

The slide features a decorative background with a white central area. The top is divided into three horizontal color bands: orange on the left, green in the middle, and light blue on the right. The bottom is a solid blue band. On the left side, there are three vertical wavy lines in red, green, and blue, which extend from the top to the bottom of the slide.

Computação Gráfica

Processamento de Imagens

Morfologia Matemática

Profa. Fátima Nunes

Morfologia matemática

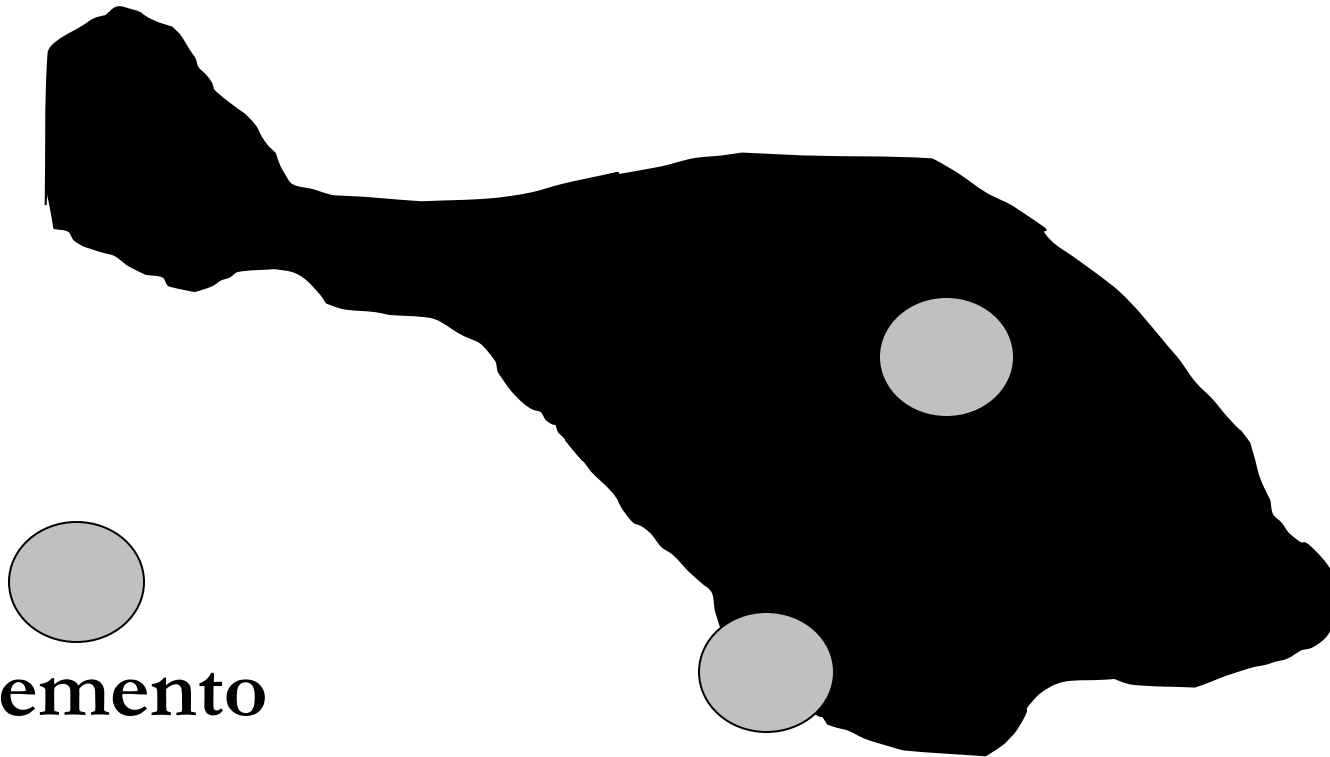
- Concentra-se na estrutura geométrica das entidades (objetos) presentes na imagem.
- Objetivo: extrair características da imagem associadas à geometria dos objetos.
- Inicialmente definida para imagens binárias
 - pode ser estendida para imagens em tons de cinza.
- Comparação de uma imagem com outra menor.
- Base: teoria dos conjuntos.

