

Prof. Dr. Leandro Alves Neves

Bacharelado em Ciência da Computação



Aula 03

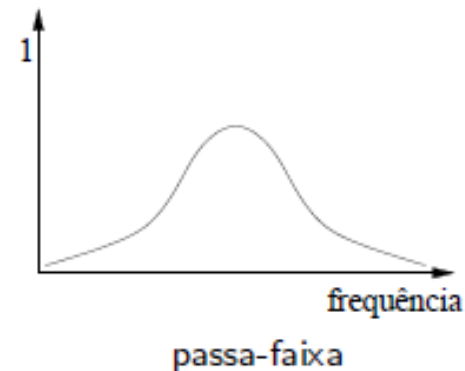
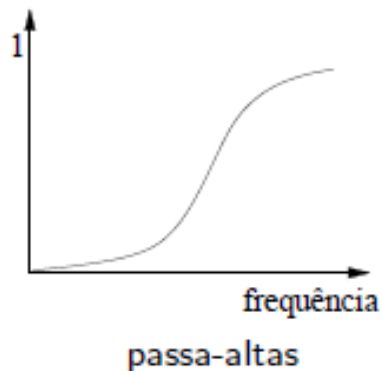
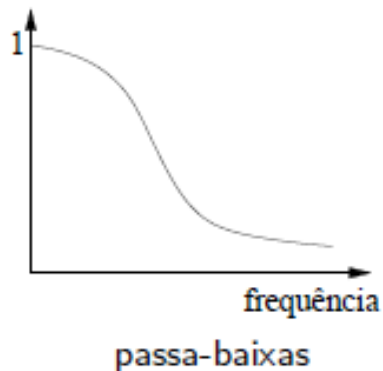
Processamento Digital de
Imagens

Sumário

- **Correlação e Convolução**
- **Filtros lineares e não-lineares**
 - Média, Mediana e Operador Laplaciano (derivada segunda)
- **Exemplos de Aplicações: Filtragem Espacial**
 - Passa-Baixa
 - Passa-Alta
 - Aguçamento Não Normalizado e Normalizado

Filtragem de Imagens

- Aplicada no domínio do **espaço ou da frequência**
- Classificados como:
 - passa-baixa
 - passa-alta
 - passa-faixa



Filtragem Espacial de Imagens

- **Domínio do espaço**
 - **Nível de cinza** de um ponto $f(x,y)$ **depende** dos **valores dos níveis**
 - do ponto original
 - de pontos da vizinhança de $f(x,y)$
- Classificados como **Não Lineares e Lineares:**

