



## Filtragem no Domínio Espacial

V Vasconcelos

1

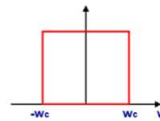


## Filtragem Espacial

- Consiste na aplicação de filtros, máscaras, janelas ou *kernels*.

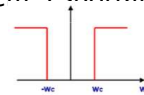
- Filtros lineares (ex. filtros de média) e não lineares (ex. filtro mediana)

- **Filtros passa-baixo** (*smoothing filters*):



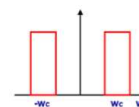
—eliminam ou atenuam altas frequências da imagem (pormenores de elevado contraste), resultando numa imagem “esborratada” (*blurred*).

- **Filtros passa-alto** (*sharpening filters*):



—eliminam ou atenuam componentes de baixa frequência (zonas com valores de intensidade que variam lentamente), resultando no aparecimento de pormenores de elevado contraste.

- **Filtros passa-banda e rejeita-banda**



Processamento de Imagem Médica

2

### Filtragem Espacial

Imagem  $f(x, y)$

3\*3 Filtro

Pixels da Imagem Original

Coeficientes do Filtro

$$e_{filtrado} = v * e + r * a + s * b + t * c + u * d + w * f + x * g + y * h + z * i$$

O processamento anterior é repetido para cada pixel da imagem original.

3

### Filtragem Espacial

O processo de filtragem permite obter uma imagem de saída  $g(x, y)$  que resulta da aplicação de uma **máscara** (*kernel* ou janela) à imagem original. Este processo pode-se resumir da seguinte forma:

1. A máscara ( $m \times n$ ) é centrada num pixel  $(x, y)$  da imagem de entrada  $f(x, y)$ ;
2. Os coeficientes da máscara  $w$  são multiplicados pelos valores dos pixels da vizinhança do pixel  $(x, y)$  e os produtos são somados, de acordo com :

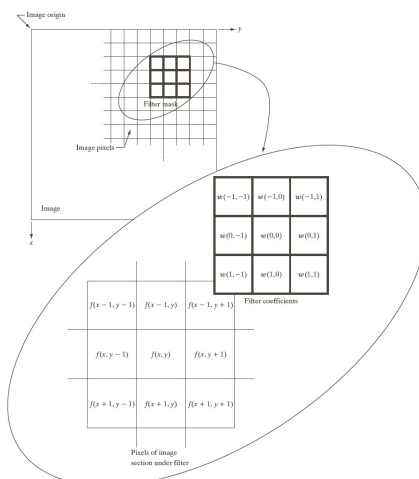
$$g(x, y) = \sum_{u=-a}^a \sum_{v=-b}^b w(u, v) f(x+u, y+v) \quad \text{onde} \quad \begin{aligned} a &= (m-1)/2; \\ b &= (n-1)/2; \\ m &\text{ e } n \text{ ímpares} \end{aligned}$$

Processamento de Imagem Médica

4



## Filtragem Espacial



**FIGURE 3.28** The mechanics of linear spatial filtering using a  $3 \times 3$  filter mask. The form chosen to denote the coordinates of the filter mask coefficients simplifies writing expressions for linear filtering.

Processamento de Imagem Médica

5



## Filtragem Espacial

Filtro representado  
por uma Matriz 3x3:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

1/9



Imagem (5x5):

6	4	4	6	8
3	0	4	8	5
3	2	3	4	2
9	2	3	6	1
7	8	9	0	4



Sub - Imagem (3x3):

6	4	4
3	0	4
3	2	3

Exemplo no pixel (2,2):

$$(6+4+4+3+0+4+3+2+3) / 9 \approx 3,2$$

?	?	?	?	?
?	3	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?

Processamento de Imagem Médica

6

## Filtragem Espacial

Filtro representado por uma Matriz 3x3:

-1	-2	1
0	0	0
1	2	1

➔

Imagem (5x5):

6	4	4	6	8
3	0	4	8	5
3	2	3	4	2
9	2	3	6	1
7	8	9	0	4

➔

Sub - Imagem (3x3):

6	4	4
3	0	4
3	2	3

Exemplo no pixel (2,2):

$$-1*(6*1+4*2+4*1)+(0+0+0)+(3*1+2*2+3*1) = -6$$

➔

Considerações:

- Complexidade?
- Valores Negativos?
- O que fazer na borda?

Processamento de Imagem Médica 7

## Filtragem Espacial

- **Complexidade** da operação entre uma imagem MxN e um filtro mxn?
  - ➔  $M \times N \times m \times n$
  - ➔ Em alguns casos é possível melhorar através máscaras 1D
- Algumas máscaras podem conter **valores negativos**, levando a resultados com valores negativos (ou mesmo valores fora do espaço de cores)!
 

Duas soluções simples:

  - ➔ arredondar para o valor existente mais próximo (negativos→0)
  - ➔ Transformação dos valores (offset + redistribuição de valores)

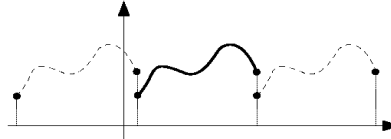
Processamento de Imagem Médica 8



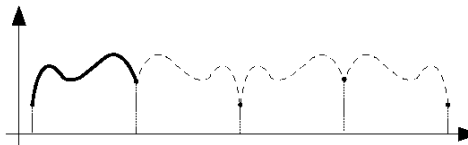
## Filtragem Espacial

- **Problemas na borda:** Como estender o domínio?

- Extensão nula
- Extensão periódica



- Extensão por reflexão



- Quantidade par de coeficientes por linha ou coluna!  
Onde fica o centro do filtro?

?	?
?	?

Processamento de Imagem Médica

9



## Filtragem Espacial

Através da variação dos coeficientes da máscara pode-se obter

- Suavização ( *Smoothing* )
- Detecção de contornos ( *Edge Detection* )
- Realce ( *Sharpening* )

Processamento de Imagem Médica

10



## Filtros de Suavização

Também conhecidos como **filtros passa-baixo** (eliminam ou atenuam as componentes de alta frequência);

- Permitem reduzir o ruído;
- Redução dos pormenores irrelevantes (relativamente ao tamanho do filtro);
- Redução dos falsos contornos (produzidos por um nº insuficiente de níveis de cinzento, por ex.);
- Permitem criar continuidades em linhas ou curvas.

**Como será a imagem final após a filtragem pelo filtro de média?**

- Cada píxel será a média dos vizinhos;
- Um píxel branco no meio de píxeis azuis vai ficar azulado, aspecto de imagem esborratada.

Processamento de Imagem Médica

11



## Filtragem Espacial

Exemplos de filtros suavização:

$$\frac{1}{9} \times$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Filtro de Caixa

$$\frac{1}{16} \times$$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Filtro de Média Pesada

a b

**FIGURE 3.32** Two  $3 \times 3$  smoothing (averaging) filter masks. The constant multiplier in front of each mask is equal to 1 divided by the sum of the values of its coefficients, as is required to compute an average.

