



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ (UESC)

Criada pela Lei 6.344, de 05.12.1991,
e reorganizada pela Lei 6.898, de 18.08.1995 e
pela Lei 7.176, de 10.09.1997

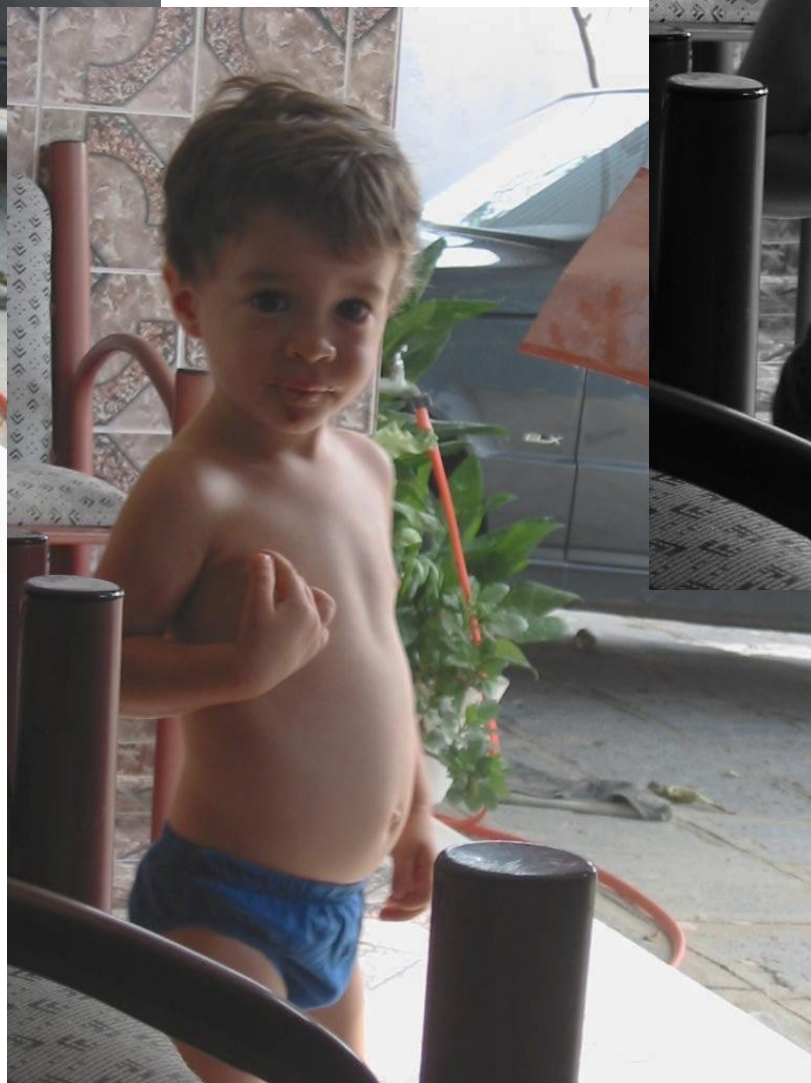
CET115 – Processamento Digital de Imagens

Transformações de Intensidade

Prof. Dra. Vânia Cordeiro da Silva
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)
vania(at)uesc(dot)br

Introdução

- Transforma imagem de entrada em outra mais adequada para uma determinada finalidade
- Grande importância e de grande crescimento atualmente
 - Utilização de imagens em um sem número de aplicações
 - Computadores com maior capacidade de processamento
- Formulação matemática consolidada



Origem

- Indústria jornalística: melhoria de ilustrações preto e brancas, de jornais enviados por cabo submarino entre Londres e New York em 1921
- Redução do tempo de transporte da imagem através do Atlântico de 1 semana para 3 horas
- Aplicações básicas:
 - Melhoria da informação visual para a interpretação humana
 - Processamento de dados de cenas para percepção automática através de máquinas

Evolução

- Programa espacial norte-americano
 - Primeiro computador poderoso o suficiente para PDI
 - 31 de julho de 64 às 9:09hs, uma foto da lua de uma nave espacial, 17 min antes do impacto na superfície lunar
 - Correção de vários problemas de distorção de imagens inerentes ao veículo de transmissão
- Passou a ser utilizado em variados problemas que necessitam de apurada informação pictorial

Evolução

- Hoje existem praticamente infinitas utilizações:
 - Visão computacional, fotos, agricultura, medicina, meteorologia, pesquisas aero-espaciais, inspeção industrial, arqueologia, geografia, microscopia eletrônica, fins bélicos, reconhecimento de padrões (automação, íris, face, digital, assinatura, caracteres manuscritos e impressos...), transmissão, compressão, trabalhos gráficos, etc.

Fundamentação

- Multidisciplinar: Eletrônica, ótica, IA, matemática, computação e outras
- Partes componentes de um sistema de PDI:
 - Aquisição/Digitalização: conversor analógico-digital controlado por relógio
 - Visualização
 - Manipulação/Processamento

Fundamentação

- Digitalização da imagem contínua:
 - Amostragem: processo com perdas irreversíveis
 - Quantização: Número de níveis limitados
 - Codificação: atribuição de uma seqüência de 0s e 1s a cada nível de cinza

Fundamentação

- Representação da Imagem Digital:
 - Representadas internamente por matrizes
 - O valor de f no ponto (x,y) é proporcional ao brilho da imagem no ponto – pixel
 - Imagens coloridas: função $f(x,y)$ para cada banda distinta de frequência
 - Padrão RGB: informação de cores primárias (vermelho, verde e azul)
 - Ambas representadas internamente por matrizes

Níveis de Processamento

- Baixo: entrada e saída são imagens
 - Ex: Realce e contraste
- Médio: entrada é imagem, mas saída contém atributos extraídos da mesma
 - Ex: Segmentação e compressão
- Alto: funções cognitivas associadas a visão humana
 - Ex: Reconhecimento e classificação

PDI

- Para uma imagem de boa qualidade deve-se considerar alguns fatores:
 - Correção de defeitos ligados a aquisição
 - Compressão da informação
 - Avaliação da imagem a partir de conhecimento a priori
 - Padrões de degradação conhecidos

PDI

- Classes de Processamento:
 - Domínio espacial (como um sinal varia ao longo do tempo): manipulação direta de pixels em uma imagem
 - Transformações de intensidade e filtragem espacial
 - Domínio da frequência (mostra quanto do sinal reside em cada faixa de frequência):
 - Transformadas

Transformações Espaciais

- Intensidade: Operações pontuais
 - O novo valor do n.c. só depende do correspondente posicional na imagem original
 - Ex: Brilho e negativo
- Filtragem espacial: Operações locais
 - O novo valor do n.c. depende dos valores de n.c. de um segmento da imagem original
 - Ex: Contraste e reamostragem

Transformações de Intensidade

- Brilho:
 - Sendo 0 = mínimo e 255 = máximo
 - Sendo N um escalar
 - Clarear: inserir mais brilho a imagem
 - $\text{Clarear(imagem)} = \text{imagem} + N$
 - Escurecer: diminuir o brilho da imagem
 - $\text{Escurecer(imagem)} = \text{imagem} - N$
 - Atentar aos limites....