Filtragem Espacial de Imagens

■ Domínio do espaço

□ **Filtragem** \Rightarrow matrizes \Rightarrow denominadas **máscaras**

■ **Máscara (W)** \Rightarrow valores numéricos rotulados como pesos

■ **Pesos** do filtro e Processo

1. Multiplicados pelos níveis de cinza dos pixels
2. Somados
3. Resultado substitui o nível de cinza do pixel

Filtragem Espacial de Imagens

■ Conceitos Envolvidos: Correlação -

- Processo de mover W pela imagem
- Calcular a soma dos produtos em cada posição

■ Caso 1D

- Filtragem da Média

- Substituir **cada pixel** do sinal 1D  **média de seu nível de cinza**

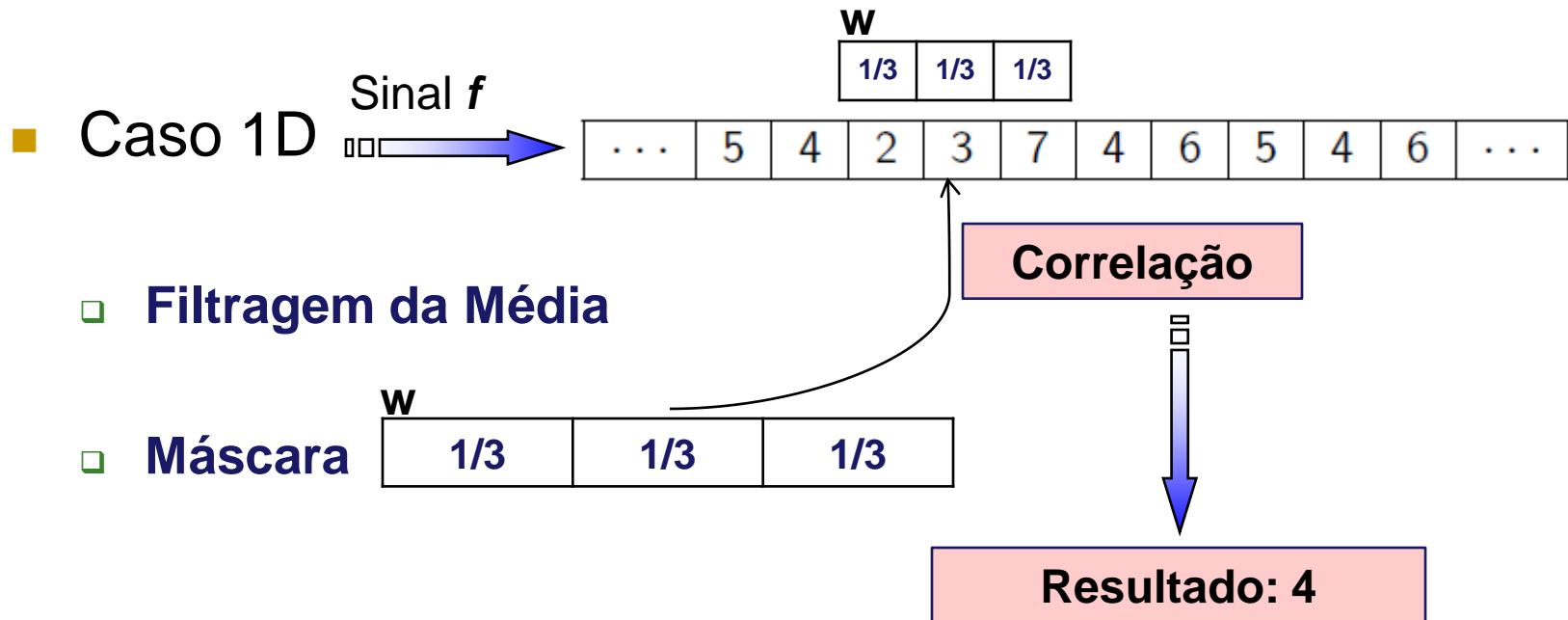


e

Dos dois vizinhos

Filtragem Espacial de Imagens

■ Conceitos Envolvidos: Correlação ·




- Em geral, w é constituído por um número ímpar de elementos

$$w \cdot f(x) = \sum_{i=\lfloor -m/2 \rfloor}^{\lfloor m/2 \rfloor} w(i) f(x + i)$$

Filtragem Espacial de Imagens

■ Conceitos Envolvidos: Correlação ·

■ **Caso 2D**  Sinal f

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{f}(x, y) = \sum_{i=\lfloor -m/2 \rfloor}^{\lfloor m/2 \rfloor} \sum_{j=\lfloor -n/2 \rfloor}^{\lfloor n/2 \rfloor} w(i, j) f(x + i, y + j)$$

□ Filtragem da Média

□ Máscara (média)

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

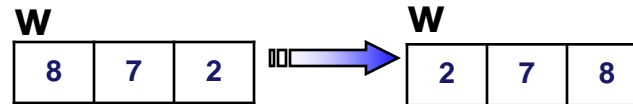
- Em geral, W é constituído por um número ímpar de elementos

Filtragem Espacial de Imagens

■ Conceitos Envolvidos: Convolução *

Similar à
Correlação

- Mesmos conceitos da Correlação
- Porém, w → Reflexão (rotacionado em 180°)



■ Caso 1D →

$$w * f(x) = \sum_{i=\lfloor -m/2 \rfloor}^{\lfloor m/2 \rfloor} w(i) f(x - i)$$

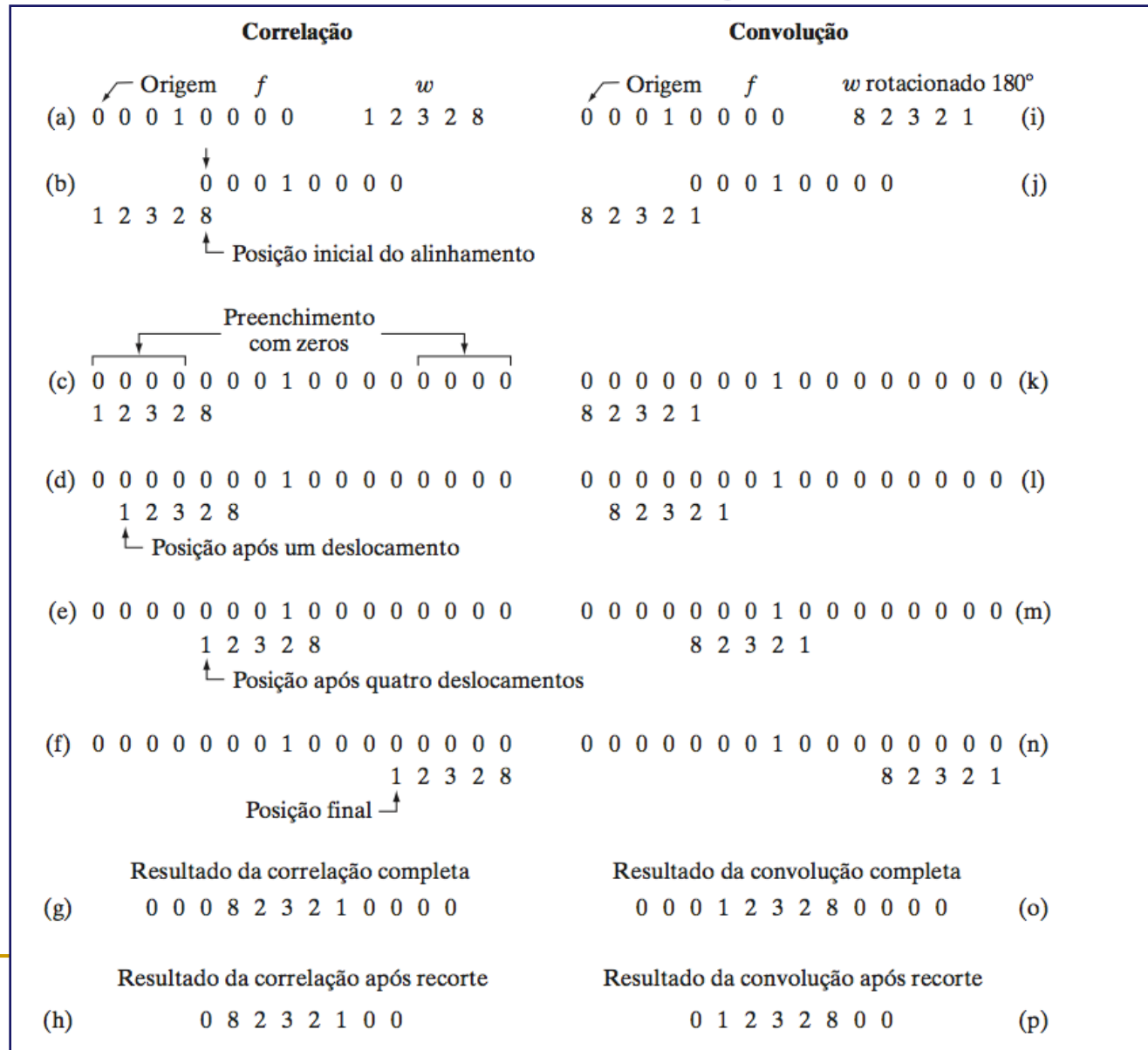
■ Caso 2D →

$$w(x, y) * f(x, y) = \sum_{i=\lfloor -m/2 \rfloor}^{\lfloor m/2 \rfloor} \sum_{j=\lfloor -n/2 \rfloor}^{\lfloor n/2 \rfloor} w(i, j) f(x - i, y - j)$$