Morfologia matemática

- Elemento estruturante:
 - Conjunto conhecido e definido (forma, tamanho)
 - comparado, a partir de uma transformação, ao conjunto desconhecido da imagem.
 - Resultado da transformação possibilita avaliar o conjunto desconhecido.
 - Formato e tamanho do elemento estruturante possibilitam testar e quantificar de que maneira o elemento estruturante **está ou não está contido** na imagem

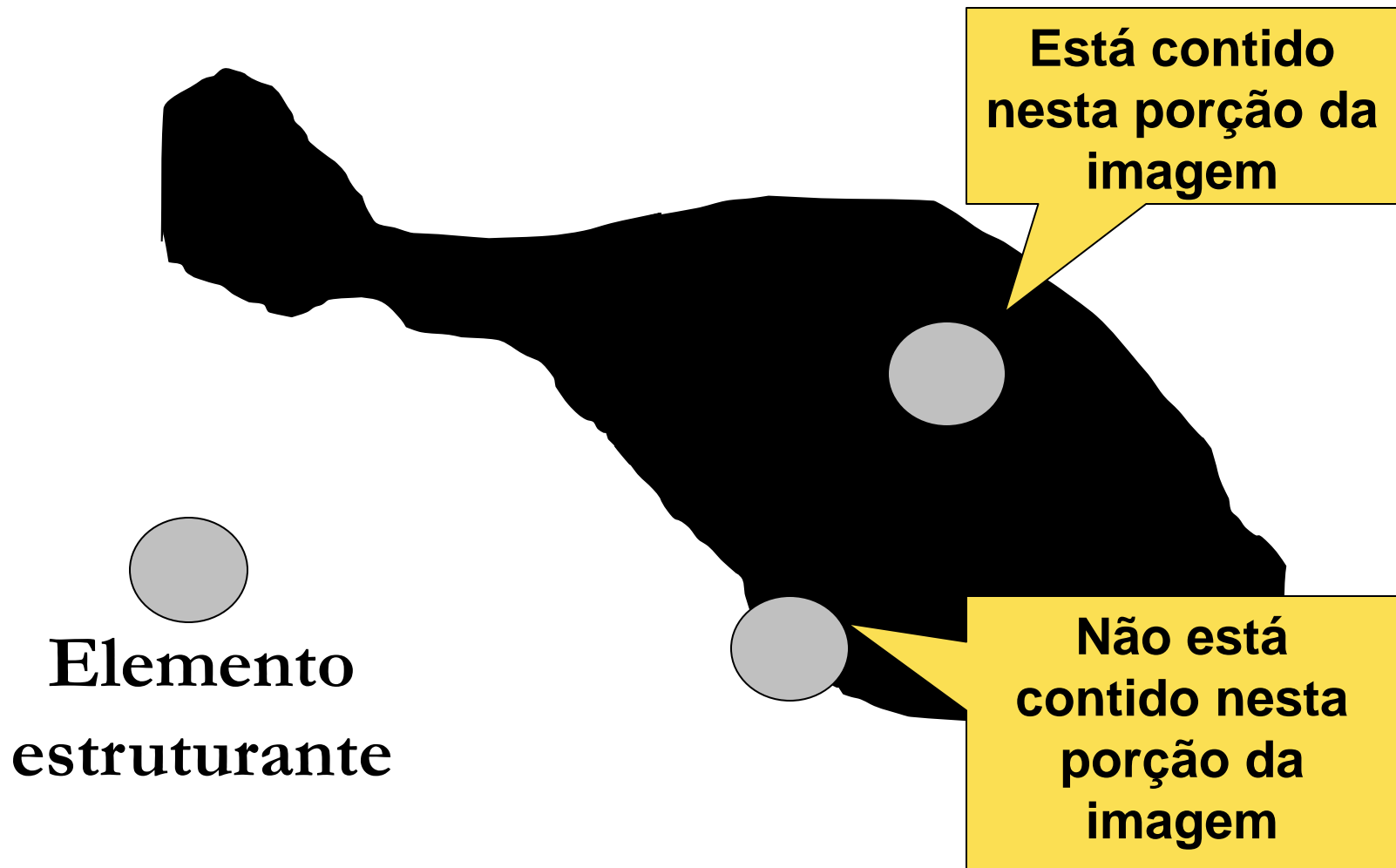
Morfologia matemática

- Elemento estruturante:



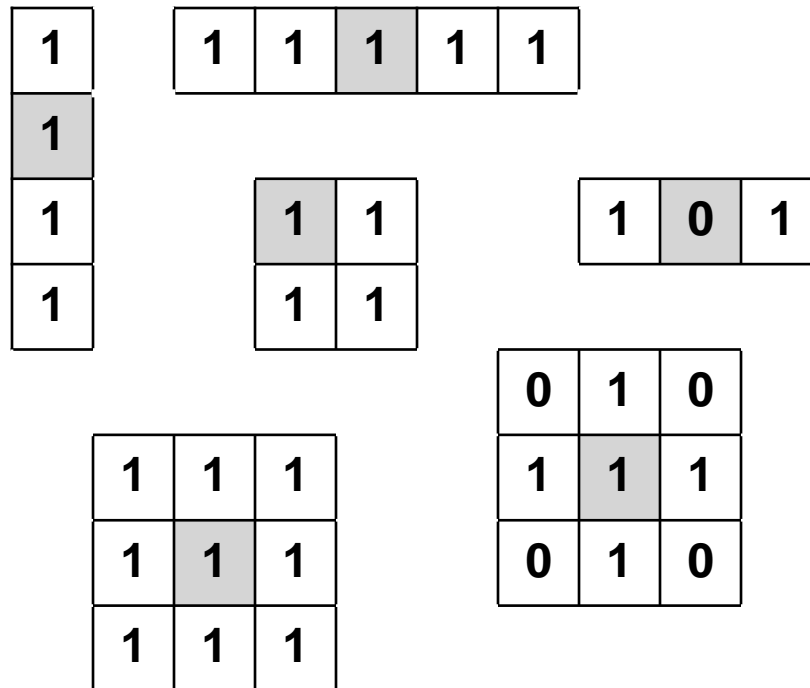
Morfologia matemática

- Elemento estruturante:



Morfologia matemática

- Elemento estruturante:
 - templates com zeros e uns
 - célula cinza: posicionamento no pixel de interesse



Morfologia matemática

- **Conceitos básicos**

- A e B: conjuntos de \mathbb{Z}^2
- $A=(a_1, a_2)$
- $B=(b_1, b_2)$
- $X=(x_1, x_2)$

Morfologia matemática

- **Conceitos básicos**

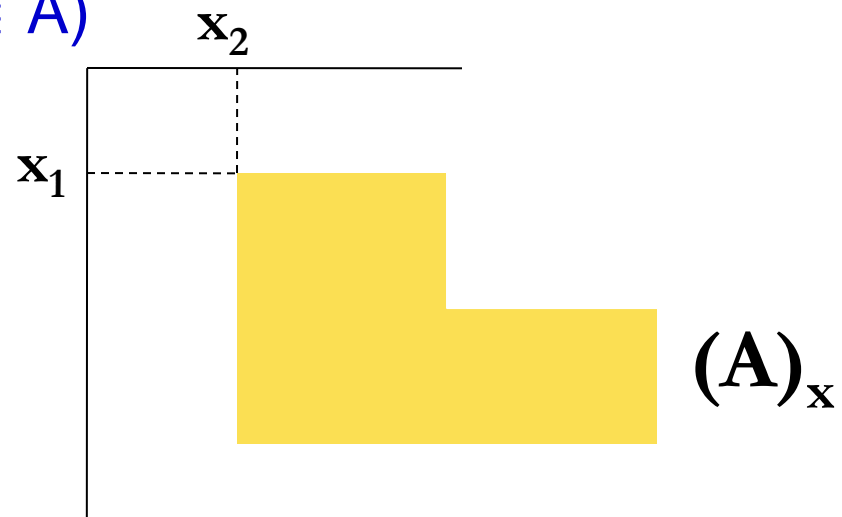
- A e B: conjuntos de \mathbb{Z}^2
- $A=(a_1,a_2)$
- $B=(b_1,b_2)$
- $X=(x_1,x_2)$

Translação $(A)_x$: translação de A por X

$$(A)_x = \{c \mid c = a + x, \text{ para } a \in A\}$$



A



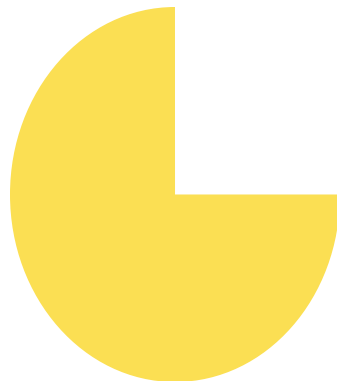
Morfologia matemática

- **Conceitos básicos**

- A e B: conjuntos de \mathbb{Z}^2
- $A=(a_1,a_2)$
- $B=(b_1,b_2)$
- $X=(x_1,x_2)$

