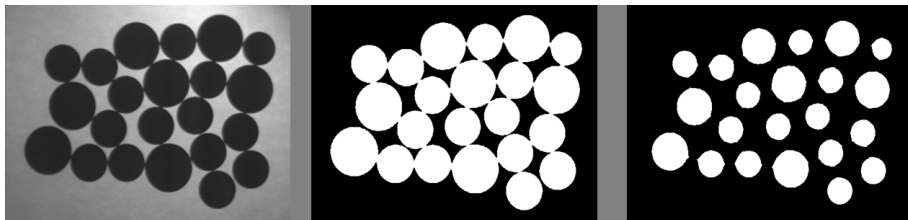
Exemplo 3:



elemento
estruturante

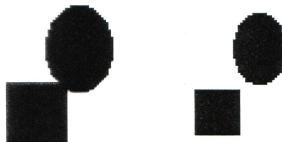
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

Exemplo 4: segmentação de moedas (para fins de contagem)

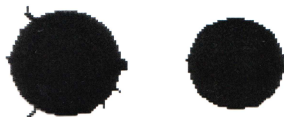


Quando a erosão é útil?

Para separar objetos conectados:



Para remover imperfeições na periferia dos objetos:



⇒ Atenção: a erosão reduz as dimensões do objeto!

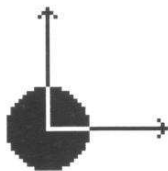
Outras Operações

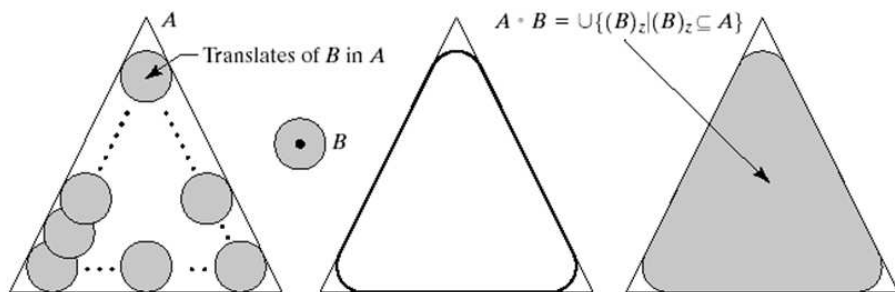
Abertura

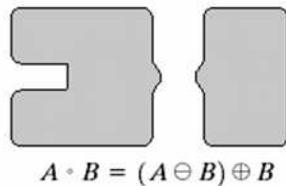
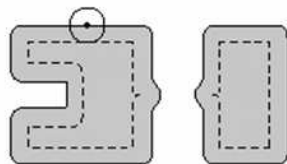
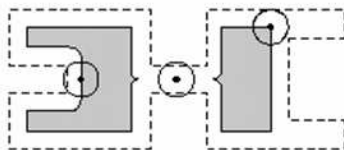
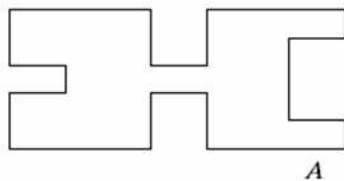
Erosão seguida de Dilatação:

$$X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$$

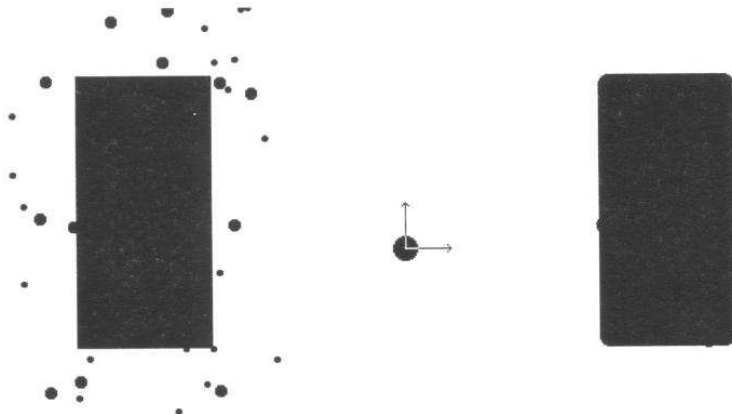
⇒ Suaviza contornos de objetos, elimina regiões de contato estreitas e elimina protruções;