Transformações de Intensidade



Transformações de Intensidade

- Negativo:
 - Negativo: inverter valores
 - Supondo níveis de intensidade na faixa $[0, L]$
 - $N(x,y) = L - I(x,y)$

Transformações de Intensidade



Atividade 3

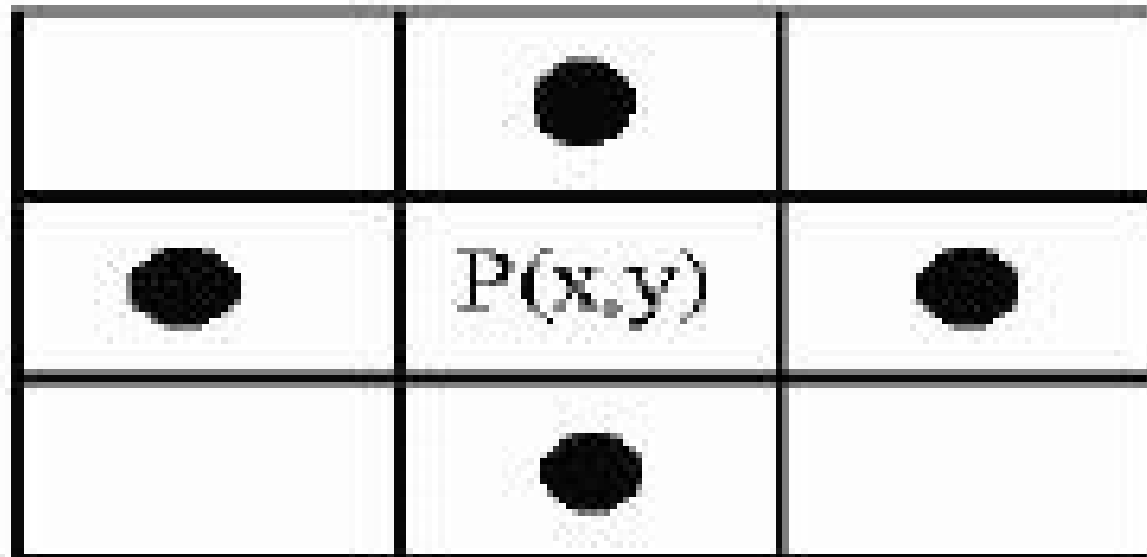
- Utilizando como base o seu visualizador, e o programa menu.c, implementar as seguintes funcionalidades:
 - Clarear ou escurecer imagens (de 20 em 20)
 - Calcular e apresentar a imagem negativa
 - Voltar ao original
 - Obs1: Apresentar sempre as imagens, original e processada (no início do programa ambas serão iguais)
 - Obs2: Testes com imagens binárias, monocromáticas e coloridas

Atividade 3

- A imagem processada será uma escolha do usuário feita via mouse, desta forma:
 - Ao clicarmos com o botão esquerdo sobre imagem original aparecerá menu com opções: clarear, escurecer, voltar ao original e negativo em laço e cumulativo, ex:
 - Escolhendo clarear e escurecer em seguida, a imagem processada ficará igual a original
 - Podemos escurecer/clarear uma imagem negativa e a recíproca é verdadeira
- Data de apresentação: 13/11/17

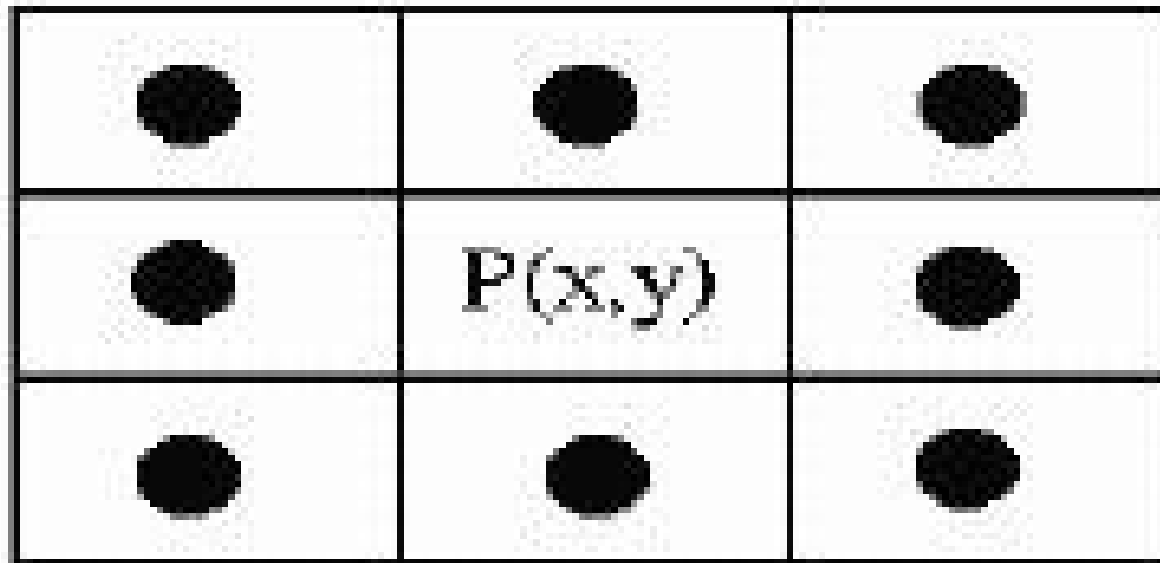
Vizinhança de um Pixel

- 4 - Vizinhança



Vizinhança de um Pixel

- 8 - Vizinhança



Filtragem Espacial

- Contínuo x discreto
- Após a amostragem, como reconstruir?
 - Dados valores discreto, qual a função contínua?
- Reamostragem: reconstruir e amostrar com outra resolução espacial
 - Armazenamento
 - Compressão