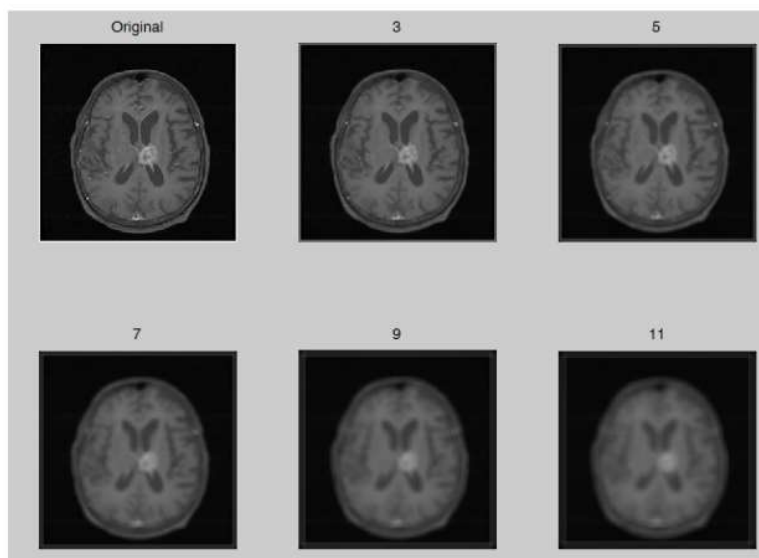
Objectivo: diminuir o efeito do “esborratamento”.

Processamento de Imagem Médica

12



## Filtros de Média

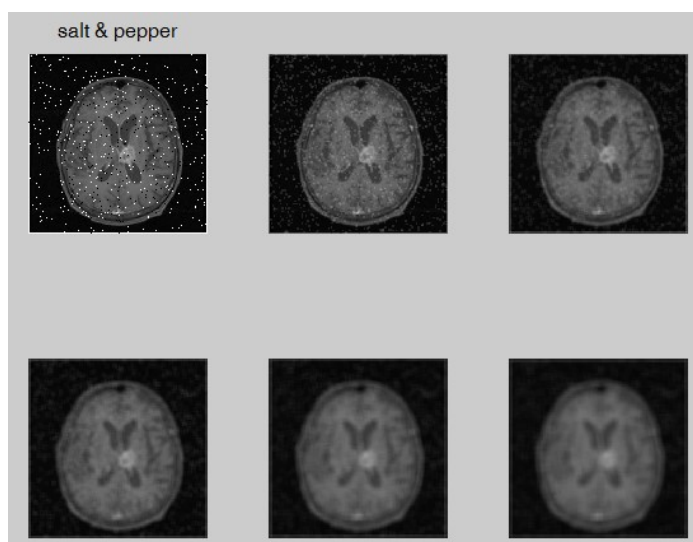


Processamento de Imagem Médica

13

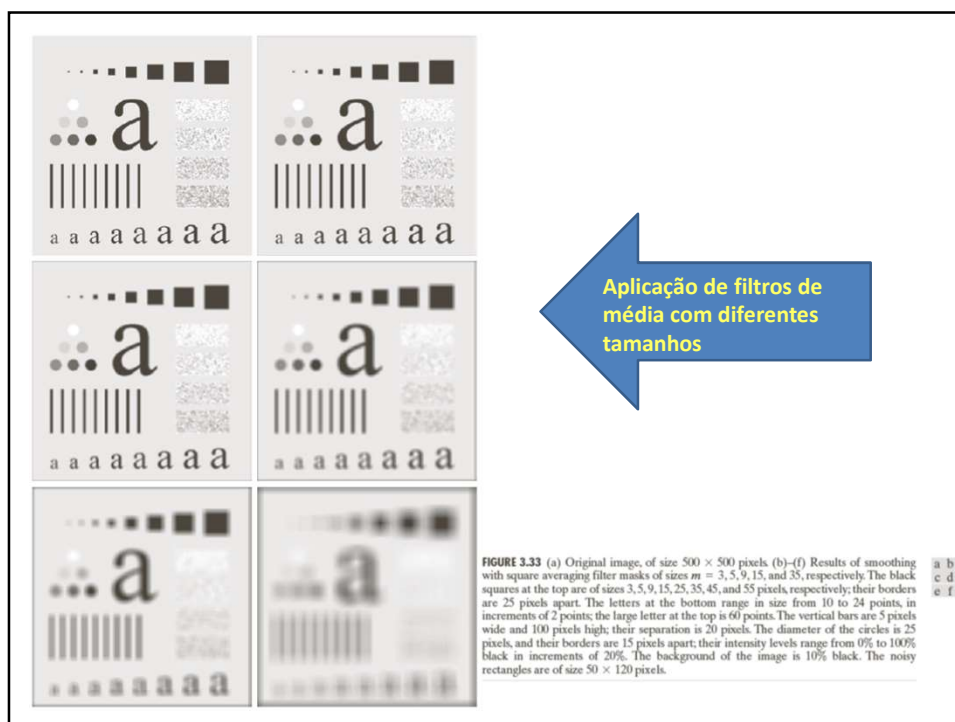
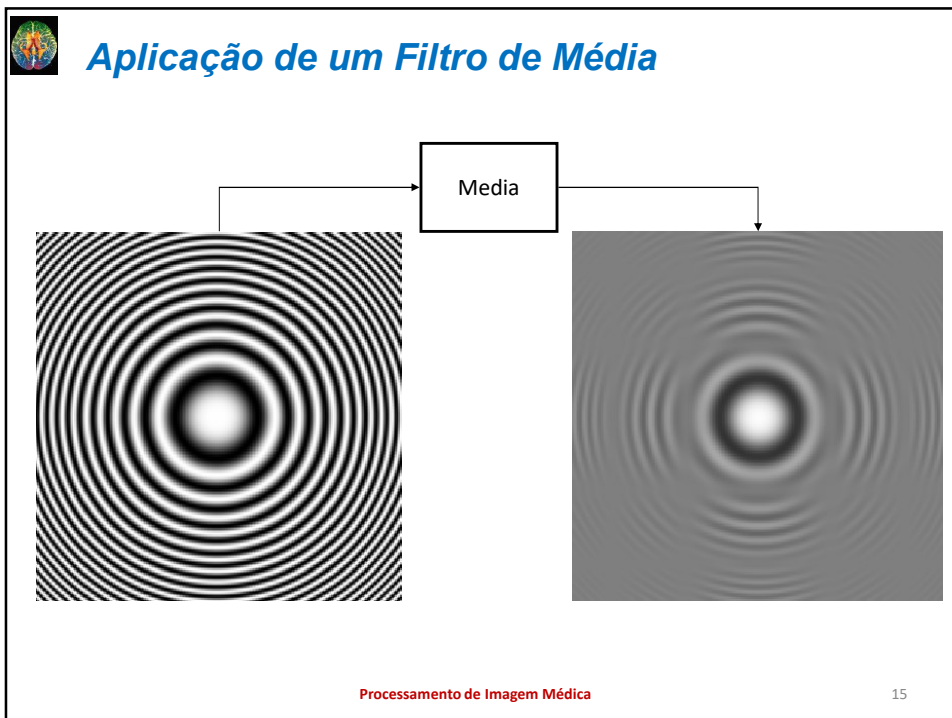


