

**UNIP**

UNIVERSIDADE PAULISTA

# Processamento de Imagem



**Filtragem no Domínio Espacial**

Professora Sheila Cáceres

# Filtragem

- A filtragem de imagens pode ser realizada no domínio do espaço e da frequência
- Operadores de filtragem são classificados em:
  - Filtros lineares
  - Filtros não lineares
- Os filtros também podem ser classificados em 3 categorias
  - Passa-baixas
  - Passa-altas
  - Passa faixa

**UNIP**

UNIVERSIDADE PAULISTA

# Processamento de Imagem



**Filtragem no Domínio Espacial**

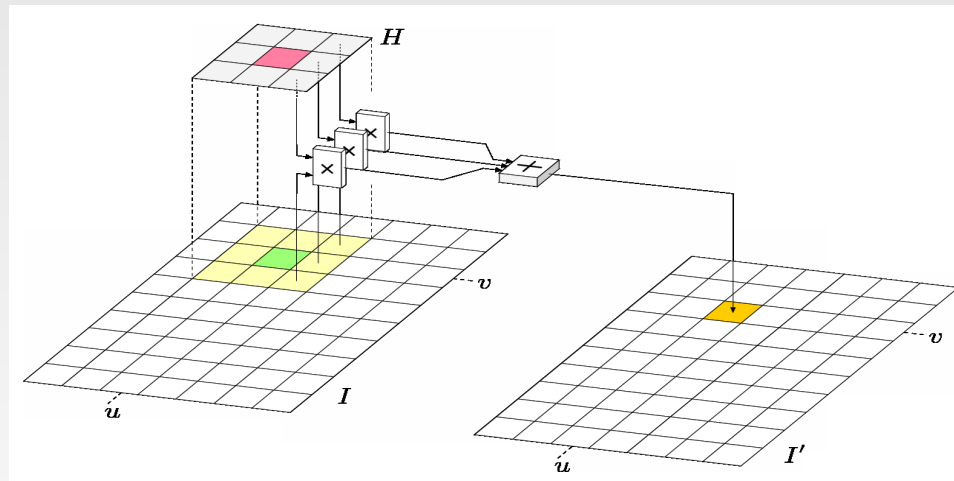
Professora Sheila Cáceres

# Filtragem no domínio espacial

- Refere-se ao próprio plano da imagem ou seja ao conjunto de pixels que compõe uma imagem.
- No domínio espacial, o nível de cinza de um ponto  $f(x,y)$  após a transformação depende do valor do nível de cinza original do ponto e de outros pontos da vizinhança de  $f(x,y)$ .
- Pontos mais próximos contribuem mais significativamente para o novo valor de nível de cinza do que os pontos mais afastados.
- A filtragem no domínio da frequência será vista em lições futuras.