Filtragem Espacial

- Subamostragem: redução da resolução
 - Zoom-out
- Superamostragem: ampliação da resolução
 - Zoom-in
- Não confundir com a etapa da amostragem da aquisição
- Em matemática reconstrução é sinônimo de interpolação

Interpolação

- Processo que utiliza dados conhecidos para estimar valores em pontos desconhecidos
 - Dada uma seqüência de amostras obtemos o valor em uma posição qualquer
 - Utilizado para redução, ampliação e rotação
- Basicamente, existem 2 tipos de imagens:
 - Sintetizadas: trabalha-se com as especificações
 - Reais: trabalha-se diretamente com os pixels

Exemplos



Reamostragem

- Passos:
 - Descrição da posição espacial dos pixels que compõe a nova imagem:
 - Algoritmos de rasterização
 - Cálculo do valor do pixel
 - Vários algoritmos

Reamostragem

- Imagem original: $I(x,y)$
 - $X = 0 \dots C-1$
 - $Y = 0 \dots L-1$
- Imagem reamostrada: $R(x',y')$
 - $X' = 0 \dots C'-1$
 - $Y' = 0 \dots L'-1$

Reamostragem

- Subamostragem:
 - $L' < L$
 - $C' < C$
- Superamostragem:
 - $L' > L$
 - $C' > C$
- Facilmente estendido para imagens 3D

Reamostragem

- Sendo m e n valores reais e positivos:
 - $x' = m.x$
 - $y' = n.y$
- Subamostragem:
 - $0 < m, n < 1$
- Superamostragem:
 - $m, n > 1$

Exemplo

- Imagem original: 100x100
- Imagem reamostrada: 110x90
- $m = 110/100 = 1,1$
- $n = 90/100 = 0,9$
- Onde parou o pixel 100x100?
- E o 99x99?

Interpolação

- Algoritmos (alguns...)
 - Vizinho mais próximo (1 - Vizinhança)
 - Bi-linear (4 - Vizinhança)
 - Bi-Cúbica (8 - Vizinhança)
 - Convolução (2 - Vizinhança)
 - Splines
 - Filtros
 - Muitos outros

Interpolação

- Mais utilizados

Vizinho Mais Próximo



Interpolação Bilinear



Interpolação

- Vizinho mais próximo: ampliação

- $x' = m.x$

- $y' = n.y$

$$.....f(i,j) \quad f(i,j+1) \quad$$

$$.....f(i+1,j) \quad f(i+1,j+1) \quad$$

$$.....f(i,j) \quad \mathbf{0} \quad f(i,j+1) \quad$$

$$\mathbf{0} \quad \mathbf{0} \quad \mathbf{0}$$

$$.... f(i+1,j) \quad \mathbf{0} \quad f(i+1,j+1) \quad$$

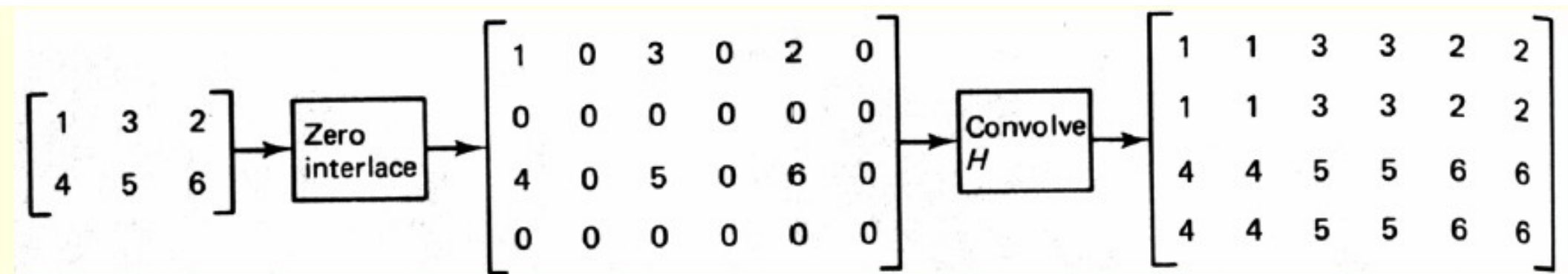
Interpolação

- Vizinho mais próximo: ampliação

- $x' = m.x$

- $y' = n.y$

$$\begin{array}{ccccccc}
 & \dots\dots f(i,j) & & \mathbf{f(i,j)} & & f(i,j+1) & \dots\dots \\
 & \mathbf{f(i,j)} & & \mathbf{f(i,j)} & & \mathbf{f(i,j+1)} & \\
 & \dots\dots f(i+1,j) & & \mathbf{f(i+1,j)} & & f(i+1,j+1) & \dots\dots
 \end{array}$$



Interpolação

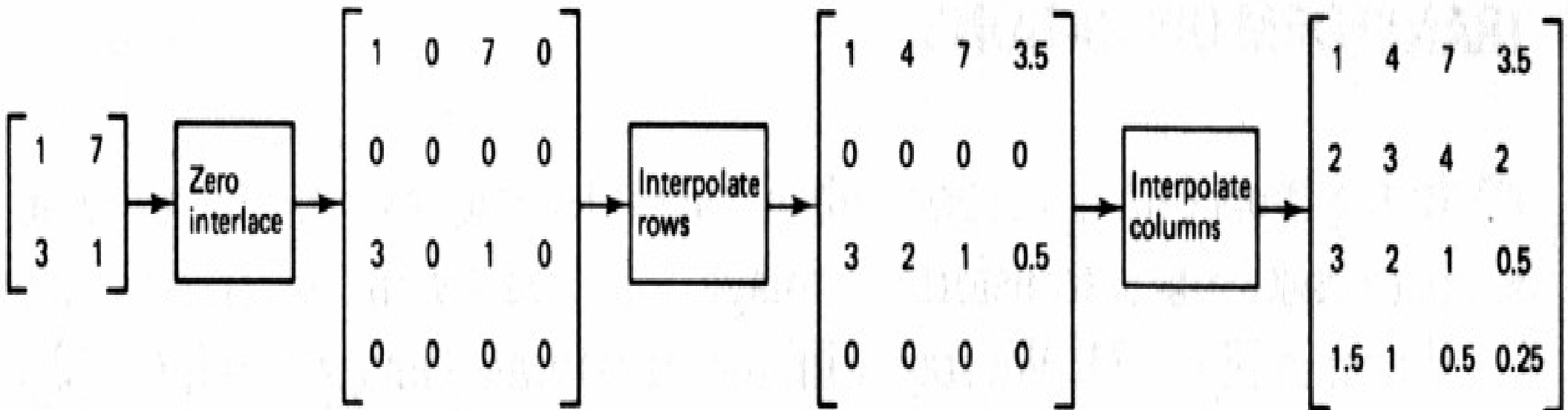
- Vizinho mais próximo: redução
 - Se a imagem original tem dimensões w e h a imagem destino tem w' e h' , então um ponto na imagem destino será dado pelas expressões a seguir:

$$I = i * w / w'$$

$$J = j * h / h'$$

Interpolação

- Interpolação por convolução



Interpolação

- Interpolação bi-linear: muito utilizado
 - Boa relação entre resultado e desempenho
- Calcula uma média ponderada das amostras mais próximas da posição desejada de acordo com a distância à mesma

