

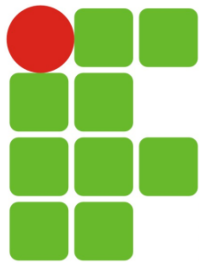
INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO  
Campus Birigui

# Processamento Digital de Imagens

## Transformações de Intensidade



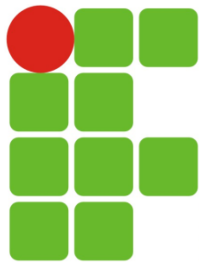
Professor Dr. Murilo Vargas da Silva  
[murilo.vargues@ifsp.edu.br](mailto:murilo.vargues@ifsp.edu.br)



# Bibliografia

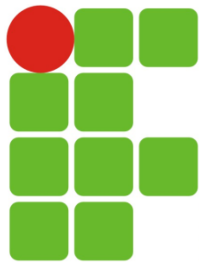


- **Capítulo 3**
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento digital de imagens.** 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- Disponível da biblioteca digital Pearson
- Acesso via SUA com link na página inicial



# Aula passada

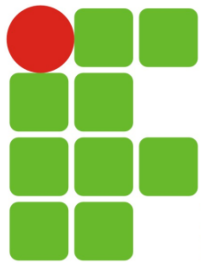
- Relacionamentos básicos entre pixels
- Operações espaciais
- Transformações geométricas
  - Escala
  - Rotação
  - Translação
  - Cisalhamento



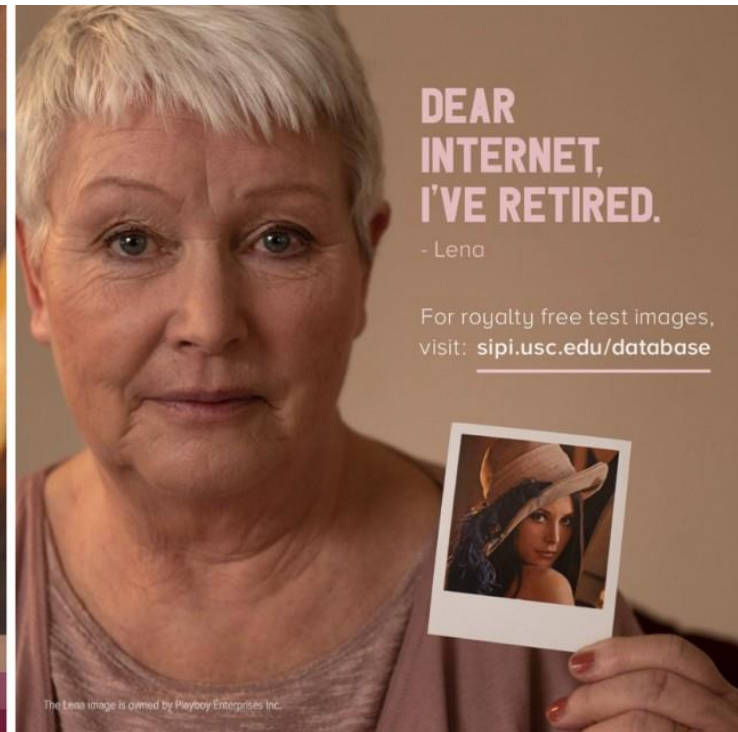
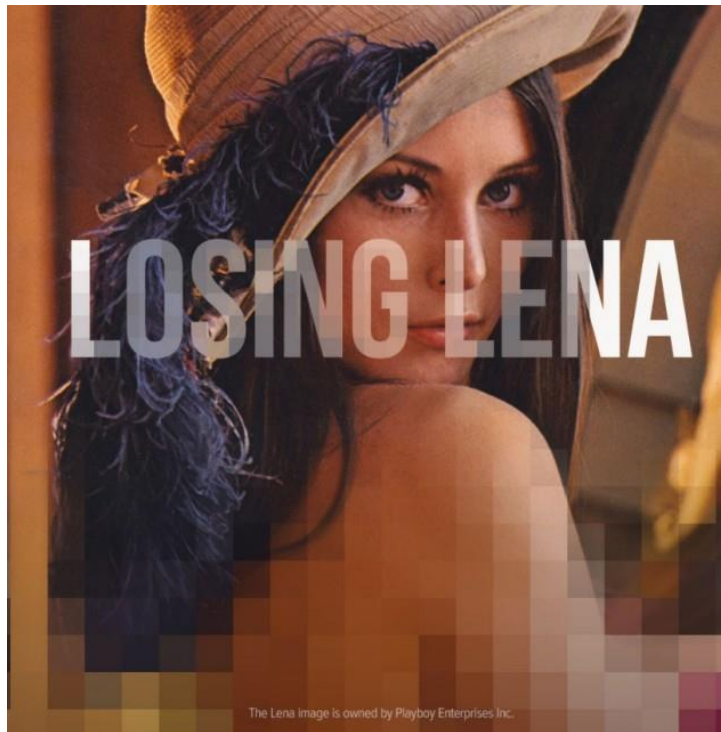
# Aula de hoje!

---

- **Transformações de intensidade**
  - Fundamentos
  - Histograma
    - Equalização



# Curiosidade Lena

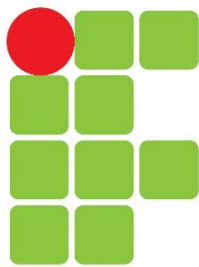


<https://pursuit.unimelb.edu.au/articles/it-s-time-to-retire-lena-from-computer-science>

<http://ndevilla.free.fr/lena/>

<https://www.thedrum.com/news/2019/11/19/gender-equality-ad-calls-time-playboy-model-lena-image-led-jpeg-invention>

<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/02/lena-image-processing-playboy/461970/>