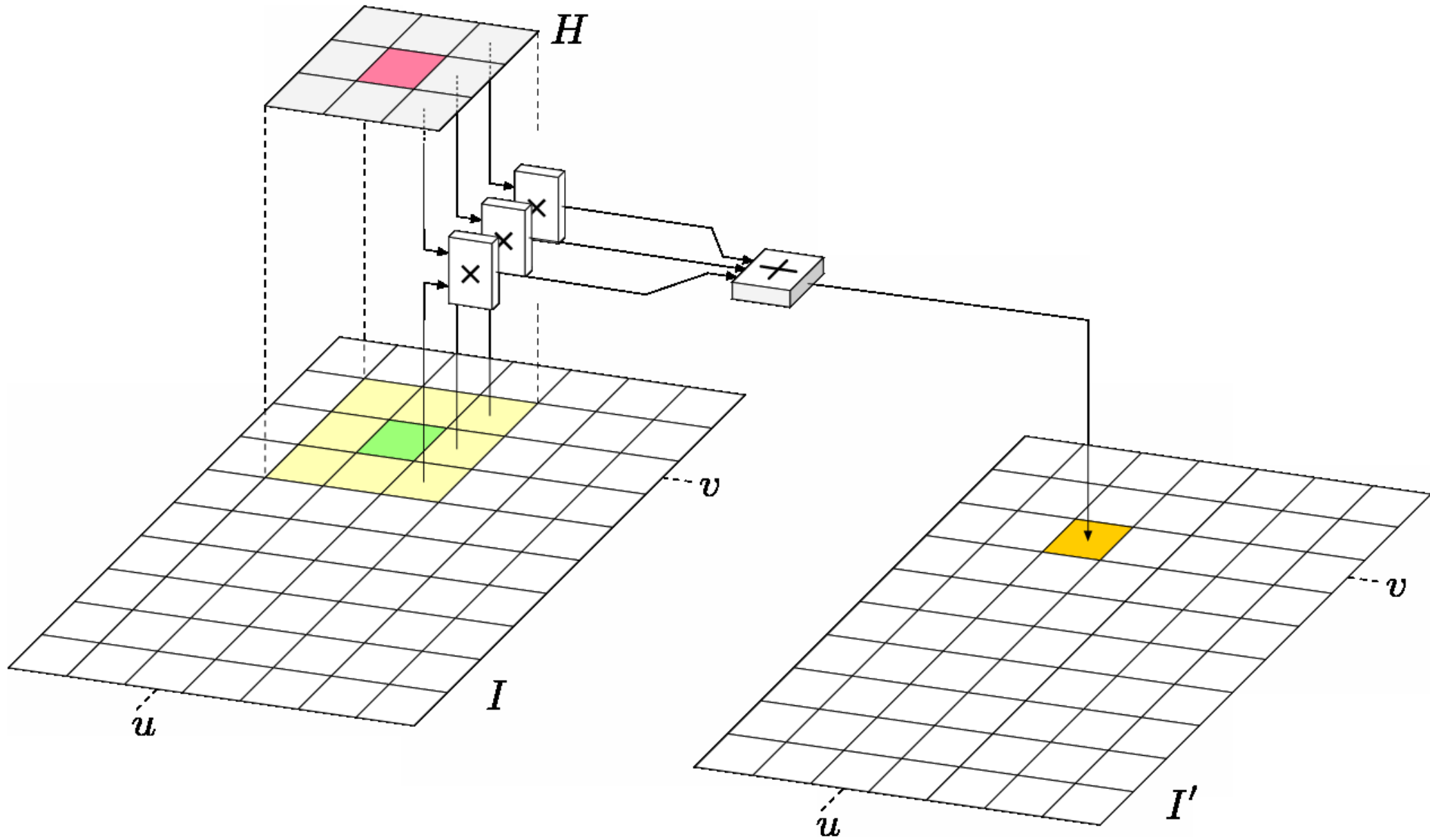
# Filtros lineares e não lineares

- **Lineares:** Calculam o valor resultante de cada pixel como uma combinação linear dos níveis de cinza em uma vizinhança local do pixel na imagem original.



- **Não Lineares:** Não apresentam uma combinação linear

# Filtragem Linear no domínio espacial



# Filtragem Linear no domínio espacial

- O processo de filtragem normalmente é realizado por meio de matrizes denominadas máscaras, as quais são aplicadas sobre a imagem.
- A cada posição da máscara está associado um valor numérico chamado peso ou coeficiente.
- Os coeficientes do filtro são multiplicados pelos valores de níveis de cinza dos pixels correspondentes e então somados, substituindo o valor do nível de cinza do pixel central.

# Filtragem Linear no domínio espacial

- O processo de filtragem normalmente é realizado por meio de matrizes denominadas máscaras, as quais são aplicadas sobre a imagem.
- A cada posição da máscara está associado um valor numérico chamado peso ou coeficiente.
- Os coeficientes do filtro são multiplicados pelos valores de níveis de cinza dos pixels correspondentes e então somados, substituindo o valor do nível de cinza do pixel central.



# Filtragem Linear no domínio espacial

A figura abaixo mostra uma máscara genérica de  $3 \times 3$  pixels. Denotando os níveis de cinza da imagem sob a máscara por  $z_i = f(x, y)$ ,  $1 \leq i \leq 9$ , a resposta da máscara é

$$R = w_1z_1 + w_2z_2 + \dots + w_9z_9 = \sum_{i=1}^9 w_i z_i$$

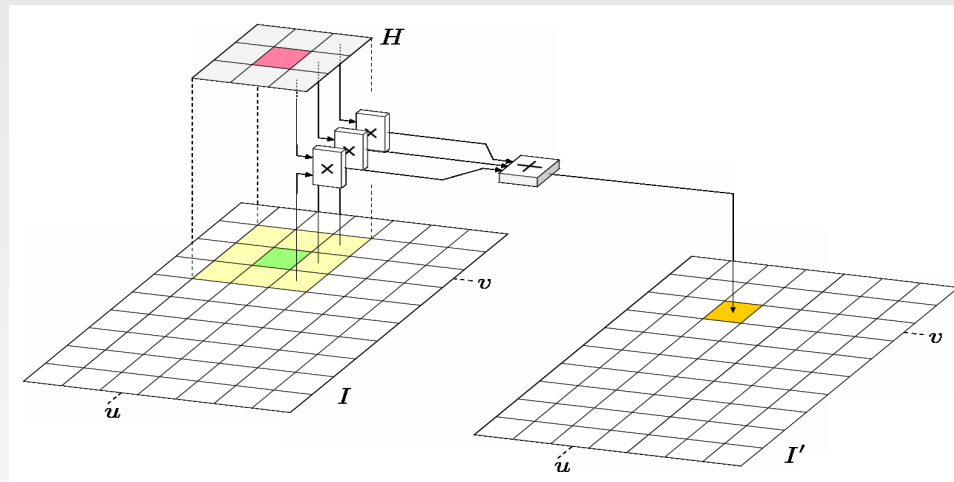
em que  $w_i$  representa os coeficientes da máscara.

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

**Figura:** Máscara de  $3 \times 3$  pixels com coeficientes arbitrários.

# Filtros lineares e não lineares

- **Lineares:** Calculam o valor resultante de cada pixel como uma combinação linear dos níveis de cinza em uma vizinhança local do pixel na imagem original.



- **Não Lineares:** Não apresentam uma combinação linear

# Filtros

Para estudarmos os diversos filtros mais importantes no domínio espacial, seguiremos a seguinte classificação

- **Filtro passa baixas**
  - **Lineares**
    - **Media**
  - **Não Lineares**
    - **Mediana**
    - **Máximo**
    - **Mínimo**
    - **Moda**
- **Filtro passa altas**

# Filtros Passa-Baixa

- O efeito de um filtro passa-baixa é o de **suavização** pois as frequências altas que correspondem às transições abruptas são atenuadas.
- A suavização tende a **minimizar** o efeito de **ruído** em imagens
- **Desvantagem:** Devido ao borramento causado pela filtragem passa-baixa, detalhes finos podem ser removidos da imagem

# Lineares: Filtro da Media

- Substitui cada pixel pela média aritmética dos pixels da vizinhança.
- As máscaras  $h_1$ ,  $h_2$  e  $h_3$  possuem todos seus coeficientes iguais a 1, e o resultado da convolução é dividido por um fator de normalização.
- O fator de normalização é, em geral, igual à soma dos coeficientes da máscara de modo a preservar o valor médio.
- Em região homogênea: não sofre alteração de seus níveis de cinza.

