

Processamento Digital de Imagem

Operações Ponto a Ponto

Prof: Emília Alves Nogueira
Ciência da Computação
Universidade Federal de Goiás
E-mail: emiliacdc@hotmail.com

Sumário

1. Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes
2. Operações pontuais
3. Operações aritméticas pontuais
4. Operações básicas com conjuntos
5. Operações lógicas
6. Outras operações

Sumário

1. Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes
2. Operações pontuais
3. Operações aritméticas pontuais
4. Operações básicas com conjuntos
5. Operações lógicas
6. Outras operações

Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes

- Considere duas imagens 2 x 2:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

- Produto do arranjo matricial dessas duas imagens:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

No octave:
 $A .* B$

(pixel a pixel)

Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes

- Considere duas imagens 2 x 2:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

- Produto de matrizes

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

No octave:
 $A * B$

Sumário

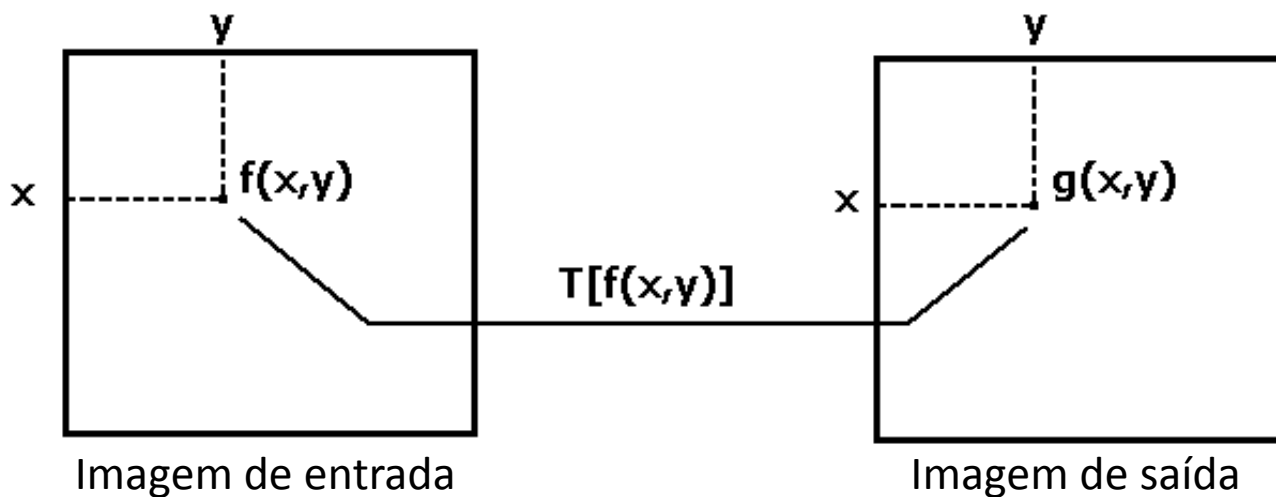
1. Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes
2. Operações pontuais
3. Operações aritméticas pontuais
4. Operações básicas com conjuntos
5. Operações lógicas
6. Outras operações

Operações Pontuais

- São operações nas imagens onde o processamento é realizado em cada pixel individualmente
- Podem ser
 - Aritméticas
 - Lógicas
 - Envolver uma ou mais imagens