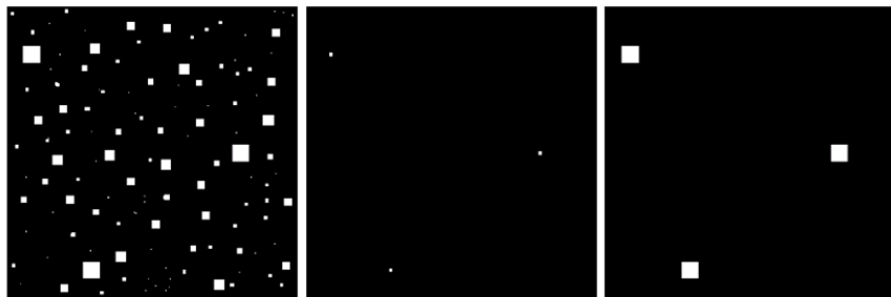






Aplicações:





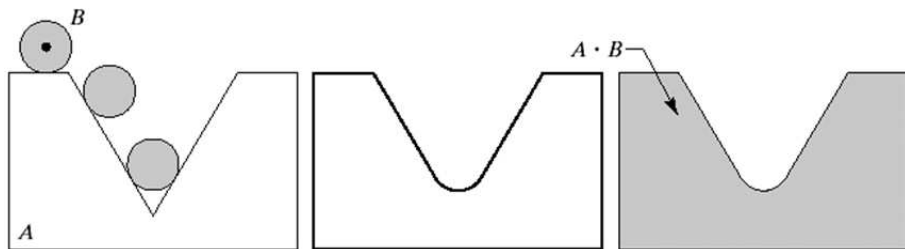
Fechamento

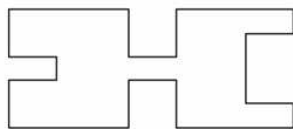
Dilatação seguida de Erosão:

$$X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B$$

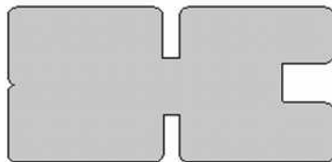
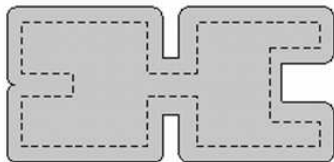
⇒ Funde separações estreitas, elimina pequenas falhas internas ao objeto e preenche falhas no contorno;



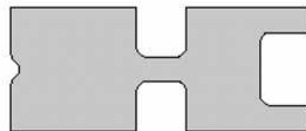
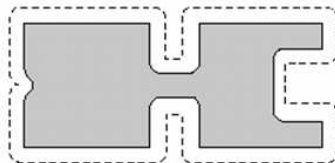




A

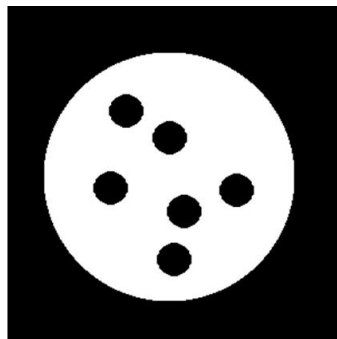
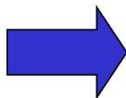
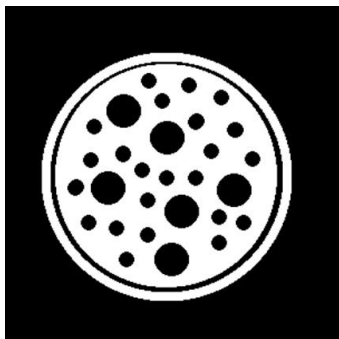