## Filtros de Média



Processamento de Imagem Médica

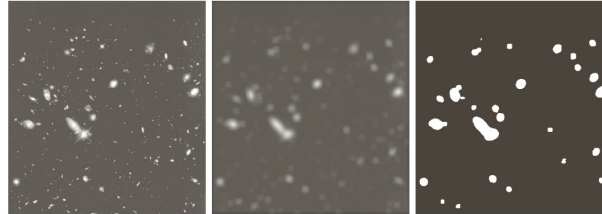
14







## Aplicação de um Filtro de Média



**FIGURE 3.34** (a) Image of size  $528 \times 485$  pixels from the Hubble Space Telescope. (b) Image filtered with a  $15 \times 15$  averaging mask. (c) Result of thresholding (b). (Original image courtesy of NASA.)

- 1** - Após a aplicação de um filtro de suavização (pré-processamento) a imagem foi binarizada através da aplicação de um limiar.
- 2** - Os pequenos objectos foram excluídos da imagem final.

Processamento de Imagem Médica

17



## Order-statistic Filters

- Ordenam-se os píxeis da vizinhança pelo seu valor e escolhe-se um deles para o valor do píxel central.
- Filtros não lineares
- **Filtros de Mediana** - mediana dos valores da vizinhança para o píxel central
  - Especialmente adequados para retirar ruído do tipo *sal-e-pimenta*
  - Um filtro de mediana força pontos com valores muito diferentes a ficarem com valores semelhantes aos dos restantes vizinhos
  - Mediana corresponde ao percentil 50 de um conjunto ordenado.

$$A = \begin{bmatrix} 9 & 4 & 5 & 0 & 8 \\ 10 & 3 & 2 & 1 & 7 \\ 0 & 1 & 6 & 3 & 15 \\ 0 & 3 & 8 & 10 & 1 \\ 1 & 16 & 9 & 12 & 7 \end{bmatrix} \quad \xrightarrow{\text{Filtro de Mediana } 3 \times 3} \quad Med = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 3 & 5 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 6 & 0 \\ 0 & 6 & 8 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

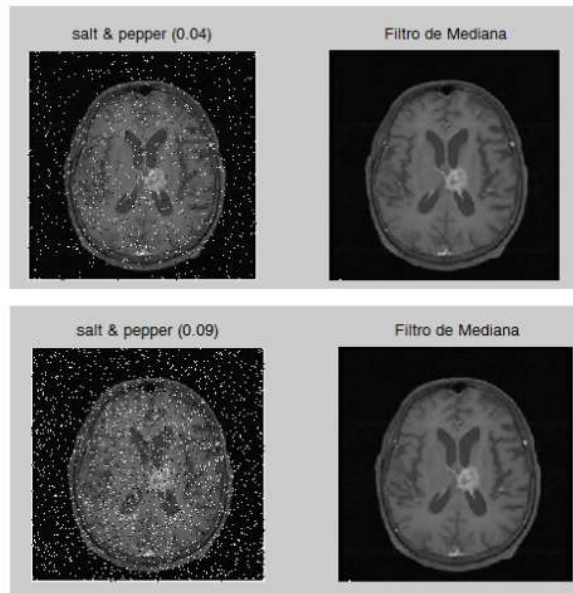
### Outros filtros:

- max -para achar os pontos com valor máximo, pontos mais brilhantes (= percentil100)
- min -para achar os pontos com valor mínimo (= percentil10)

18



## Filtro de Mediana

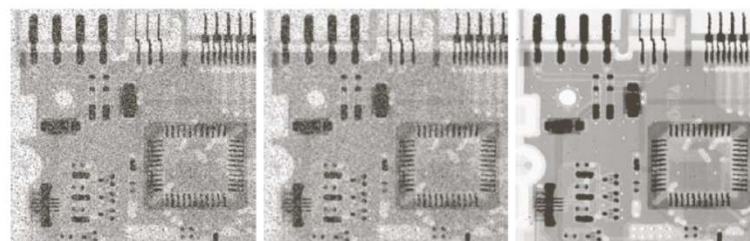


Processamento de Imagem Médica

19



## Filtro Média versus Filtro Mediana

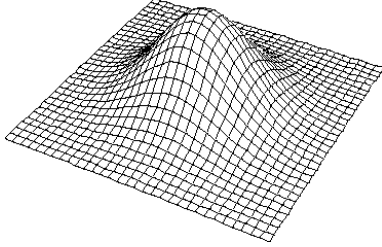


**FIGURE 3.35** (a) X-ray image of circuit board corrupted by salt-and-pepper noise. (b) Noise reduction with a  $3 \times 3$  averaging mask. (c) Noise reduction with a  $3 \times 3$  median filter. (Original image courtesy of Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.)

Processamento de Imagem Médica

20

**Filtro Gaussiano**



$\frac{1}{16} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ 
 $\frac{1}{64} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 9 & 9 & 3 \\ 3 & 9 & 9 & 3 \\ 1 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$

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

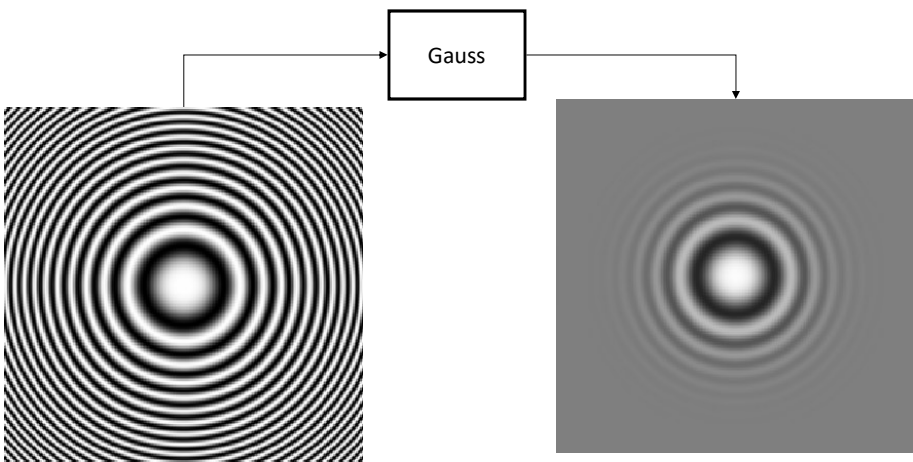
n	2 <sup>n</sup>	Máscara de coeficientes
1	2	1 1
2	4	1 2 1
3	8	1 3 3 1
4	16	1 4 6 4 1
5	32	1 5 10 10 5 1
6	64	1 6 15 20 15 6 1
7	128	1 7 21 35 35 21 7 1
8	256	1 8 28 56 70 56 28 8 1

Triângulo de Pascal para geração discreta da máscara do filtro Gaussiano.