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

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

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

# Lineares: Filtro da Média Ponderado

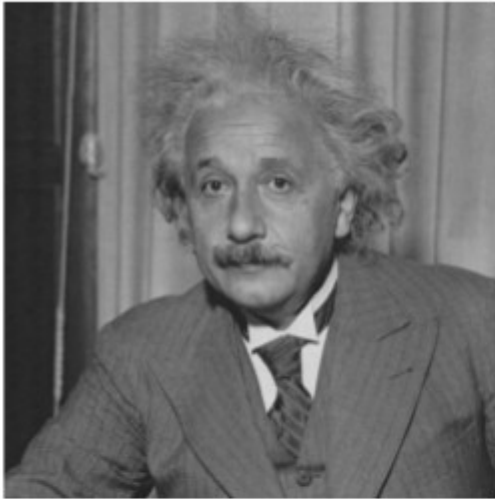
- Os filtros  $h_4$  e  $h_5$  introduzem uma ponderação conforme a distancia e a orientação dos pontos vizinhos.

$$h_4 = \frac{1}{10} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

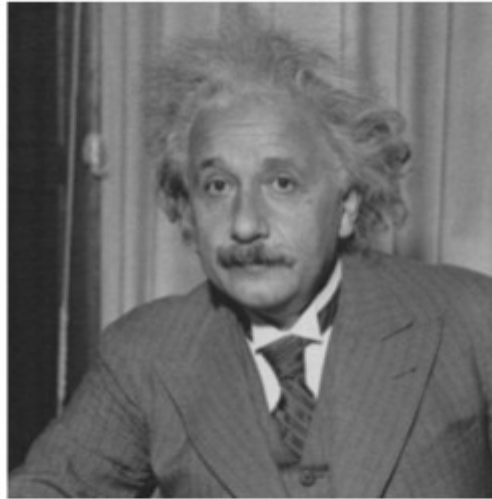
$$h_5 = \frac{1}{16} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

# Lineares: Filtro da Média

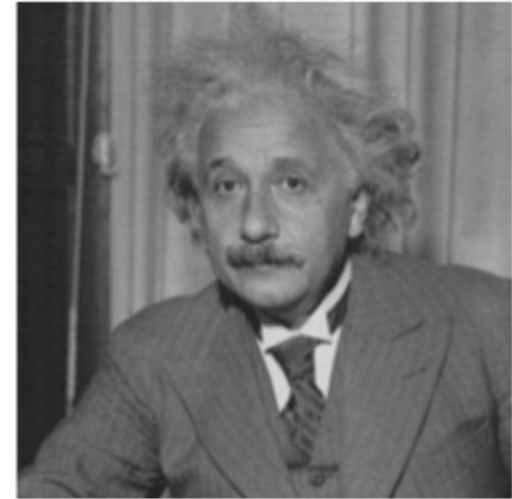
- Filtro da média com diferentes tamanhos de máscara