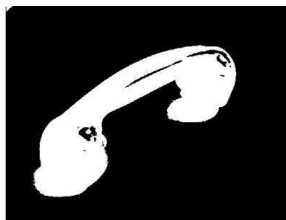
$A \oplus B$



$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$

Exemplos:

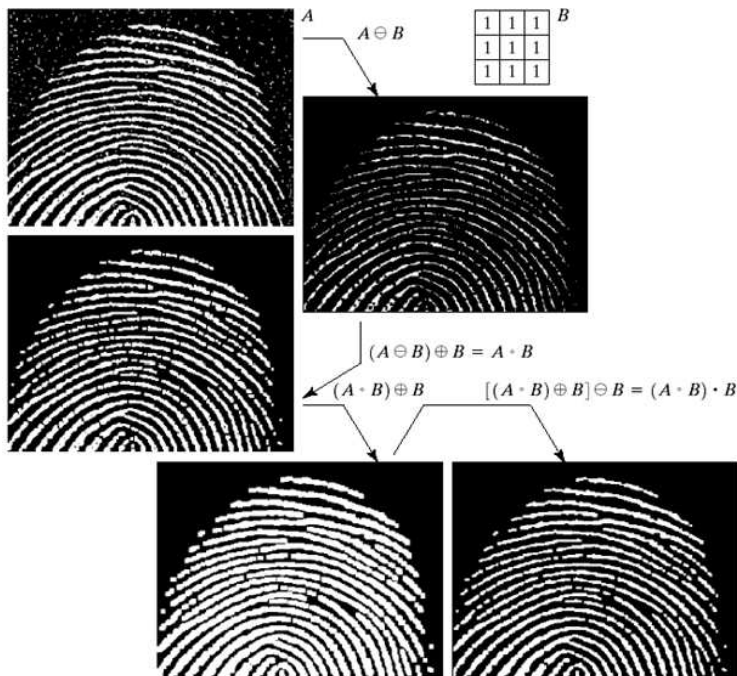




Threshold

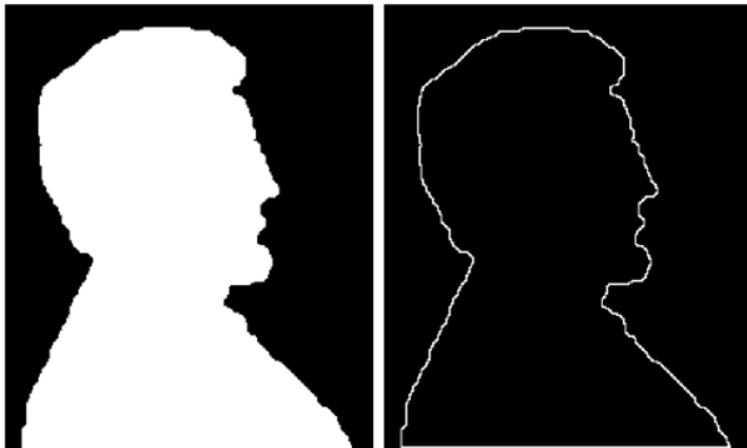


close



Extração de Bordas

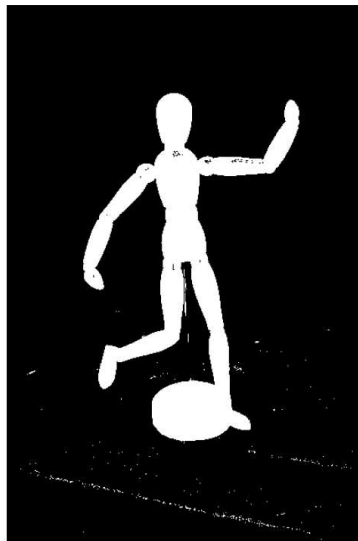
$\beta(X) = X - (X \ominus B)$ (imagem original menos sua erosão)