B_r : Reflexão de B

$$B_r = \{x \mid x = -b, \text{ para } b \in B\}$$



B



B_r

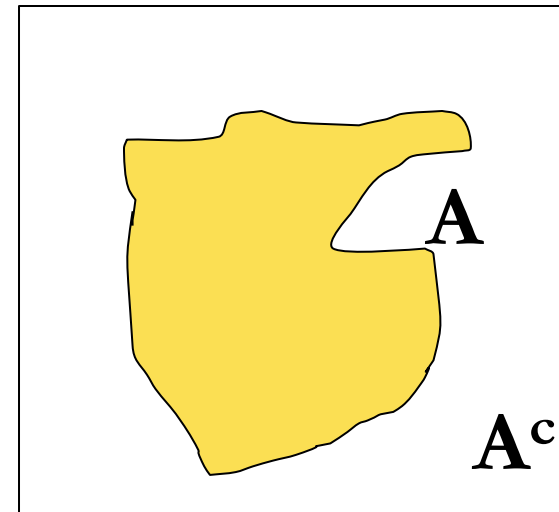
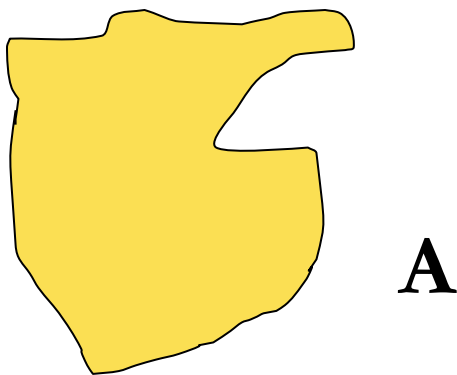
Morfologia matemática

- **Conceitos básicos**

- A e B: conjuntos de \mathbb{Z}^2
- $A=(a_1,a_2)$
- $B=(b_1,b_2)$
- $X=(x_1,x_2)$