Interpolação

$$\dots f(i,j) \quad f(i,j+1) \quad \dots$$

$$\dots f(i+1,j) \quad f(i+1,j+1) \quad \dots$$

$$\dots f(i,j) \quad \mathbf{a} \quad f(i,j+1) \quad \dots$$

$$\mathbf{b} \quad \mathbf{c} \quad \mathbf{d}$$

$$\dots f(i+1,j) \quad \mathbf{e} \quad f(i+1,j+1) \quad \dots$$

$$\mathbf{a} = (f(i,j) + f(i,j+1)) / 2$$

$$\mathbf{e} = (f(i+1,j) + f(i+1,j+1)) / 2$$

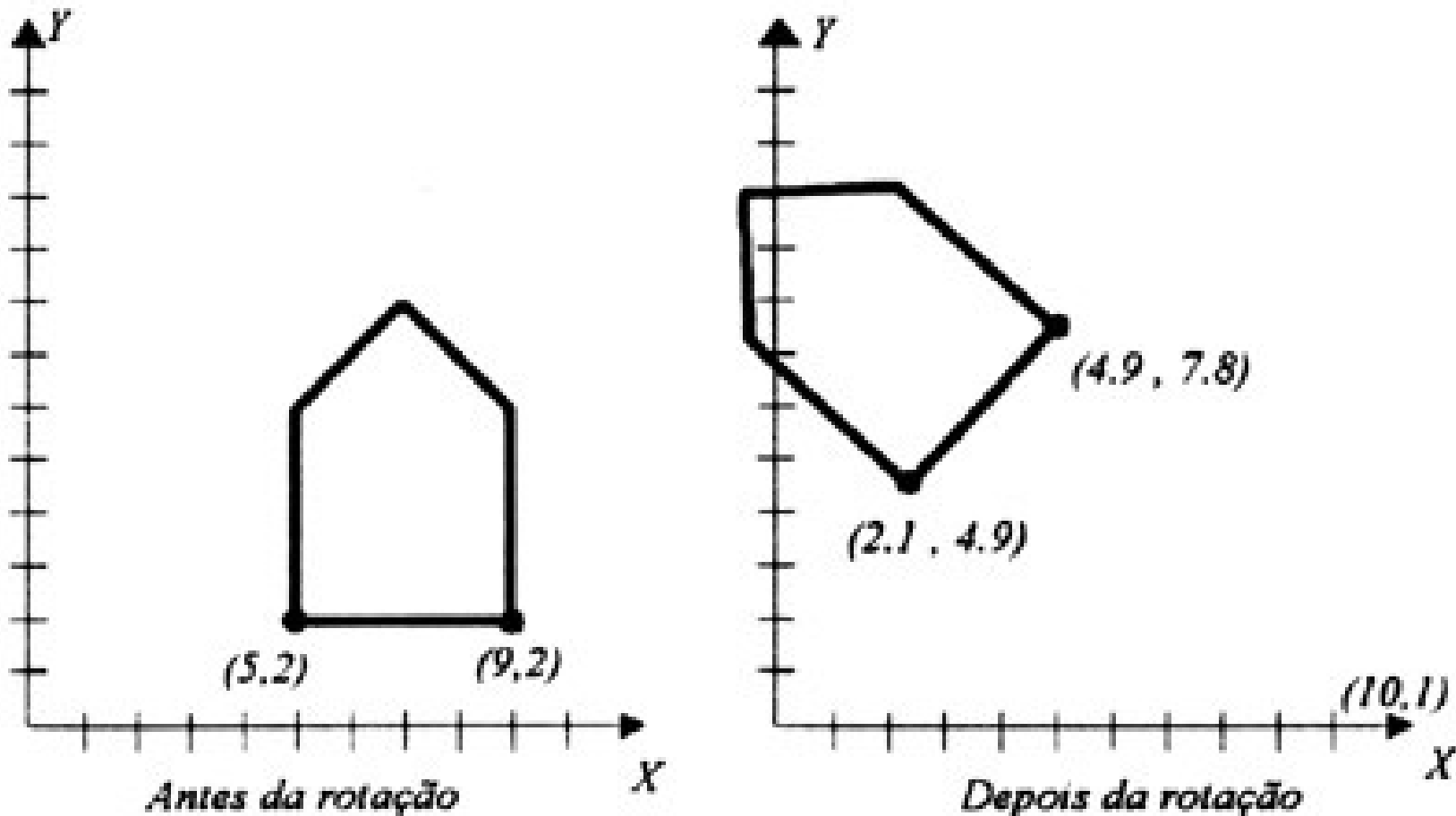
$$\mathbf{b} = (f(i,j) + f(i+1,j)) / 2$$

$$\mathbf{d} = (f(i,j+1) + f(i+1,j+1)) / 2$$

$$\mathbf{c} = (f(i,j) + f(i,j+1) + f(i+1,j) + f(i+1,j+1)) / 4$$

Rotação

- Designar ângulo de rotação
 - Sempre realizada em função do 0,0



Rotação

- Geral: combinação de rotação ao redor de um centro com translações apropriadas
- Seqüência de operações:
 - Transladar o ponto fixo para a origem
 - Rotacionar
 - Transladar de volta
- Função sen e cos do C é dada em radianos
 - Converter para graus