Correlação e Convolução são idênticas quando o filtro é simétrico

Filtragem Espacial de Imagens

■ Correlação e Convolução 1D



Filtragem Espacial de Imagens

■ Correlação e Convolução 2D

										<i>f</i> preenchida com zeros									
										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 0 0 0 0 0 0 0 0 0									
										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 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 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 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 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									
										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 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 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 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 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 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 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 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 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 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									
										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 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 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 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 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 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 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 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 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 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									
										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 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 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 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 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 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 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 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 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 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									
										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 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 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 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 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 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 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 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 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 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									
										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 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 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 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 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 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 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 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 0 0									

Filtragem Espacial de Imagens

■ Correlação e Convolução: Propriedades

□ Soluções para Pontos de Borda

- Atribuindo **valor zero aos resultados** não calculáveis;
- **Preenchimento** da imagem **com 0's** antes do cálculo da imagem final (P);
- **Replicação** dos pixels das bordas (*replicate*);
- **Espelhamento** (*symmetric*);

Filtragem Espacial de Imagens

■ Correlação e Convolução: Propriedades

- Pontos da borda  não têm todos os vizinhos

- Calculados de maneira diferente

- Janelas quadradas com $n \times n$ pixels

- Valores pequenos para n

- Por exemplo, máscara 3×3 sobre uma imagem de 512×512 pixels

- 9 multiplicações e 8 adições para cada pixel

- Total de: 2.359,296 multiplicações e 2.097,152 adições

- Máscaras de organização par (2×2 , 4×4 ,)

- **Resultado** é colocado sobre o **Primeiro Pixel**

- Máscaras de organização ímpar (3×3 , 5×5 ,)

- **Resultado** é colocado sobre o **Pixel de Centro**

Filtragem Espacial de Imagens

■ Algoritmo: Convolução * Similar à Correlação

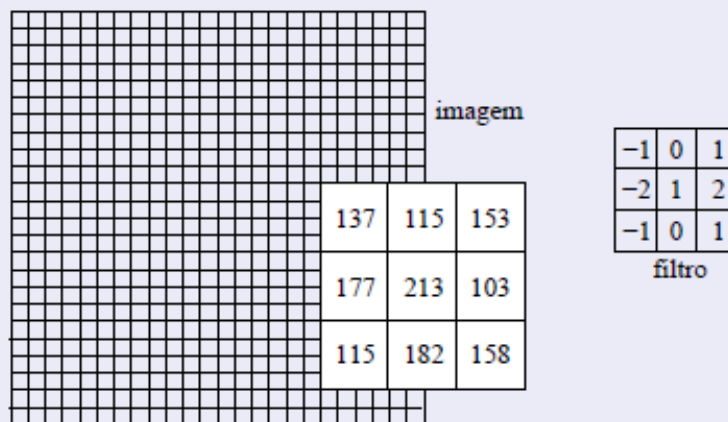
Entrada: imagem f de $M \times N$ pixels e uma máscara w de $m \times n$ pixels.
Saída: imagem g de $M \times N$ pixels.

```
1:  $x1 = \lfloor m/2 \rfloor$ 
2:  $y1 = \lfloor n/2 \rfloor$ 
3: for  $x = 0$  até  $M - 1$  do
4:   for  $y = 0$  até  $N - 1$  do
5:     soma = 0
6:     for  $i = -x1$  até  $x1$  do
7:       for  $j = -y1$  até  $y1$  do
8:         soma = soma +  $w(i, j) * f(x - i, y - j)$ 
9:       end for
10:    end for
11:     $g(x, y) = \text{soma}$ 
12:  end for
13: end for
```

Filtragem Espacial de Imagens

■ Correlação e Convolução: Exemplo

Seja a região da imagem mostrada na figura abaixo, cujos níveis de cinza estão destacados. A máscara de correlação é mostrada à direita.



O resultado da correlação para a região em destaque é igual a

$$137 * (-1) + 115 * 0 + 153 * 1 + 177 * (-2) + 213 * 1 + 103 * 2 + 115 * (-1) + 182 * 0 + 158 * 1 = 124.$$

O resultado da convolução é igual a


$$137 * 1 + 115 * 0 + 153 * (-1) + 177 * 2 + 213 * 1 + 103 * (-2) + 115 * 1 + 182 * 0 + 158 * (-1) = 302.$$

Filtragem Espacial de Imagens

Filtros de Suavização Lineares e Não Linear

Filtragem Espacial de Imagens

Exemplos de Filtros Lineares

Pixel $f'(x,y)$  combinação linear dos níveis de cinza da sua vizinhança local na imagem original

Filtragem Espacial de Imagens

■ Filtro Passa-Baixa: suavização da imagem (*Smoothing*)

□ Frequências altas  transições abruptas são atenuadas

■ Detalhes finos podem ser removidos

□ Exemplos de Filtros (Convolução)

Filtro da média

$$h_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$h_2 = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$h_3 = \frac{1}{49} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Ponderação, considerando a distância e a orientação dos pontos vizinhos.

$$h_4 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$h_5 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Passa-Baixa:** suavização da imagem (*Smoothing*)