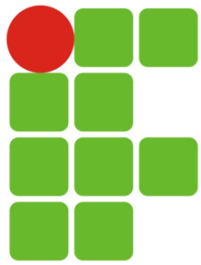


INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO  
Campus Birigui

# Fundamentos

## Processamento Digital de Imagens



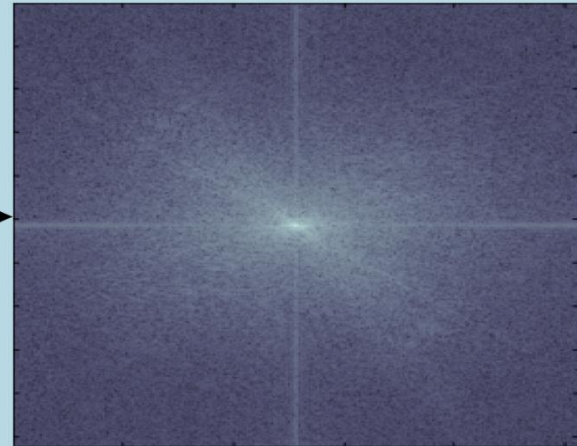


# Domínios imagem

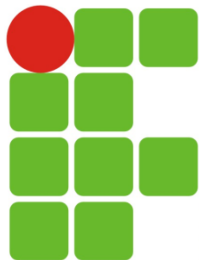


Spatial Domain

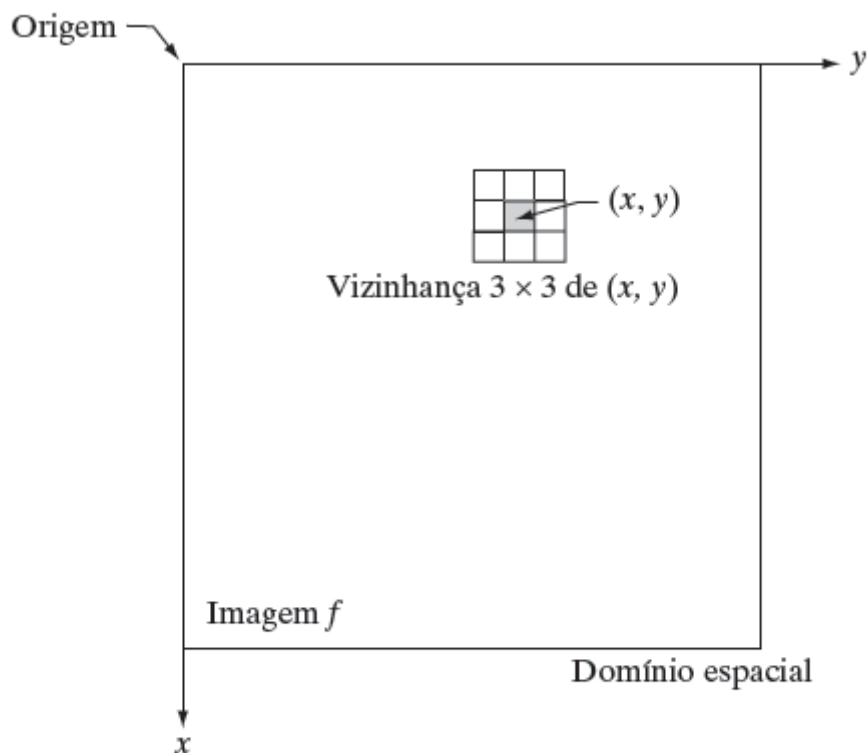
Fourier Transform



Frequency Domain



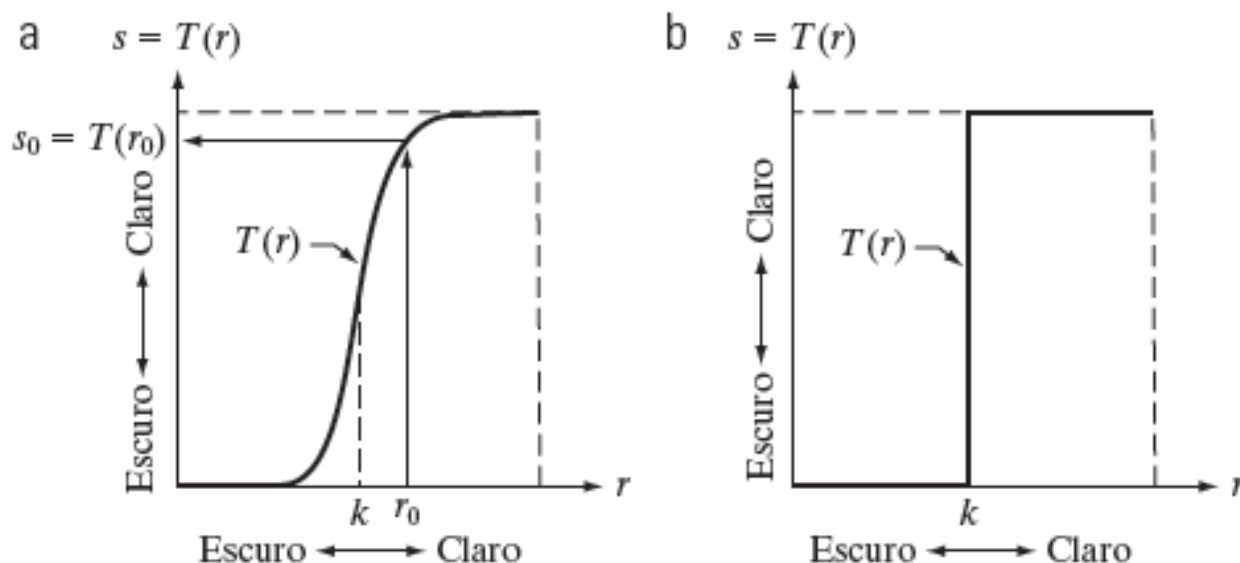
# Vizinhos de um pixel



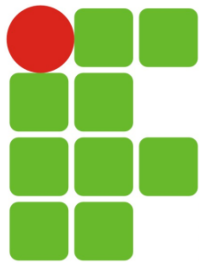
**Figura 3.1** Uma vizinhança  $3 \times 3$  ao redor de um ponto  $(x, y)$  em uma imagem no domínio espacial. A vizinhança é movida pixel a pixel na imagem para gerar uma imagem de saída.



# Funções de transformação de intensidade



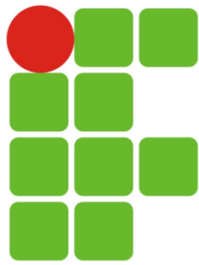
**Figura 3.2** Funções de transformação de intensidade. (a) Função de alargamento de contraste. (b) Função de limiarização.



# Realce de imagem

---

- Realce é o processo de manipular a imagem de forma que o resultado seja mais adequado do que o original para uma tarefa específica.



# Transformações de Intensidade

As Transformações de Intensidade podem ser:

**1) Lineares :**

$$g = c.f + b$$

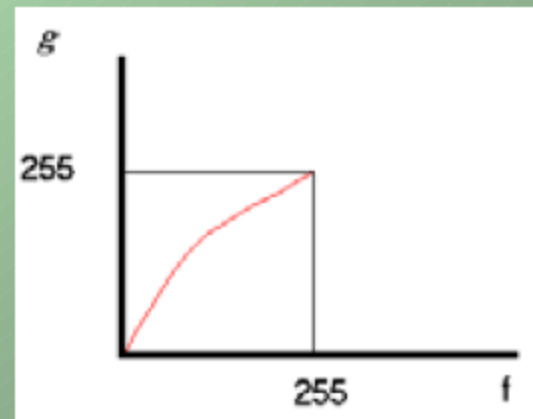
onde : c (Contraste),  
b (Brilho)

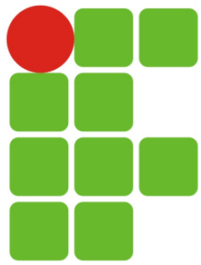
Exemplo:  $g = 2f + 32$



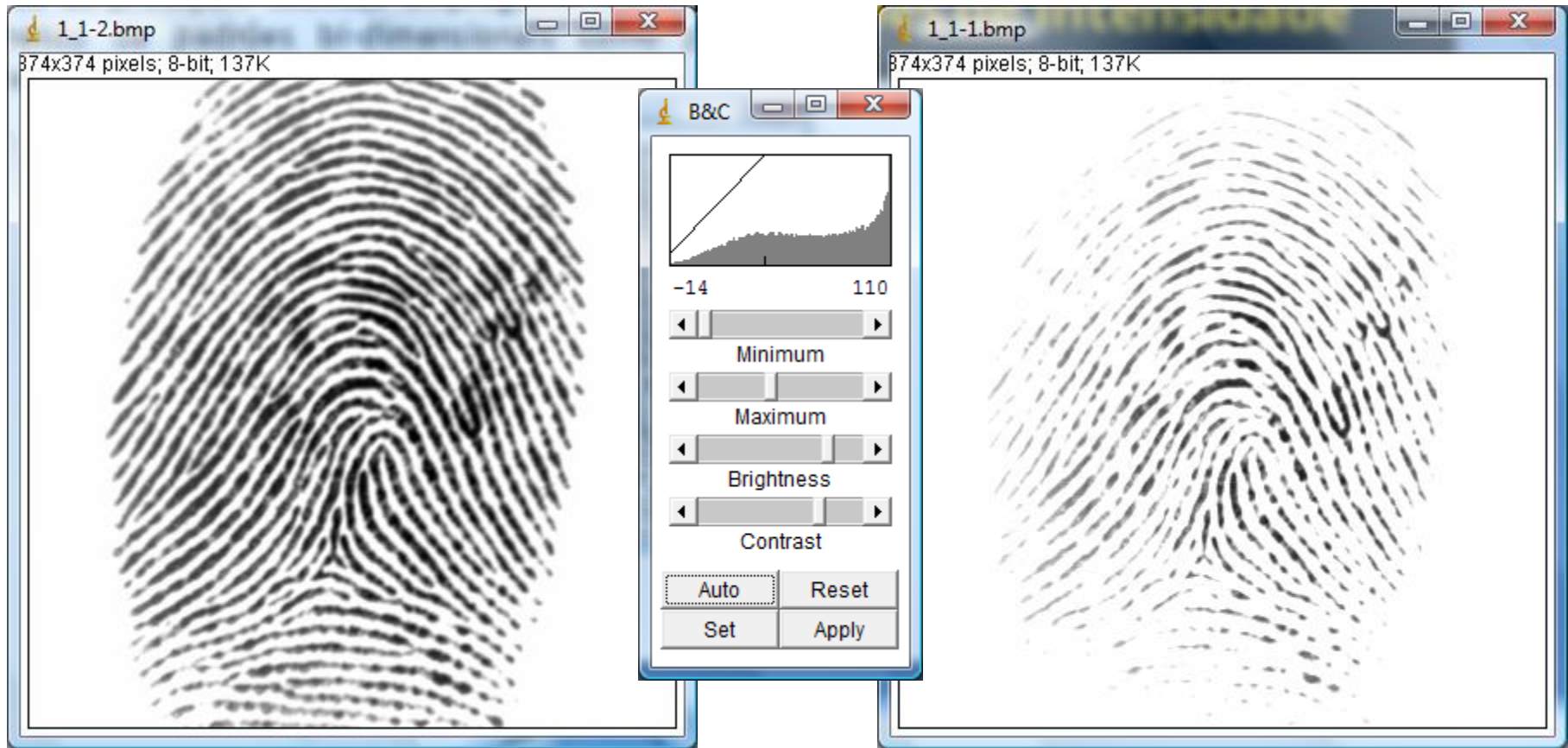
**2) Não Lineares:**

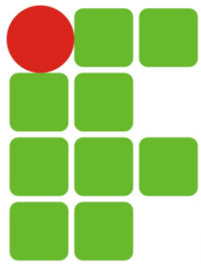
Exemplo:  $g = 31,875 \cdot \log_2(f+1)$