Rotação

- Sendo x e y as coordenadas dos pixels da imagem original, e x' e y' as coordenadas do mesmo pixel na imagem rotacionada:

$$x' = x * \cos(\text{angulo}) - y * \sin(\text{angulo})$$

$$y' = x * \sin(\text{angulo}) + y * \cos(\text{angulo})$$

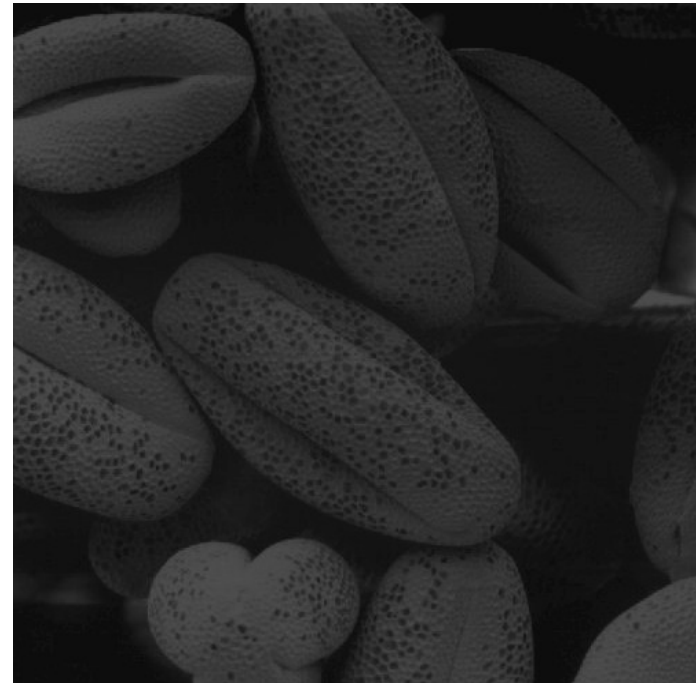
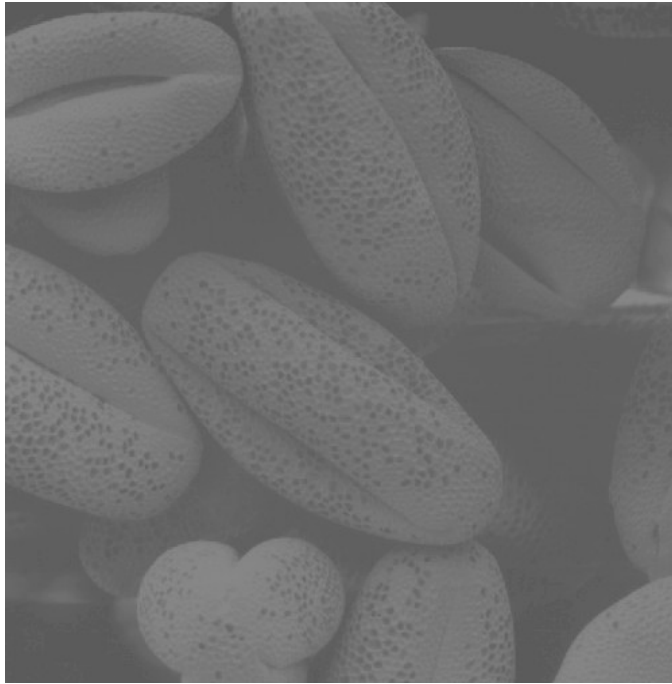
Atividade 5

- Implementar algoritmos de reamostragem (redimensionamento) de imagens, utilizando os métodos do vizinho mais próximo e bilinear:
 - Fatores de escala lidos do teclado: de ampliação e redução

Contraste

- O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios
- A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano
 - É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de processamentos de imagens

Contraste



Histograma de Imagens

- Histograma: ferramenta matemática que mostra a frequência de uma amostra em um conjunto
- Histograma de imagens: mostra a frequência de um determinado valor de pixel na imagem
 - Dividir as frequências pelo número total de “pixels” na imagem (frequência relativa)