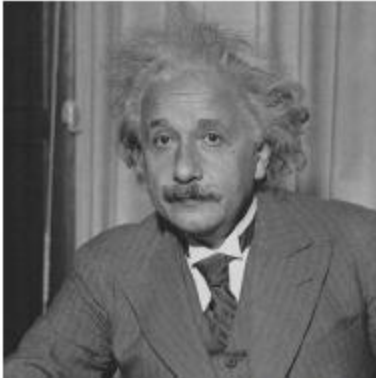
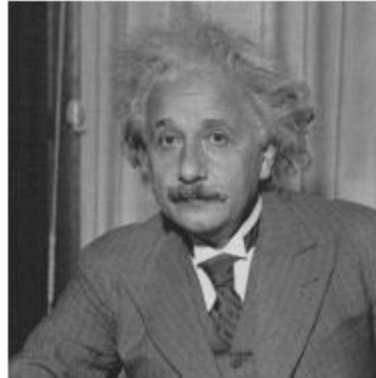
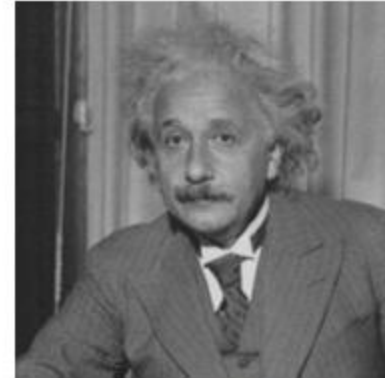


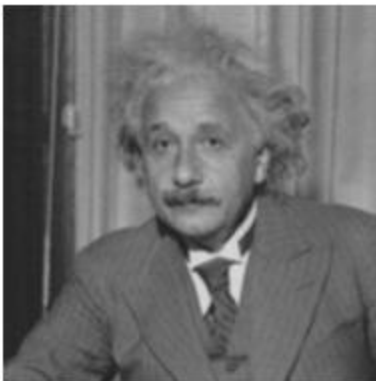
imagem original



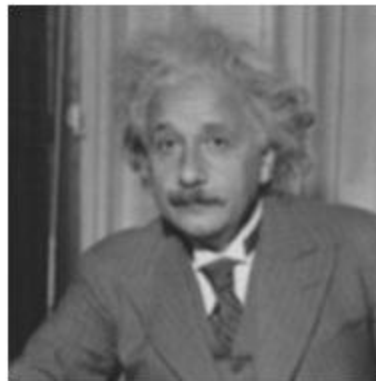
máscara 3×3



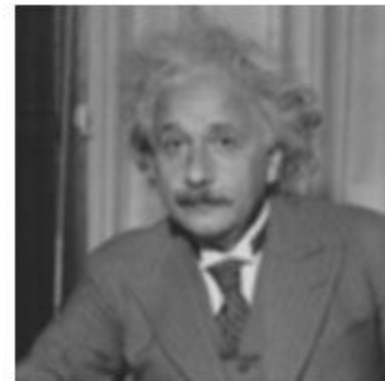
máscara 5×5



máscara 7×7



máscara 9×9

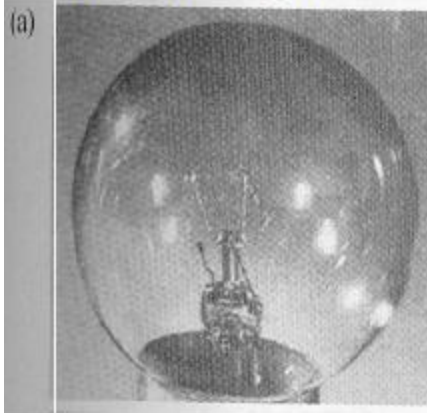


máscara 11×11

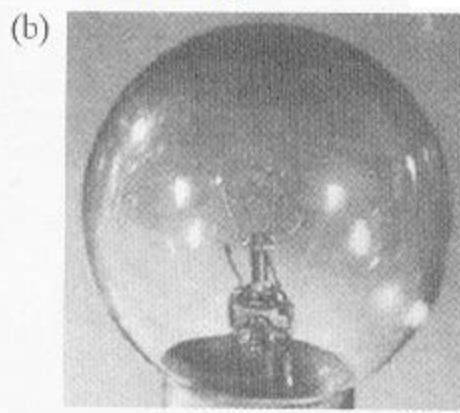
Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Passa-Baixa:** suavização da imagem (*Smoothing*)