Operações Pontuais

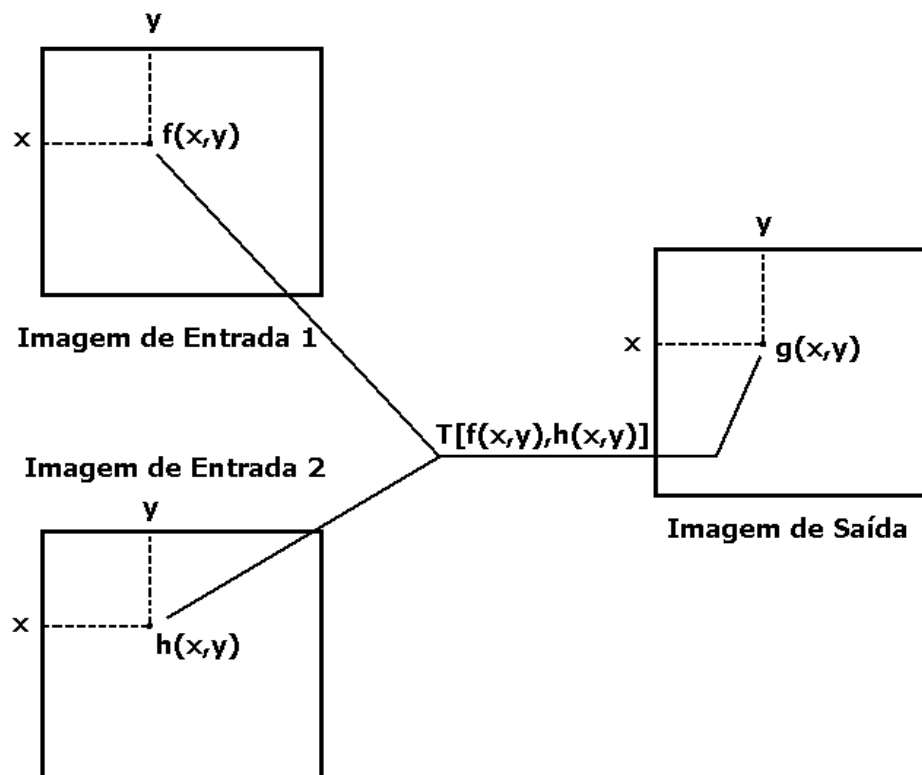
- Com uma imagem
 - Cada ponto na imagem de entrada gera um só ponto na imagem de saída



$T[f(x,y)] \Rightarrow$ Operação sobre cada ponto (cada pixel) da imagem de entrada

Operações Pontuais

- Com duas ou mais imagens
 - Cada ponto das imagens de entrada é combinado para gerar um só ponto na imagem de saída



Sumário

1. Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes
2. Operações pontuais
- 3. Operações aritméticas pontuais**
4. Operações básicas com conjuntos
5. Operações lógicas
6. Outras operações

Operações aritméticas pontuais

- As operações aritméticas entre imagens são operações de arranjo matricial em que as operações são realizadas entre pares de pixels correspondentes.

- As quatro operações aritméticas são expressas como:

$$s(x, y) = f(x, y) + g(x, y)$$

$$d(x, y) = f(x, y) - g(x, y)$$

$$p(x, y) = f(x, y) \times g(x, y)$$

$$v(x, y) = f(x, y) \div g(x, y)$$

- As imagens f e g devem possuir o mesmo tamanho, ou seja, o mesmo numero de linhas e colunas. Consequentemente, as imagem s , d , p e v também terão o mesmo tamanho das imagens originais.

Operações aritméticas pontuais

- Podem ser divididas em
- Adição
 - Ajuste de brilho
 - Remoção de ruídos
- Subtração
 - Detecção de diferença entre duas imagens
 - Movimento
- Multiplicação
 - Calibração de brilho
 - Máscaras
- Divisão
 - Normalização de brilho

Operações aritméticas pontuais

- Algumas dessas operações aritméticas são as transformações de intensidade:
 - Lineares:
 - $g = c * f + b$
 - Não-lineares:
 - $g = c * \log_2(f + 1)$
 - $g = c * \exp(f + 1)$