Exemplo: imagem de 2 bits e tamanho 5×5

0	0	1	1	2
1	2	3	0	1
3	3	2	2	0
2	3	1	0	0
1	1	3	2	2

$$p(r_0) = 6/25 = 0.24$$

$$p(r_1) = 7/25 = 0.28$$

$$p(r_2) = 7/25 = 0.28$$

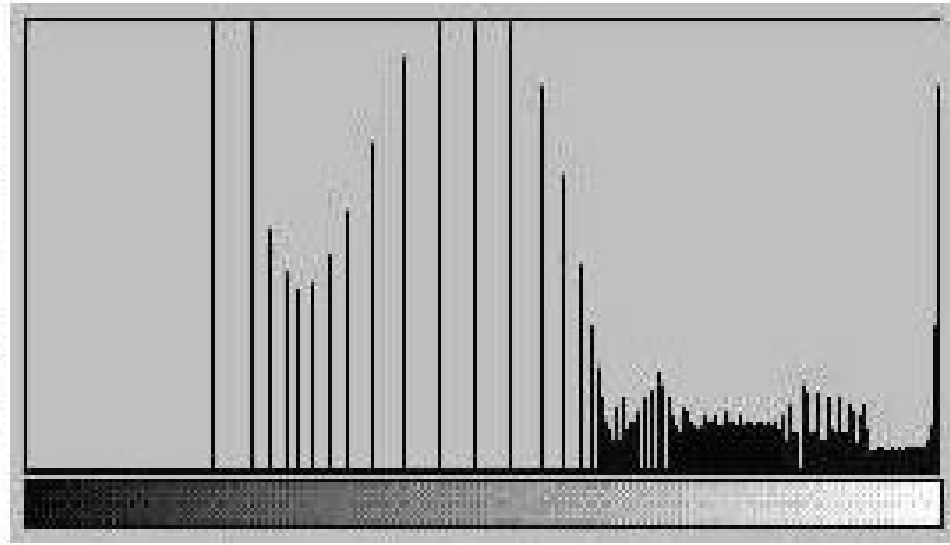
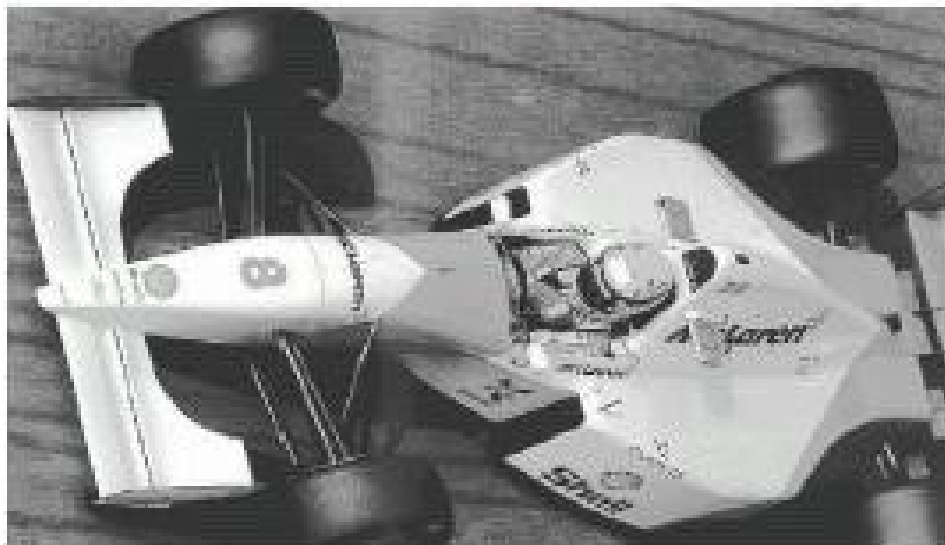
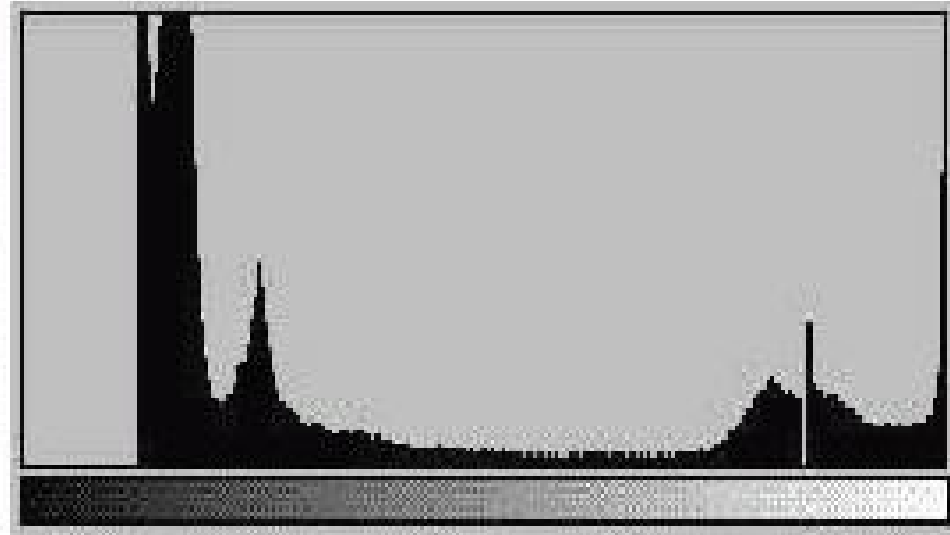
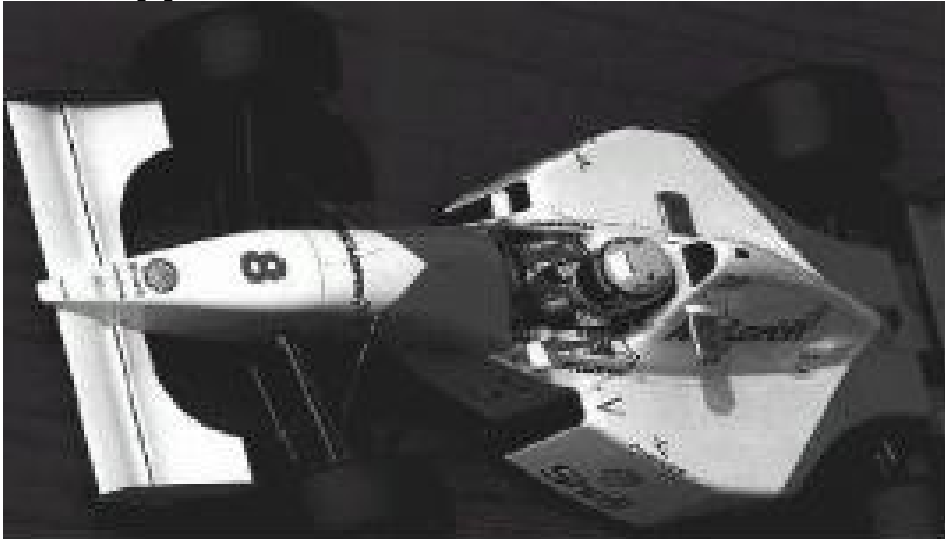
$$p(r_3) = 5/25 = 0.20$$

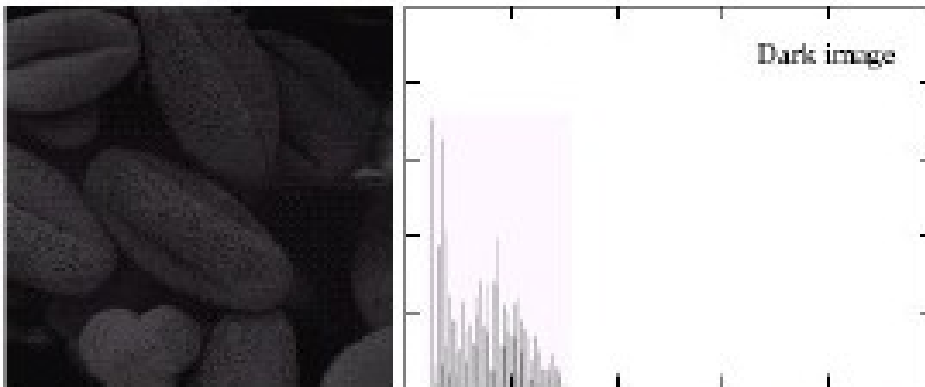
Histograma de Imagens

- Fornecem estatísticas úteis:
 - Contraste de imagens podem ser avaliados observando-se o seu histograma
- São fáceis de serem processados computacionalmente
- Podemos aumentar o contraste geral da Imagem espalhando a distribuição de níveis de cinza
 - Equalização de histograma
 - Não aumenta a quantidade de informação contida na imagem, mas torna mais fácil a sua percepção