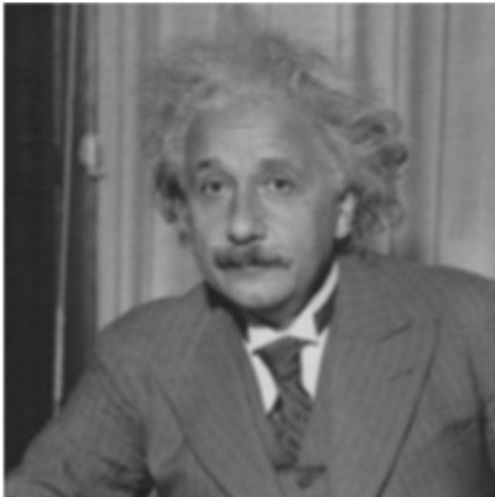
(a) imagem original



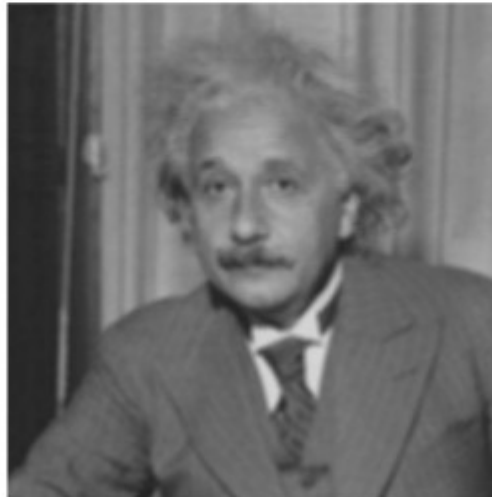
(b) máscara  $3 \times 3$



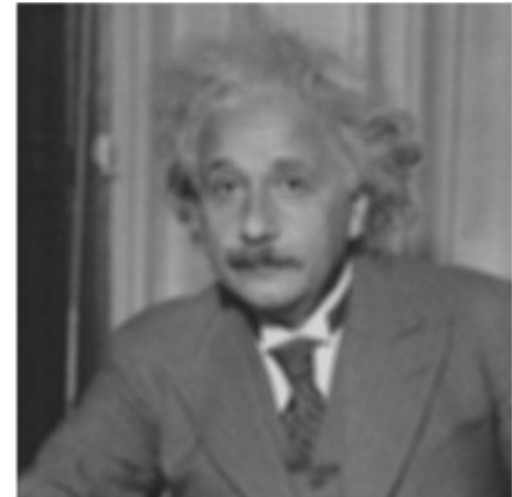
(c) máscara  $5 \times 5$



(d) máscara  $7 \times 7$



(e) máscara  $9 \times 9$



(f) máscara  $11 \times 11$

# Não Lineares

- Um dos grandes problemas relacionados a eliminação de ruído em imagens por meio de filtros passa baixas é a supressão de detalhes finos e bordas da imagem.
- Filtros passa-baixas não-lineares procuram **evitar** a suavização homogênea ao longo das regiões próximas a essas bordas.
- **Filtros estatísticos de ordem** são uma classe de filtros não lineares muito empregados em processamento de imagens onde: dada uma vizinhança de  $m$  pixels, estes são ordenados de maneira crescente.