Operações aritméticas pontuais

- Exemplos: adição
 - Média de K imagens com ruído: suavização do ruído

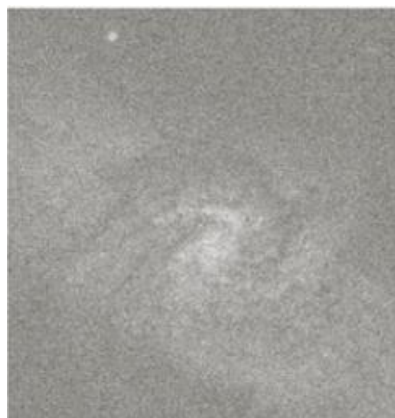
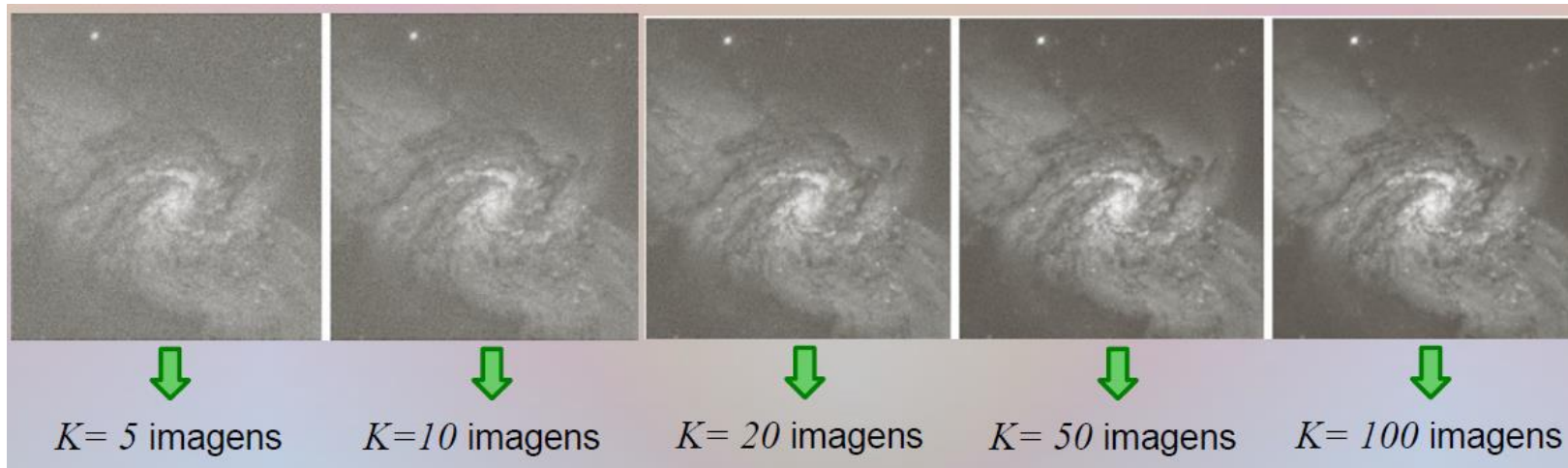


Imagem de 8 bits corrompida através da adição de ruído gaussiano de média zero e desvio padrão de 64 níveis de intensidade.

As imagens abaixo mostram os resultados do calculo da media de K imagens ruidosas.

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)$$



Operações aritméticas pontuais

- Exemplos: subtração
 - Diferença entre as imagens indica se houve movimento



Operações aritméticas pontuais

- Exemplos: subtração
 - Subtração de imagens para realce de diferenças

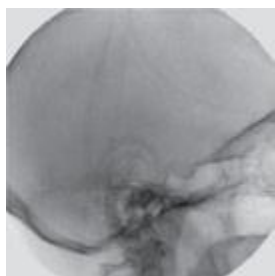
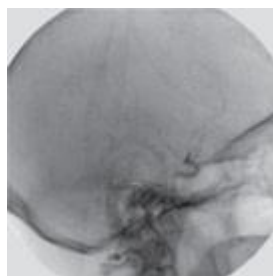
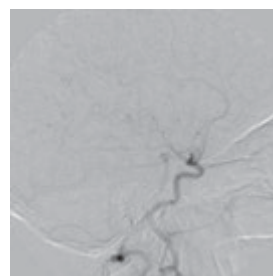


Imagem de raio X (*máscara*) da parte superior da cabeça.