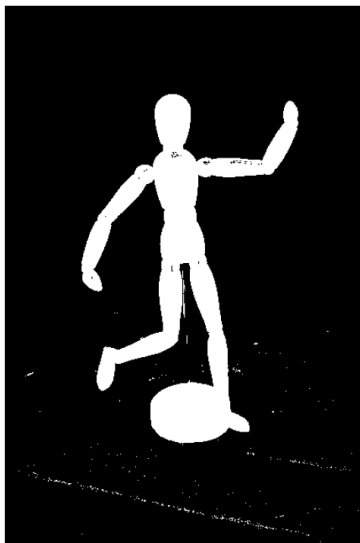
Aplicação:



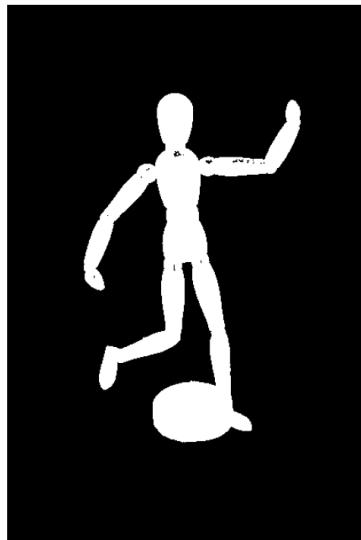
Original



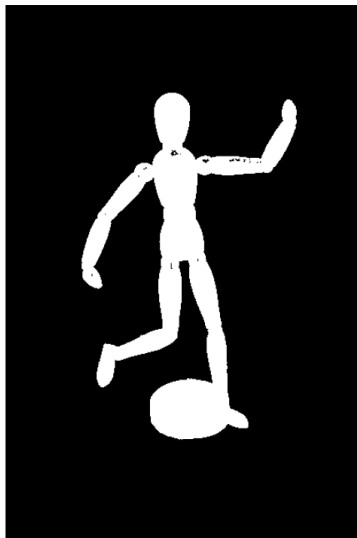
threshold



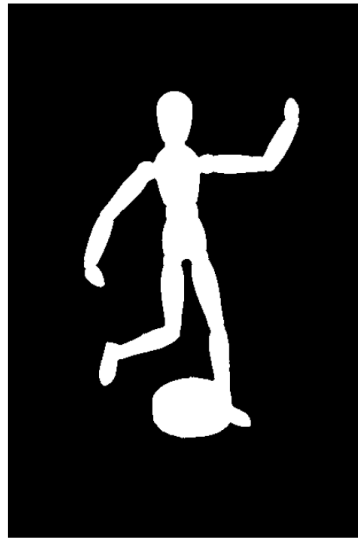
threshold



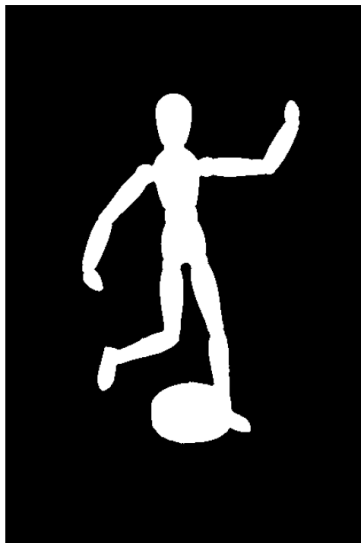
opening



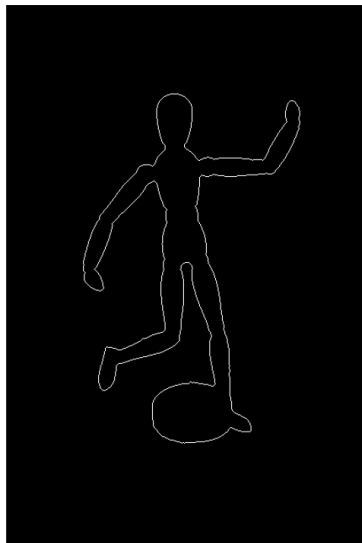
opening



closing



closing

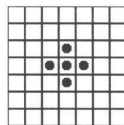


borda

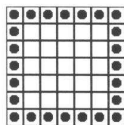
Hit-Miss

Conjunto de pontos (coordenadas) para os quais simultaneamente um elemento estruturante B_1 é encontrado numa imagem A e um segundo elemento estruturante B_2 é encontrado na imagem inversa de A .