*Pixels mais perto do pixel central têm um peso maior.*

Processamento de Imagem Médica 21

**Filtro Gaussiano Exemplo**



The diagram illustrates the effect of a Gaussian filter. On the left, a high-frequency sine wave pattern is shown. An arrow points from this pattern to a box labeled "Gauss". Another arrow points from the "Gauss" box to a blurred version of the sine wave pattern on the right, demonstrating how the filter smooths the image by averaging pixel values.

Processamento de Imagem Médica 22



## Filtros de Realce (Sharpening Filters)

- Realçam as transições de intensidade presentes na imagem
  - Realçam contornos e descontinuidades (por ex. ruído)
  - Atenuam zonas com variações lentas de valores de pixéis
- Baseiam-se em *derivadas espaciais* de 1ª e 2ª ordem
- Um filtro de realce tem frequentemente coeficientes positivos no centro e negativos na periferia.
- A soma dos coeficientes é zero, portanto em zonas de nível de cinzento constante, a resposta é  $\approx 0$ .

Processamento de Imagem Médica

23



## 1ª Derivada

A fórmula para a 1ª derivada é:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

A diferença entre valores consecutivos.

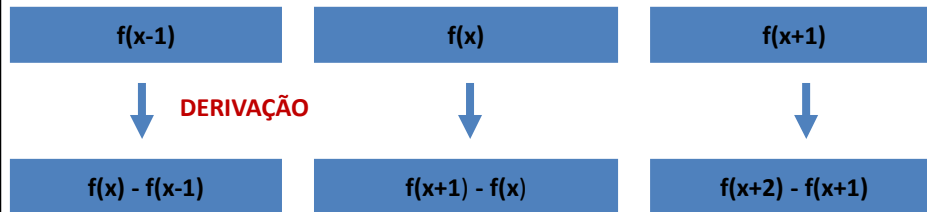
Processamento de Imagem Médica

24



## 2ª derivada no Melhoramento de Imagem

A 2ª derivada obtém-se derivando a 1ª derivada



$$f(x+1) - f(x) - (f(x) - f(x-1))$$

$$f(x+1) - f(x) - (f(x) - f(x-1)) = f(x+1) - 2f(x) + f(x-1)$$

Processamento de Imagem Médica

25



## 2ª Derivada

A fórmula para a 2ª derivada é:

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

Tem em consideração os valores antes e depois do valor corrente.

Processamento de Imagem Médica

26

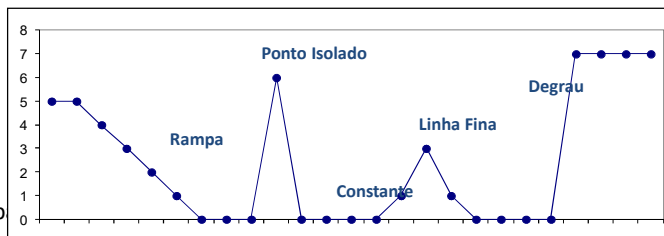


## Diferenciação Espacial – 1ª Derivada

Podemos concluir:

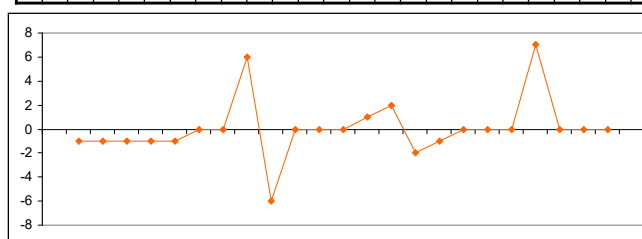
**1ª derivada :**

- 0 quando o nível de cinzento é constante
- $\neq 0$  no início de uma rampa ou degrau
- $\neq 0$  ao longo de uma rampa



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

0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	6	-6	0	0	0	0	1	2	-2	-1	0	0	0	7	0	0	0
---	---	----	----	----	----	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---



27

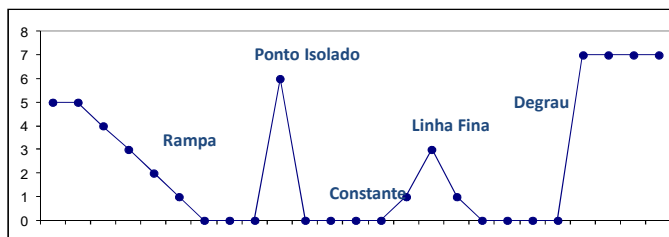


## Diferenciação Espacial – 2ª Derivada

Podemos concluir:

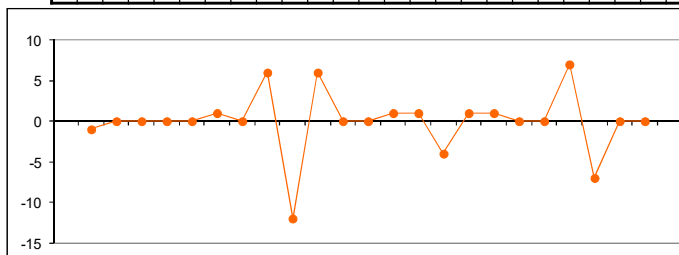
**2ª derivada:**

- 0 quando o nível de cinzento é constante
- $\neq 0$  no início e no final de rampas ou degraus
- 0 ao longo de uma rampa de inclinação constante.



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

-1	0	0	0	0	1	0	6	-12	6	0	0	1	1	-4	1	1	0	0	7	-7	0	0
----	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	---	---





## Diferenciação Espacial

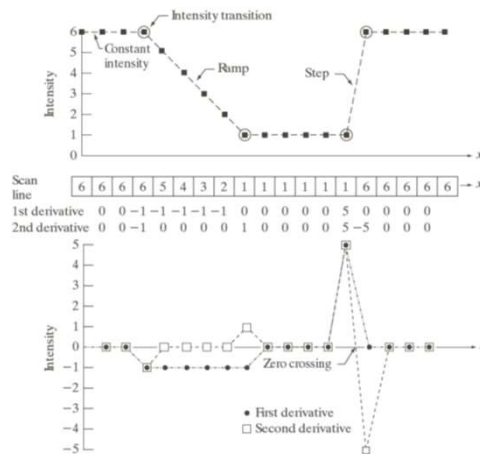
Podemos concluir:

### 1ª derivada:

- 0 quando o nível de cinzento é constante
- $\neq 0$  no início de uma rampa ou degrau
- $\neq 0$  ao longo de uma rampa

### • 2ª derivada:

- 0 quando o nível de cinzento é constante
- $\neq 0$  no início e no final de rampas ou degraus
- 0 ao longo de uma rampa de inclinação constante.



29



## 1ª & 2ª Derivada

### 1ª Derivada

- Dá origem a contornos mais grossos na imagem
- Geralmente tem resposta a degraus mais fortes, especialmente quando a transição não se faz do nível de cinzento zero.
- São mais usadas na **extração de contornos**, mas também têm aplicação na melhoria de imagem.

### 2ª Derivada

- Tem uma resposta mais forte aos detalhes finos, por. ex., linhas de espessura fina, pontos isolados (como o ruído).
- Produz uma resposta dupla para degraus
- Geralmente, são mais adequadas para **melhoria de contraste**, porque realçam os pequenos pormenores.



## 1ª Derivada, o Gradiente

Para uma função  $f(x, y)$  o **gradiente** de  $f$  nas coordenadas  $(x, y)$  é dado pelo vector coluna:

**Não é invariante à rotação** →  $\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$

A **magnitude** do vector gradiente é dado por:

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} = \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$



$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \quad \theta = \text{tg}^{-1} \left[ \frac{G_y}{G_x} \right]$$

Direção da aresta  $\phi = \theta - 90^\circ$

31



## 1ª Derivada, o gradiente

Uma região 3x3, sendo os Z's os valores de nível de cinza da região.

$z_1$	$z_2$	$z_3$
$z_4$	$z_5$	$z_6$
$z_7$	$z_8$	$z_9$

### Operador de Roberts

$$G_x = (z_9 - z_5)$$

$$G_y = (z_8 - z_6)$$

$$\nabla f \approx |(z_9 - z_5)| + |(z_8 - z_6)|$$

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

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





## Gradiente de Roberts

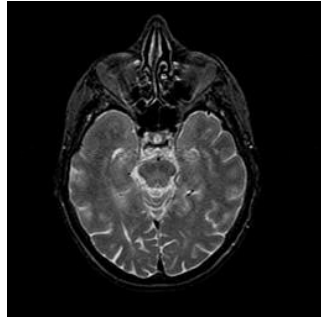
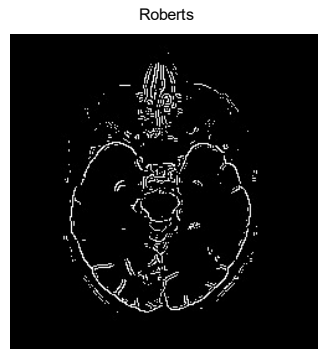


imagem original



gradiente de Roberts

Processamento de Imagem Médica

33



## Operadores de Prewitt e Sobel

- Operadores 3x3 de *Prewitt*:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Operadores 3x3 de *Sobel* :

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Processamento de Imagem Médica

34



## Gradiente de Prewitt

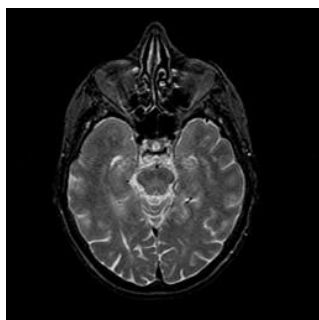
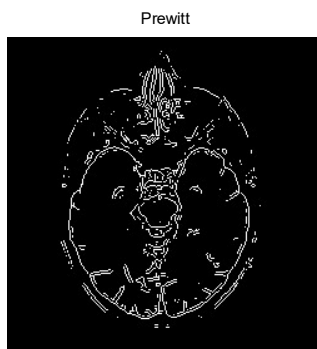


Imagem original



Gradiente de Prewitt

Processamento de Imagem Médica

35



## Gradiente de Sobel

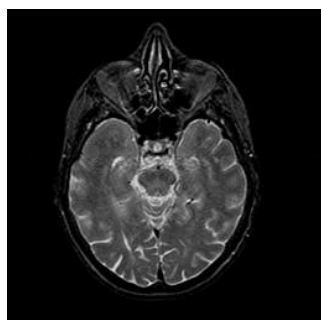


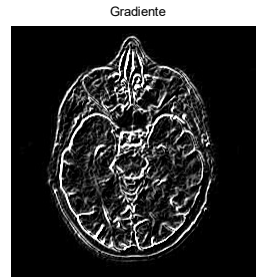
Imagem original



Gx



Gy



Gradiente

Limiar ??

Processamento de Imagem Médica

36



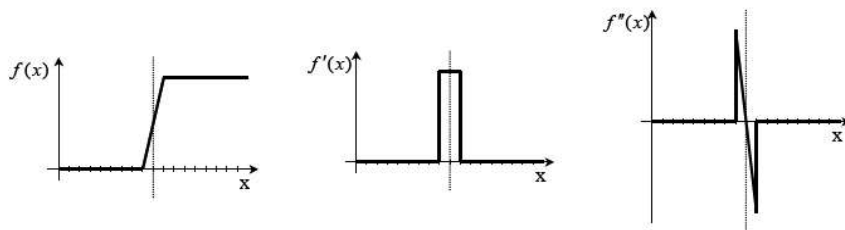
### **Primeira derivada versus Segunda derivada:**

Descontinuidade espacial da amplitude dos pixels.

Magnitude elevada do gradiente espacial.

\*\* Primeira derivada (pico)

\*\* Segunda derivada (*zero crossing*)



Processamento de Imagem Médica

37



### **2ª Derivada no Melhoramento de Imagem**

A 2ª derivada é mais útil no melhoramento da imagem que a 1ª derivada

- Resposta mais “forte” a detalhes
- Implementação mais simples

#### **Filtro Laplaciano**

- Isótropico ( independente da direcção das descontinuidades na imagem)
- Um dos filtros de melhoramento mais simples

Processamento de Imagem Médica

38



## Laplaciano

O **Laplaciano** é uma função bidimensional definido por :

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

Frequentemente são consideradas as aproximação da 2ª derivada parcial na **direcção x e y** :

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

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

Processamento de Imagem Médica

39



## Laplaciano

O Laplaciano pode ser aproximado por:

$$\begin{aligned} \nabla^2 f = & [f(x+1, y) + f(x-1, y) \\ & + f(x, y+1) + f(x, y-1)] \\ & - 4f(x, y) \end{aligned}$$

Pode ser implementado através do filtro

0	0	0
1	-2	1
0	0	0

+

0	1	0
0	-2	0
0	1	0

=

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Processamento de Imagem Médica

40



## Outras Formas de Implementar o Laplaciano

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

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

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

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

**FIGURE 3.37**  
 (a) Filter mask used to implement Eq. (3.6-6).  
 (b) Mask used to implement an extension of this equation that includes the diagonal terms.  
 (c) and (d) Two other implementations of the Laplacian found frequently in practice.

(a) Máscara de filtro usada para implementar a eq. do slide anterior.

(b) Máscara usada para implementar uma extensão dessa equação que inclui termos diagonais.

(c) e (d) Duas outras implementações do Laplaciano encontrado frequentemente na prática.



## Realce através do Laplaciano

A função `fspecial('laplacian', alpha)` implementa uma máscara mais geral que permite o *tuning* dos resultados.