A^c : Complemento de A

$$A^c = \{x \mid x \notin A\}$$



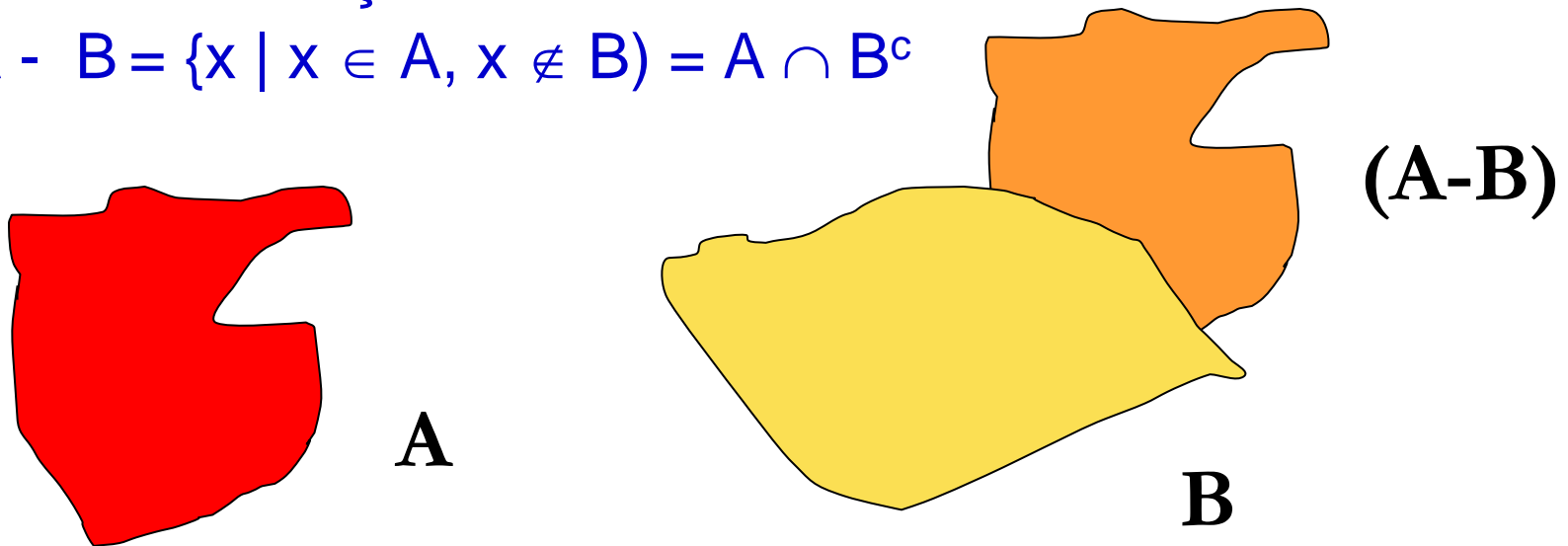
Morfologia matemática

- **Conceitos básicos**

- A e B: conjuntos de \mathbb{Z}^2
- $A=(a_1,a_2)$
- $B=(b_1,b_2)$
- $X=(x_1,x_2)$

A - B : Diferença entre A e B

$$A - B = \{x \mid x \in A, x \notin B\} = A \cap B^c$$



Morfologia matemática

- **Erosão**

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

Erosão: conjunto de todos os pontos x tais que B , quando transladado por x , fique contido em A

Morfologia matemática

- **Erosão**

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

Processo de aplicação do template:

- Posicionar o pixel central do elemento estruturante em cada pixel da imagem que pertence ao objeto (valor 1)
- Se qualquer dos pixels vizinhos (que têm valor 1 no template) pertencerem ao fundo, o pixel pertencente ao objeto é transformado em fundo.

Morfologia matemática

- Erosão

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Elemento
estruturante

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

Imagem
0= fundo
1=objeto

Morfologia matemática

- **Erosão**

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Pixel de interesse

Morfologia matemática

- **Erosão**

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Alguns daqueles que são "1" no template é zero na imagem?

Morfologia matemática

- **Erosão**

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Algun é zero?
SIM.

Morfologia matemática

- Erosão

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Pixel de interesse passa para ZERO.

Qual resultado após aplicar template em todos os pixels da imagem?

Morfologia matemática

- **Erosão**

Erosão de A por B : $A \ominus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Pixel de interesse passa
pra ZERO.

Aumenta “buracos”

Morfologia matemática

- **Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

Processo:

- Reflexão de B em torno da origem
- Translação da reflexão por x
- Dilatação: conjunto de todos os deslocamentos x tais que B_r e A sobreponham-se em pelo menos um elemento não nulo, transformando equação anterior em:

$$A \oplus B = \{x \mid [(B_r)_x \cap A] \subseteq A\}$$

Morfologia matemática

- **Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

Processo de aplicação do template:

- Posicionar o pixel central do elemento estruturante em cada pixel da imagem que pertence ao **fundo** (valor 0)
- Se qualquer dos pixels vizinhos (iguais a 1 no template) pertencerem ao objeto, o pixel pertencente ao fundo é transformado em objeto.

Morfologia matemática

- Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Pixel de interesse
(pertencente ao fundo)

Morfologia matemática

- Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Alguns dos vizinhos
(valor 1 no elemento
estruturante) pertence ao
objeto?

Morfologia matemática

- Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Alguns dos vizinhos
(valor 1 no elemento
estruturante) pertence ao
objeto?
SIM !!!

Morfologia matemática

- Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Pixel de interesse era zero (fundo) e passa para 1 (objeto)

Morfologia matemática

- Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Pixel de interesse era zero (fundo) e passa para 1 (objeto)

O que acontece após aplicar template na imagem toda?

Morfologia matemática

- Dilatação**

Dilatação de A por B : $A \oplus B$

$$A \oplus B = \{x \mid (B_r)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

(B é o elemento estruturante)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

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

Pixel de interesse era zero (fundo) e passa para 1 (objeto)

**Preenchimento dos
“buracos”**

Morfologia matemática

- Exemplos

Fonte: Solomon, C.; Brechon, T. Fundamentos de Processamento Digital de Imagens: uma abordagem prática com exemplos em Matlab, Editora LTC, 2013.