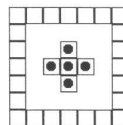
⇒ Identifica padrões na imagem.



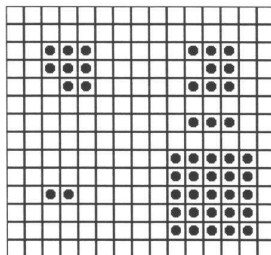
(a)



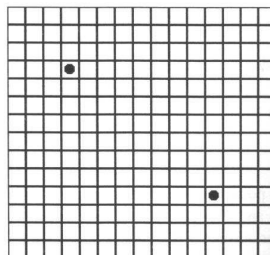
(b)



(c)

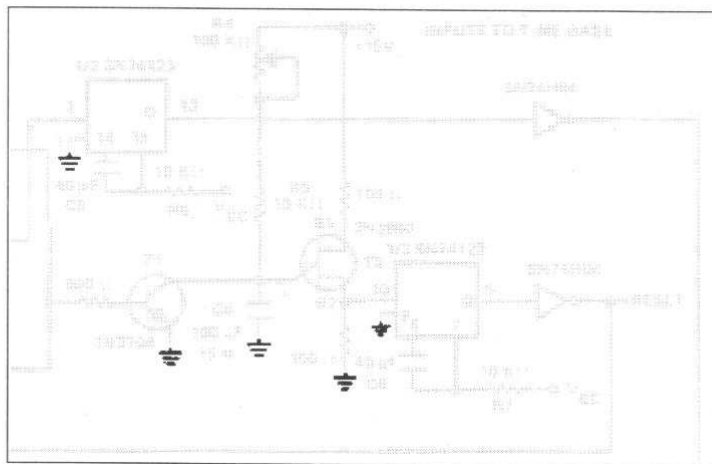
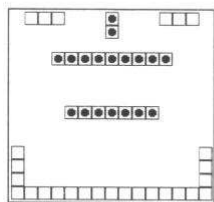


(d)



(e)

Exemplo:

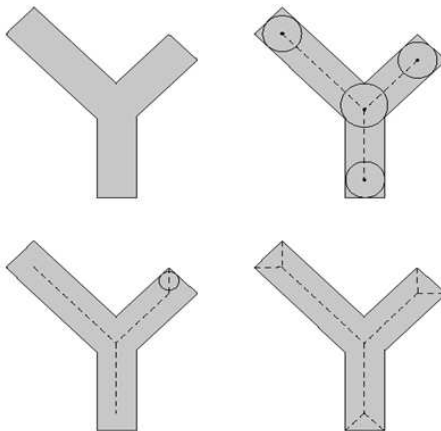


Aplicações

Os operadores morfológicos podem ser combinados resultando em ferramentas poderosas para segmentação e extração de características;

⇒: Ex: esqueletos

O esqueleto $S(A)$ de uma imagem binária A é conjunto de coordenadas x tais que x é o centro do maior disco $D(x)$ interior a A que toca a borda de A em pelo menos dois pontos.



Usando operadores morfológicos:

Seja B o elemento estruturante (tipicamente um disco). Então o esqueleto de A é dado por:

$$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A)$$

onde

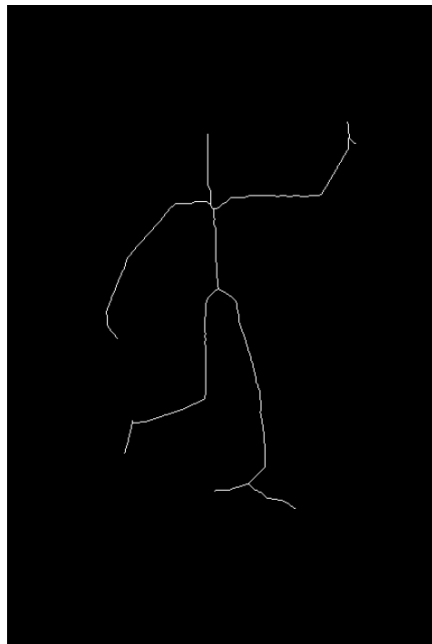
$$S_k(A) = \bigcup_{k=0}^K (A \ominus kB) - [(A \ominus kB) \circ B]$$