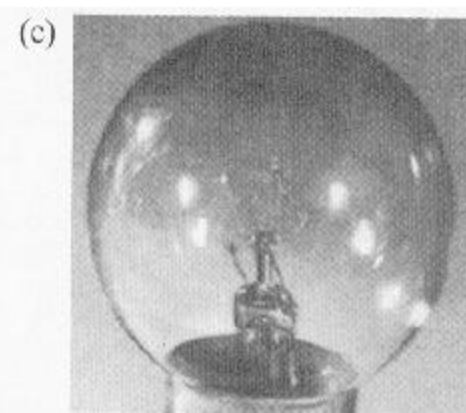
Imagem Original



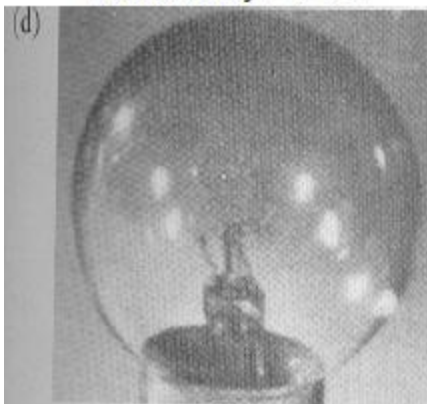
Vizinhança 3 x 3



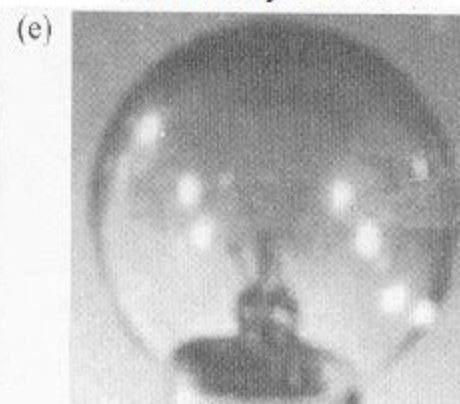
Vizinhança 5 x 5



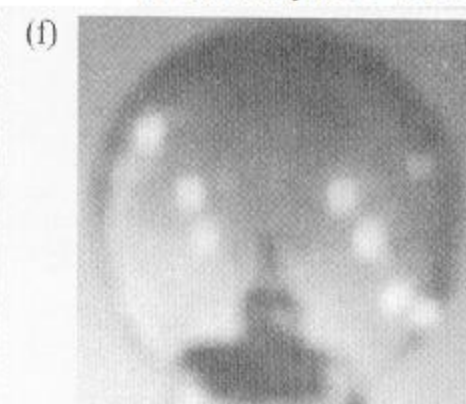
Vizinhança 7 x 7



Vizinhança 15 x 15



Vizinhança 25 x 25







Filtragem Espacial de Imagens

Exemplo de Filtro Não Linear

Filtragem Espacial de Imagens

■ Filtro Não Linear: Estatísticas de Ordem

- **Resultado**  obtido a partir da **classificação** (ordenação) dos **pontos**
- **Substituição do Pixel**  **Resultado da Classificação**
- **Mais Conhecido: Filtro de Mediana**
 - Filtro 3x3  mediana é o 5º maior elemento
 - Filtro 5x5  mediana é o 13º maior elemento

Ruídos Aleatórios (Sal e Pimenta)  excelentes resultados

Filtragem Espacial de Imagens



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 8 - (a) Imagem original; (b) imagem contaminada por ruído impulsivo (sal e pimenta); (c) resultado da filtragem pelo filtro da mediana com máscara 3x3; (d) resultado da filtragem pelo filtro da média com máscara 3 x 3.

■ Filtro Não Linear: Mediana

Filtragem Espacial de Imagens



(a)



(b)

Figura 9 - (a) Imagem original; (b) imagem contaminada por ruído gaussiano; (c) resultado filtragem pelo filtro da mediana com máscara 3x3; (d) resultado da filtragem pelo filtro média com máscara 3 x 3.



(c)



(d)

■ Filtro Não Linear: Mediana

Filtragem Espacial de Imagens

Filtros de Aguçamento

Fundamentos

- **Borramento**

- Efeito definido a partir do cálculo da média, que é análogo a um processo de integração

- **Aguçamento**

- Definido pela operação inversa (Diferenciação)
- Derivada

Fundamentos: Derivadas Unidimensionais

- Derivadas de uma função digital são definidas por meio de diferenças
- Para uma função $f(x)$: $\frac{df}{dx} = f(x + 1) - f(x)$

Fundamentos: Derivadas Unidimensionais

- A derivada segunda pode ser definida como:
 - Diferença do próximo somada a diferença do anterior

$$\frac{d^2 f}{dx^2} = f(x+1) - f(x) + f(x-1) - f(x) = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

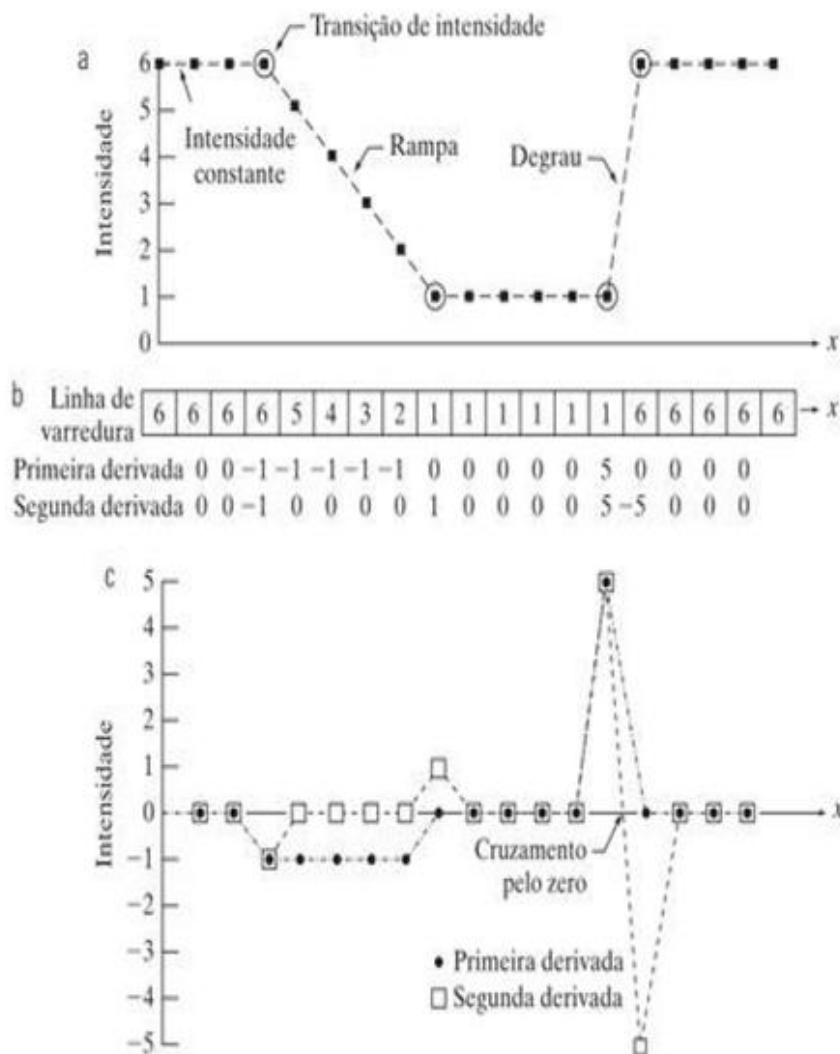
Fundamentos: Derivadas Unidimensionais

- Estas aproximações consideram a derivada primeira como:
 - Seja zero em áreas de intensidade constante;
 - Seja diferente de zero no início de um degrau ou rampa de intensidade;
 - Seja diferente de zero ao longo das rampas.