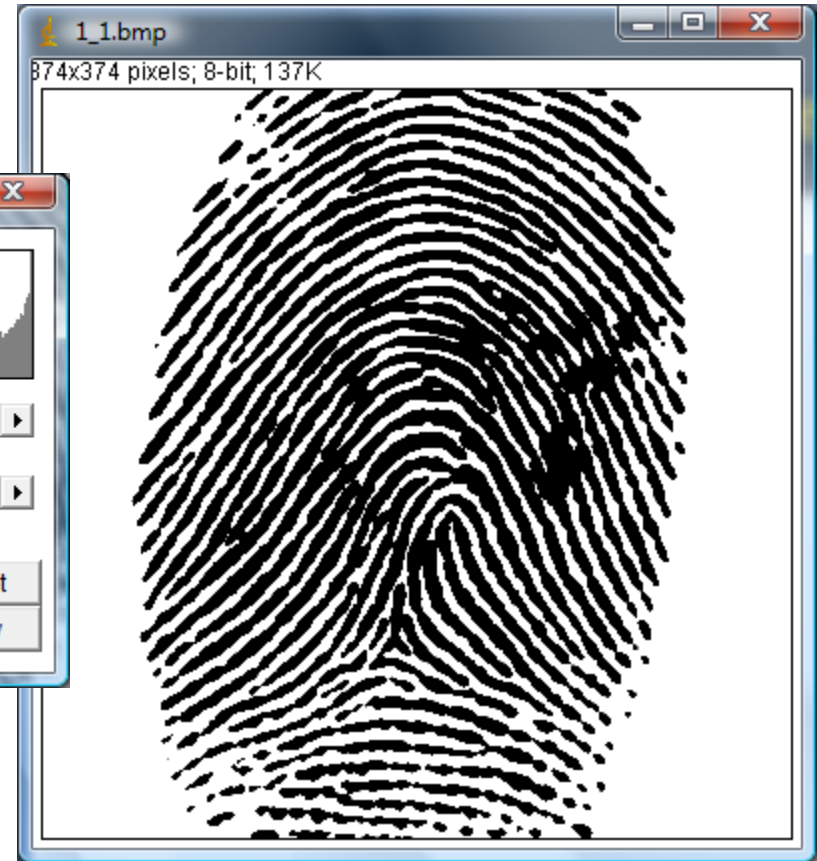
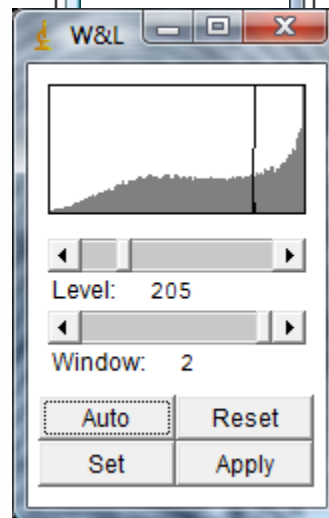
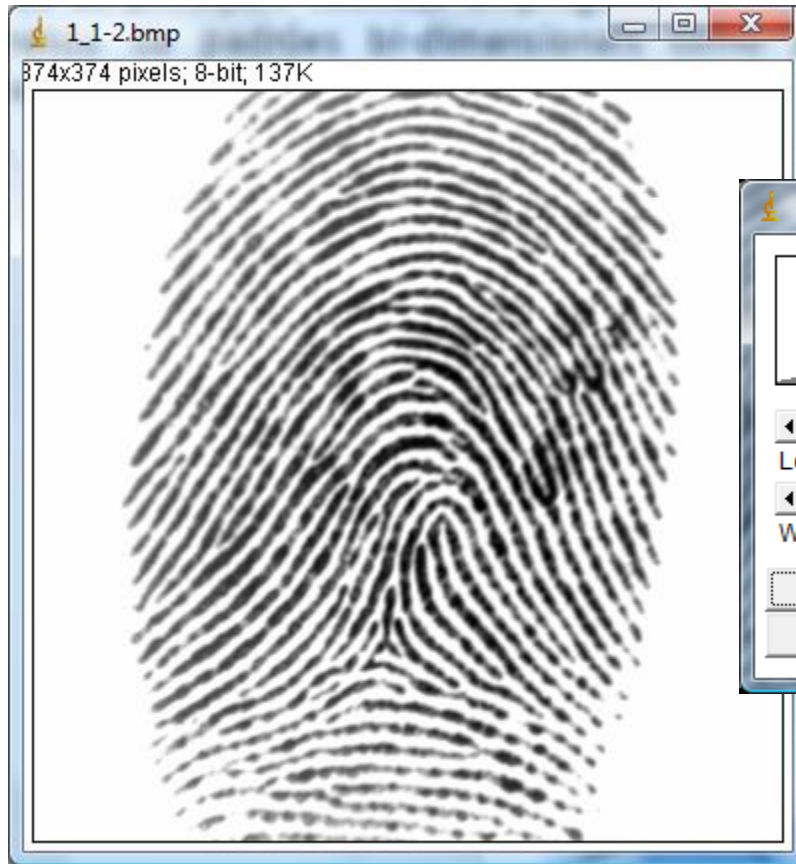


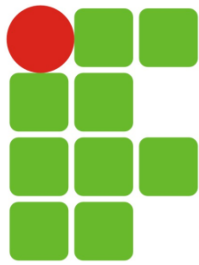
# Transformações de Intensidade



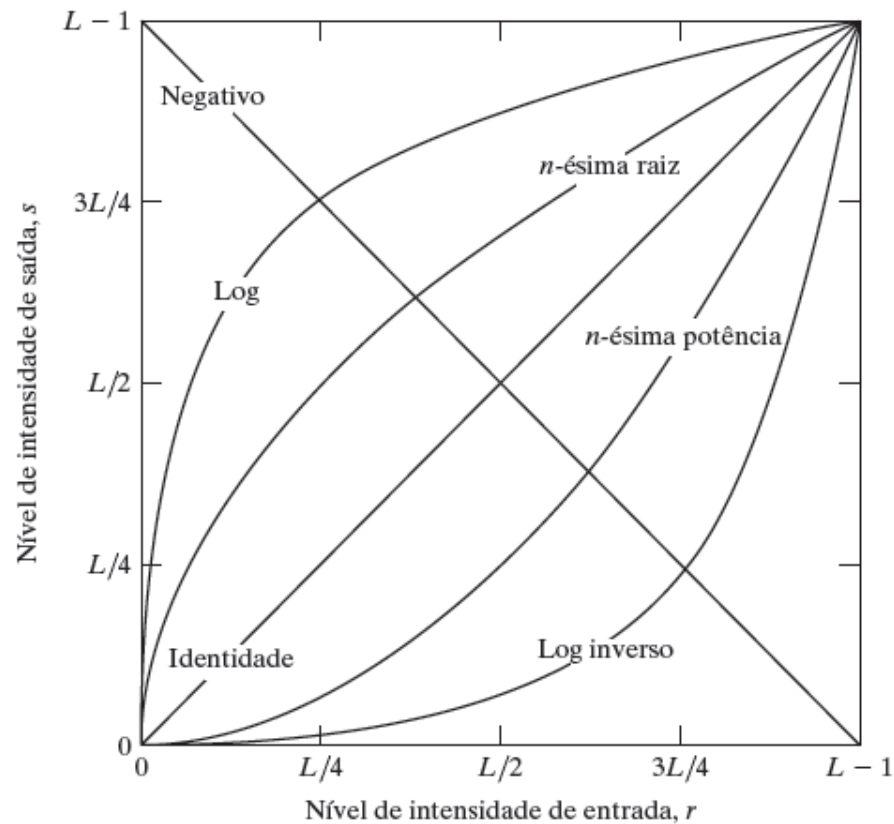


# Transformações de Intensidade

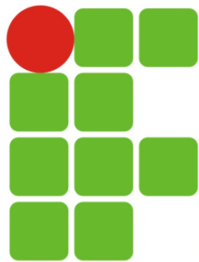




# Funções de transformação de intensidade

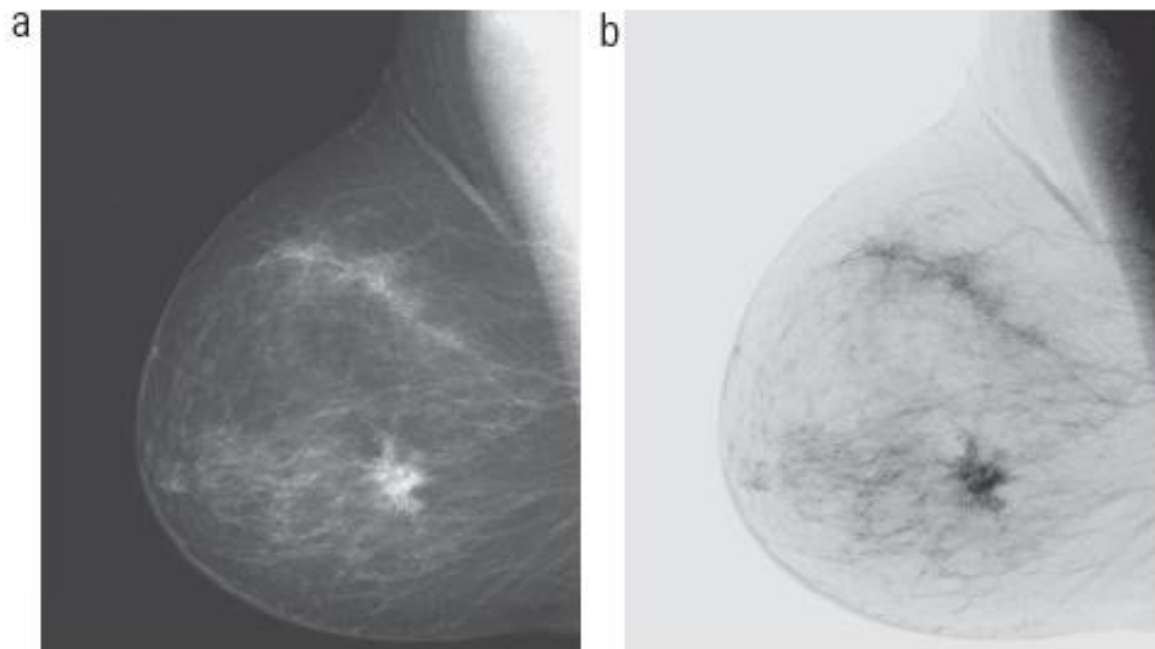


**Figura 3.3** Algumas funções básicas de transformação de intensidade. Todas as curvas foram ajustadas para o intervalo mostrado.