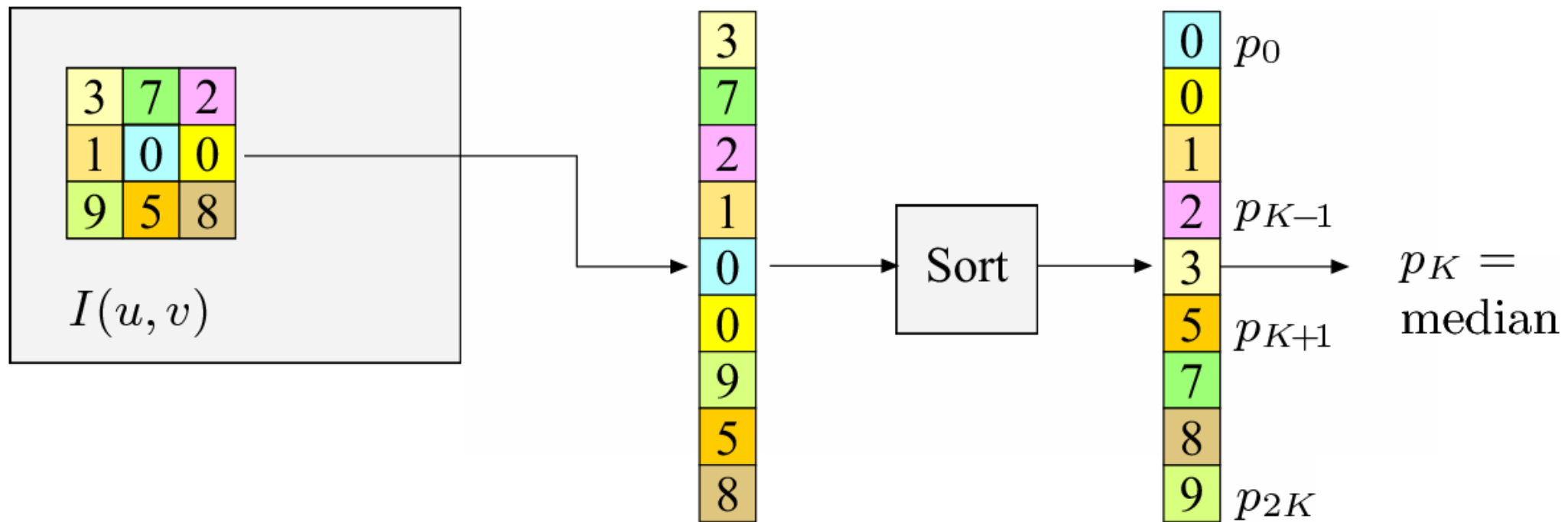


# Não Lineares: Filtro da Mediana

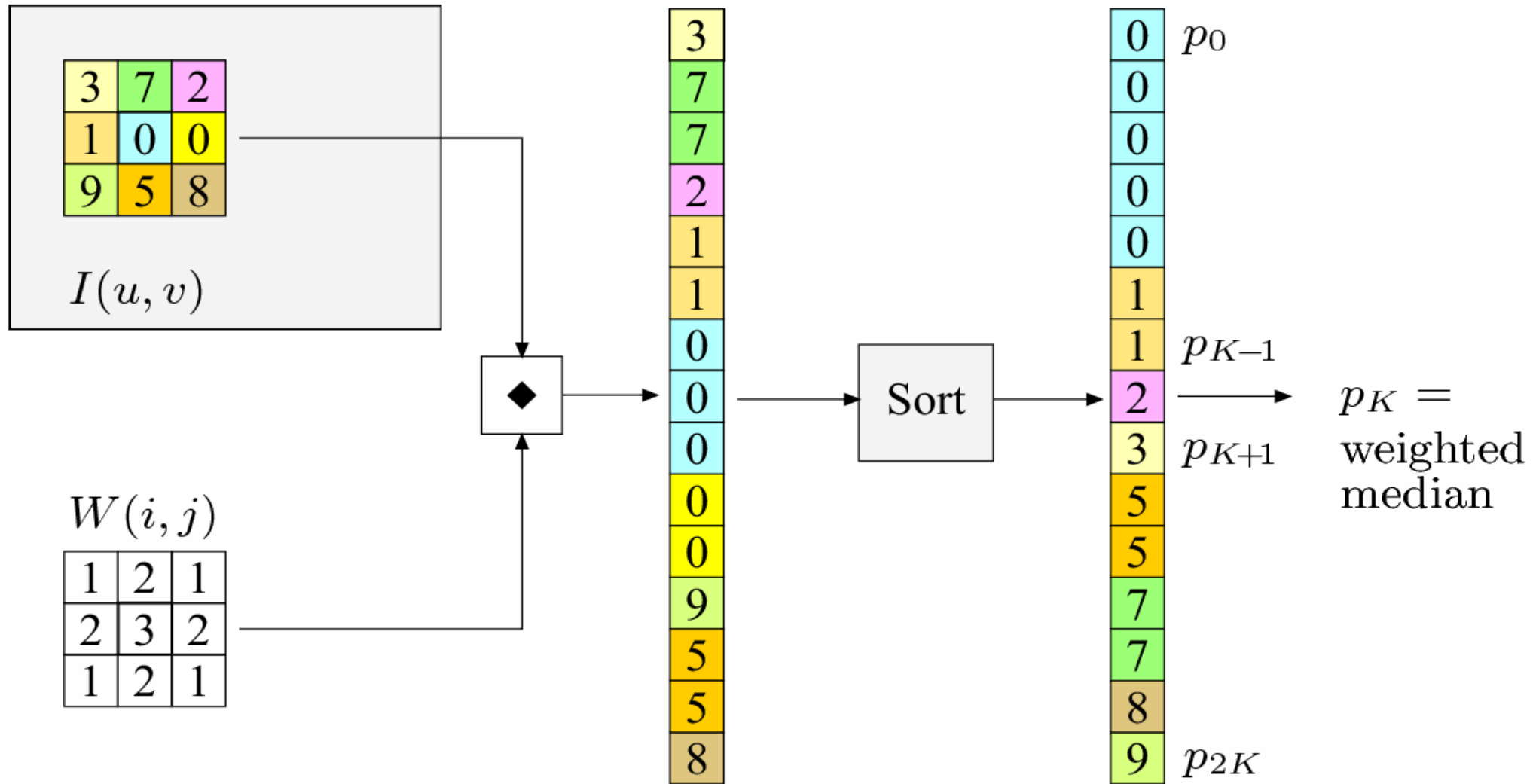
- Consiste em substituir a intensidade de cada pixel pela mediana das intensidades na vizinhança do pixel
- O filtro da mediana é adequado para reduzir o efeito de ruído impulsivo do tipo sal-e-pimenta, já que os níveis de cinza dos pixels que diferem significativamente de seus vizinhos serão descartados pelo filtro.
- Cabe destacar, que este filtro não introduz valores de níveis de cinza diferentes daqueles contidos na imagem original e, por afetar menos as bordas, pode ser aplicado iterativamente.

# Não Lineares: Filtro da Mediana

Consiste em substituir a intensidade de cada pixel pela mediana das intensidades na vizinhança do pixel

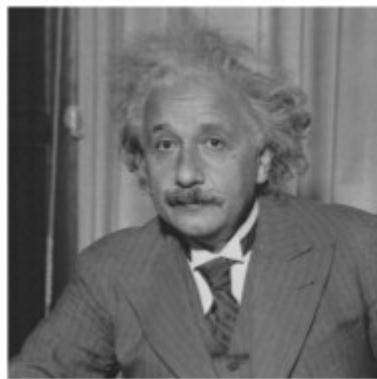


# Mediana Ponderada

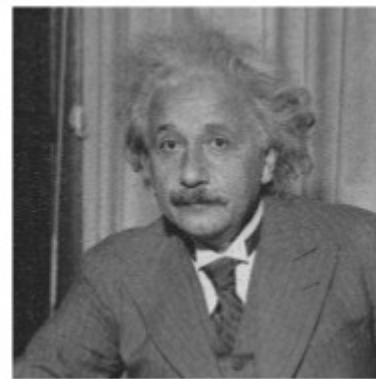


# Exemplo Filtro Média versus Mediana

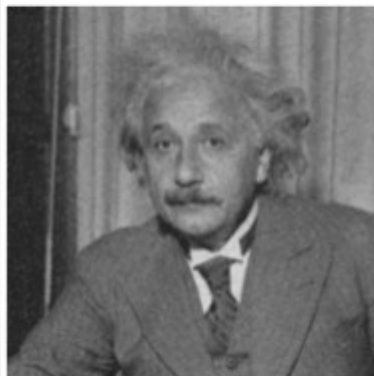
- Exemplos dos filtros da média e da mediana em uma imagem corrompida com ruído impulsivo (sal e pimenta)



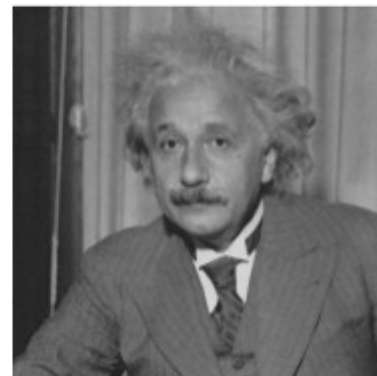
(a) imagem original



(b) com ruído impulsivo



(c) após filtro da média  $5 \times 5$



(d) após filtro da mediana  $5 \times 5$

# Exemplo Filtro Média versus Mediana

(a) Imagem original corrompida com ruído salt and pepper

(b) Filtro da média

(c) Filtro da Mediana: elimina eficientemente o ruído



(a)

(b)

(c)

# Não Lineares: mínimo, máximo, moda

- **Filtro Mínimo:** O valor de cada pixel é substituído pelo menor valor dentre os valores de intensidade dos pixels na vizinhança.
  - Regiões mais escuras de uma imagem são aumentadas, dominando as áreas mais claras.
- **Filtro Máximo:** escolhe-se o maior valor dentre os valores de intensidade dos pixels da vizinhança para substituir o valor do pixel central sendo tratado.
  - Regiões mais claras são aumentadas, dominando as áreas mais escuras
- **Filtro da Moda:** Seleciona o valor que ocorre com maior frequência na vizinhança para substituir o valor do pixel central.