Fundamentos: Derivadas Unidimensionais

- De forma similar, qualquer definição de uma **derivada segunda**:
 - Deve ser zero em áreas constantes;
 - Deve ser diferente de zero no início e no final de um degrau ou rampa de intensidade;
 - Deve ser zero ao longo de rampas de inclinação constante.

Fundamentos: Derivadas



Fundamentos: Motivação para aplicar a derivada segunda

- Bordas em imagens digitais muitas vezes são transições parecidas com rampas em termos de intensidade.
- A derivada primeira resultaria em bordas espessas.
- A derivada segunda produz uma dupla borda, com espessura de um pixel.
- Ela realça muito mais os detalhes finos do que a derivada primeira
 - **Critério necessário para aguçamento de imagens**

Laplaciano: Segunda derivada para o aguçamento de imagens

- Definir uma fórmula discreta da derivada de segunda ordem
- Construir uma máscara de filtragem espacial com base nessa formulação
 - A melhor estratégia para o cálculo de derivadas
- Filtros isotrópicos
 - Invariante à rotação

O Laplaciano - Definição da segunda variável

■ Temos:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

■ A derivada segunda f'' da função $f(x, y)$ é:

$$f''(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

$$f''(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

Operador Laplaciano: Máscara de filtragem

0	1	0
1	- 4	1
0	1	0

1	1	1
1	- 8	1
1	1	1

Outras implementações do Laplaciano comumente encontradas na prática

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

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Filtragem Espacial de Imagens

■ **Filtro Passa-Alta:** realçar características

□ Frequências baixas  atenuadas

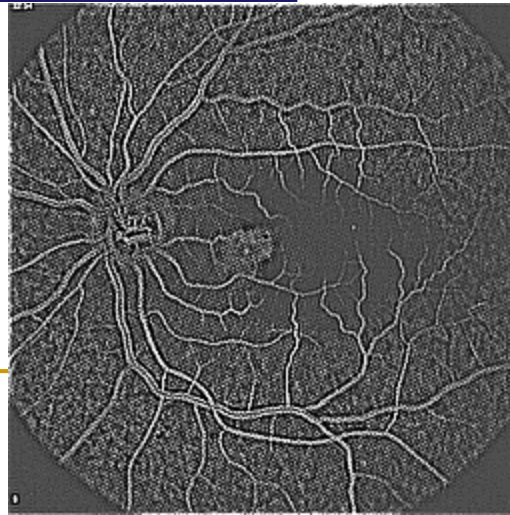
□ **Exemplos de Filtros (Convolução)**

$$h_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$h_2 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Soma dos pesos é zero

**Operador
Laplaciano**



Filtragem Espacial de Imagens

■ Filtro Passa-Alta: Detector de Altas Frequências



Convolução *



$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

255 -



Filtragem Espacial de Imagens

■ Filtro Passa-Alta: Detector de Altas Frequências (Normalizado)



Convolução *



255 -



Normalizado

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Aguçamento (*Sharpening*): Realce de Altas frequências**
 - 1ª. Etapa: Aplicar Filtro Passa-Alta: Detector de bordas

Entrada



Máscara

*

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1



Resultado Etapa 1



Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Aguçamento (*Sharpening*): Realce de Altas frequências**
 - **2ª. Etapa: Aplicar Máscara para Gerar a mesma Imagem**

Entrada



Máscara

*

0	0	0
0	1	0
0	0	0



Resultado Etapa 2



Filtragem Espacial de Imagens

■ Filtro Aguçamento (*Sharpening*): Realce de Altas frequências

□ 3ª. Etapa: Aplicar Filtro Aguçamento

Resultado Etapa 1

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1



+

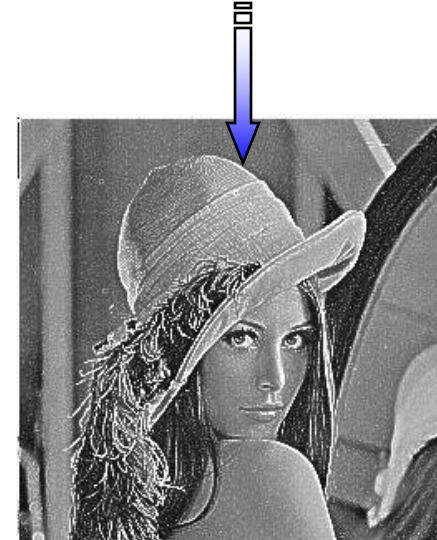
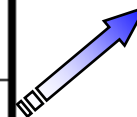
Resultado Etapa 2

0	0	0
0	1	0
0	0	0



Sharpening

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1



Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Aguçamento (*Sharpening*):** Realce de Altas frequências



Resultado de Passa-Alta

Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Aguçamento (*Sharpening*): Realce de Altas frequências**
 - **1ª. Etapa: Aplicar Filtro Passa-Alta (Normalizado)**

Entrada



Máscara

$$* \frac{1}{9} \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 8 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array} \rightarrow$$