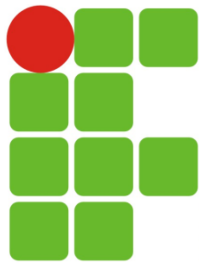
# Negativo Imagem

## Funções de transformação de intensidade



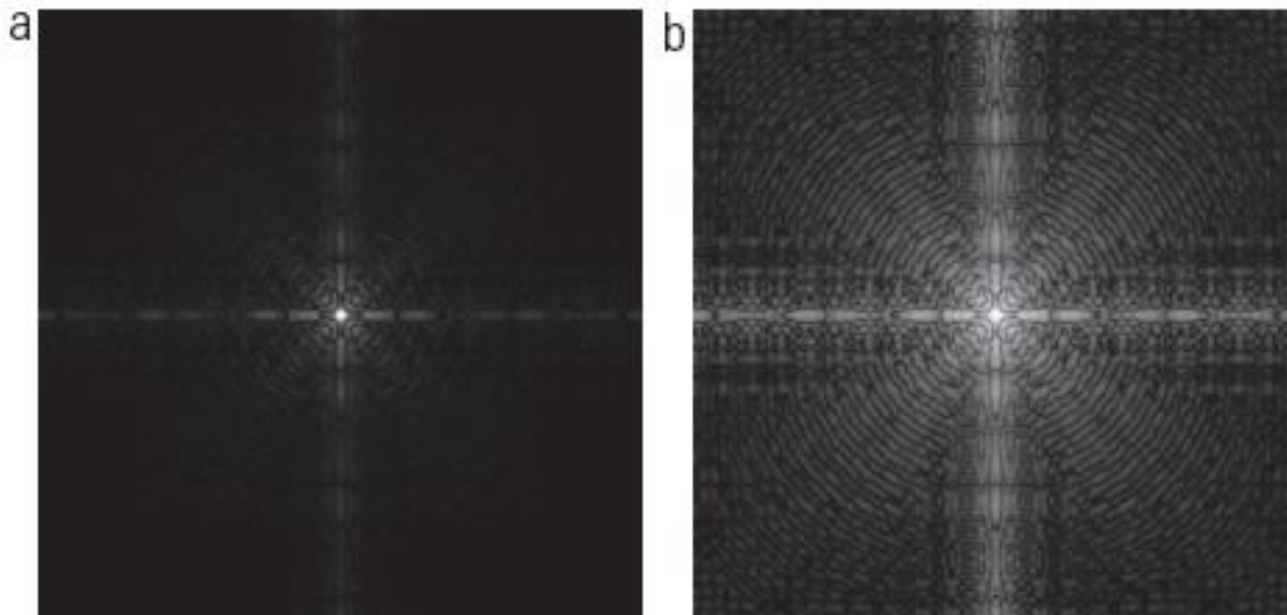
**Figura 3.4** (a) Mamografia digital original. (b) Negativo da imagem obtido utilizando a função de transformação da Equação 3.2-1. (Cortesia da G.E. Medical Systems.)



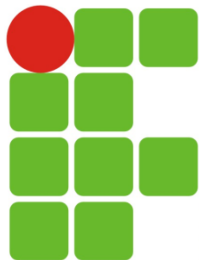


# Espectro Fourier e Transformação Logarítmica

## Funções de transformação de intensidade

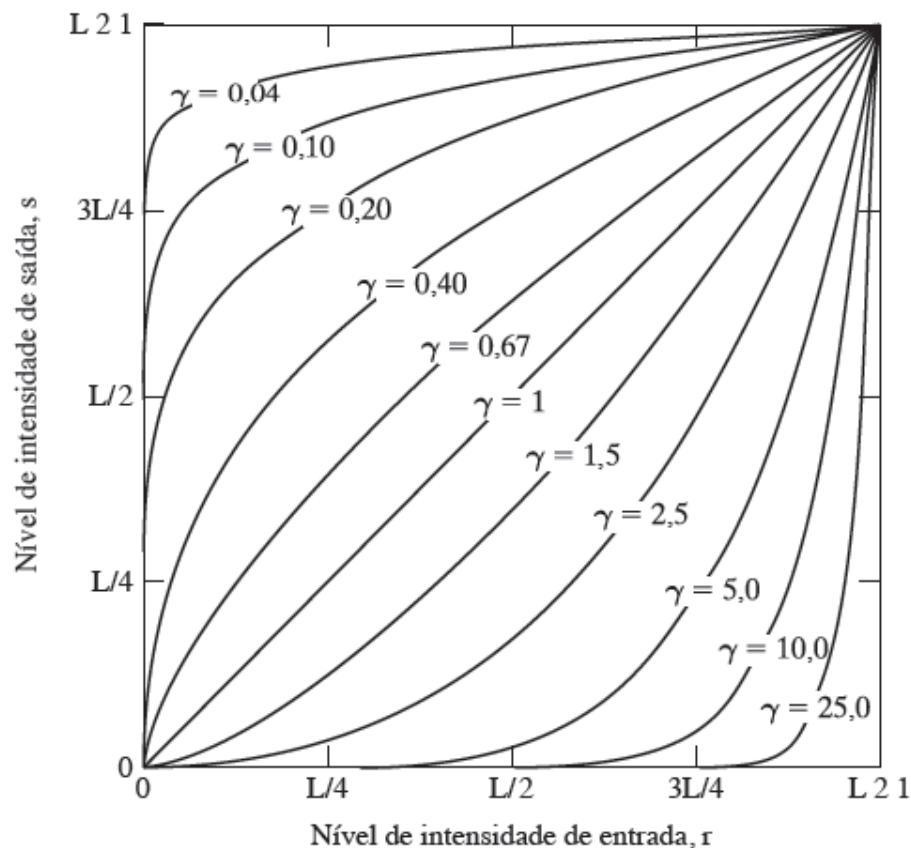


**Figura 3.5** (a) Espectro de Fourier. (b) Resultado da aplicação da transformação logarítmica da Equação 3.2-2 com  $c = 1$ .

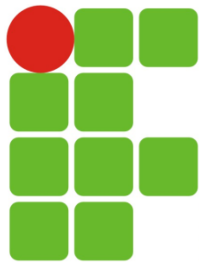


# Transformações de potência (Gama)

## Funções de transformação de intensidade

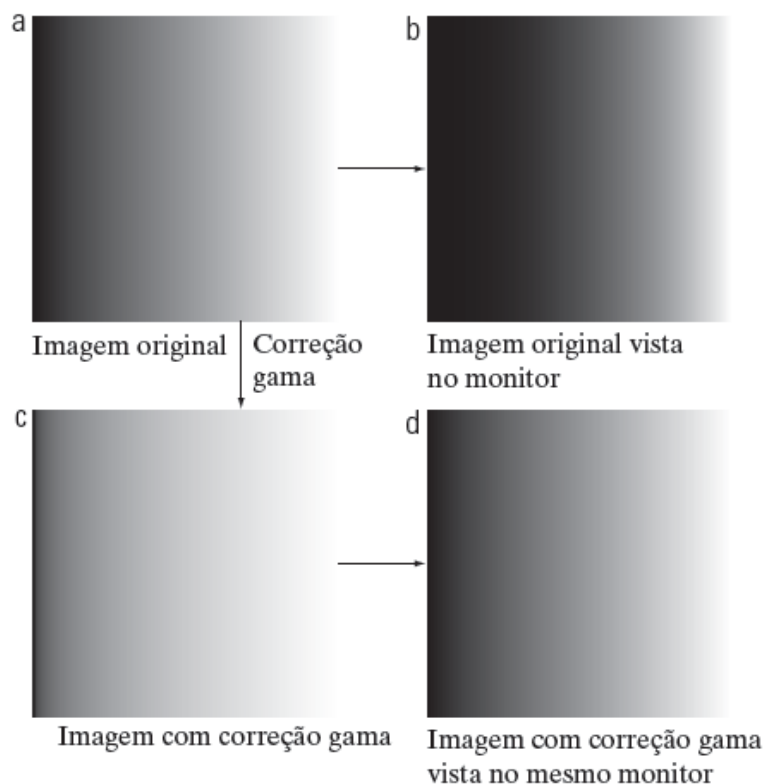


**Figura 3.6** Plotagens da equação  $s = cr^\gamma$  para vários valores de  $\gamma$  ( $c = 1$  em todos os casos). Todas as curvas foram ajustadas para se adequar à faixa mostrada.

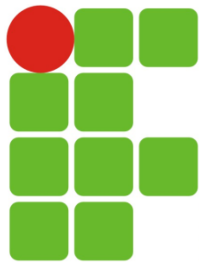


# Transformações de potência (Gama)

## Funções de transformação de intensidade

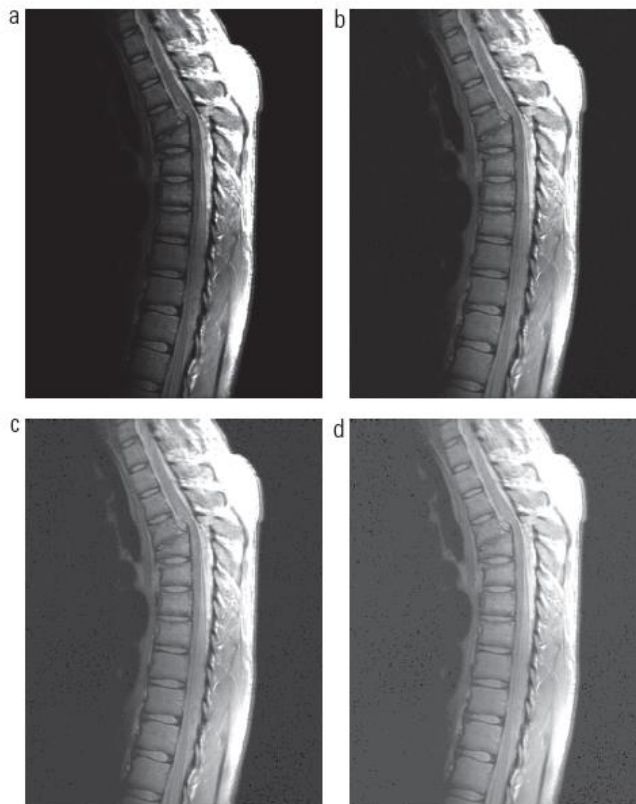


**Figura 3.7** (a) Imagem com variação gradativa de intensidade (gradiente). (b) Imagem vista em um monitor simulado com gama igual a 2,5. (c) Imagem com correção gama. (d) Imagem corrigida vista no mesmo monitor. Compare (d) e (a).