`alpha` varia entre [0-1]

$$\begin{array}{ccc}
 \frac{\alpha}{1+\alpha} & \frac{1-\alpha}{1+\alpha} & \frac{\alpha}{1+\alpha} \\
 \frac{1-\alpha}{1+\alpha} & -4 & \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \\
 \frac{\alpha}{1+\alpha} & \frac{1-\alpha}{1+\alpha} & \frac{\alpha}{1+\alpha}
 \end{array}$$



## Realce através do Laplaciano

Aplicando o Laplaciano a uma imagem obtemos uma nova imagem onde os contornos são realçados.

### Exemplo #1



Imagem Original



Imagem Filtrada com Laplaciano

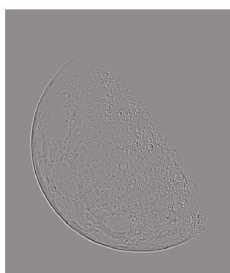


Imagem Filtrada com Laplaciano, processada para visualização

Processamento de Imagem Médica

43



## Laplaciano Exemplo #2



44



### *Laplaciano Exemplo #3*



Processamento de Imagem Médica

45



### *Realce através do Laplaciano*

Sendo o Laplaciano um operador derivativo, a sua aplicação realça as discontinuidades de intensidade numa imagem e “desenfatiza” regiões com níveis de intensidade que variam lentamente.

Os **pormenores podem ser recuperados**, mantendo os efeitos do Laplaciano, simplesmente adicionando a imagem Laplaciana à imagem original.

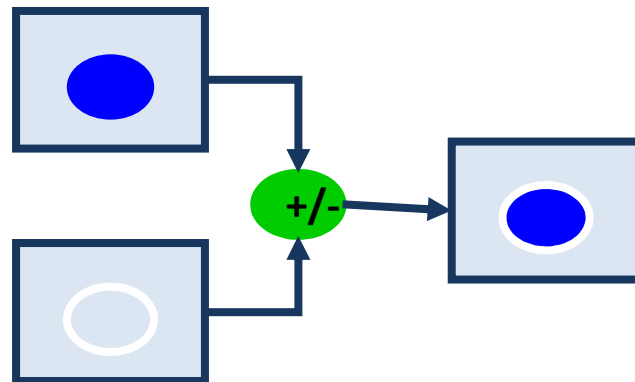
Processamento de Imagem Médica

46



## Realce através do Laplaciano

Os contornos detectados pelo Laplaciano podem ser usados para realçar a imagem!



Processamento de Imagem Médica

47



## Realce através do Laplaciano

O realce de uma imagem usando o Laplaciano é dado por:

$$g(x, y) = f(x, y) - c \left[ \nabla^2 f(x, y) \right]$$

$f(x, y)$  é a imagem original e  $c$  é 1 se o coeficiente central da máscara Laplaciana é negativo ou -1 se é positivo .

Como o Laplaciano é um **operador derivativo**, realça a imagem mas devolve 0 em áreas de valor constante. Adicionando a imagem original restaura-se as tonalidades originais da imagem.

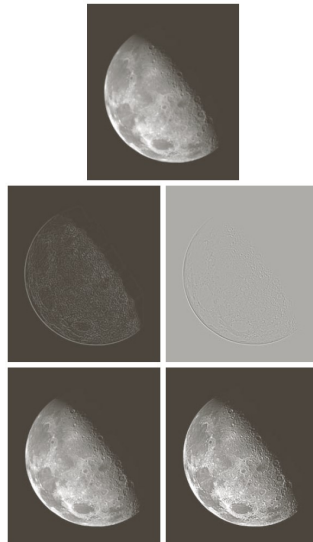
Processamento de Imagem Médica

48





## Realce através do Laplaciano



**FIGURE 3.38**  
(a) Blurred image of the North Pole of the moon. (b) Laplacian without scaling. (c) Laplacian with scaling. (d) Image sharpened using the mask in Fig. 3.37(a). (e) Result of using the mask in Fig. 3.37(b). (Original image courtesy of NASA.)

Processamento de Imagem Médica

49

$$g(x, y) = f(x, y) - c \left[ \nabla^2 f(x, y) \right]$$

(a) Imagem suavizada.

(b) Laplaciano sem escala (os valores negativos são apenas colocados a zero)

(c) Laplaciano com escala (soma de uma constante para que todos os pixels se enquadrem em  $[0, 255]$ )

(d) Imagem realçada usando máscara  $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

(e) Resultado de uso da máscara  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ .



## Realce através do Laplaciano - Simplificação

Podemos efetuar todo o processamento com apenas um passo:

$$\begin{aligned} g(x, y) &= f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) \\ &= f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) \\ &\quad + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)] \\ &= 5f(x, y) - f(x+1, y) - f(x-1, y) \\ &\quad - f(x, y+1) - f(x, y-1) \end{aligned}$$

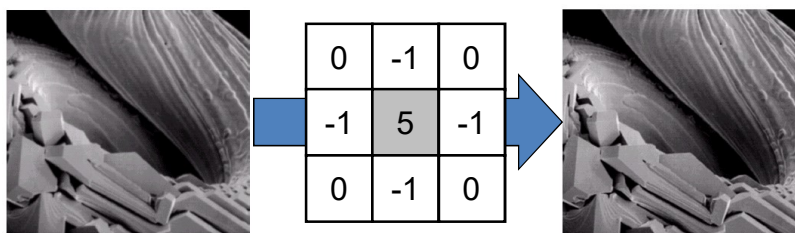
Processamento de Imagem Médica

50



## Realce através do Laplaciano - Simplificação

Obtemos um novo filtro que apenas um passo faz o realce da imagem:

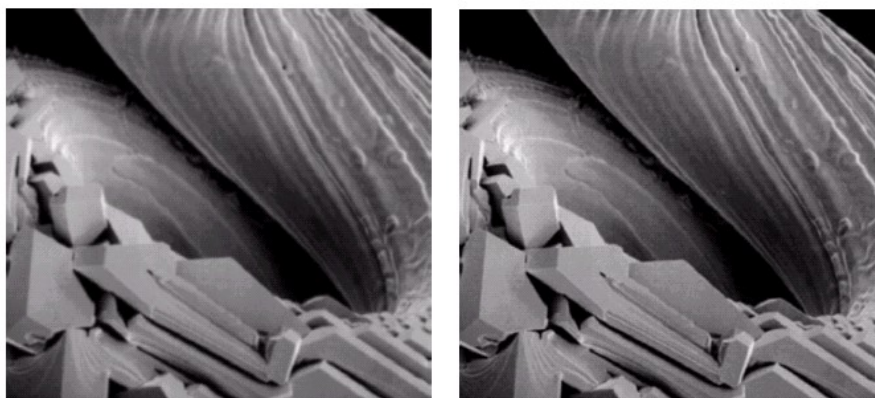


Processamento de Imagem Médica

51



## Realce através do Laplaciano - Simplificação



Processamento de Imagem Médica

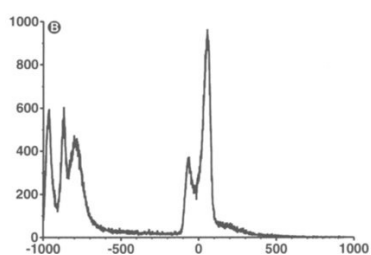
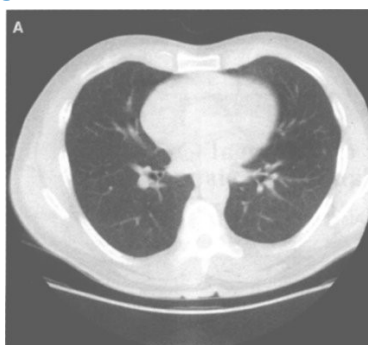
52



## Aplicação de Vários Filtros

Imagem TC de Alta  
Resolução do Tórax

Histograma



53

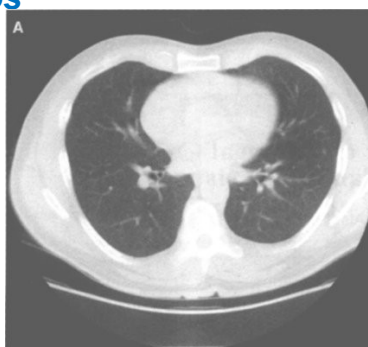


## Aplicação de Vários Filtros

Imagem TC de Alta  
Resolução do Tórax

*Thresholding*

Todos os pixels abaixo de -720 UH  
foram colocados a preto e os restantes  
a branco.



54

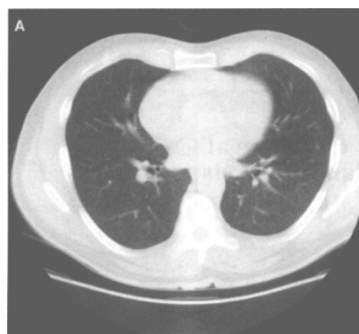


## Aplicação de Vários Filtros

Imagem TC de Alta  
Resolução do Tórax

*Esborratar (blurring)*

Aplicação de um filtro de média  
9x9.



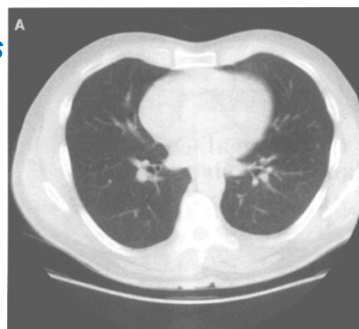
55




## Aplicação de Vários Filtros

Imagem TC de Alta  
Resolução do Tórax

*Deteção de edges - Sobel*



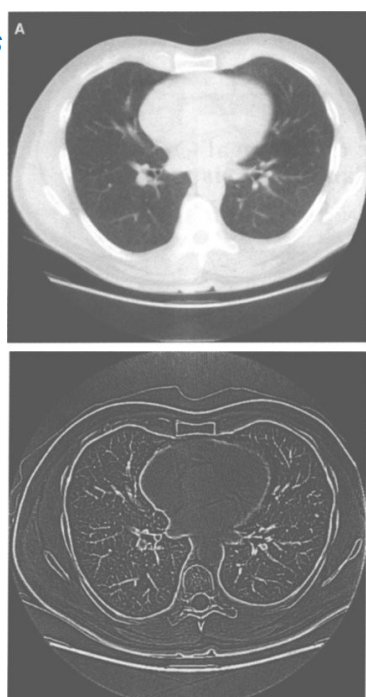
56




## Aplicação de Vários Filtros

**Imagem TC de Alta  
Resolução do Tórax**

***Laplaciano 5x5***



57



## UNSHARP MASKING

O realce de imagens também se pode obter pela subtração à imagem original de uma imagem suavizada (*blurred, smoothed*). Esse processo chamado *unsharp masking* :

- 1) “Esborratar” a imagem original;
- 2) Subtrair a imagem “esborratada” da original, a diferença resultante é chamada de *unsharp mask* ;

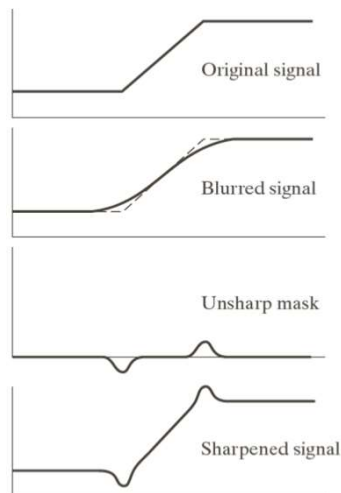
$$f_u(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$$

- 3) Adicionando a máscara à imagem original, obtém-se a imagem melhorada (*sharpened image*).

Processamento de Imagem Médica
58



## UNSHARP MASKING



**FIGURE 3.39** 1-D illustration of the mechanics of unsharp masking. (a) Original signal. (b) Blurred signal with original shown dashed for reference. (c) Unsharp mask. (d) Sharpened signal, obtained by adding (c) to (a).

Ilustração 1D do mecanismo de *unsharp masking*.

- (a) Sinal original
- (b) Sinal “esborratado” com o original a tracejado
- (c) *Unsharp mask*
- (d) Sinal realçado obtido somando (c) a (a).

Processamento de Imagem Médica

59



## HIGH-BOOST FILTERING

Uma generalização do *unsharp masking* designa-se por *high-boost filtering* e é dada por:

$$f_{hb}(x, y) = Af(x, y) - \bar{f}(x, y), \text{ com } A \geq 1$$

Esta equação pode ser escrita da seguinte forma:

$$f_{hb}(x, y) = (A-1)f(x, y) + f(x, y) - \bar{f}(x, y), \text{ com } A \geq 1$$

Substituindo pela *unsharp masking* obtemos a expressão para o *high-boost filtering* de uma imagem

$$f_{hb}(x, y) = (A-1)f(x, y) + f_s(x, y)$$

Processamento de Imagem Médica

60



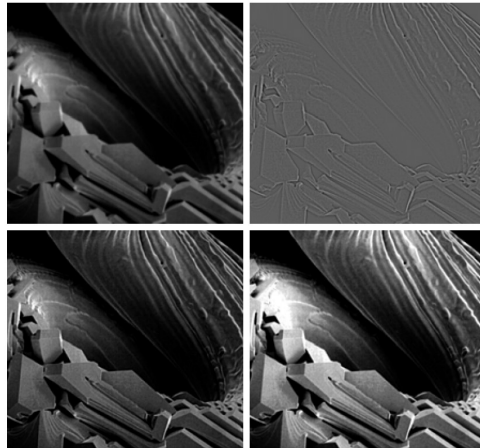
### HIGH-BOOST FILTERING

A implementação *high-boost filtering* pode ser feita usando as máscaras

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	$A + 4$	-1	-1	$A + 8$	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

a b  
c d

- a) Imagem escurecida.
- b) Laplaciano da imagem a) usando a máscara da direita, com  $A = 0$ .
- c) Melhoramento usado o Laplaciano com  $A = 1$ .
- d) Melhoramento usado o Laplaciano com  $A = 1.7$ .