Amostra de uma *imagem ativa* obtida depois de injetar uma substância de contraste para raio X na corrente sanguínea.



Subtração entre a *máscara* e a *imagem ativa*. As áreas diferentes são exibidas como detalhes realçados.

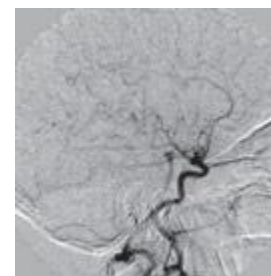


Imagem da diferença com o contraste realçado. (Será visto depois)

Operações aritméticas pontuais

- Exemplos: multiplicação e divisão de imagens para correção de sombreamento

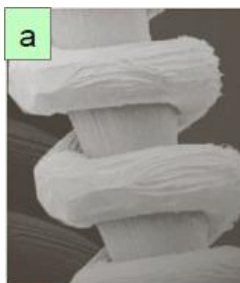
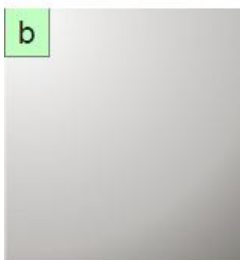
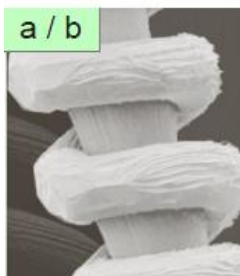


Imagem sombreada de um filamento de tungstênio e suporte gerada por um microscópio eletrônico.



Padrão de sombreamento. Pode ser obtido capturando a imagem de um objeto de intensidade constante.



Produto da imagem **a** pelo inverso da imagem **b**.

Operações aritméticas pontuais

- Exemplos: multiplicação de imagens para mascaramento ou obtenção de região de interesse (ROI)



Imagem digital de uma radiografia odontológica.



Mascara com duas regiões de interesse para isolar dentes com obturações.

Branco \rightarrow 1

Preto \rightarrow 0



Produto da imagem pela mascara.

Operações aritméticas pontuais

- Exemplos: divisão
 - Permite o realce das diferenças de imagens com níveis de intensidade diferentes
 - Salienta uma imagem em detrimento da outra

Imagem Original



\Rightarrow

Resultado



$=$

Imagem VetorG



$/$

Imagem VetorB



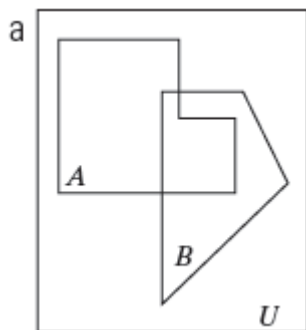
Sumário

1. Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes
2. Operações pontuais
3. Operações aritméticas pontuais
4. Operações básicas com conjuntos
5. Operações lógicas
6. Outras operações

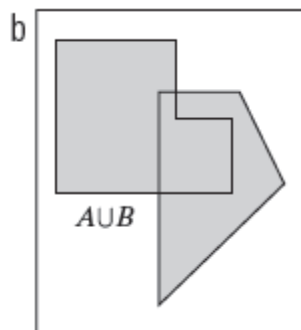
Operações básicas com conjuntos

- Seja A e B conjuntos compostos de pares ordenados de números reais.
- Exemplo de um elemento de A : $a = (a_1, a_2) \quad a \in A$
- Exemplo de um elemento de B : $b = (b_1, b_2) \quad b \in B$

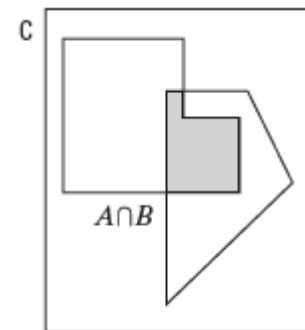
Operações com imagens binárias.



Dois conjuntos de coordenadas A e B e o conjunto universo U .