Resultado Etapa 1



Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Aguçamento (*Sharpening*): Realce de Altas frequências**
 - **2ª. Etapa: Aplicar Máscara para Gerar a mesma Imagem**

Entrada



Máscara

$$* \frac{1}{9} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 9 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \Rightarrow$$

Resultado Etapa 2



Filtragem Espacial de Imagens

■ Filtro Aguçamento (*Sharpening*): Realce de Altas frequências

□ 3ª. Etapa: Aplicar Filtro Aguçamento Normalizado

Resultado Etapa 1

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



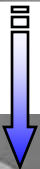
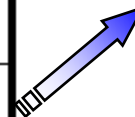
Resultado Etapa 2

$$+ \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



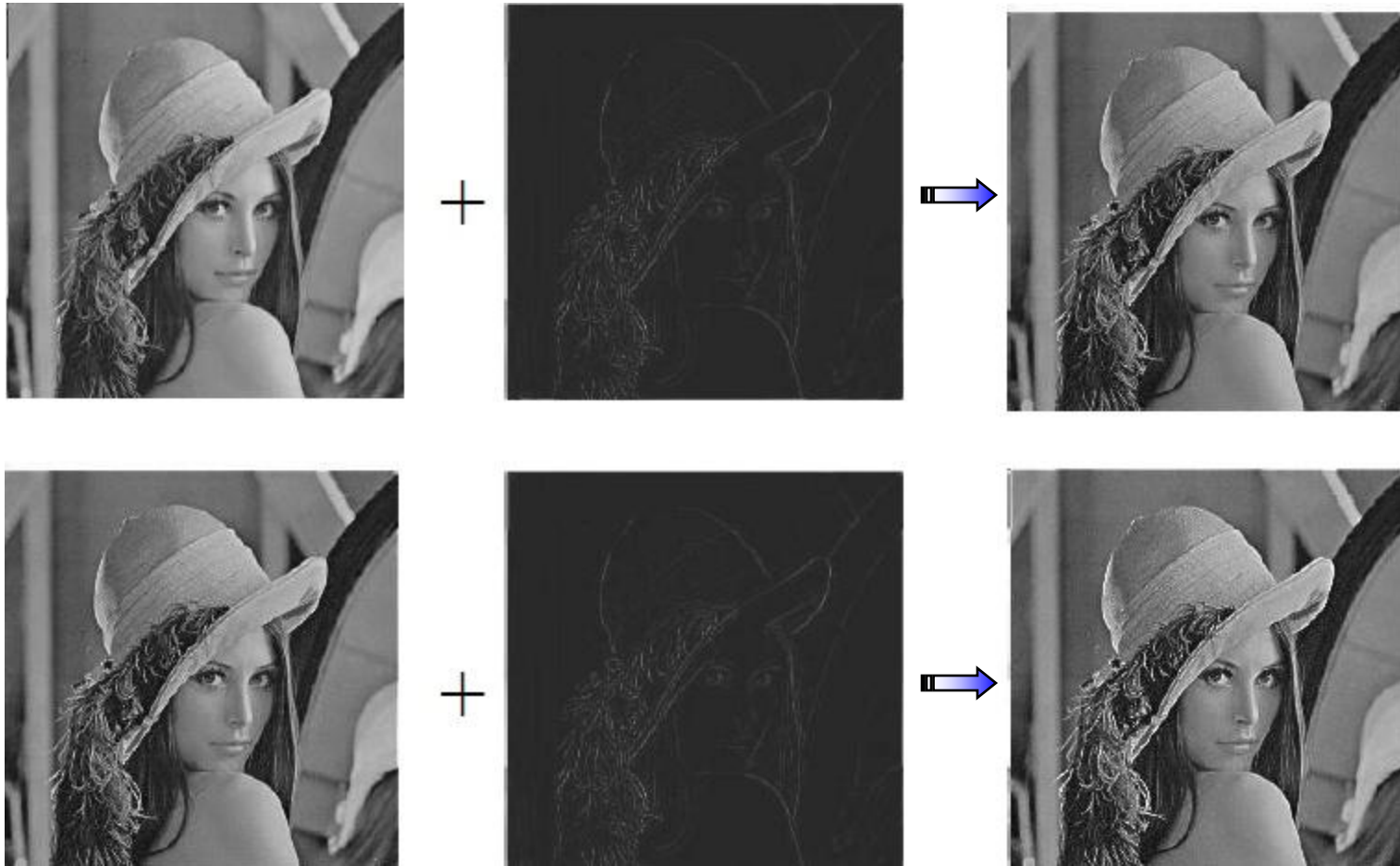
Sharpening

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 17 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



Filtragem Espacial de Imagens

- **Filtro Aguçamento (*Sharpening*):** Realce de Altas frequências



**Resultado de Passa-Alta
Normalizado**

Exercícios

1. Considere uma imagem digital representada por uma matriz 5×5 , conforme indicada abaixo. O pixel central é um ponto de referência. Forneça o valor resultante do pixel central caso a imagem seja processada:
 - a) pelo algoritmo de filtragem mediana com uma janela 3×3 .
 - b) pelo algoritmo da média utilizando janela 5×5 .
 - c) pela média dos k vizinhos mais próximos, utilizando janela 5×5 , sendo $k = 9$.

121	20	198	84	4
87	188	189	99	8
88	115	134	49	19
16	18	187	98	9
12	103	15	176	38

Exercícios

2. Considere uma imagem representada por uma matriz 7 x 7, indicada abaixo, em que cada elemento corresponde ao nível de cinza do pixel. A taxa de quantização desta imagem foi definida como de 8 bits. Considere o pixel central como o pixel de referência e forneça o valor deste ponto central após processamento com:

0	3	221	220	198	84	4
3	23	187	188	189	99	8
9	9	188	115	134	49	9
0	5	176	18	187	98	9
15	15	123	103	165	76	9
14	12	156	188	188	98	9
9	8	190	190	190	90	0

- a) algoritmo de filtragem mediana utilizando uma janela 3 x 3;
- b) algoritmo da filtragem pela mediana com uma janela em forma de cruz, isto é considerando no cálculo da mediana apenas os pixels de coordenadas: (x, y) (*pixel de referência*), $(x-1, y)$, $(x+1, y)$, $(x, y-1)$ e $(x, y+1)$;
- c) algoritmo da média utilizando janela 7 x 7.