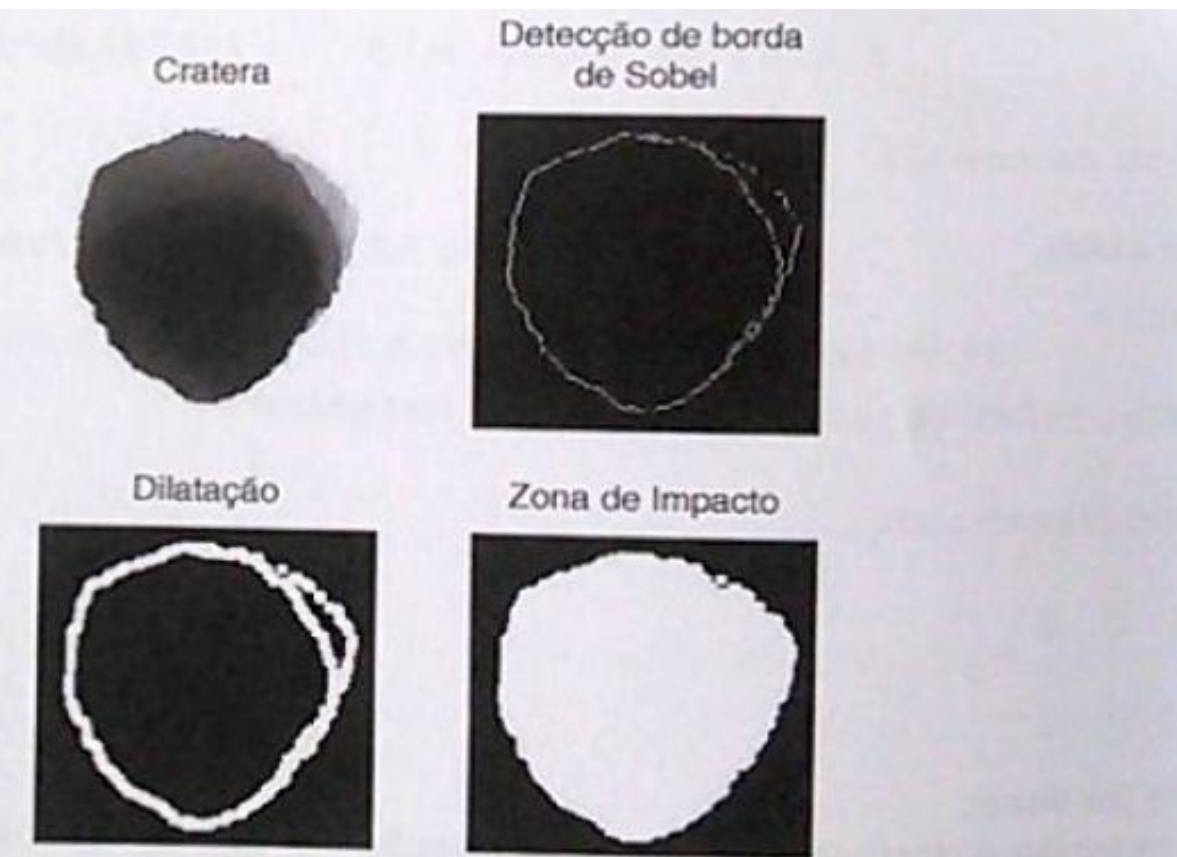


Figura 8.5 Ilustração de um simples uso de dilatação para juntar pequenas falhas em um contorno (imagem por cortesia de C.J. Solomon, M. Seeger, L. Kay e J. Curtis, 'Automated compact parametric representation of impact craters', *Int. J. Impact Eng.*, vol. 21, no. 10, 895–904 (1998)).

Morfologia matemática

- Exemplos

Fonte: Solomon, C.; Brechon, T. Fundamentos de Processamento Digital de Imagens: uma abordagem prática com exemplos em Matlab, Editora LTC, 2013.