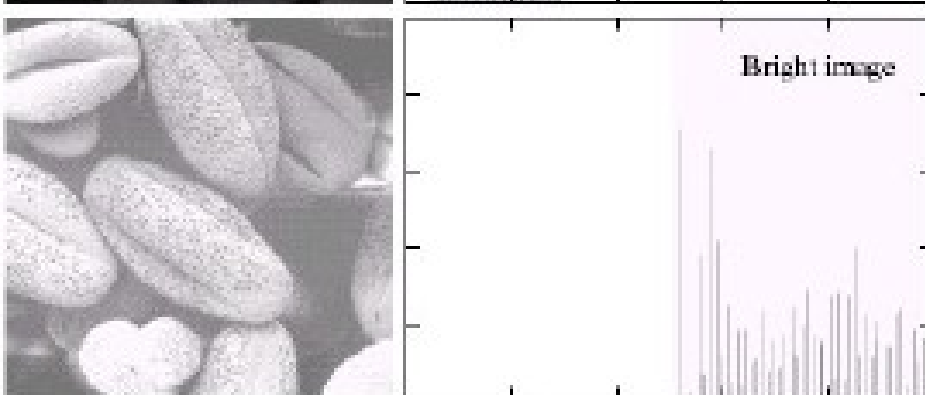
Histograma de Imagens

- Uma imagem com bom contraste possui um histograma razoavelmente espalhados

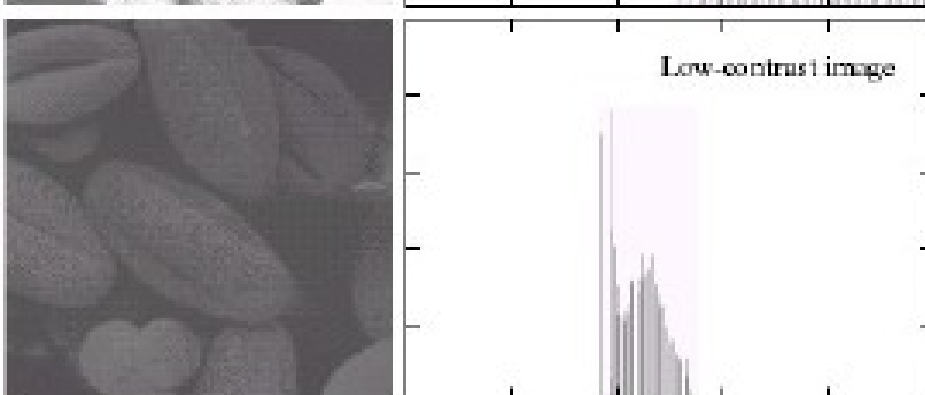




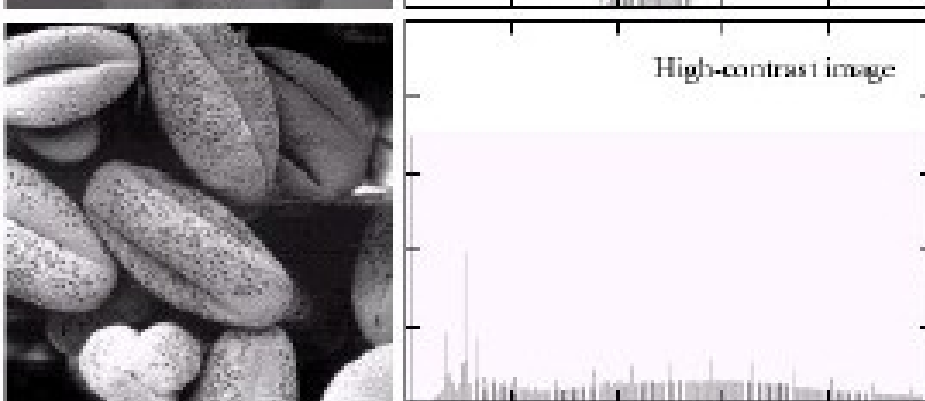
Valores muito baixos – Imagem escura.



Valores muito altos – Imagem clara.



Valores muito próximos – Imagem com baixo contraste.



Valores espalhados – Imagem com alto contraste

a b

FIGURE 3.15 Four basic image types: dark, light, low contrast, high contrast, and their corresponding histograms. (Original image courtesy of Dr. Roger Heady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)

Equalização de Histograma

- Dada uma imagem de $n \times m$ “pixels” e g níveis de cinza, o número ideal de pixels em cada nível de cinza é:

$$I = (n \times m) / g$$

- Podemos equalizar um histograma pela fórmula:

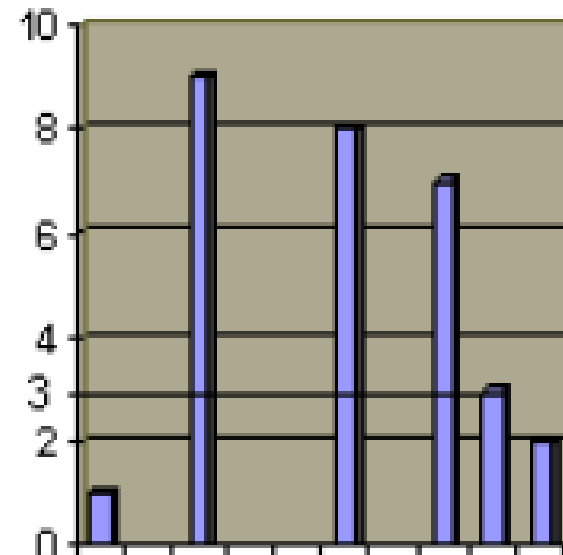
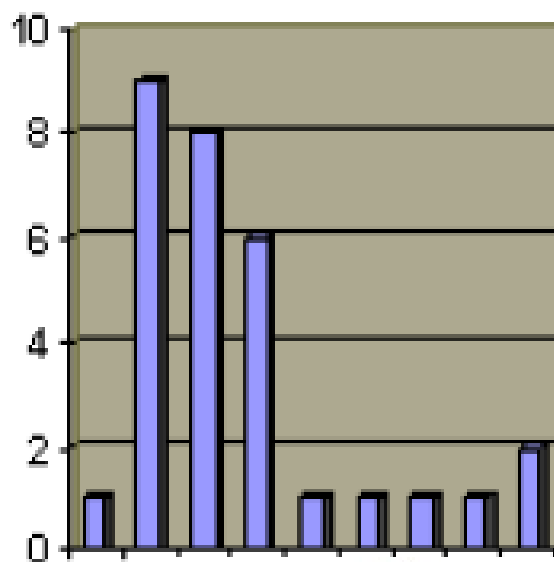
- g : níveis de cinza da imagem original
- q : níveis de cinza da imagem equalizada

$$q = \max \left(0, \text{ARRED.} \left(\frac{\sum_{j=0}^k n_j}{I} \right) - 1 \right) \quad 0 \leq k \leq g$$

Equalização de Histograma

- Supondo uma imagem de $n \times m = 30$ pixels, com 10 níveis de cinza, ou seja, $I = 30/10 = 3$

g	n	Σn	q
0	1	1	0
1	9	10	2
2	8	18	5
3	6	24	7
4	1	25	7
5	1	26	8
6	1	27	8
7	1	28	8
8	2	30	9
9	0	30	9



$$q = \max \left\{ 0, \text{ARRED.} \left(\frac{\sum_{j=0}^k n_j}{I} \right) - 1 \right\} \quad 0 \leq k \leq g$$