e kB denota k erosões sucessivas de A

Ex:



closing

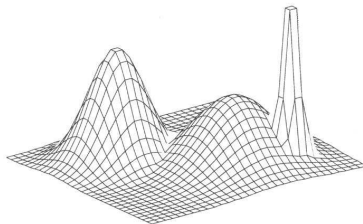
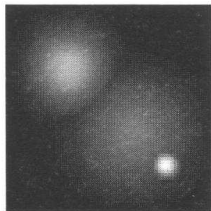


skeleton

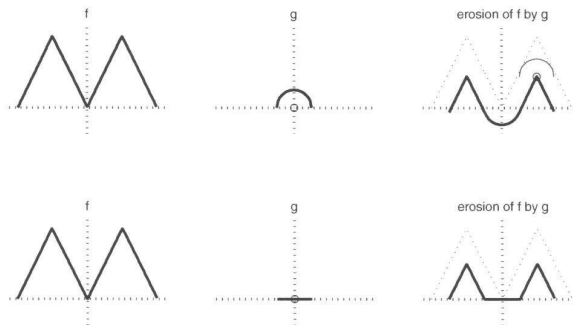
Morfologia em Tons de Cinza

Como estender os operadores binários para imagens em tons de cinza?

⇒ Imagens em tons de cinza podem ser vistas como superfícies tridimensionais:



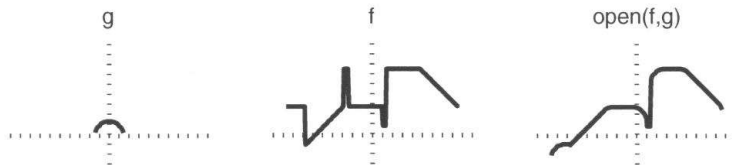
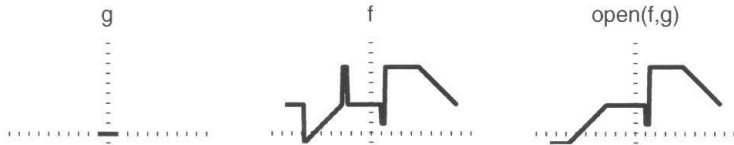
Erosão de Funções:



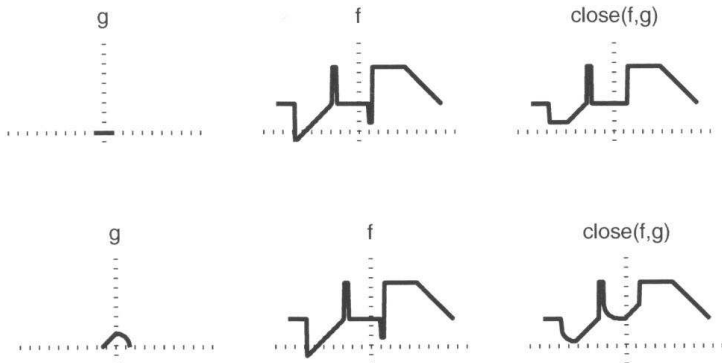
Dilatação de Funções:



Abertura de Funções:

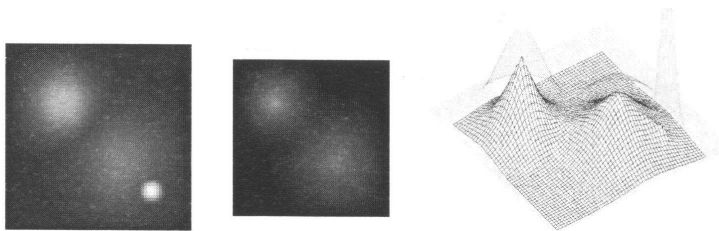


Fechamento de Funções:



Em 3D (tons de cinza):

Erosão:



Dilatação:

