

Filtros de Imagens

Rivera

Filtragem em imagens

Filtros são usados para melhorar a qualidade das imagens

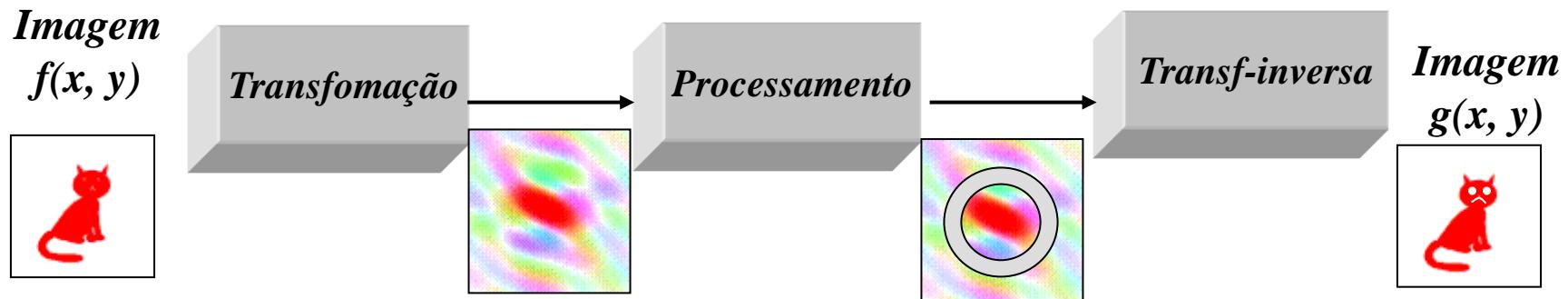
- Ampliação de seu contraste
- Eliminação de padrões periódicos ou aleatórios,
- Foco e acentuação de características

Classificação

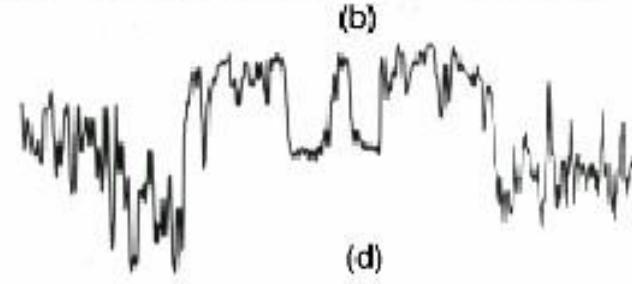
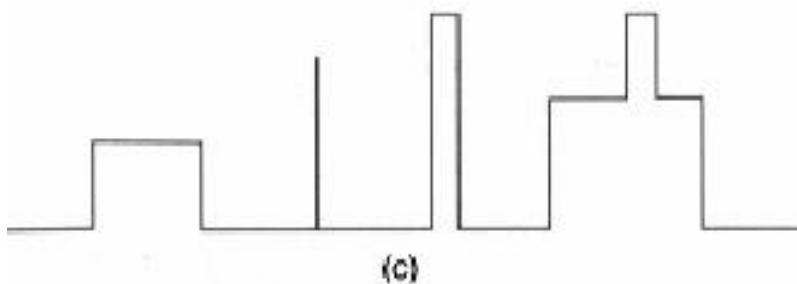
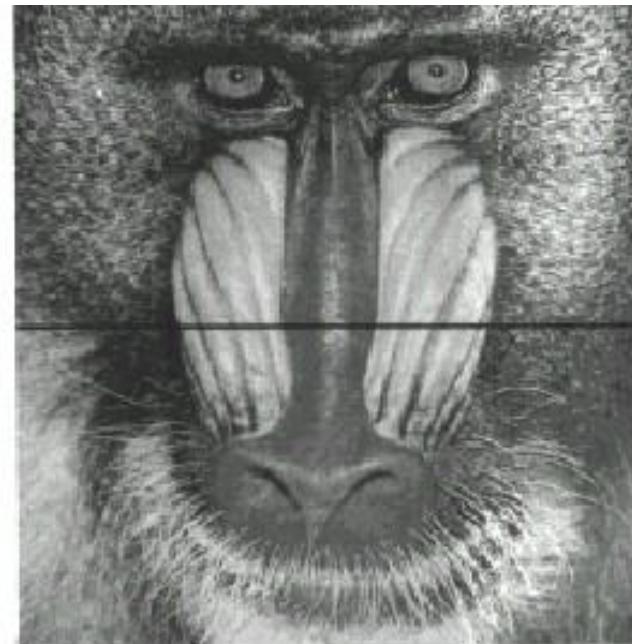
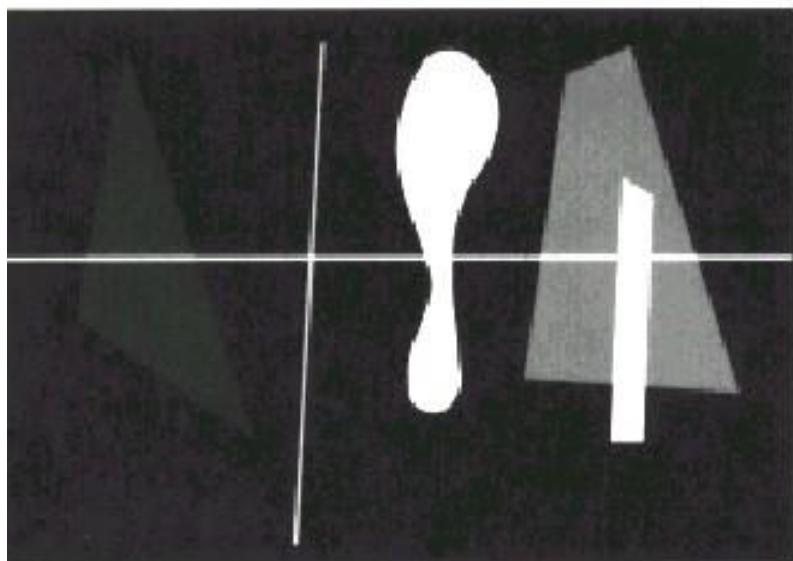
- Domínio ou espaço em que atuam: da freqüência ou espacial.
- Tipo de freqüência: passa baixas; passa altas; e passa faixas.
- Linearidade: lineares ou inversíveis ou não lineares.
- Tipo de aplicação: suavização; contraste; adaptativos; globais; janelados; ou, locais.

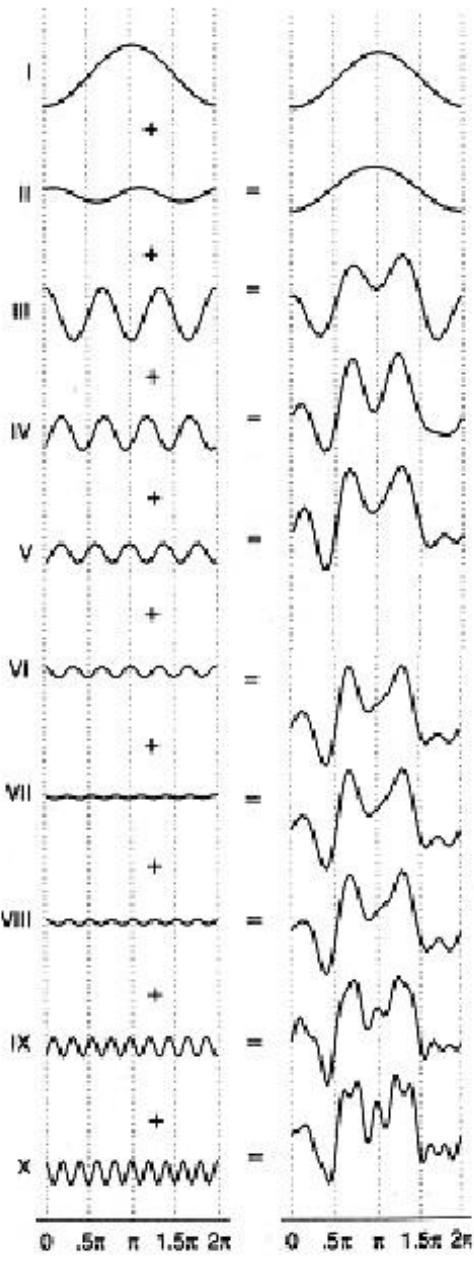
Filtragem no Domínio da Frequência

- 1- A imagem é **transformada do domínio espacial para o da freqüência** (transformada de Fourier).
- 2- Operações de filtragem são realizadas nessa imagem.
- 3- Realiza-se o processo inverso, onde a imagem no domínio da freqüência é **transformada para o domínio espacial**.

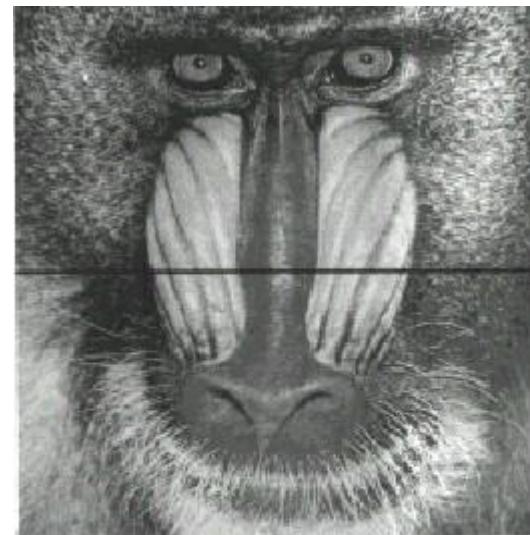


Domínio da Frequência

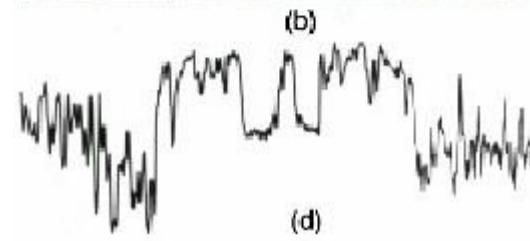




- Sinal no domínio espacial é soma de faces de senos variados.
- Cada componente contribui na imagem.



Aproximado



Transformada de Fourier

Dada a função contínua $f: R \rightarrow R$, a transformada de Fourier de f é:

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j2\pi ux} dx$$

onde $j = \sqrt{-1}$ e u é frequencia

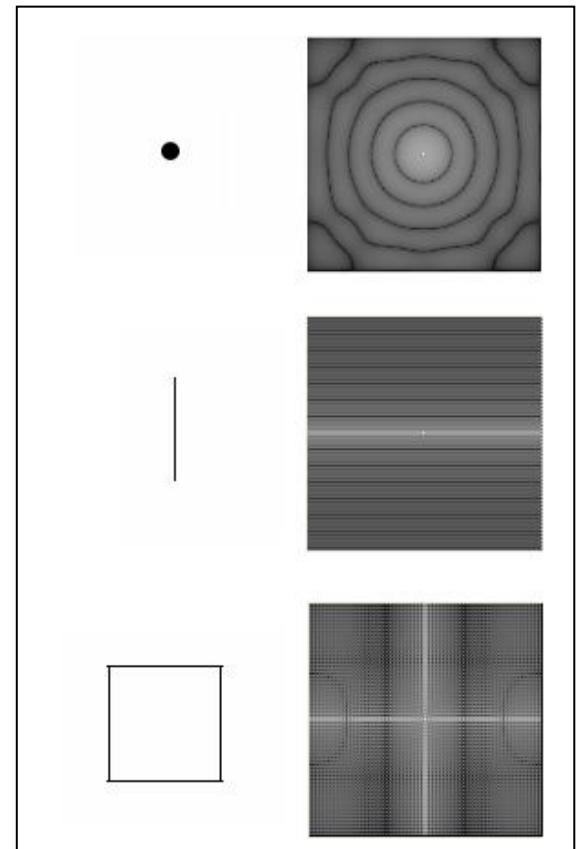
$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)[\cos(2\pi ux) - j\sin(2\pi ux)] dx$$

A transformada inversa de Fourier:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)e^{j2\pi ux} du$$

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)[\cos(2\pi ux) + j\sin(2\pi ux)] du$$

$f(x)$ $F(u)$



A transformada de Fourier de uma função é uma função complexa:

$$F(u) = R(u) + jI(u)$$

Com a forma exponencial $F(u) = |F(u)|e^{j\theta(u)}$

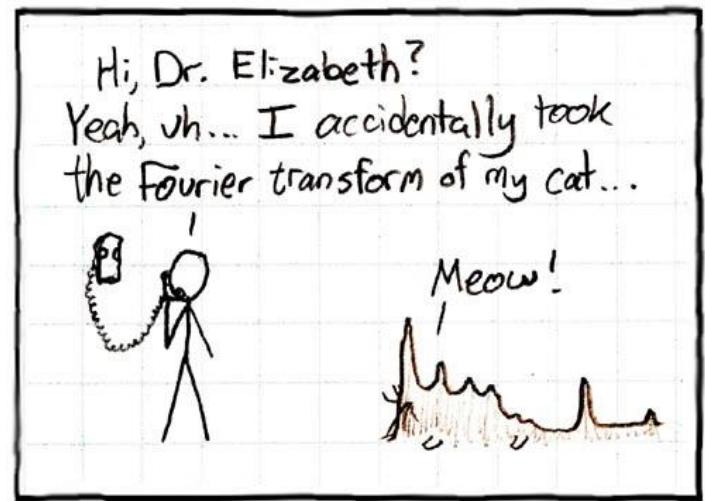
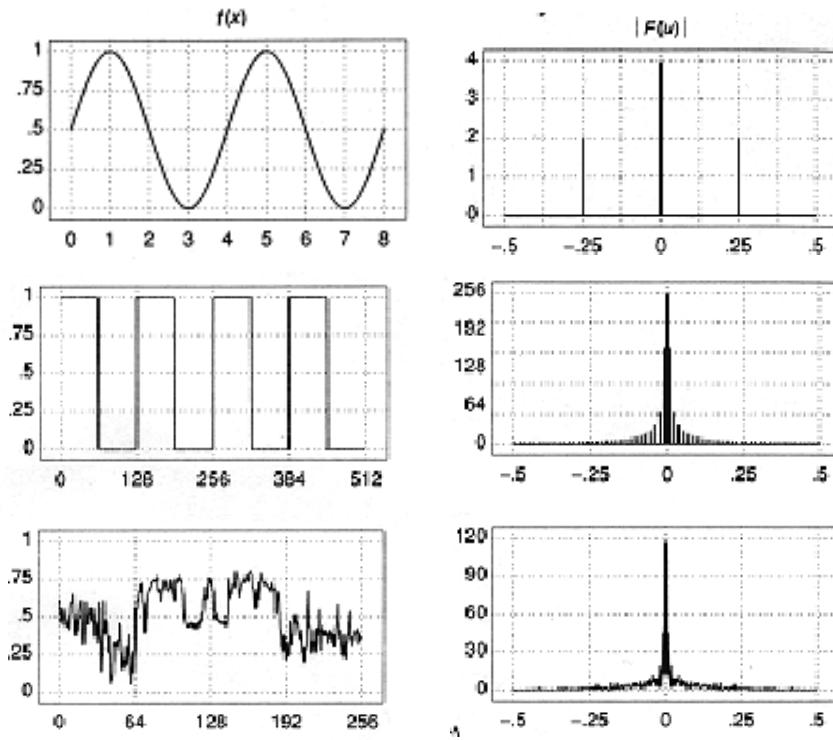
tem-se

- Espectro de Fourier
(amplitude ou magnitude)

$$|F(u)| = [R^2(u) + I^2(u)]^{1/2}$$

- Ângulo de fase da função

$$\phi(u) = \tan^{-1}[I(u) / R(u)]$$



Transformação Discreta de Fourier

$$F(u) = \sum_{0 \leq x \leq N-1} f(x) [\cos(2\pi ux/N) - j \sin(2\pi ux/N)], \quad 0 \leq u \leq N-1$$

$$f(x) = \frac{1}{N} \sum_{0 \leq u \leq N-1} F(u) [\cos(2\pi ux/N) - j \sin(2\pi ux/N)], \quad 0 \leq x \leq N-1$$

- 5/09
 - ◆ Maria
 - ◆ Yuri
 - ◆ Javier

Transformada de Fourier para uma função bidimensional:

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{[-j2\pi(ux+vy)]} dx dy$$

$$F(u, v) = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)}$$

$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u, v) e^{[j2\pi(ux+vy)]} du dv$$

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{[j2\pi \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)]}$$

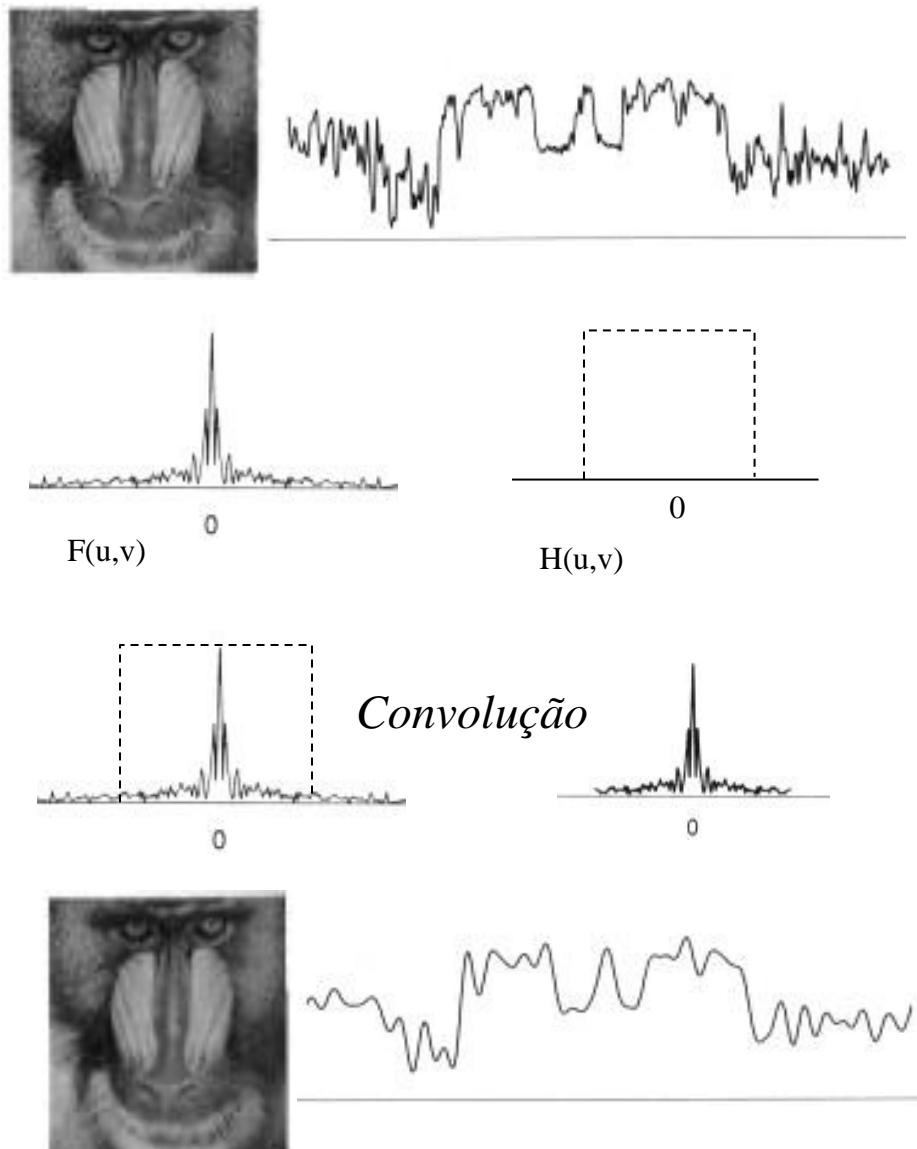
Espectro e ângulo de fase

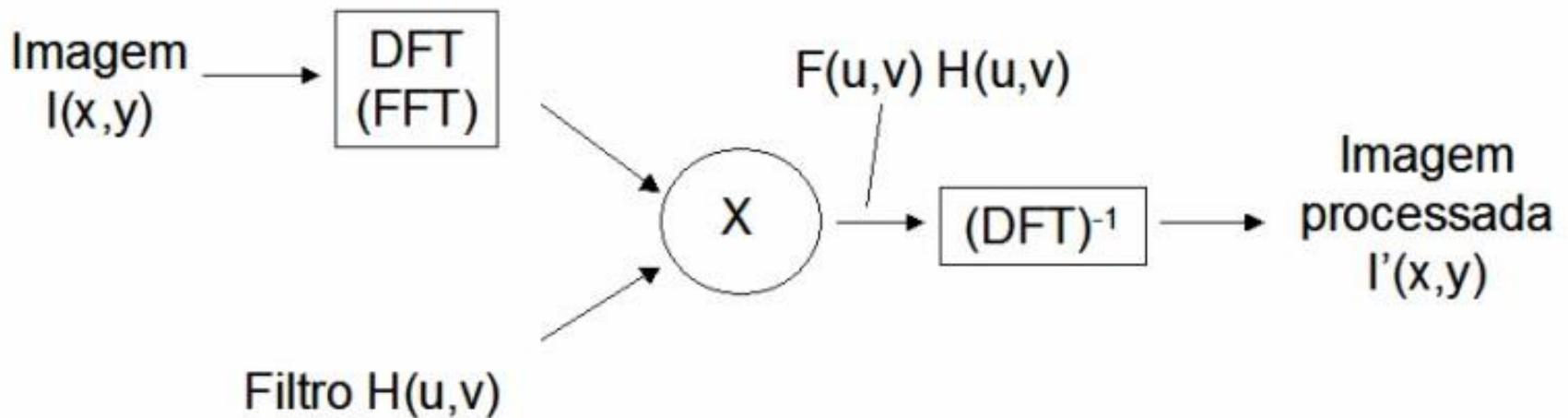
$$|F(u, v)| = [R^2(u, v) + I^2(u, v)]^{1/2}$$

$$\phi(u, v) = \tan^{-1} [I(u, v) / R(u, v)]$$

Processamento de imagens no domínio de Fourier

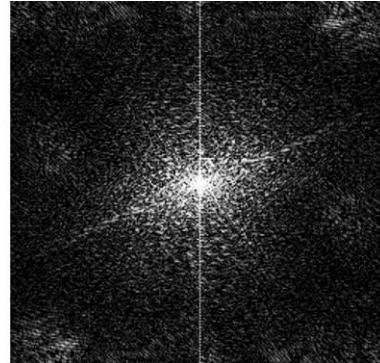
- 1- Transformação da imagem $I(x,y)$ para o **domínio de Fourier** $F(u,v)$
- 2- $F(u,v)$ é convoluída com o filtro $H(u,v) \rightarrow F(u,v)*H(u,v)$
- 3- Ao produto $F(u,v) H(u,v)$ é aplicada a inversa da transformada de Fourier para retornar ao **domínio espacial**, onde se tem a imagem processada $I'(x,y)$.



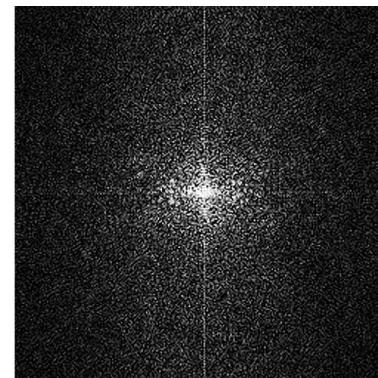
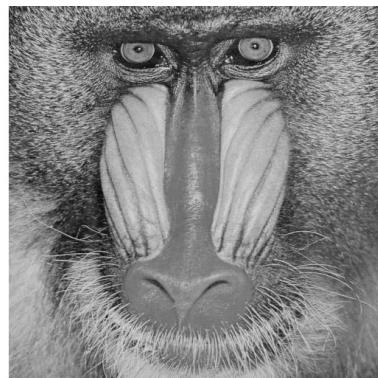


$$F(u, v) * H(u, v) = \frac{1}{NM} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} F(m, n) H(u - m, v - n)$$

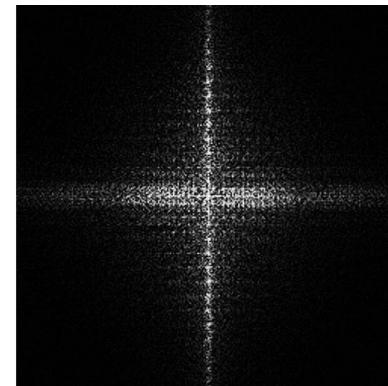
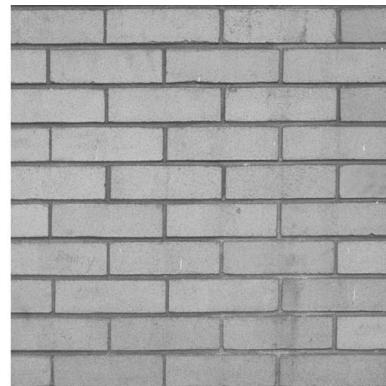
Fourier



Baboon



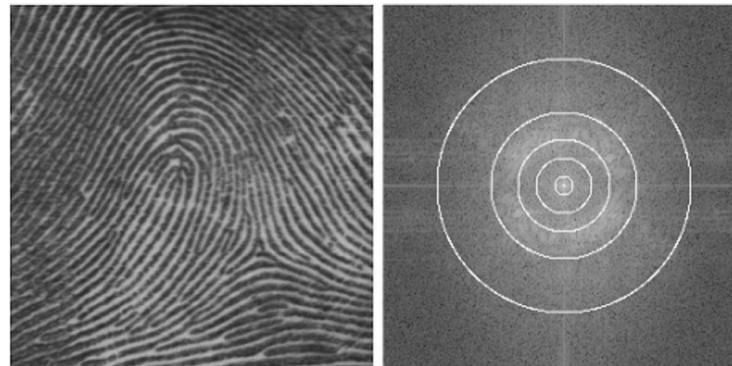
Brick



Filtros e espectro de Fourier

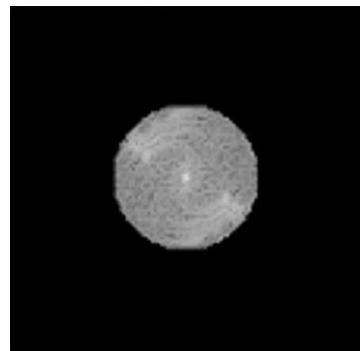
- **Informação no domínio de Fourier**

- Determinar um filtro apropriado
- Energía da imagem
 - Baixas frequencias concentradas no centro
 - Altas frequencias afastadas do centro

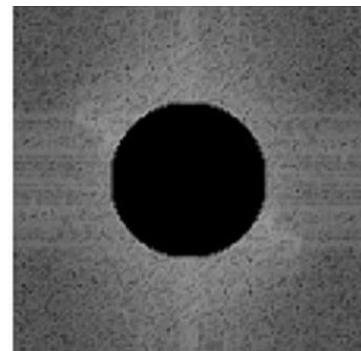


Raio	Energia
5	94.18%
15	94.70%
25	96.09%
40	99.62%
70	99.95%

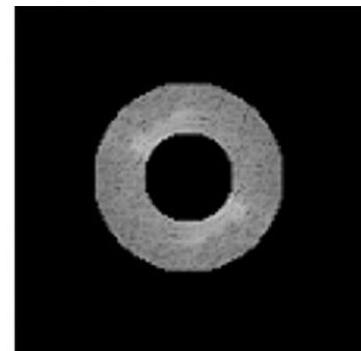
- (a) Passa Baixa
- (b) Passa Alta
- (c) Passa banda



(a)



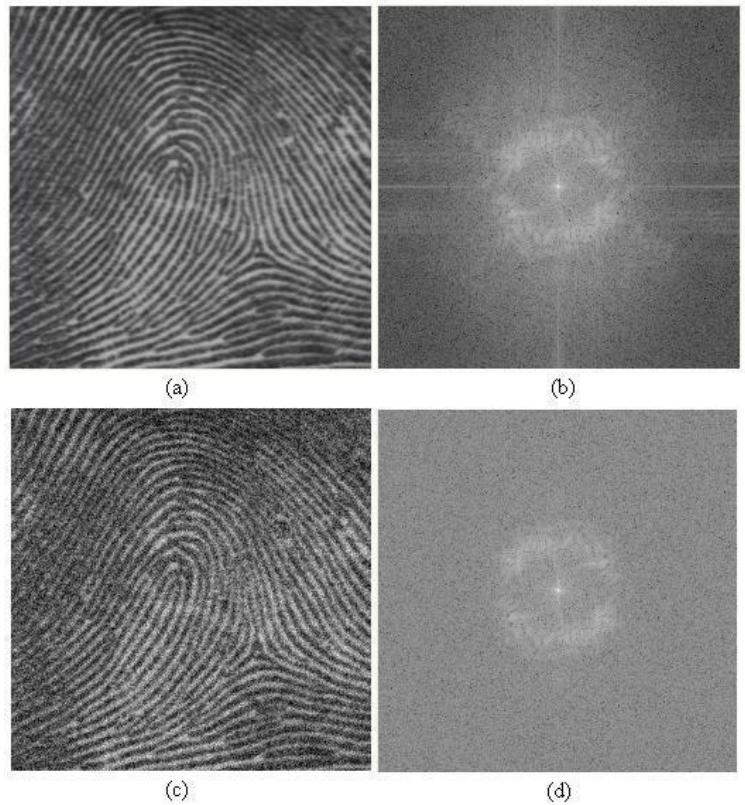
(b)



(c)

Filtragem Passa Baixa

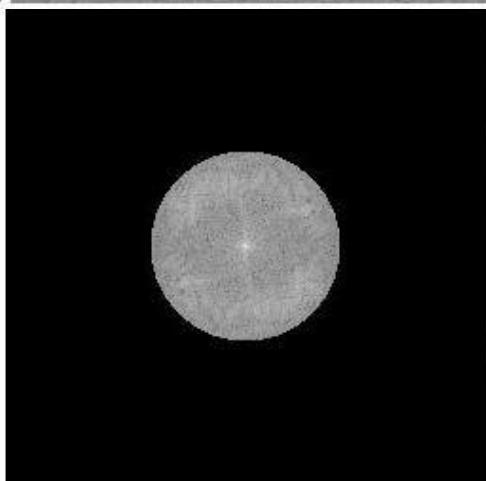
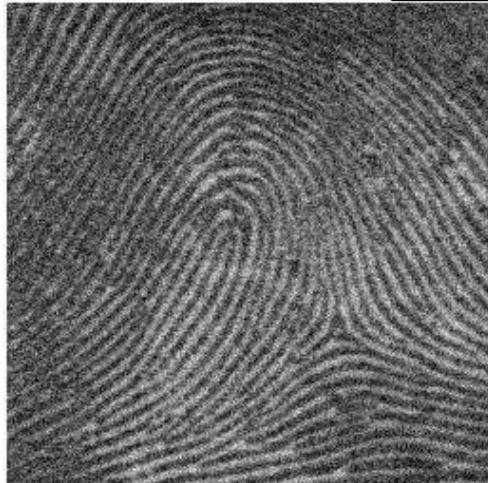
- Corrigir detalhes da imagem que geram altas freqüências
 - bordas e transições abruptas
- Filtro passa baixa
 - imagem menos nítida ou suavizada
 - remoção de altas frequencias



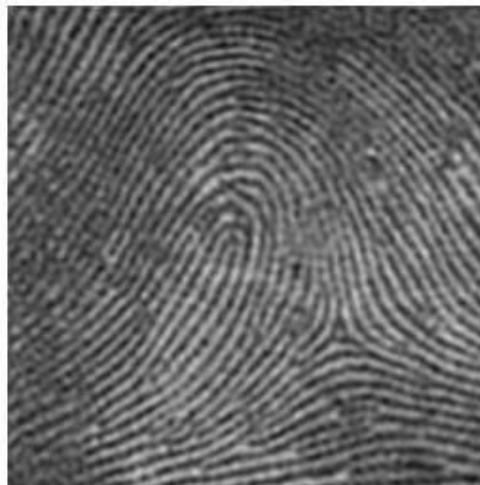
*(a)(b): imagem sem ruídos;
(c)(d): imagem com ruídos*

Filtro passa baixa ideal:

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{se } u^2 + v^2 < r^2 \\ 0 & \text{se } u^2 + v^2 \geq r^2 \end{cases}$$



(a)



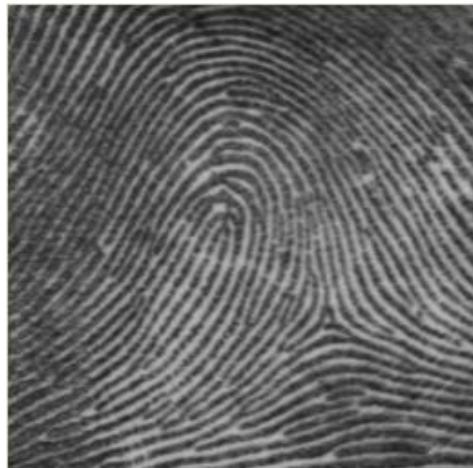
(b)

Filtragem Passa Alta

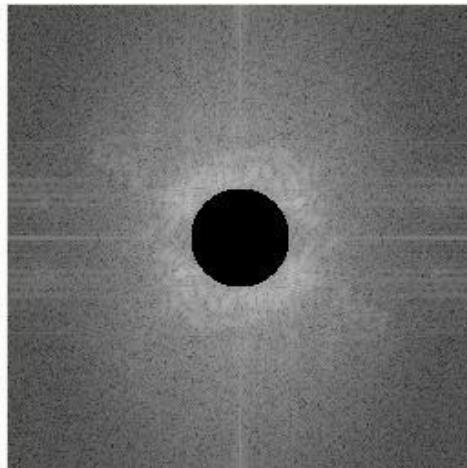
Os componentes de alta freqüência da transformada de Fourier não são alterados, enquanto os de baixa freqüência são removidos.

- os detalhes finos da imagem sejam enfatizados.

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{se } u^2 + v^2 \geq r^2 \\ 0 & \text{se } u^2 + v^2 < r^2 \end{cases}$$



(a)

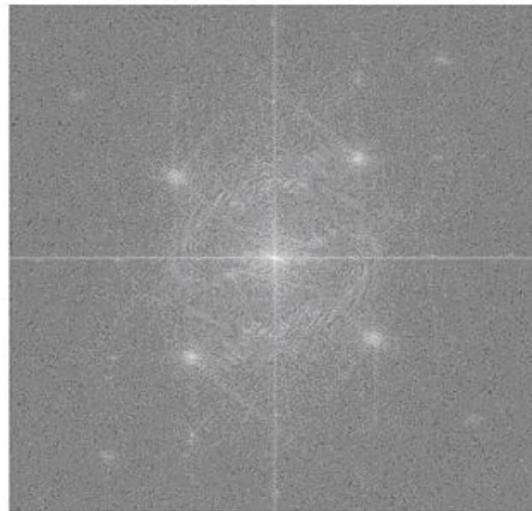


(b)

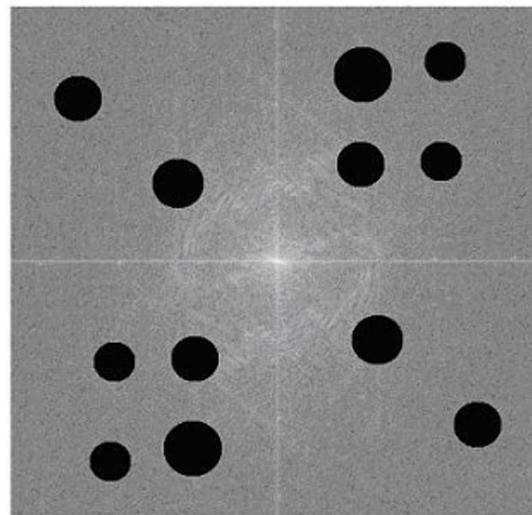


(c)

Outros filtros no domínio de freqüência



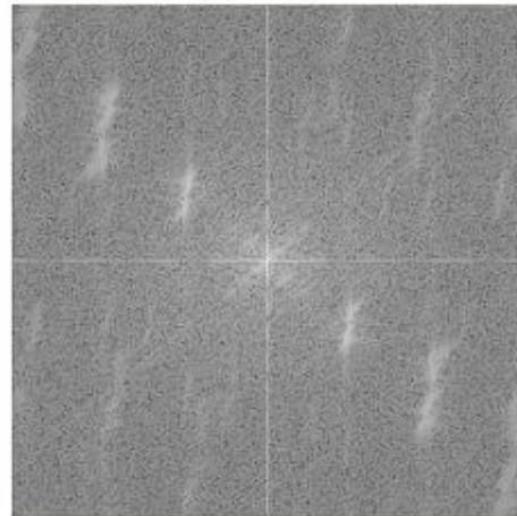
Espectro de Fourier da imagem.



Resultado da filtragem utilizando filtro circular não centrado na origem.



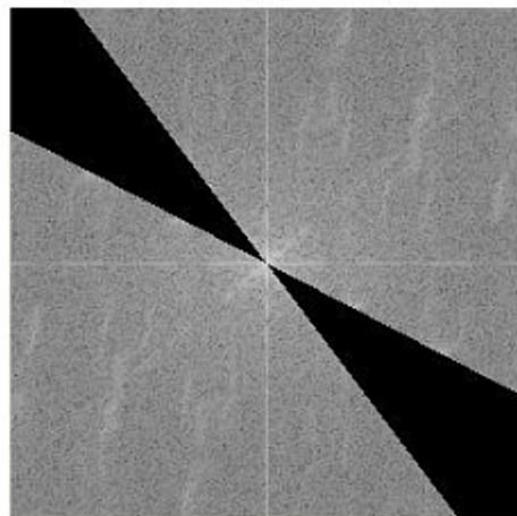
(a)



(b)



(c)



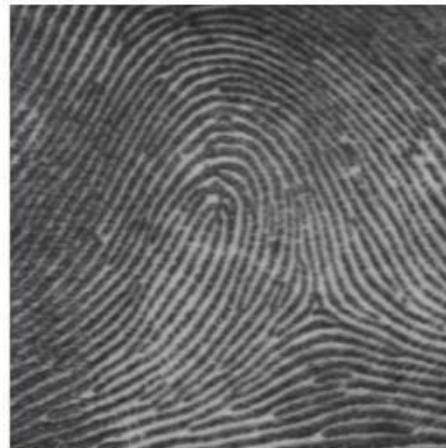
(d)

Espectro de Fourier
da imagem.

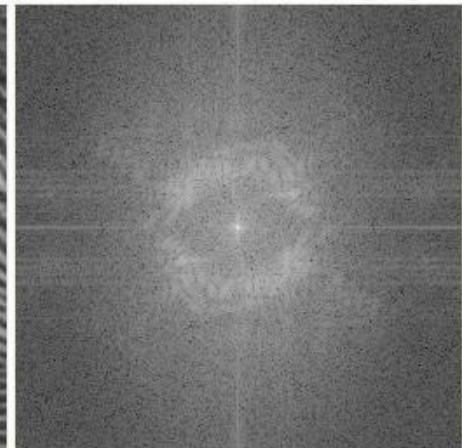
Filtragem utilizando
filtro setor angular.

Imagens de Impressão Digital no Domínio Fourier

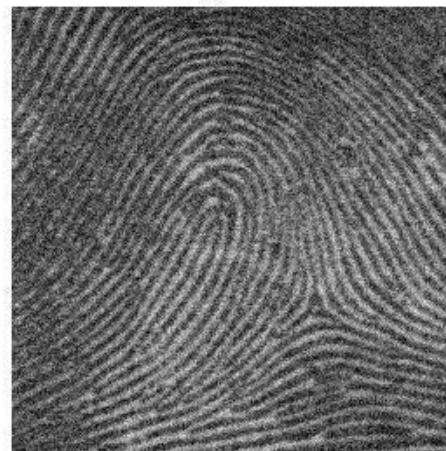
- No espectro de Fourier de uma impressão digital
 - acúmulo de energia em torno de um anel
 - as cristas se comportam como senóides



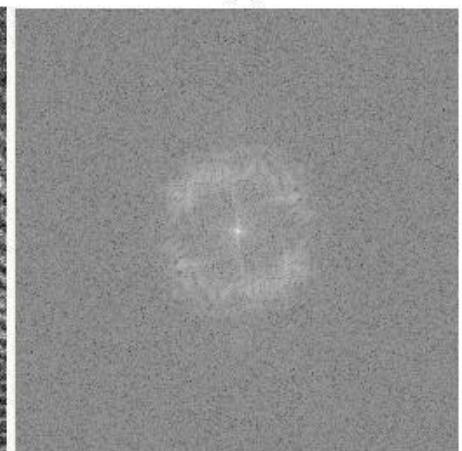
(a)



(b)

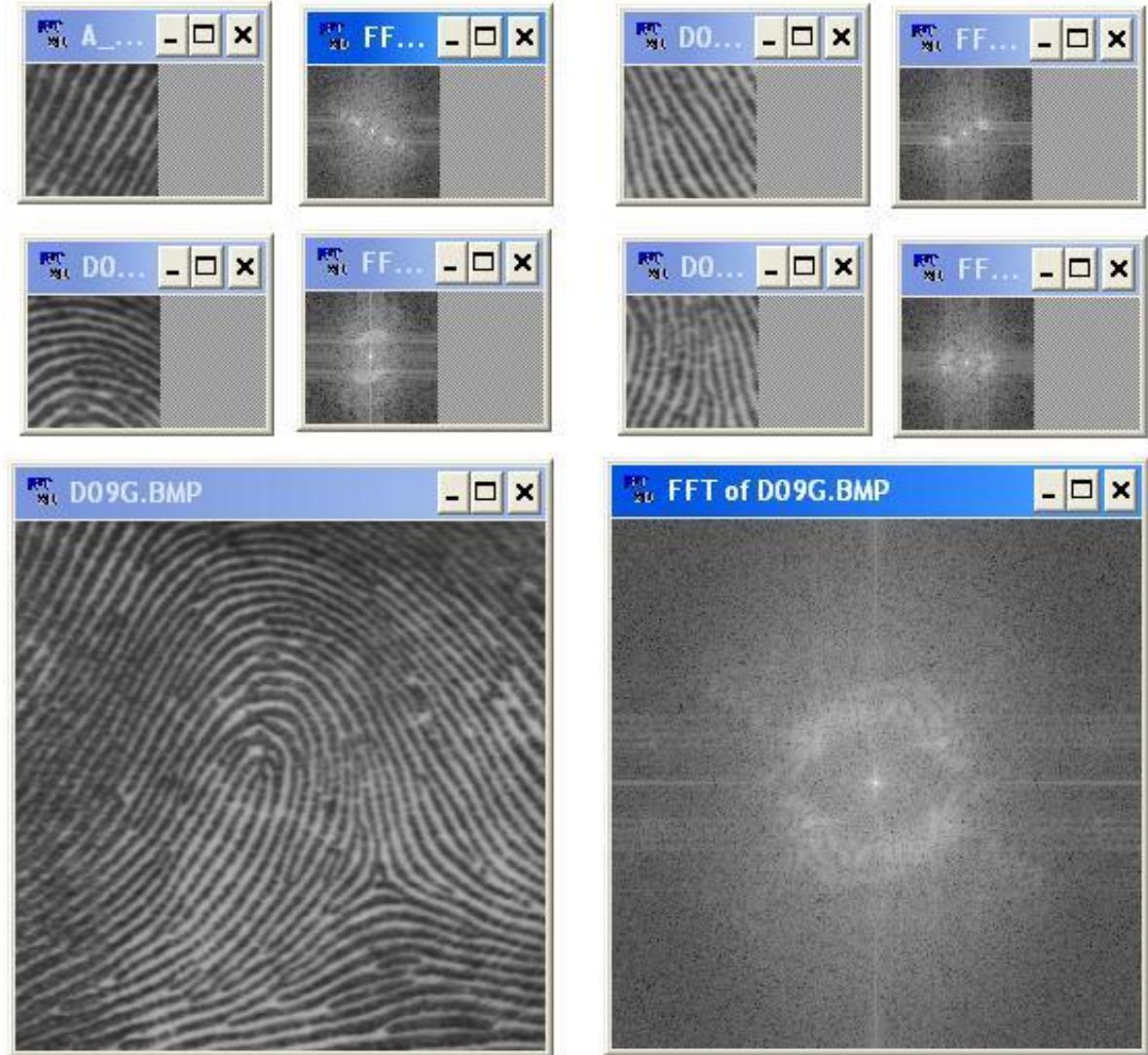


(c)

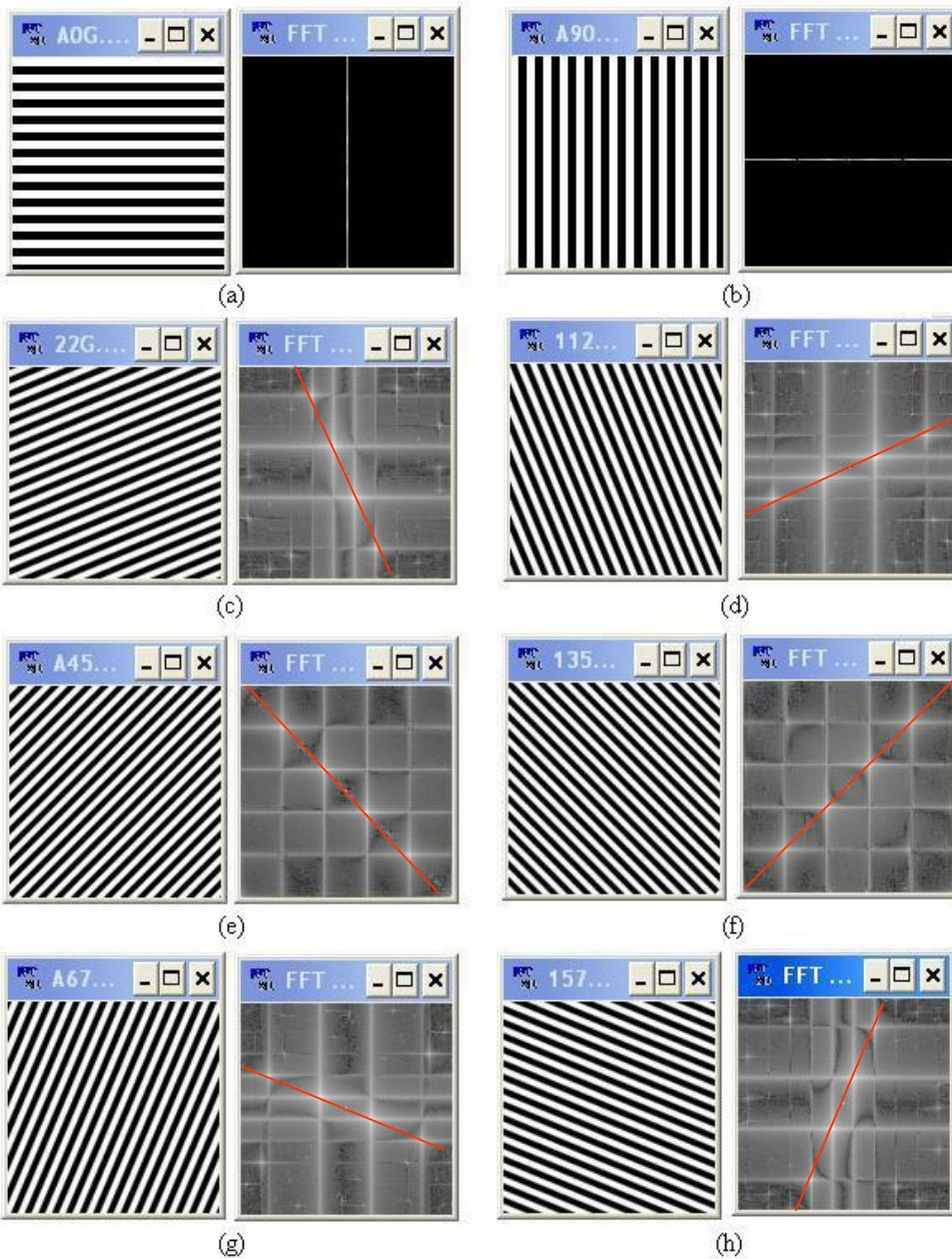


(d)

Nos espectros de Fourier, de partes desta imagem, aparecem dois picos de intensidade simétricos, em relação à origem.



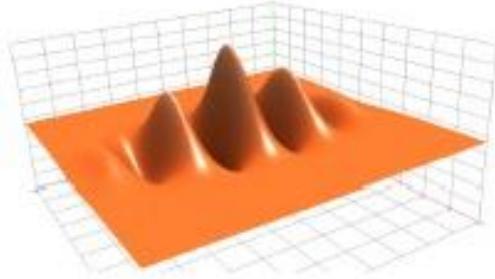
Imagens sintéticas
com listras
inclinadas e seus
espectros de
Fourier.



- 14/09
- Luis
- Yuri
- Javier
- Maria

Filtro de Gabor

- Filtro linear bi-dimensional e não variante ao deslocamento.
- Pode ser entendido como o produto de uma função gaussiana, simétrica em relação à origem e uma função cossenoidal.



Aplicações

- Segmentação de imagens
- Reconhecimento de faces
- Reconhecimento de assinaturas
- Melhoria e identificação de impressões digitais

$$G(x, y, f, \theta, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x_\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_\theta^2}{\sigma_y^2} \right)} \cdot e^{[2\pi j f x_\theta]}$$

Onde:

$$x_\theta = x \cos \theta + y \sin \theta \quad y_\theta = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

x, y são as coordenadas espaciais da imagem, $j = \sqrt{-1}$

Parâmetros:

- 1) f é a freqüência da onda no plano senoidal;
- 2) θ é a orientação do filtro;
- 3) $\sigma = (\sigma_x, \sigma_y)$ é o desvio padrão da função gaussiana ao longo dos eixos x e y , respectivamente.

Filtro decomposto em componentes reais e imaginários

$$G_{complexo} = G_{real} + j G_{imag}$$

$$G_{imag}(x, y, f, \theta, \sigma) = \exp\left\{-\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{x_\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_\theta^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot x_\theta)$$

$$G_{real}(x, y, f, \theta, \sigma) = \exp\left\{-\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{x_\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_\theta^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot x_\theta)$$

Função gaussiana W V Função cos-senoidal

Pode ser y_θ ao invés de x_θ em V

Filtro Passa banda

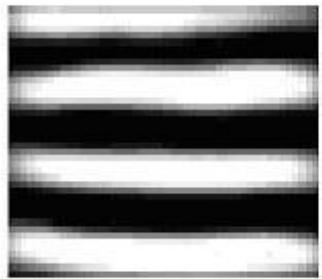
$$G = Fourier(W) * Fourier(V)$$

realça as senoides com freqüências em torno de f , suprimindo seus ruídos

Uma das dificuldades para utilização do filtro de Gabor é a escolha ou obtenção de seus parâmetros.

Frequencia relação espesura das linhas

- f grande \rightarrow insere ruído
- f pequeno \rightarrow entrelaçam linhas



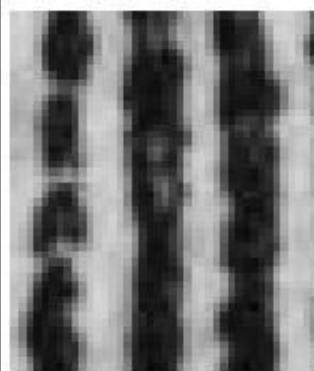
segmento da imagem

f pequeno

f correto

σ largura modula o filtro

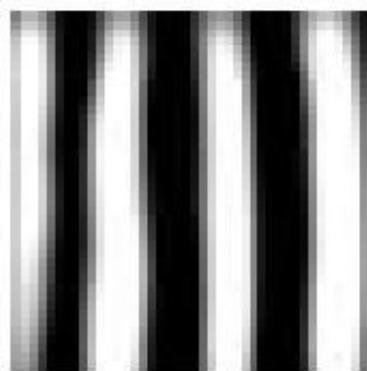
- Controla o tamanho da banda passante
- Efeito no realce das linhas
- σ grande elimina ruídos mas não realça detalhes
- σ pequeno não elimina ruídos mas realça detalhes



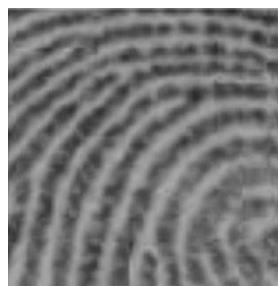
segmento da imagem



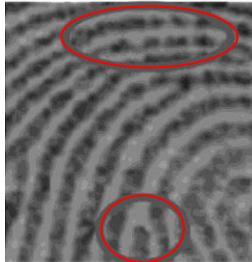
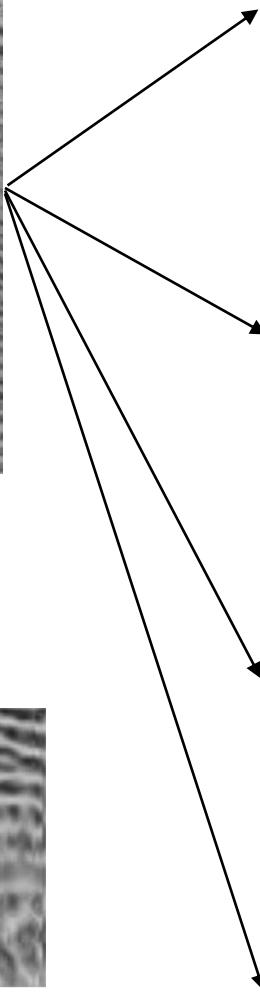
$\theta = 0$



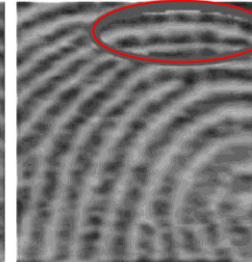
$\theta = 90$



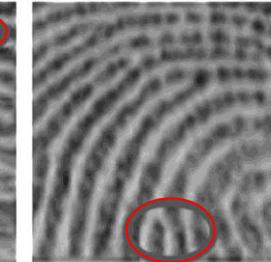
Adaptativo



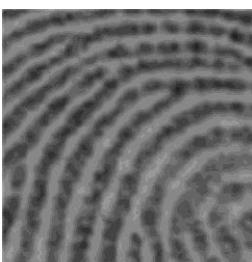
(a)



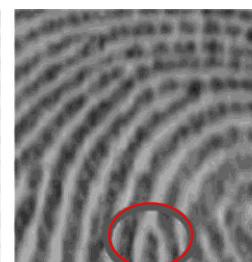
$x_\theta \ e \ \theta = 0$



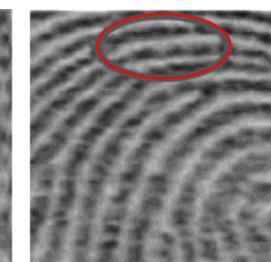
$y_\theta \ e \ \theta = 90$



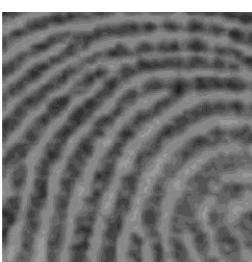
(a)



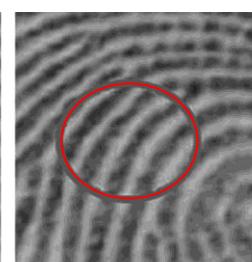
$x_\theta \ e \ \theta = 90$



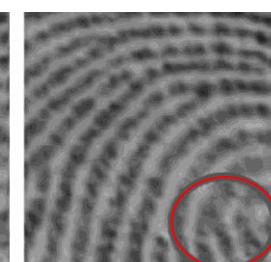
$y_\theta \ e \ \theta = 90$



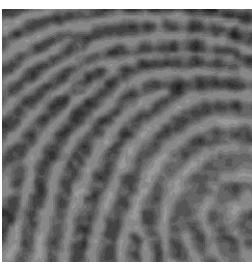
(a)



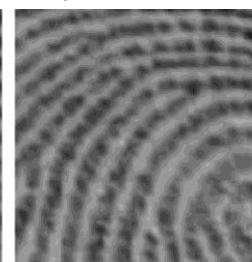
$x_\theta \ e \ \theta = 45$



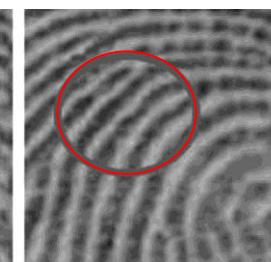
$y_\theta \ e \ \theta = 45$



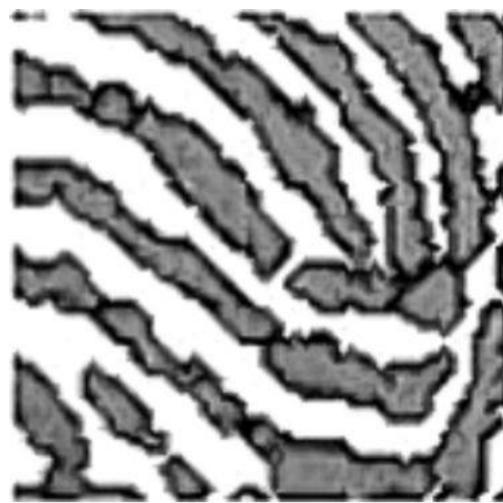
(a)



$x_\theta \ e \ \theta = 135$

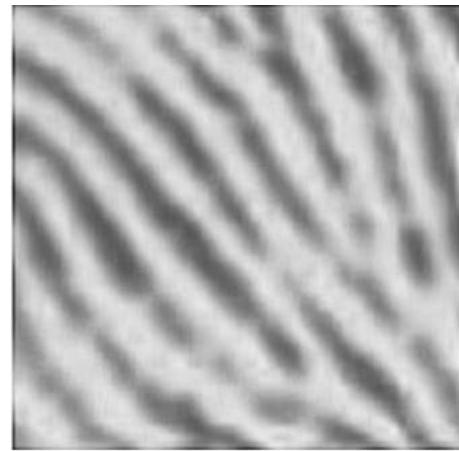
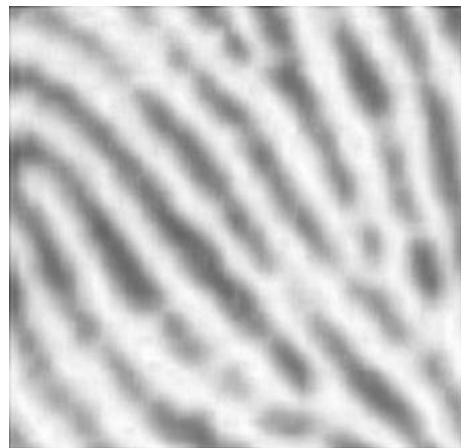


$y_\theta \ e \ \theta = 135$

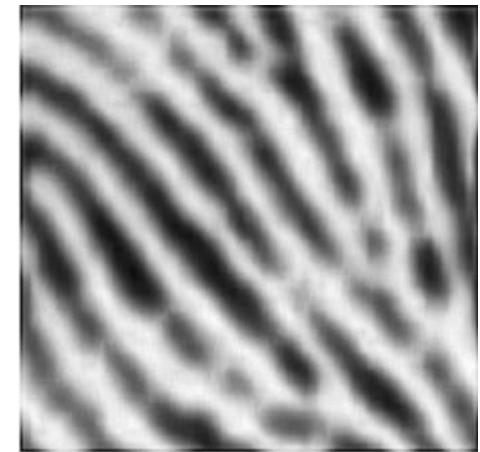


$f=0.33, \sigma=0.8, \theta=135$

$\sigma=0.7, \theta=135$



$f=0.3546$



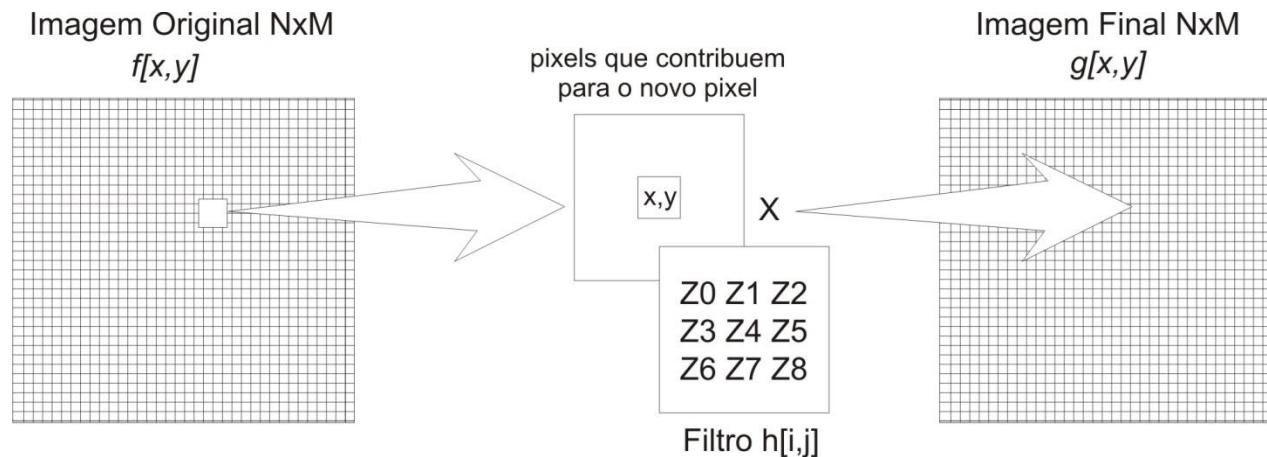
$f=0.20$

Filtragem no Domínio Espacial

“Operam diretamente sobre os *pixels*, normalmente utilizando operações de convolução com máscaras”

$$g[x, y] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f[x - i, y - j].h[i, j]$$

Imagen f , no pixel (x_i, y_i) ,
convolução com h



- 19/09
- Javier
- Luis
- Yuri

Filtros Lineares e Não Lineares

Filtros lineares: somas ponderadas das intensidades de *pixels* ao longo da imagem.

Filtros não-lineares: qualquer filtro que não é uma soma ponderada de *pixels*.

- Contorno:

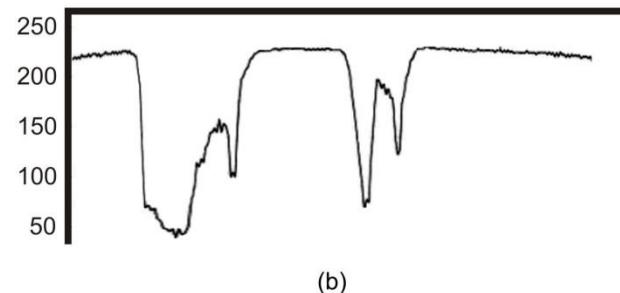
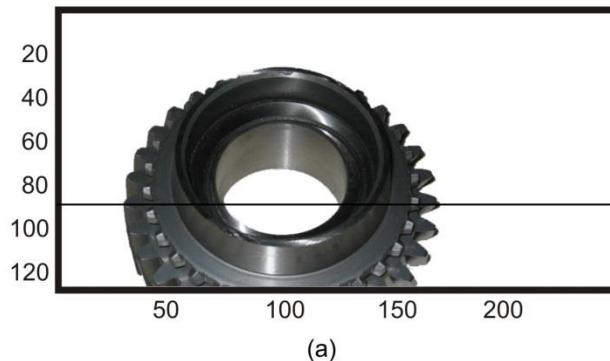
- mudanças locais de intensidade na imagem

- Regiões ou objetos:

- patamares mais ou menos constantes de tons e cores.

- Fronteira:

- intensidade da imagem, $f(x_i, y_i)$, varia bruscamente



Filtros Passa Baixa – Filtros de Suavização

Objetivos

- Suavizar a imagem
 - redução das variações de intensidade nos patamares.
- Atenuar as **altas freqüências**,
 - transições abruptas.
- Minimizar ruídos.

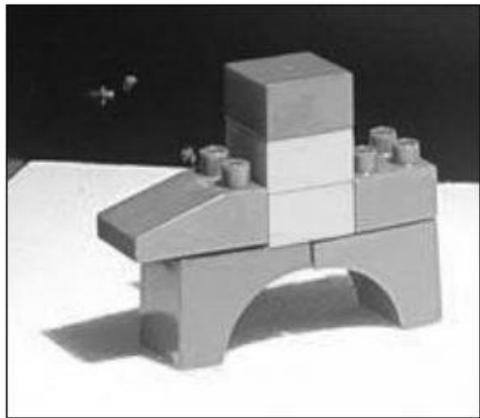
Filtro de Média

Máscara de convolução $n \times n$ com seus coeficientes iguais a 1 dividido por n^2

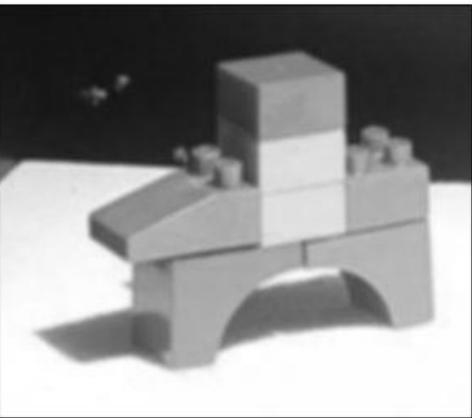
$$Z = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

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

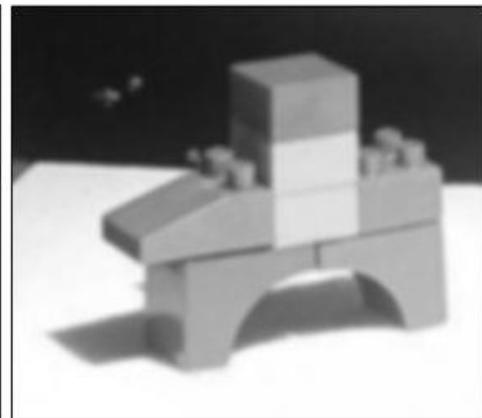
$$Z = \frac{1}{49} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



original



usou máscara 3x3



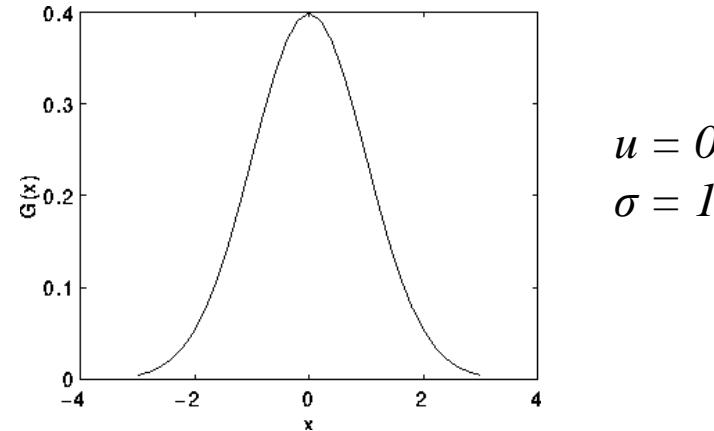
usou máscara 5x5

Filtro Gaussiano

O filtro é baseado em uma aproximação digital da função gaussiana.

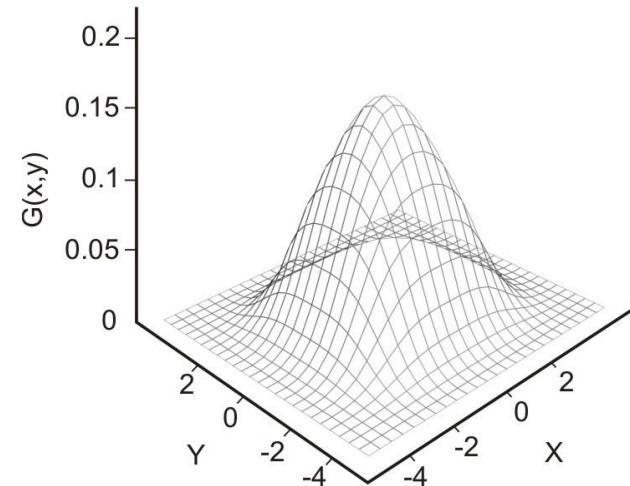
Em 1-D:

$$G(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x)^2}{2\sigma^2}}$$



Em 2-D

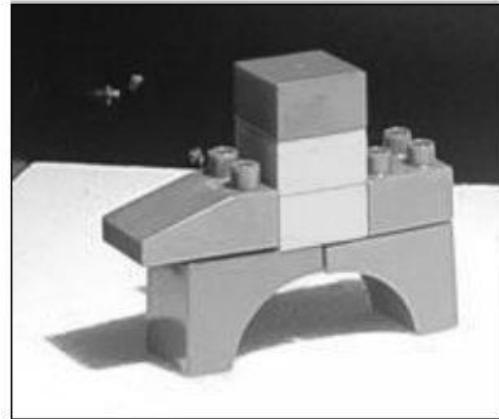
$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{\frac{-(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}}$$



Gaussiana (aproximada) com $\sigma = 1$

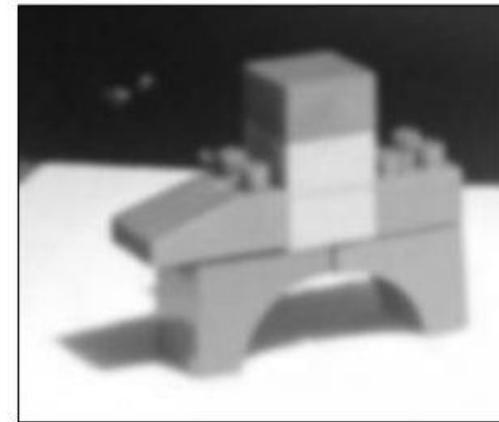
kernel de 5x5

$$Z = \frac{1}{273} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 41 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$



kernel de 3x3

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



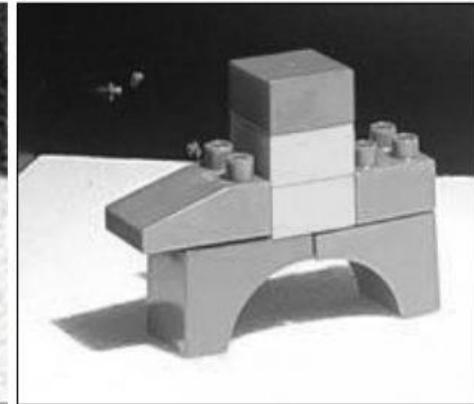
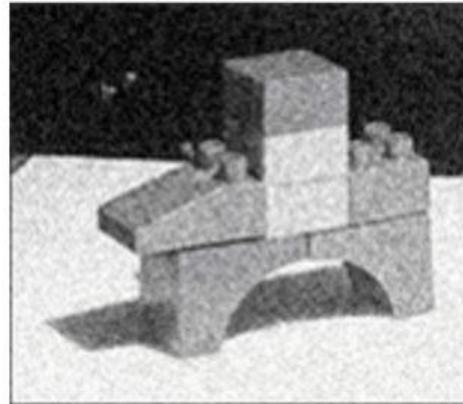
A maior dimensão do kernel → imagem menos nítida

Filtro de Mediana

- Tom do pixel central da janela é mediana da intensidade dos pixels da vizinhança (ordenada).
- Dados n elementos, a mediana m é o elemento central dos n elementos ordenados



- Eficaz quando
 - ruído impulsivo
 - ruído sal e pimenta
- Mantém os tons definidos na imagem



Filtros de Ordem e de Moda

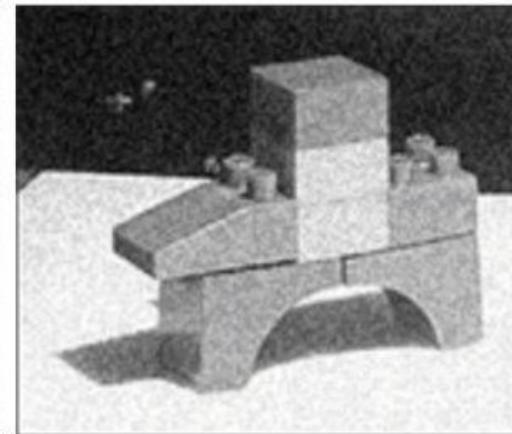
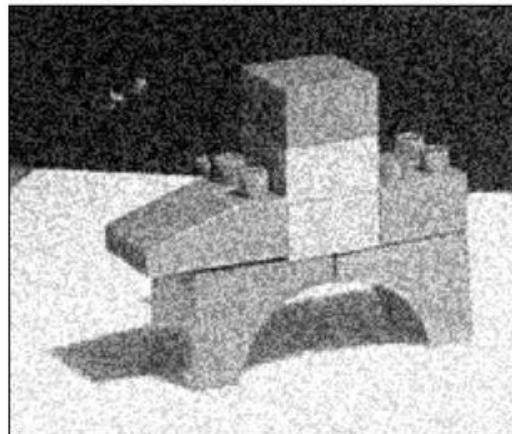
Filtro de ordem: Maior valor de intensidade de uma vizinhança do *pixel* $f(x,y)$, dentro de uma janela da imagem, ordenados

Filtro de moda: Escolhido um pixel mais frequente da vizinhança ordenada, dentro de uma janela da imagem, do *pixel* (x,y) .

26/09
Maria
Javier
Yuri
Guilhem

Filtro de Média dos k Vizinhos Selecionados

- É um híbrido do método de filtragem pela média.
- Selecionar k elementos entre os elementos da máscara
 - Usa diferença absoluta entre o valor de cada elemento da máscara de filtragem e o ponto central.



Filtros Passa-Alta ou de Acentuação

- Atenuam ou eliminam as baixas freqüências, realçando as altas freqüências.
 - Usados para realçar os detalhes na imagem
 - Destacam características como bordas, linhas, curvas e manchas.
 - Tornam mais nítidas as transições entre regiões diferentes, realçando o contraste.

Métodos de Filtros:

- Gradiente ou derivada de imagens
- Operador de Sobel
- Roberts
- Prewitt
- Laplaciano
- Lapaciando do Gaussiano
- Canny

Filtros Gradiente ou Derivada de Imagens

O gradiente da função $f(x,y)$

$$\nabla f = \begin{vmatrix} G_x \\ G_y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{vmatrix}$$

Módulo do vetor

$$|\nabla f| = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$$

Direção do vetor

$$\alpha(x, y) = \text{arc tang } \frac{G_y}{G_x}$$

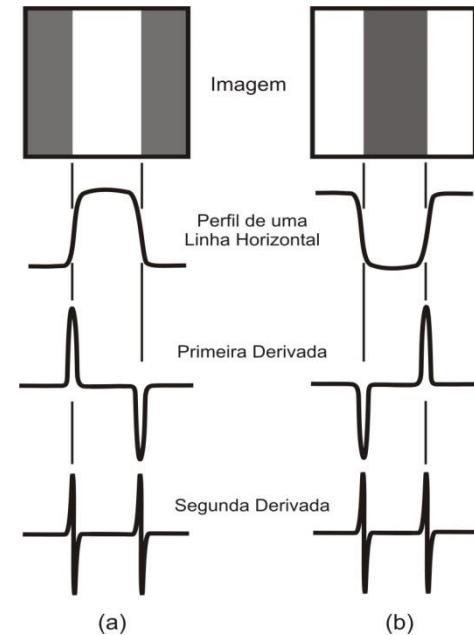
O gradiente pode ser aproximado por:

$$\nabla[f(x, y)] \approx \sqrt{[f(x, y) - f(x+1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y+1)]^2}$$

Máscara $3x3$

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 \\ Z_4 & Z_5 & Z_6 \\ Z_7 & Z_8 & Z_9 \end{bmatrix}$$

$$\nabla f \approx |(z_6 + z_7 + z_8) - (z_0 + z_1 + z_2)| + |(z_2 + z_5 + z_8) - (z_0 + z_3 + z_6)|$$



Operador de Sobel

Variação horizontal

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = \Delta x = \frac{f(x + dx, y) - f(x, y)}{\partial x}$$

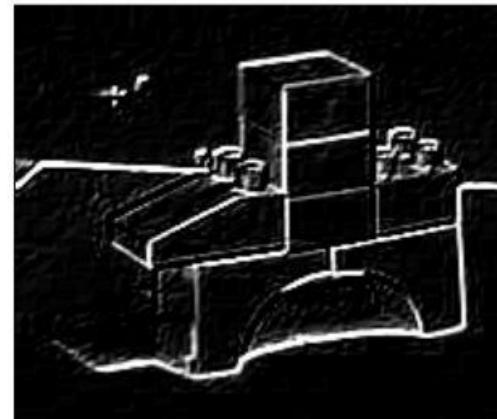
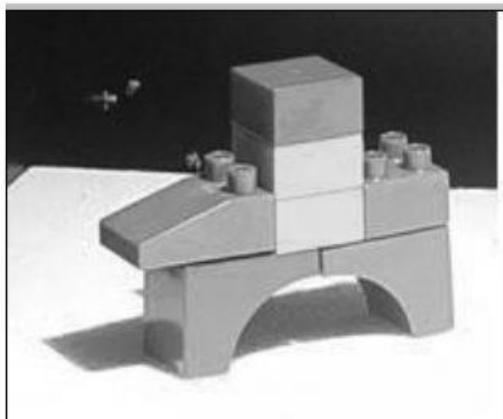
Variação vertical

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = \Delta y = \frac{f(x, y + dy) - f(x, y)}{\partial y}$$

Aplicação de duas máscaras:

$$Z_h = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Z_v = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Filtro de Roberts

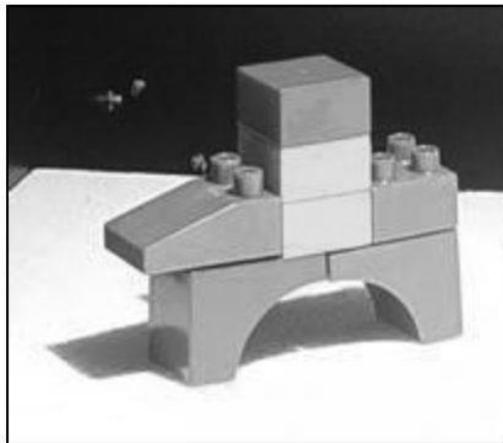
Modulo do Grandiente aproximado

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Máscaras de comvolução

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

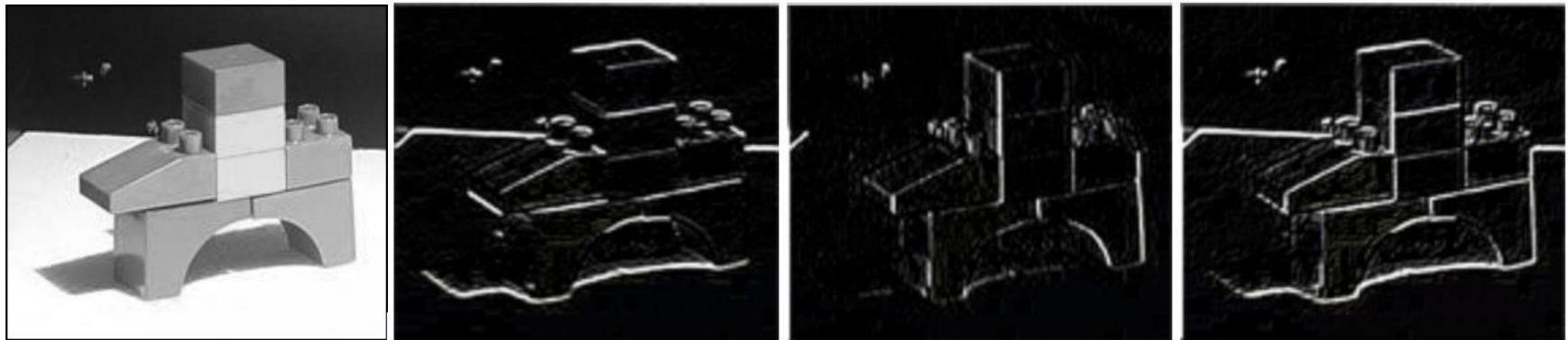


O filtro de Prewitt

Tem o mesmo conceito de Sobel (sem o peso para o *pixel* mais central) e de Roberts

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

$$\nabla f = |(Z_7 + Z_8 + Z_9) - (Z_1 + Z_2 + Z_3)| + |(Z_3 + Z_6 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 + Z_7)|$$



Contorno horizontal

Contorno vertical

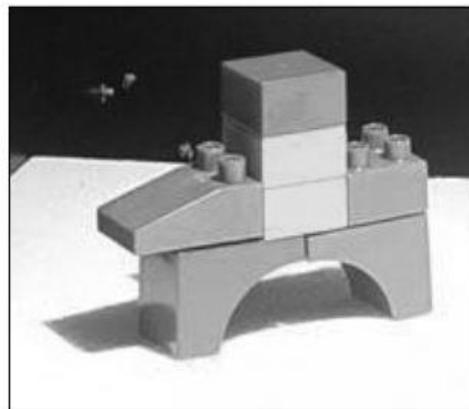
Horizontal / vertical

Filtro Laplaciano

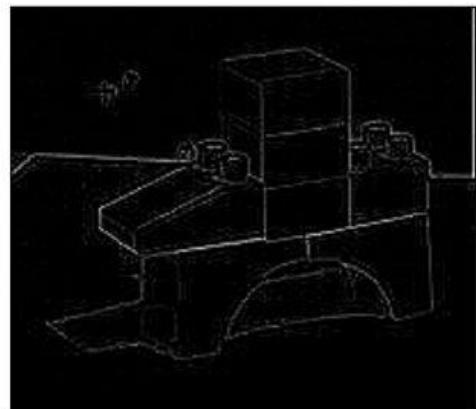
$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x, y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x, y)$$

Alguns filtros

$$M_{L1} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$



$$M_{L2} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



$$M_{L3} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Trabalho

1.- Modificar a implementacao anexa de Fourier para aplicar passa baixa ou passa alta na imagem relacionado com seu interesse. Usar OpenCV e C

2.- Modificar e completar os programas de filtros aplicados na imagem de seu interesse (sobre a mesma figura)

a. Suavização

- Filtro de media 3x3*
- Filtro Gaussiano 3x3*

b. Acentuação

- Gradiente*
- Sobel ou Prewit*
- Laplaciano L2*

*** Sera aplicado um test em relação aos tópicos envolvidos neste trabalho
Entragar 1 de dezembro*

- 28/09
- Javier
- Luis
- Yuri
- Maria L.