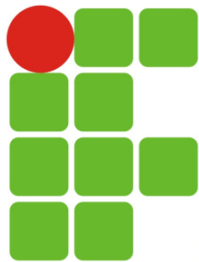


# Transformações de potência (Gama)

## Funções de transformação de intensidade

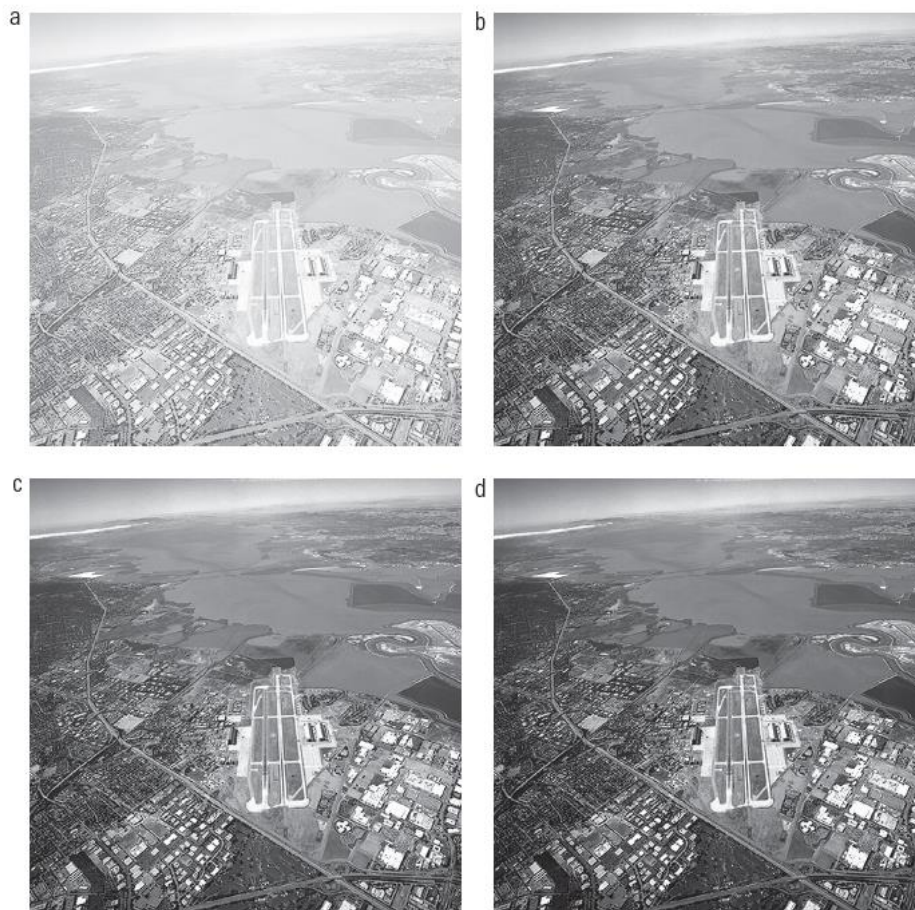


**Figura 3.8** (a) Imagem de ressonância magnética (MRI) de uma coluna vertebral humana fraturada. (b) a (d) Resultados da aplicação da transformação na Equação 3.2-3 com  $c = 1$  e  $\gamma = 0,6, 0,4$  e  $0,3$ , respectivamente. (Imagem original: cortesia do Dr. David R. Pickens, Departamento de Radiologia e Ciências Radiológicas, Centro Médico da Universidade de Vanderbilt.)



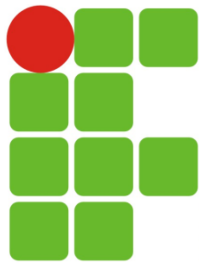
# Transformações de potência (Gama)

## Funções de transformação de intensidade



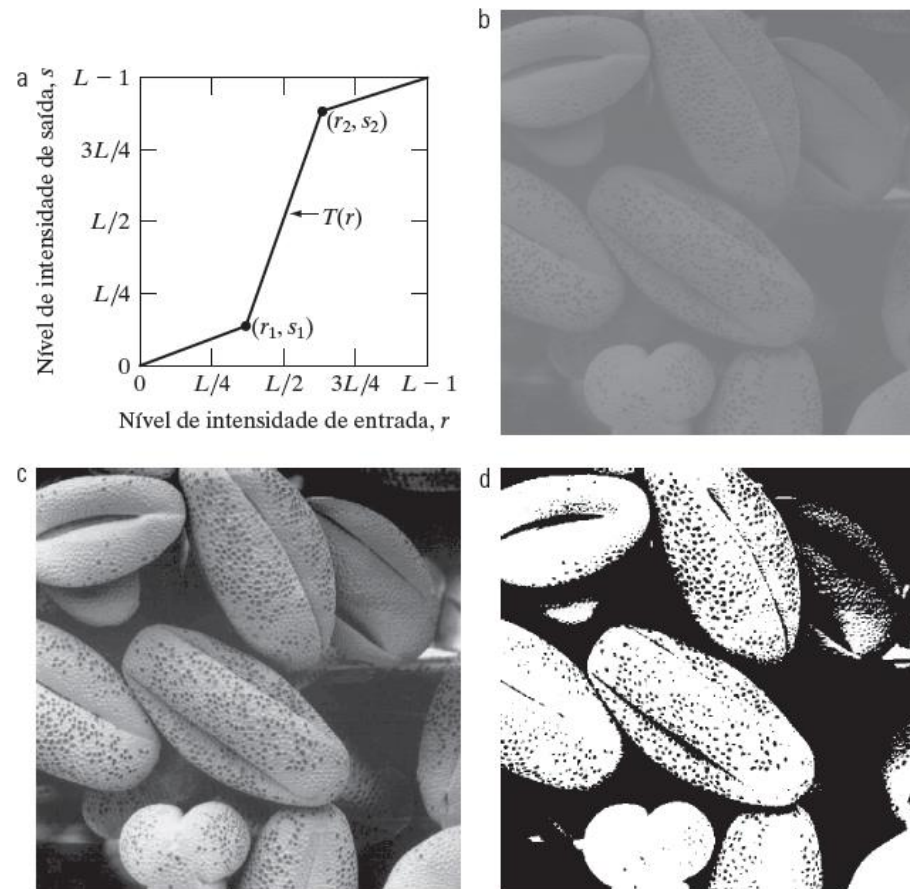
**Figura 3.9** (a) Imagem aérea. (b) a (d) Resultados da aplicação da transformação na Equação 3.2-3 com  $c = 1$  e  $\gamma = 3,0, 4,0$  e  $5,0$ , respectivamente. (Imagem original: cortesia da Nasa.)



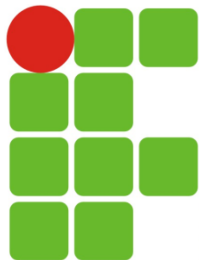


# Alargamento de Contraste

## Funções de transformação de intensidade

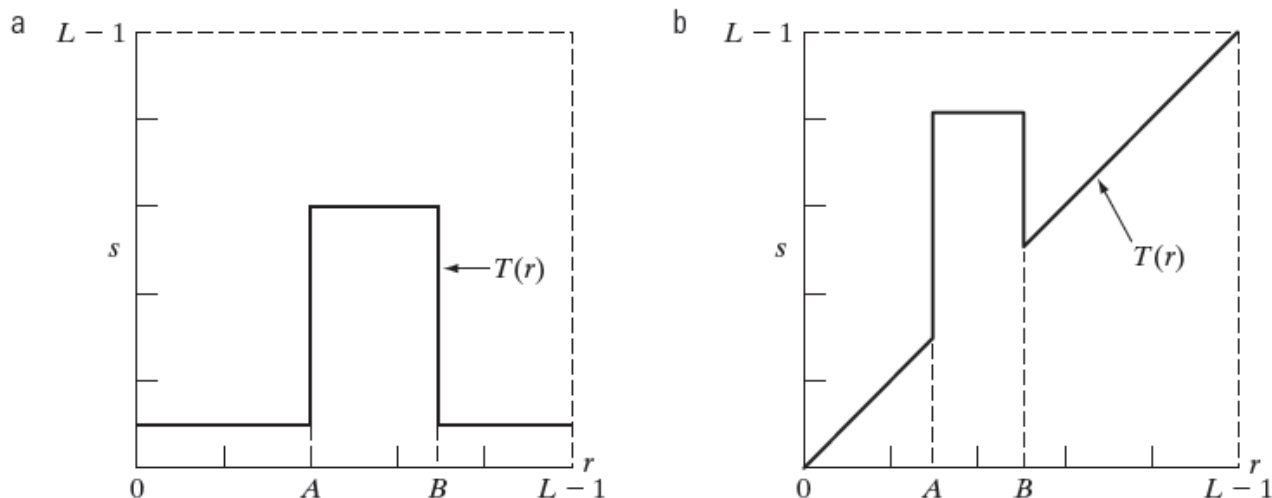


**Figura 3.10** Alargamento de contraste. (a) Forma da função de transformação. (b) Uma imagem de baixo contraste. (c) Resultado do alargamento de contraste. (d) Resultado da limiarização. (Imagem original: cortesia do Dr. Roger Heady, Faculdade de Pesquisas em Ciências Biológicas, Universidade Nacional Australiana, Camberra, Austrália.)