Exercícios

d) algoritmo adaptativo que funciona da seguinte maneira: primeiramente aplica-se um filtro da mediana em uma janela 3×3 ao redor do pixel de referência, calculando-se MED . Depois disto, aplica-se um filtro da média utilizando uma janela 5×5 , levando em consideração apenas os pixels em que as intensidades estejam na faixa entre $MED - C$ e $MED + C$, inclusive os extremos. Assumir que $C = 22$.

3. Considere a imagem a seguir, representada por uma matriz 7×7 , em que cada elemento indica um nível de cinza normalizado, sendo 0 = preto, 1 = branco.

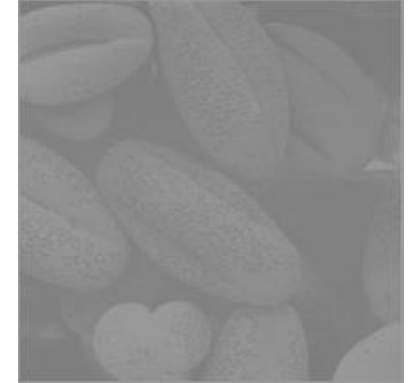
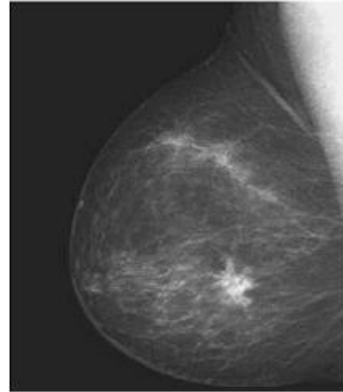
0	3/7	2/7	2/7	1/7	1/7	4/7
3/7	2/7	1/7	1/7	1/7	1/7	4/7
2/7	0	1	1/7	3/7	0	0
0	5/7	1/7	0	6/7	0	1/7
1/7	1/7	1/7	3/7	6/7	6/7	5/7
1/7	1/7	1/7	1/7	5/7	6/7	4/7
0	1	0	0	0	0	4/7

Pede-se:

- Calcular as probabilidades de cada nível de cinza e plotar o histograma.
- Na imagem original predominam pixels claros ou escuros?
- Equalizar o histograma e reescrever a imagem com os novos valores de intensidades.

Exercícios

4. Considere as imagens a seguir e construa um programa para aplicar:



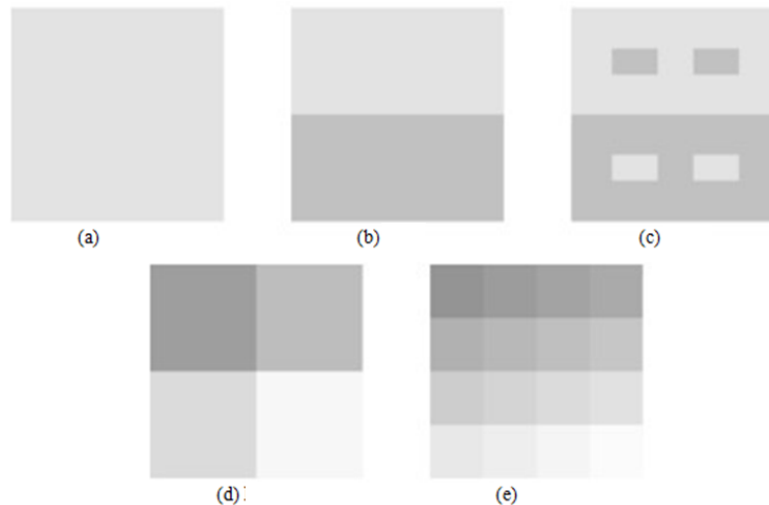
a) Filtro Passa-Baixa: suavização da imagem (*Smoothing*), com janelas de 3x3, 5x5 e 7x7;

b) Filtro Passa-Alta; Detector de Altas Frequências; Filtro de Aguçamento (*Sharpening*) – Realce de características. Considerar as versões normalizadas e não normalizadas. Considere, para estes, as máscaras,

$$h_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad h_2 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Exercícios

5. Utilize as funções estudadas na aula 2 (ruídos) para adicionar ruídos em uma imagem dada como entrada. Aplique sobre cada imagem indicada a seguir os ruídos aditivos: sal e pimenta; uniforme e gaussiano. As distribuições devem ser fornecidas pelo usuário. Aplique os filtros apresentados abaixo e indique os que permitiram minimizar os efeitos provocados pelos ruídos, sem provocar borramentos.



a) Suavização da imagem (*Smoothing*), com janelas de 3x3, 5x5 e 7x7;

b) Filtro Passa-Alta com as máscaras,

$$h_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad h_2 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

c) Mediana 3x3 e 5x5.

Após aplicar os filtros indicados nos itens (a) e (b), as entropias calculadas para cada resultado são as mesmas das entradas correspondentes? Qual foi o efeito observado?

Referências

1. Pedrini, H., Schwartz, W. R. Análise de Imagens Digitais: Princípios Algoritmos e Aplicações. São Paulo: Thomson Learning, 2008.
2. González, R. C., Woods, R. E. Processamento de Imagens Digitais. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2000.
3. Marques Filho, O., Vieira Neto, H. Processamento Digital de Imagens, Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