# Não Lineares: mínimo, máximo, moda

Exemplos:

- (a) valores originais de intensidade
- (b) filtro mínimo
- (c) filtro máximo
- (d) filtro da mediana
- (e) filtro da moda

15	10	25
20	35	10
35	40	35

(a)

15	10	25
20	10	10
35	40	35

(b)

15	10	25
20	40	10
35	40	35

(c)

15	10	25
20	25	10
35	40	35

(d)

15	10	25
20	35	10
35	40	35

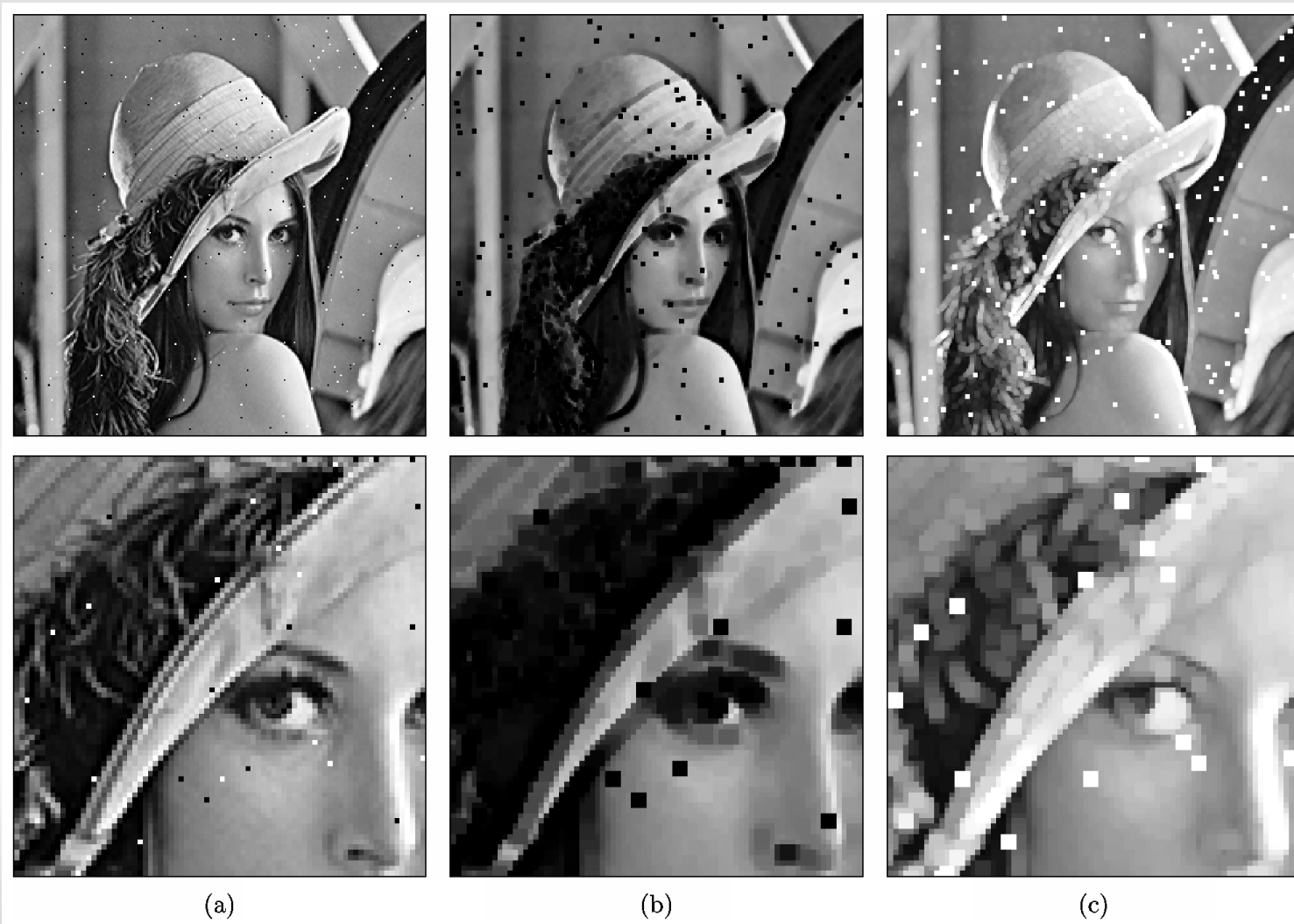
(e)