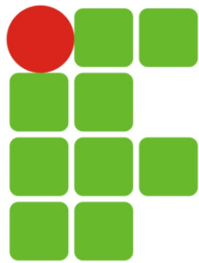
# Fatiamento de níveis de intensidade

## Funções de transformação de intensidade



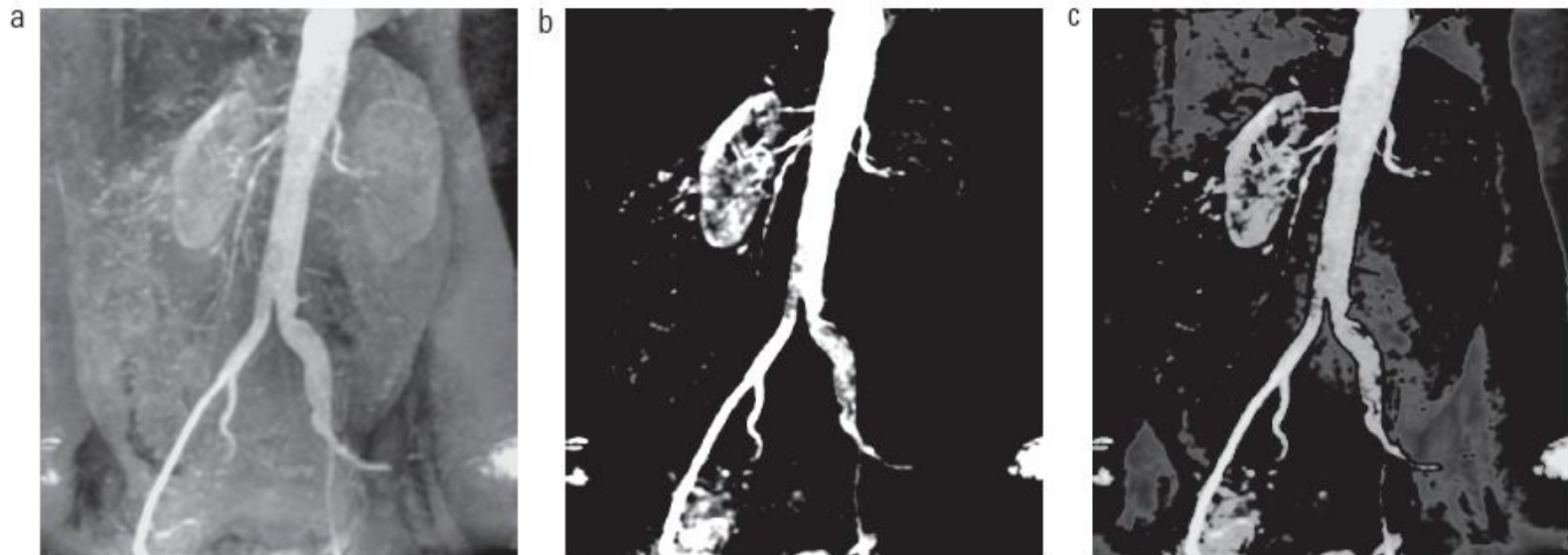
**Figura 3.11** (a) Essa transformação enfatiza a faixa de intensidades  $[A, B]$  e reduz todas as outras intensidades a um nível mais baixo. (b) Essa transformação enfatiza a faixa  $[A, B]$  e preserva todos os outros níveis de intensidade.



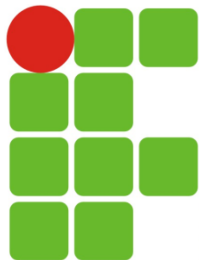


# Fatiamento de níveis de intensidade

## Funções de transformação de intensidade

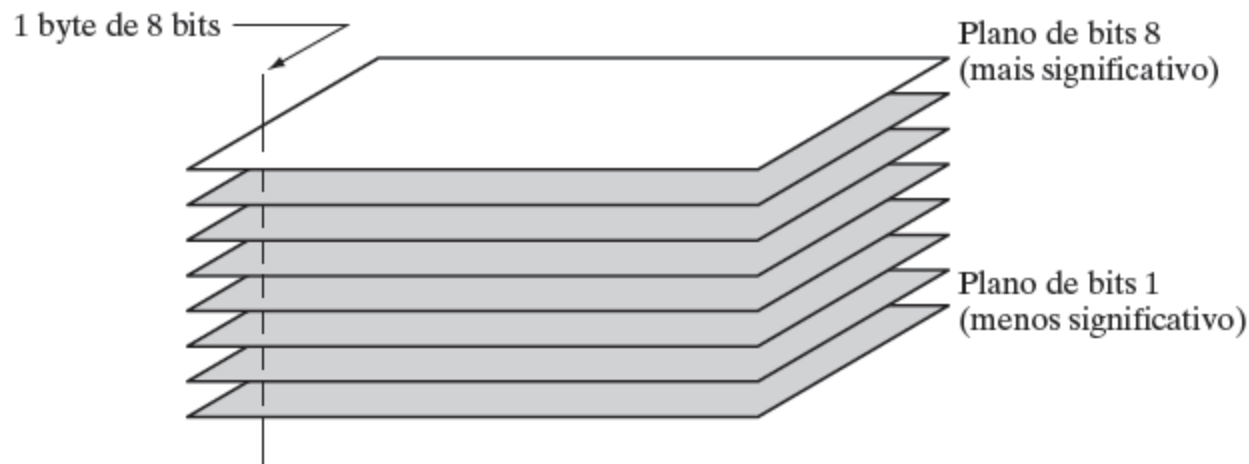


**Figura 3.12** (a) Angiograma da aorta. (b) Resultado da utilização da transformação de fatiamento do tipo ilustrado na Figura 3.11(a) com a faixa de intensidades de interesse selecionada no extremo superior da escala de cinza. (c) Resultado da utilização da transformação na Figura 3.11(b) com a área selecionada ajustada para o preto, de forma que os níveis de cinza na área dos vasos sanguíneos e rins foram preservados. (Imagem original: cortesia do Dr. Thomas R. Gest, Faculdade de Medicina da Universidade de Michigan.)

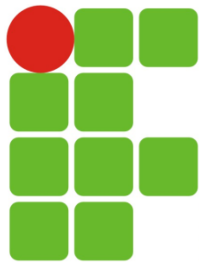


# Fatiamento por plano de bits

## Funções de transformação de intensidade

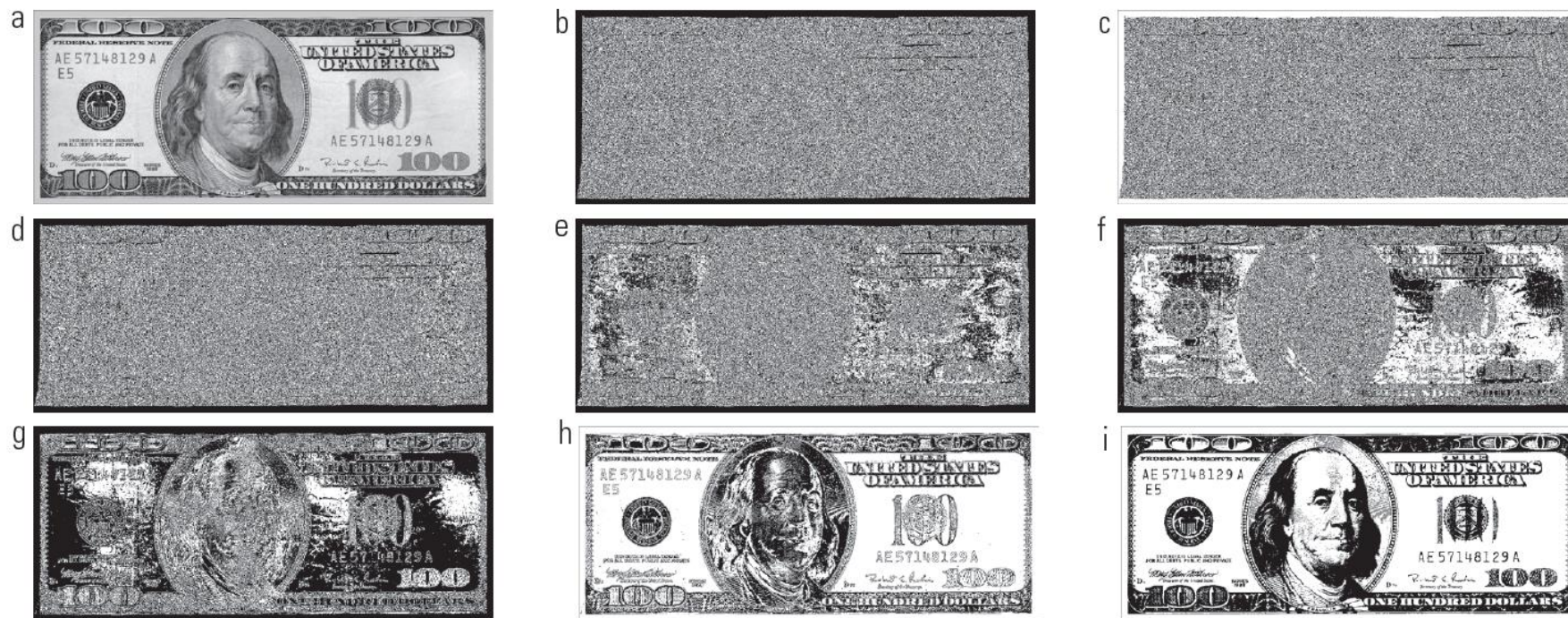


**Figura 3.13** Representação em planos de bits de uma imagem de 8 bits.

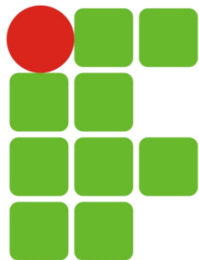


# Fatiamento por plano de bits

## Funções de transformação de intensidade



**Figura 3.14** (a) Uma imagem em escala de cinza de 8 bits com dimensões  $500 \times 1.192$  pixels. (b) a (i) Planos de bits 1 a 8, com o plano de bits 1 correspondendo ao bit menos significativo. Cada plano de bits é uma imagem binária.