União de A e B .

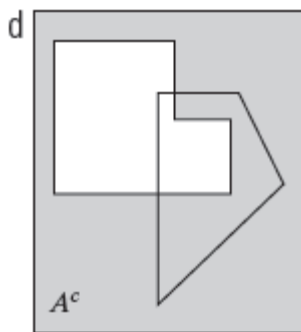


Interseção de A e B .

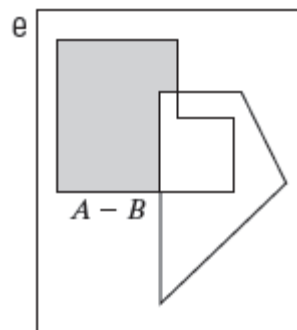
Operações básicas com conjuntos

- Seja A e B conjuntos compostos de pares ordenados de números reais.
- Exemplo de um elemento de A: $a = (a_1, a_2) \quad a \in A$
- Exemplo de um elemento de B: $b = (b_1, b_2) \quad b \in B$

Operações com imagens binárias.



Complemento de A.
Elementos que não
estão em A.



Diferença entre A e
B. Elementos que
pertencem a A mas
não a B

Operações básicas com conjuntos

- Operações com imagens em escala de cinza.
- Imagem: Conjunto A cujos elementos são expressos na forma:
 - (x,y,z) x e $y \rightarrow$ coordenadas espaciais $z \rightarrow$ intensidade.

Operações básicas com conjuntos

- Operações com imagens em escala de cinza.
- Imagem: Conjunto A cujos elementos são expressos na forma:
 - (x,y,z) x e $y \rightarrow$ coordenadas espaciais $z \rightarrow$ intensidade.

Complemento de A \rightarrow Conjunto de pixels de A cujas intensidades são subtraídas de uma constante.

$$A^c = \{ (x, y, (2^k - 1) - z) \mid (x, y, z) \in A \}$$

União \rightarrow Conjunto formado considerando a maior intensidade entre os pares de elementos com mesma coordenada espacial.

$$A \cup B = \{ \max(a, b) \mid a \in A, b \in B \}$$

Operações básicas com conjuntos

- Operações com imagens em escala de cinza.
- Imagem: Conjunto A cujos elementos são expressos na forma:
 - (x,y,z) x e $y \rightarrow$ coordenadas espaciais $z \rightarrow$ intensidade.

Complemento de A \rightarrow Conjunto de pixels de A cujas intensidades são subtraídas de uma constante.

$$A^c = \{ (x, y, (2^k - 1) - z) \mid (x, y, z) \in A \}$$

União \rightarrow Conjunto formado considerando a maior intensidade entre os pares de elementos com mesma coordenada espacial.

$$A \cup B = \{ \max(a, b) \mid a \in A, b \in B \}$$

Ex: Imagem de 8 bits $\rightarrow k = 8 \rightarrow (2^k - 1) = 255$

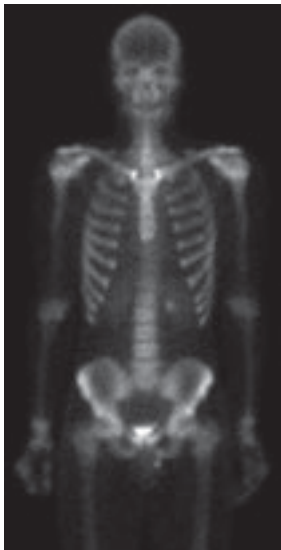


Imagem original



$A^c = \{(x, y, 255 - z)\}$
Negativo obtido da complementação do conjunto.



União da imagem original com uma imagem de intensidade constante.