# Não Lineares: Mínimo e Máximo

(a) Imagem original

(b) Filtro Mínimo : elimina os pontos claros e amplia as estruturas pretas

(c) Filtro Máximo : efeito oposto a b



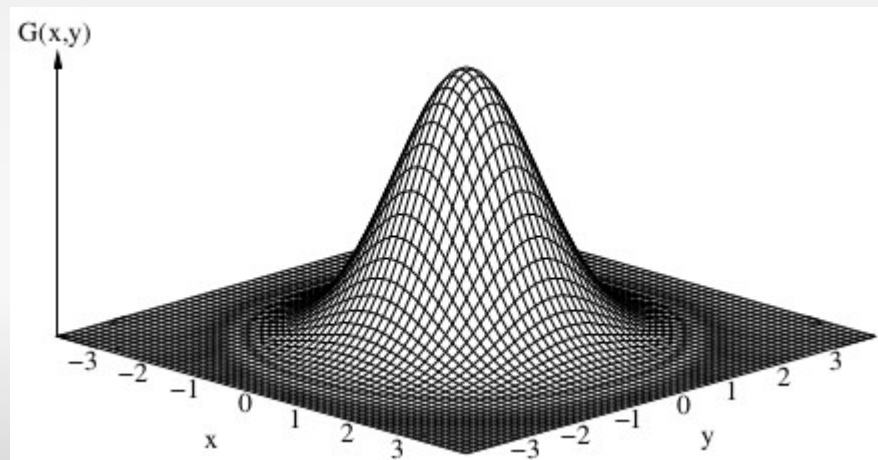


# Filtros Gaussianos

- Os coeficientes da máscara são derivados a partir de uma função gaussiana bidimensional
- A função gaussiana discreta com média zero e desvio padrão  $\sigma$  é definida como:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(\frac{-(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right)$$

- Um gráfico dessa função é mostrada na figura a seguir.

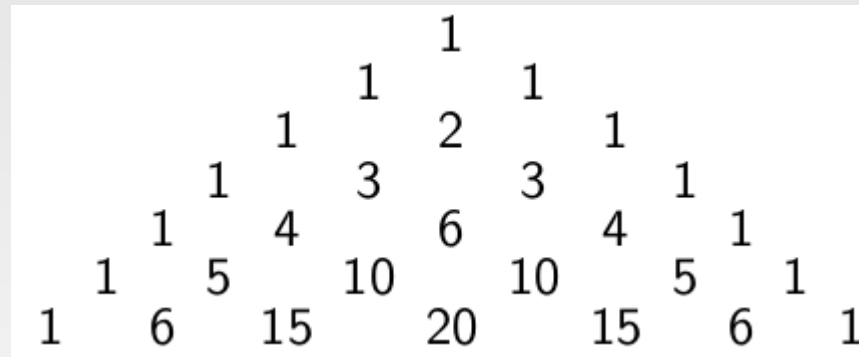


# Filtros Gaussianos - Características

1. Em duas dimensões, funções Gaussianas são **simétricas** com relação a rotação. Ou seja o grau de suavização realizado pelo filtro será o mesmo em todas as direções: filtro **isotrópico**
2. A suavização da imagem é realizada por meio da substituição de cada pixel por uma média ponderada dos pixels vizinhos, onde **o peso de um vizinho decresce com a distância do pixel central**
3. A largura (grau de suavização) de um filtro Gaussiano está relacionado com o parâmetro  $\sigma$ . Quanto **maior  $\sigma$** , maior largura do filtro Gaussiano e **maior** o seu grau de **suavização**.
4. Funções gaussianas são **separáveis**. Portanto pode-se realizar uma convolução Gaussiana usando um filtro unidirecional e posteriormente processando o resultado com o mesmo filtro orientado ortogonalmente.

# Filtros Gaussianos

- Uma maneira comum de aproximar os coeficientes de um filtro Gaussiano é utilizar os coeficientes da expansão binomial que podem ser obtidos por meio do triângulo de Pascal



The image displays Pascal's triangle, which provides the binomial coefficients for the expansion of  $(x + y)^n$ . The coefficients are arranged in a triangular pattern, with each number being the sum of the two numbers directly above it. The values shown are:

					1					
				1	2	1				
			1	3	3	1				
		1	4	6	4	1				
	1	5	10	10	5	1				
1	6	15	20	15	6	1				