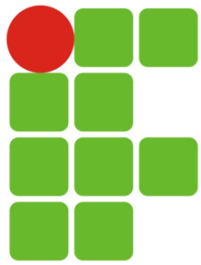
# Fatiamento por plano de bits

## Funções de transformação de intensidade

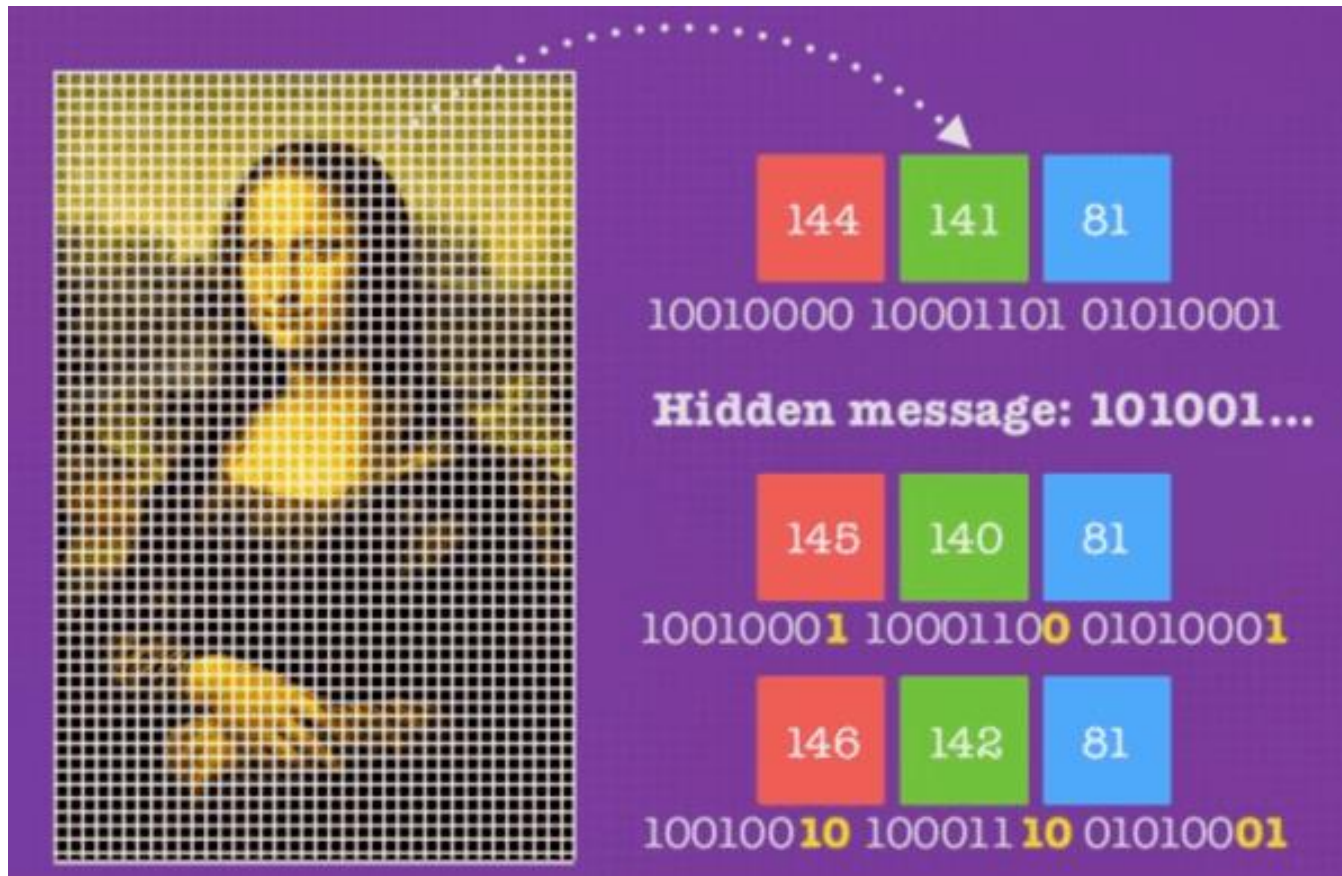


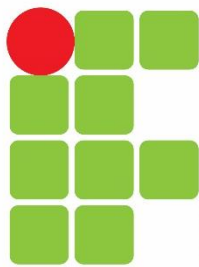
**Figura 3.15** Imagens reconstruídas utilizando (a) planos de bits 8 e 7; (b) planos de bits 8, 7 e 6; e (c) planos de bits 8, 7, 6 e 5. Compare (c) com a Figura 3.14(a).





# Curiosidade Esteganografia

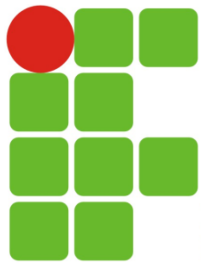




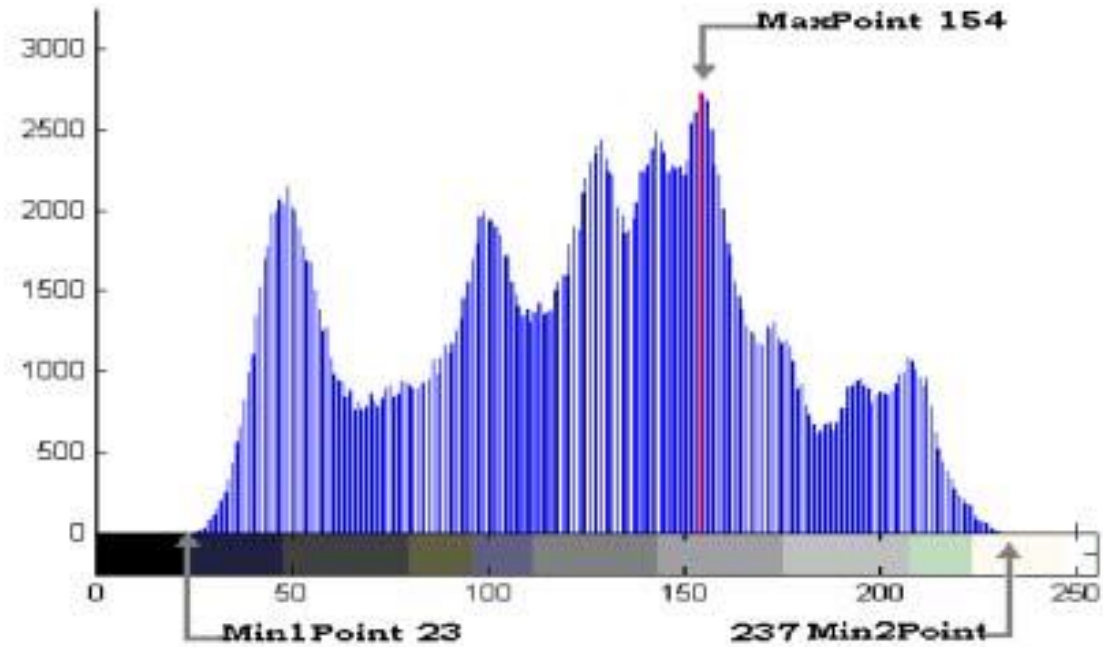
INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO  
Campus Birigui