Processamento de Imagem Médica

61



### Melhoramento da Imagem Usando Diversas Técnicas

#### Scanner de corpo inteiro

**Objetivo:** melhorar a imagem realçando os detalhes:

- O melhoramento da imagem não é conseguido apenas através de *uma única operação*.
- Devem ser combinadas técnicas para melhorar o resultado final.



Pr.ocessamento de Imagem Médica

63



### Melhoramento da Imagem Usando Diversas Técnicas

#### Scanner de corpo inteiro:

##### Problemas:

- Baixo intervalo dinâmico dos níveis de cinzento;
- Muito ruído.

##### Propostas:

1 - Laplaciano para realçar detalhes finos.

2 – Gradiente para destacar os *edges* mais proeminentes.

3 – Transformações de nível de cinzento para aumentar a gama dinâmica dos níveis de cinzento.

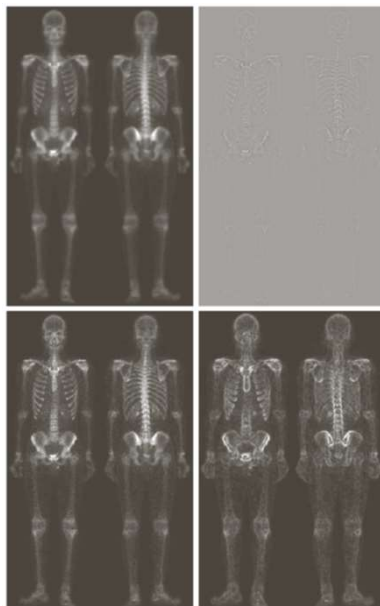


Pr.ocessamento de Imagem Médica

64



### Melhoramento da Imagem Usando várias Técnicas



a	b
c	d

(a) Imagem Original. Scanner do corpo completo.

(b) Laplaciano de (a). Máscara com pixel central 8 e restantes -1.

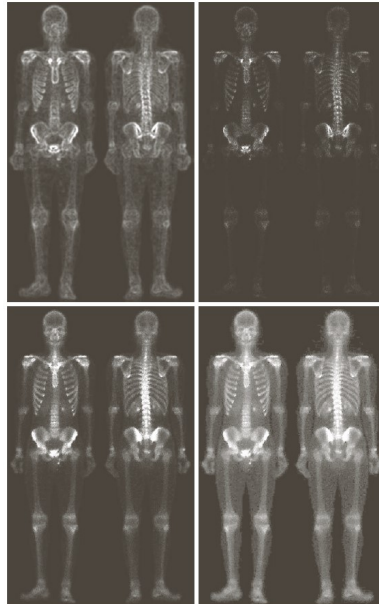
(c) Imagem realçada obtida somando (a) e (b). **Realce do Ruído??**

(d) Gradiente de Sobel de (a).





### Melhoramento da Imagem Usando Diversas Técnicas



e f  
g h

e) Imagem do Gradiente (Sobel) suavizada com um filtro de média 5x5. Irá funcionar como uma **máscara**.

(f) Imagem formada pelo produto de (c) e (e). Preserva os detalhes em zonas de maior intensidade enquanto o ruído é reduzido.

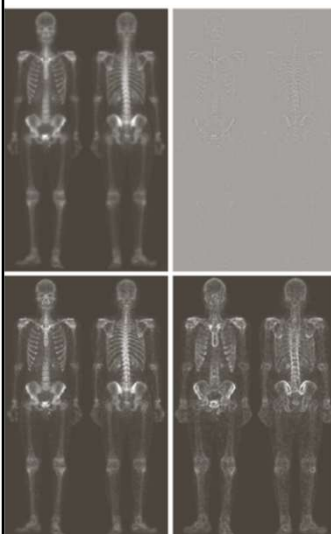
(g) Imagem realçada obtida somando (a) e (f).

(h) Resultado final obtido aplicando uma transformação de potência (*power-law* com  $\text{gamma}=0.5$  e  $C=1$ ) sobre (g).

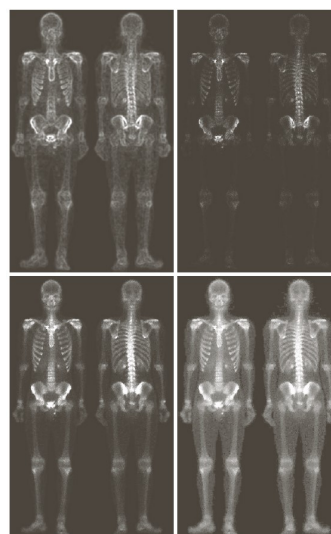


### Melhoramento da Imagem Usando Diversas Técnicas

Comparar: (a) com (g) e (h).



a b  
c d



e f  
g h



## Laplaciano

- Geralmente o Laplaciano não é usado *per si* uma vez que é muito sensível ao ruído.
- Usualmente quando o Laplaciano é utilizado para detecção de contornos é combinado com um filtro Gaussiano de suavização.

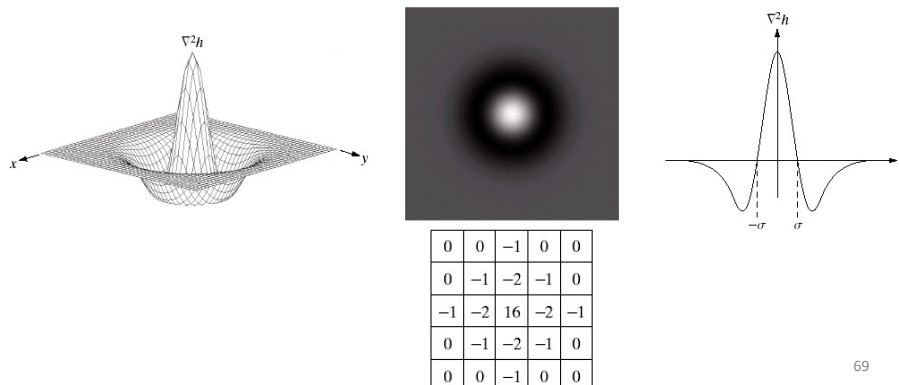
Processamento de Imagem Médica

68



## Laplaciano de uma Gaussiana LoG

O filtro Laplaciano de uma Gaussiana (LoG) recorre à Gaussiana para atenuação do ruído e ao Laplaciano para a detecção de contornos.



69



## **Referências Bibliográficas**

1. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image processing, Pearson/Prentice Hall, Third Edition, 2008.
2. G. Dougherty, Digital Image Processing for Medical Applications, Cambridge University Press, 2009.
3. L. G. Shapiro, G. C. Stockman, Computer Vision, Prentice Hall, 2001.
4. K. Najarian, R. Splinter, Biomedical Signal and Image Processing, CRC Press, 2005.

**Nota:** As imagens que se encontram nos diapositivos constam das referências bibliográficas ou são propriedade da autora.