# Filtro Gaussiano

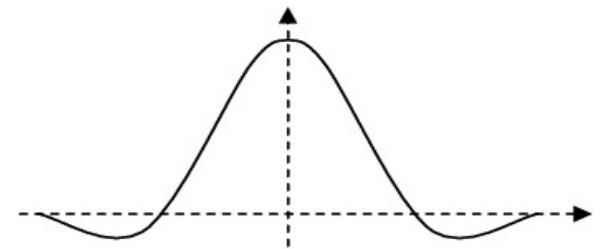
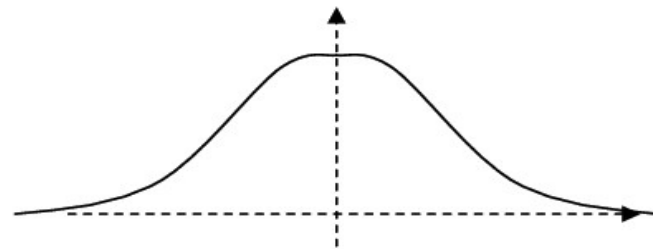
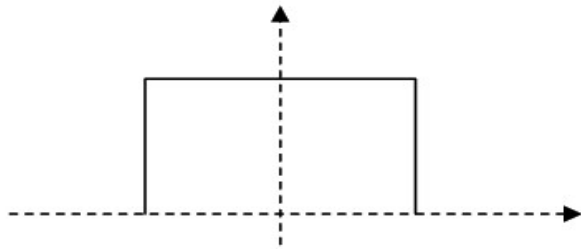
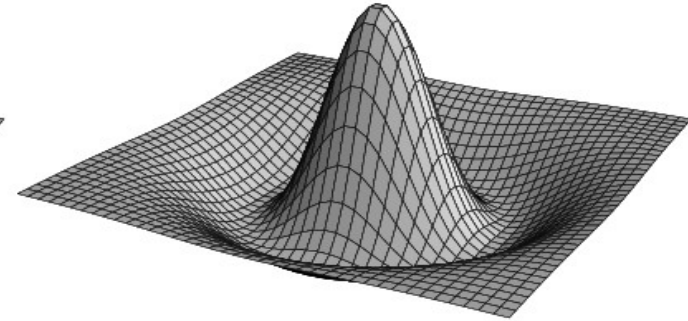
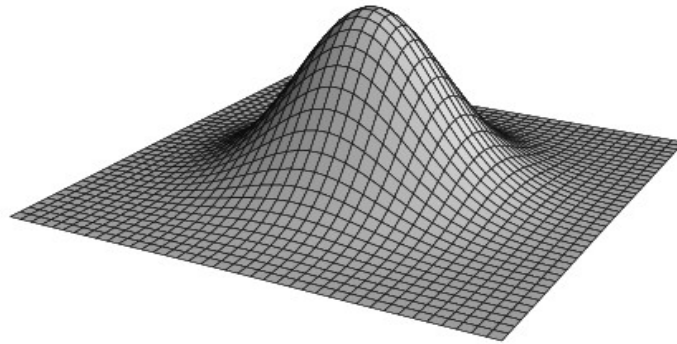
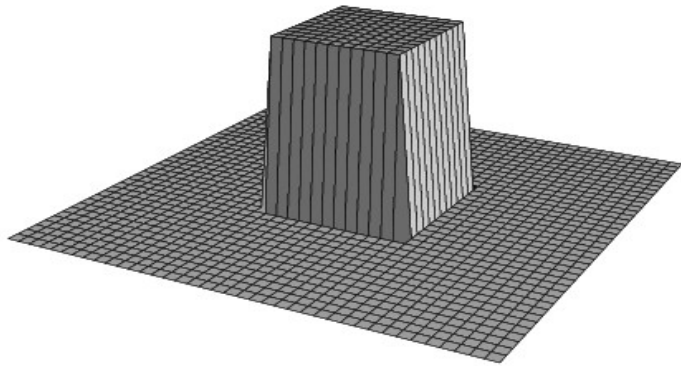
- Uma máscara unidimensional de tamanho  $n$  pode ser obtida tomando-se a  $n$ -ésima linha do triângulo de Pascal
- Por exemplo, a máscara a seguir foi obtida da quinta linha do triângulo de Pascal dividida por um fator de escala igual à soma dos coeficientes da máscara.

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Uma máscara bidimensional para implementar o filtro Gaussiano pode ser obtida a partir de duas máscaras unidimensionais horizontal e vertical:

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 6 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix} \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

# Filtros Gaussianos



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

(a)

0	1	2	1	0
1	3	5	3	1
2	5	9	5	2
1	3	5	3	1
0	1	2	1	0

(b)

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

(c)

# Filtros Passa Altas

- Tendem a realçar certas características presentes na imagem, tais como bordas, linhas ou regiões de interesse.
- Exemplos de filtros lineares:

$$h_1 = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & -1 & 0 \\ \hline -1 & 4 & -1 \\ \hline 0 & -1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

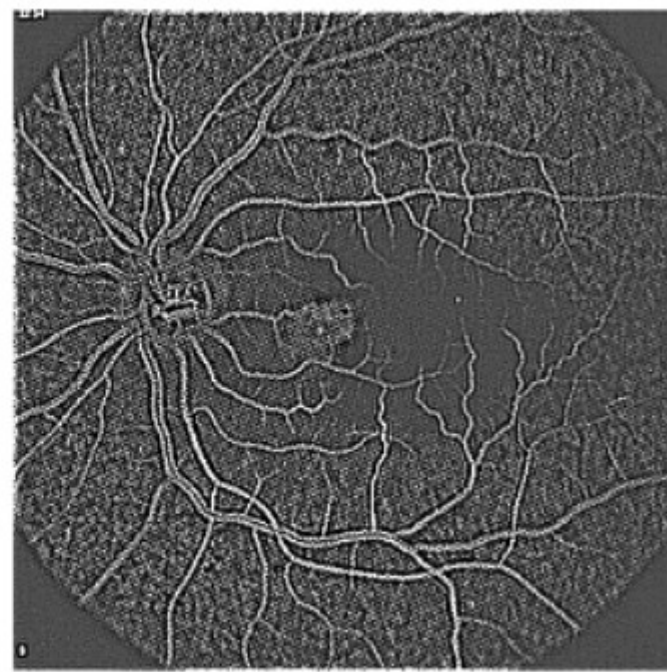
$$h_2 = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 8 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

# Filtros Passa Altas

- (a) imagem original
- (b) Resultado após aplicação do filtro passa-alta  $h_2$  sobre a imagem da figura (a)



(a)



(b)



# Bibliografia

- PEDRINI, H. e SCHWARTZ, W. R., "Análise de Imagens Digitais", São Paulo, Thomson, 2008, 508p e slides.
- FALCÃO, A.  
(<http://www.ic.unicamp.br/~afalcao/mo443/>)
- Wilhelm BURGER e Mark James BURGE. Digital Image Processing, An Algorithmic Introduction using Java.
- GONZALEZ e WOODS. Processamento de Imagens Digitais, Segunda edição.

Várias imagens foram extraídas do material mencionado acima com fines didáticos.