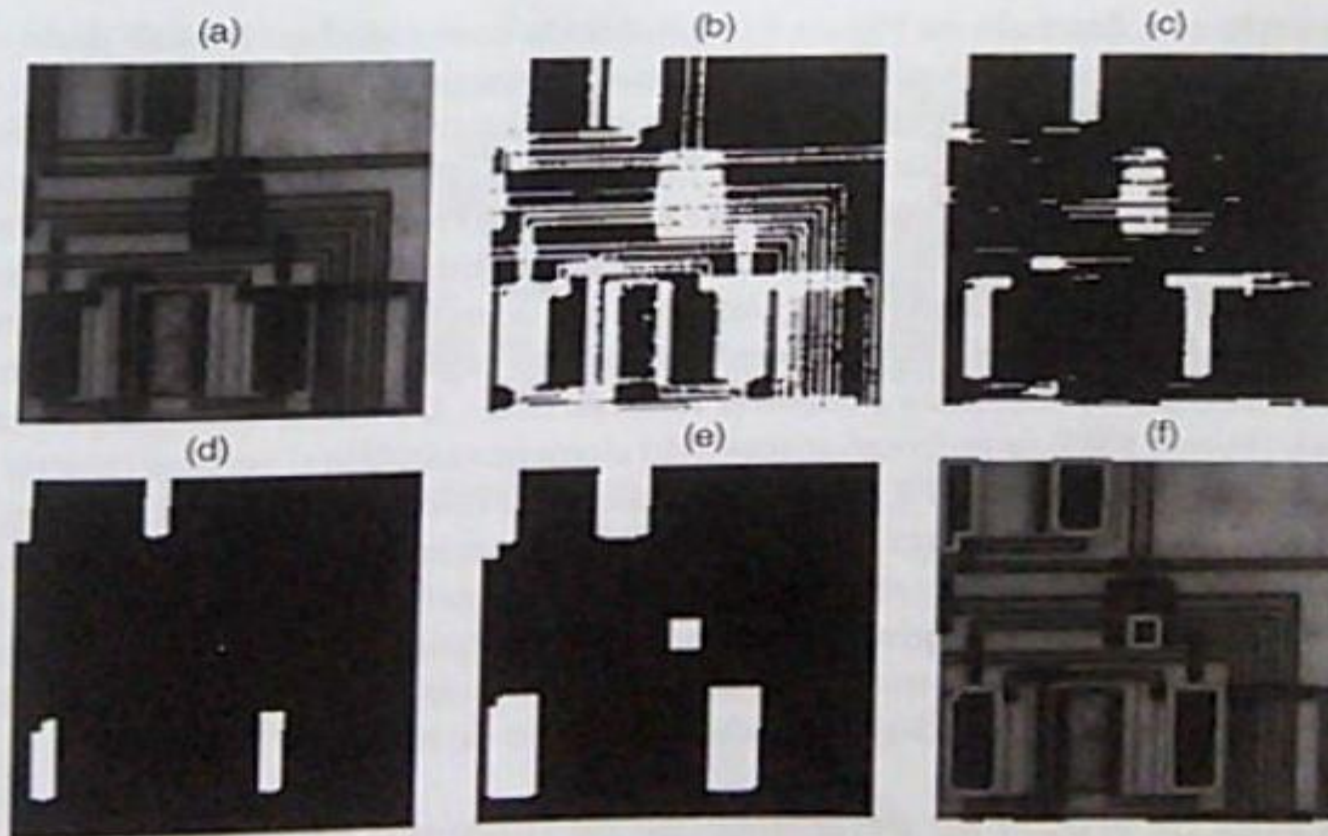


Figura 8.6 Uso de dilatação e erosão para identificar características baseadas em forma: (a) original; (b) resultado após aplicação de limiar; (c) após erosão com reta horizontal; (d) após erosão com reta vertical; (e) após dilatação com as mesmas retas vertical e horizontal; (f) fronteira de objetos remanescentes sobrepostas ao original.

- 1) Implemente um método para executar o procedimento de erosão da morfologia matemática. Você tem liberdade para definir o elemento estruturante que desejar. Além do programa, você deve entregar dois exemplos de processamento de imagens reais, mostrando a imagem original e a imagem resultante após cada fase de processamento.
- 2) Implemente um método para executar o procedimento de dilatação da morfologia matemática. Você tem liberdade para definir o elemento estruturante que desejar. Além do programa, você deve entregar dois exemplos de processamento de imagens reais, mostrando a imagem original e a imagem resultante após cada fase de processamento.
- 3) Faça um programa que identifique as bordas em uma imagem e faça “emendas” usando morfologia matemática usando um ou os dois métodos dos exercícios anteriores. Além do programa, você deve entregar dois exemplos de processamento de imagens reais, mostrando a imagem original e a imagem resultante após cada fase de processamento.

- Hélio Pedrini, William Robson Schwartz
Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações
Editora Thomson Learning Edições Ltda, 2007, capítulo 9
- Rafael C. Gonzalez , Richard E. Woods
Processamento de Imagens Digitais
Editora Blucher, 2000, capítulo 8



Computação Gráfica

Processamento de Imagens

Morfologia Matemática

Profa. Fátima Nunes