Equalização de Histograma

- Exercício:
 - Níveis de Cinza (g) = 8
 - Qtde “Pixels” = 56
 - $I = (n \times m) / g$

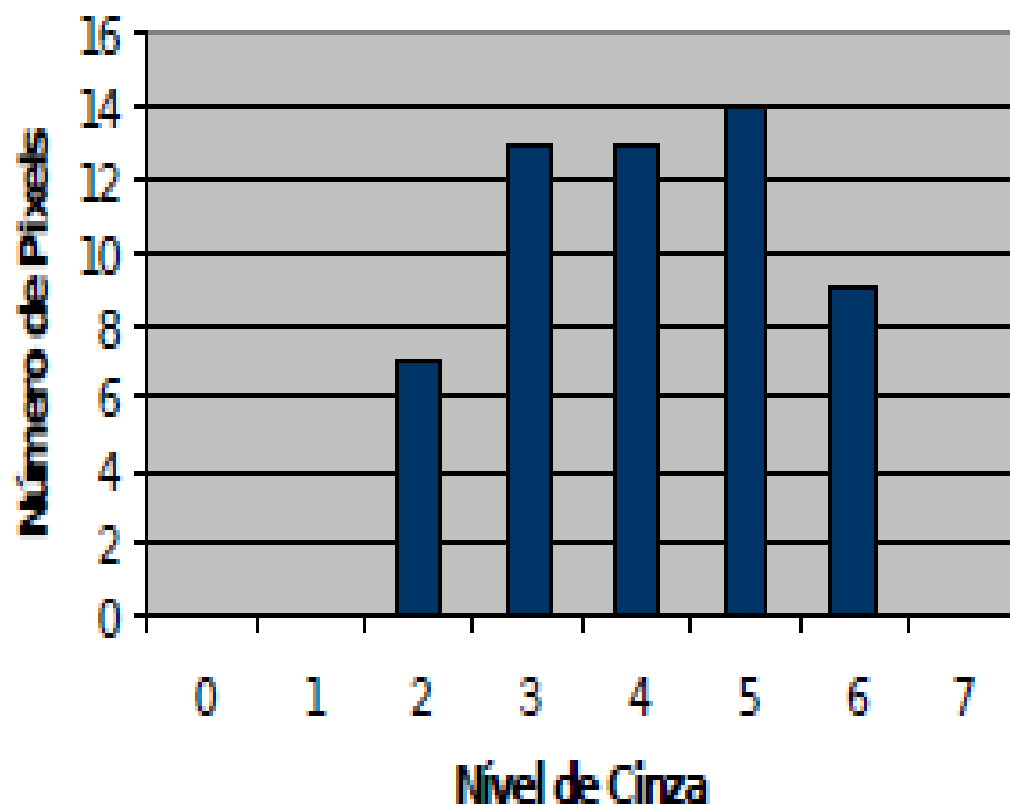
$$q = \max \left\{ 0, \text{ARRED.} \left(\frac{\sum_{j=0}^k n_j}{I} \right) - 1 \right\} \quad 0 \leq k \leq g$$

5	4	3	3	5	6	4
6	5	4	2	5	5	3
3	6	3	4	5	2	5
5	5	6	6	6	3	2
4	4	3	6	2	5	2
5	4	5	5	3	3	5
3	2	2	4	6	3	6
5	3	5	5	2	4	5

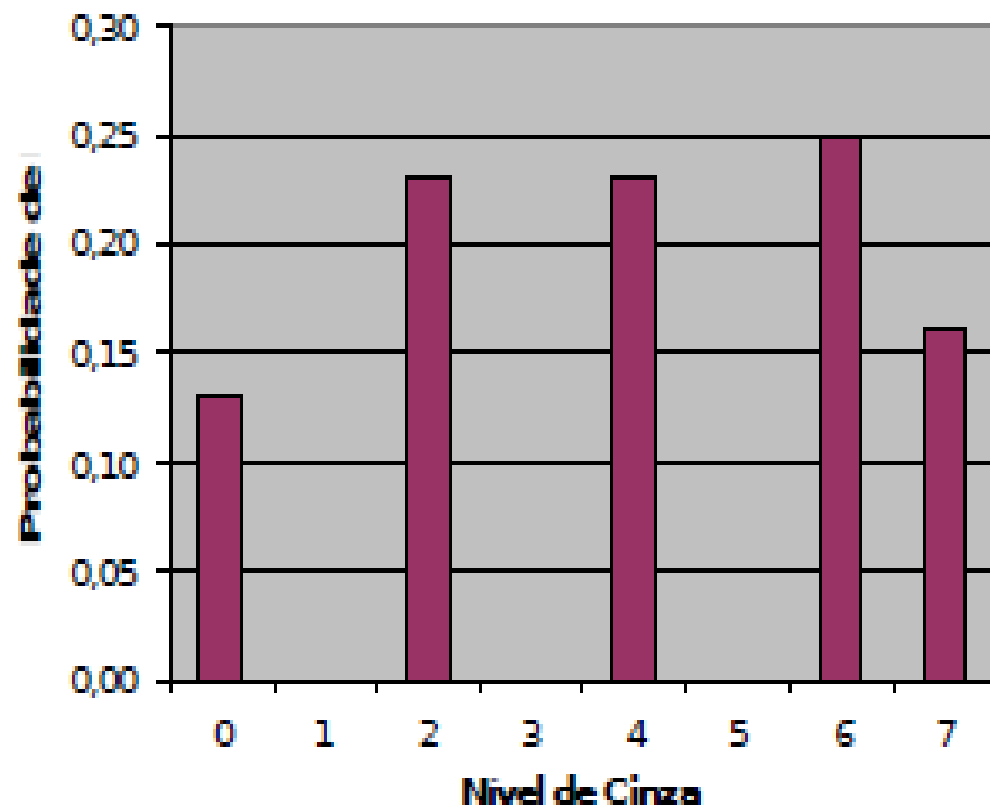
Equalização de Histograma

- Exercício:

Histograma Original



Histograma Equalizado



Equalização de Histograma

- As informações espaciais não são representadas
- A movimentação de objetos em uma imagem não tem qualquer efeito sobre o seu histograma
- Imagens coloridas: basicamente, o processo de equalização é aplicado a cada canal
 - No modelo RGB, equalizar o histograma dos diferentes canais pode produzir uma imagem com cores bastante diferentes

Atividade 6

- Implementar um programa de melhora de contraste por equalização de histograma
- O programa tem que exibir ambas imagens: original e equalizada
- Exibir também ambos histogramas, original e equalizado
- Funcionar para imagem monocromáticas e coloridas