Operações básicas com conjuntos

- Negativo:
- Inverte os tons da imagem
 - $T[f(x,y)] = g(x,y) = W - f(x,y)$
 - W é o maior tom de cinza possível na imagem

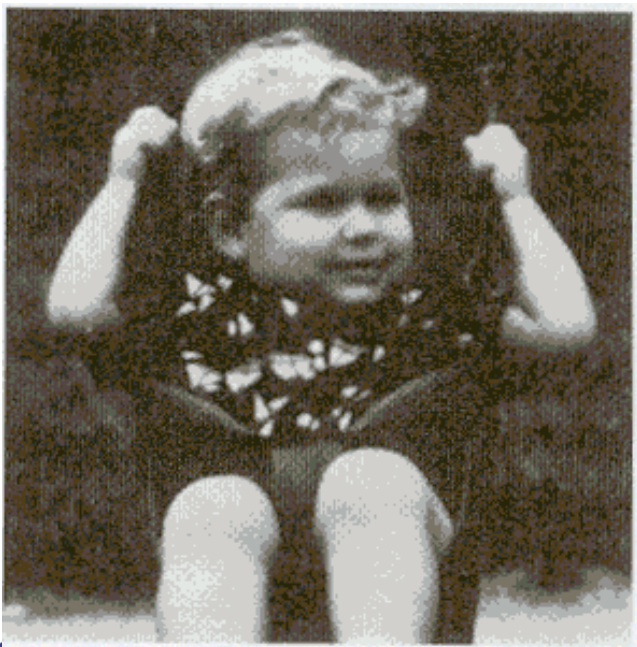


Imagem de Entrada



Imagem de Saída

Sumário

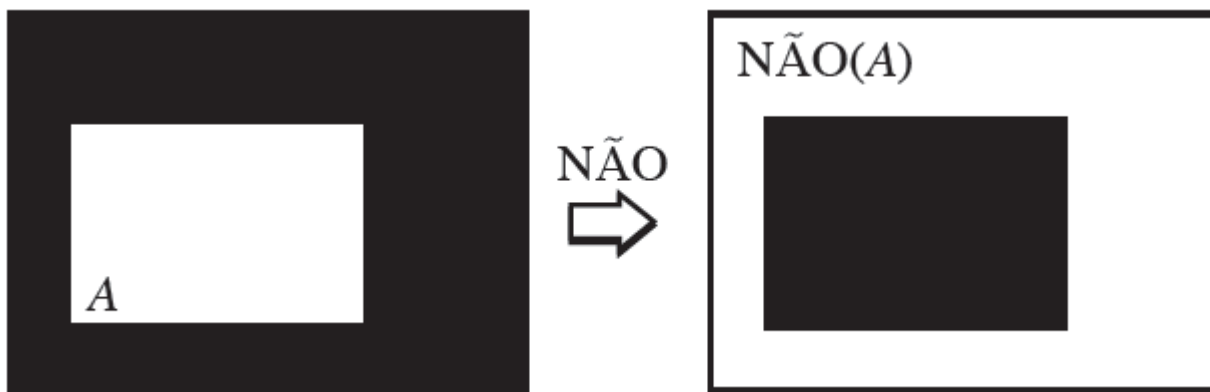
1. Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes
2. Operações pontuais
3. Operações aritméticas pontuais
4. Operações básicas com conjuntos
5. Operações lógicas
6. Outras operações

Operações Lógicas

- Operações lógicas são realizadas utilizando os operadores lógicos
 - NOT(A), AND, OR, XOR, etc
- São aplicadas apenas em imagens binárias.
 - Branco (1) e Preto (0)

Operações Lógicas

- Operação: **Complemento**



Exemplo no octave:

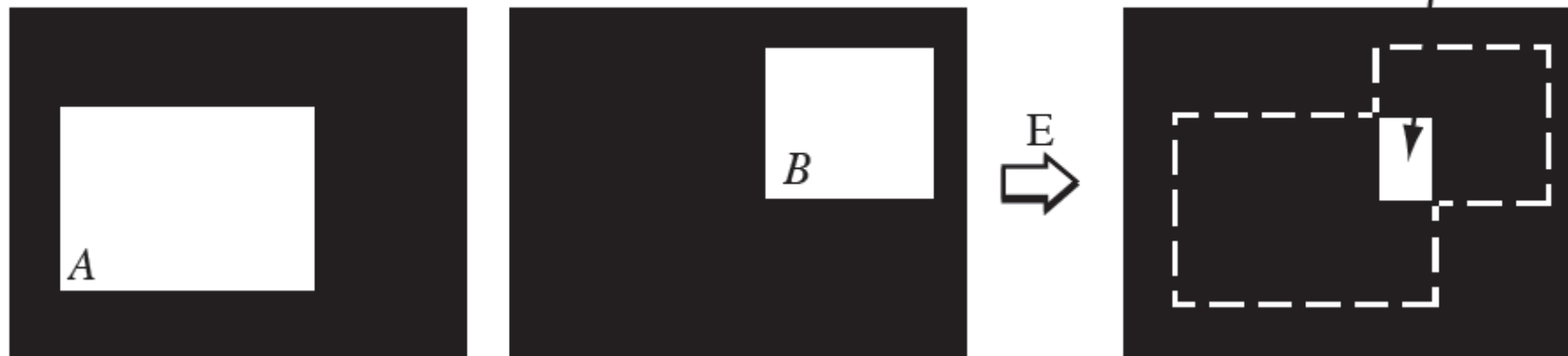
$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{not}(A) = \sim A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{not}(B) = \sim B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Operações Lógicas

- Operação: **Intersecção**



Exemplo no octave:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{and}(A,B) = A \& B \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Operações Lógicas

- Operação: **União**



Exemplo no octave:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$or(A,B) = A \mid B \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Operações Lógicas

- Operação: **Diferença: A - B**



Exemplo no octave:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$A \& \sim B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Operações Lógicas

- Operação: **(A) XOR (B)**



Exemplo no octave:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{xor}(A,B) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Outras operações

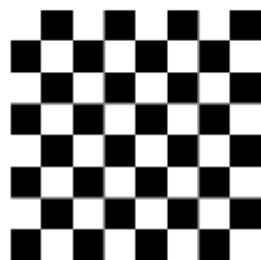
- Além das operações lógicas e aritméticas, podem ser aplicadas às imagens ainda outras operações
 - Por exemplo: min, max, entre outras.



A



B



$C = \max(A, B)$

Sumário

1. Operações de arranjos matriciais *versus* matrizes
2. Operações pontuais
3. Operações aritméticas pontuais
4. Operações básicas com conjuntos
5. Operações lógicas
6. Outras operações

Outras operações

- Exemplos
 - Não existe um limite de operações e imagens que possam ser combinadas



A



B



C



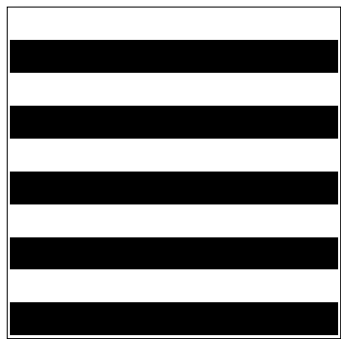
$$D = 0,5 A + 0,5 B$$



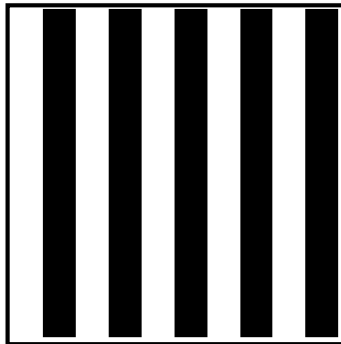
$$D = C * A + (255 - C) * B$$

Outras operações

- Exercício
 - No caso de algumas operações, é conveniente que a imagem esteja normalizada entre [0,1]



A



B

$A * B$

$A + B$

$\text{xor}(A, B)$

$A - B$

Outras operações

- Exercício
 - Transforme a imagem de acordo com a figura resultante:



Original



Resultado