# Processamento de Histograma

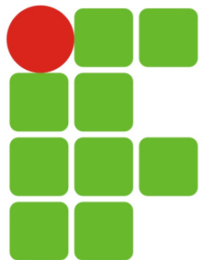
Processamento Digital de  
Imagens



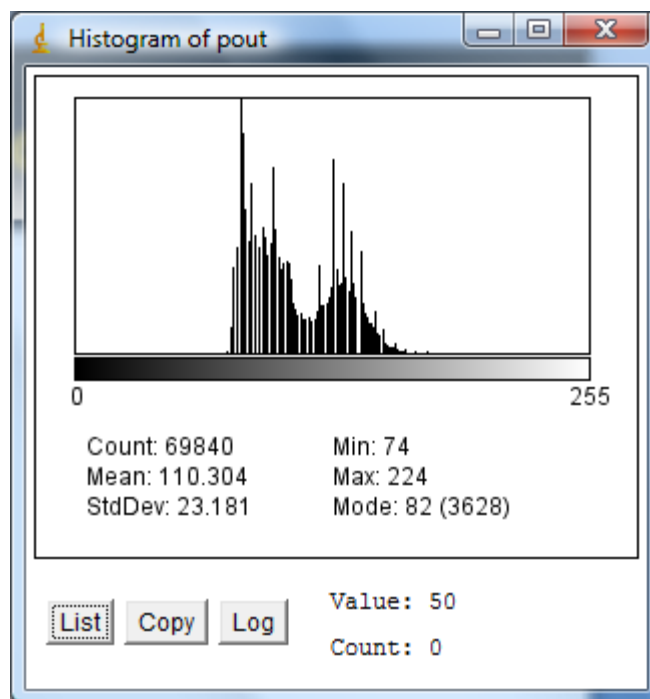
# Histograma Imagem

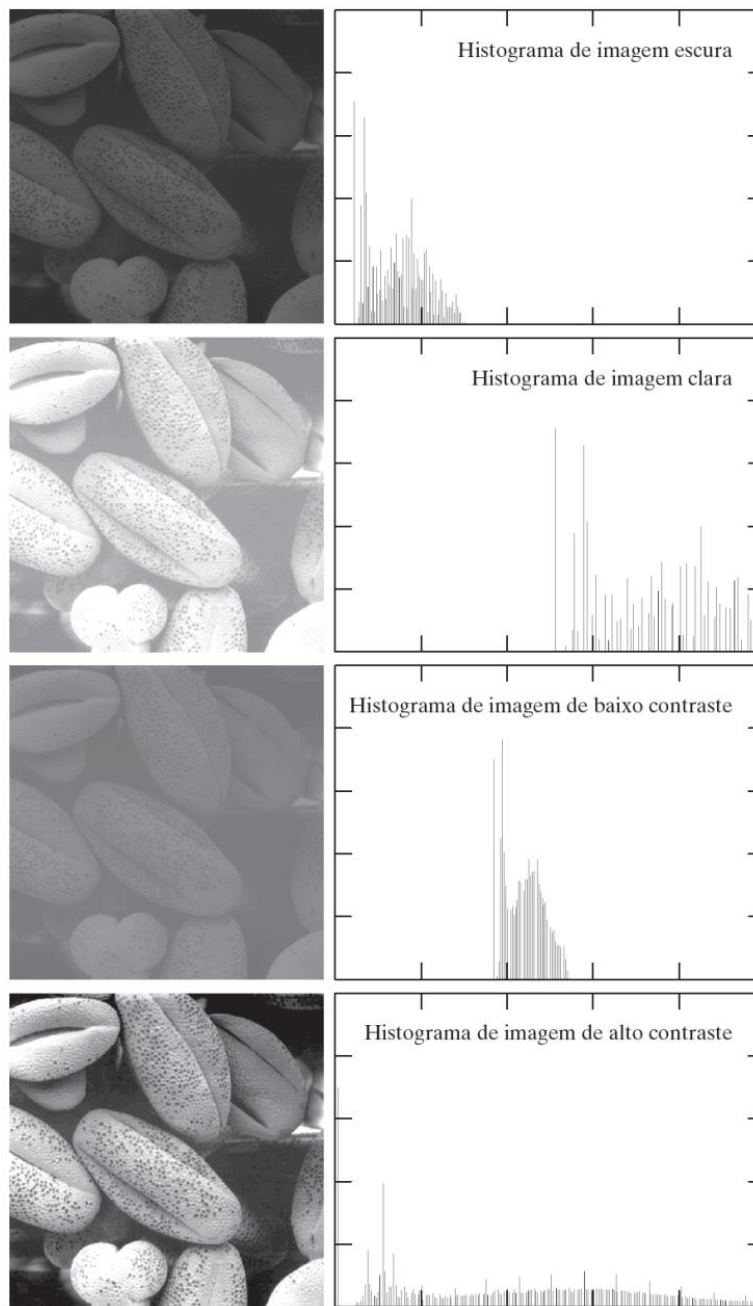
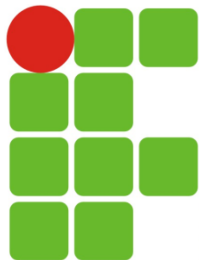




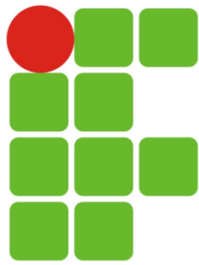


# Histograma Imagem





**Figura 3.16** Quatro tipos básicos de imagem: escura, clara, baixo contraste, alto contraste e seus histogramas correspondentes.



# Normalização Histograma Imagem

## Histogramas

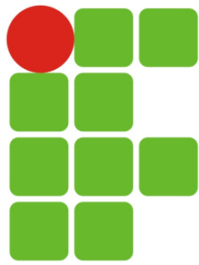
$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

$k = 0, 1, \dots, L-1$ , e  $L$  é o número de níveis de cinza da Imagem.

$n$  = número total de pixels na Imagem

$n_k$  = número de pixels cujo nível de cinza corresponde a  $k$ .

$P_r(r_k)$  = Probabilidade do  $K$ -ésimo nível de cinza.



# Normalização Histograma Imagem

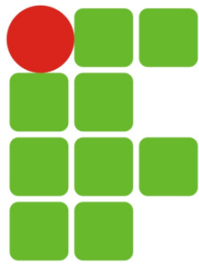
## Histogramas

❑ O histograma de uma Imagem é um conjunto de números que indica a quantidade de pixels em cada um dos níveis de cinza da Imagem.

### Histograma Normalizado:

Cada elemento do conjunto é calculado por :  $P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$

Onde:  $0 \leq r_k \leq 1$



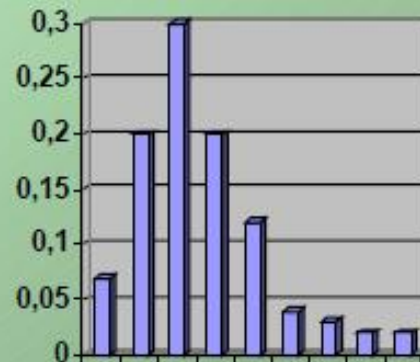
# Normalização Histograma Imagem

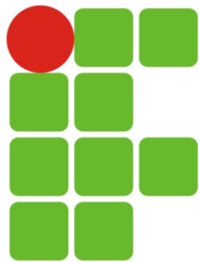
## Características Importantes

1) Um histograma é uma função de Distribuição de probabilidades

$$2) \sum P_r(r_k) = 1$$

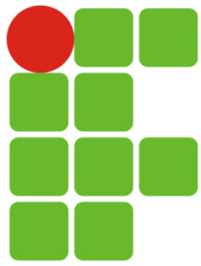
3) Representação gráfica de um Histograma



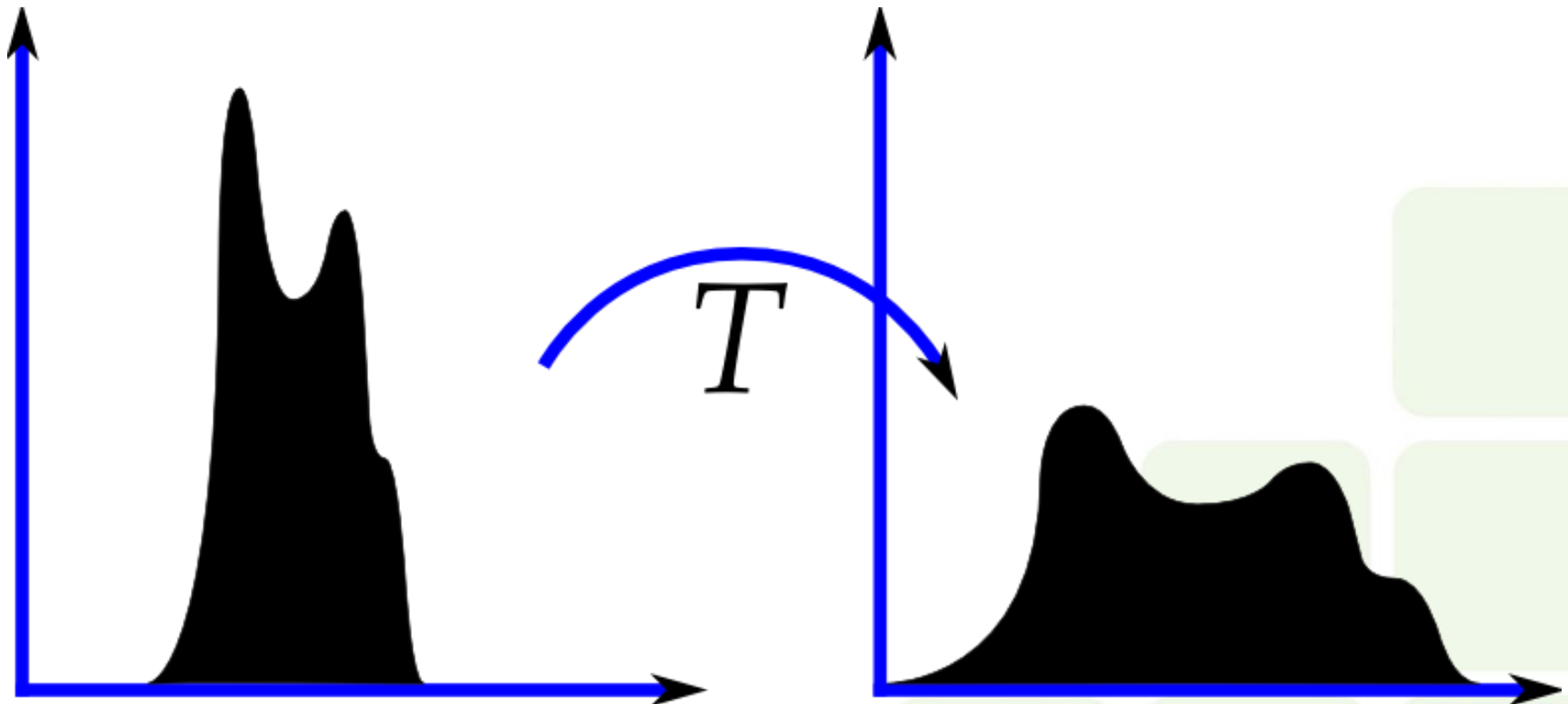


# Equalização Histograma Imagem

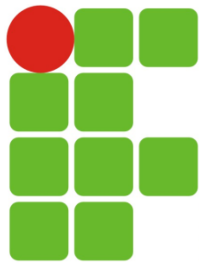
- A equalização do histograma é um método de processamento de imagem de ajuste de contraste usando o histograma da imagem.
- Este método geralmente aumenta o contraste global de muitas imagens, especialmente quando os dados utilizáveis da imagem são representados por valores de contraste próximos.
- Por meio desse ajuste, as intensidades podem ser melhor distribuídas no histograma.
- Isso permite que áreas de menor contraste local ganhem um contraste mais alto.
- A equalização do histograma faz isso distribuindo efetivamente os valores de intensidade mais frequentes.



# Equalização Histograma Imagem







# Equalização Histograma Imagem

## Equalização do Histograma:

❑ Técnica onde se procura redistribuir os valores dos níveis de cinza em uma Imagem, para se obter um histograma uniforme.

❑ Utiliza-se uma função auxiliar:

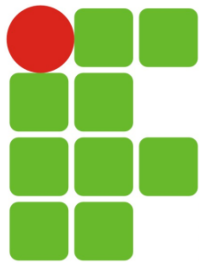
❑ **Exemplo:** Função de distribuição acumulada.

Cdf → (Cumulative Distribution Function)

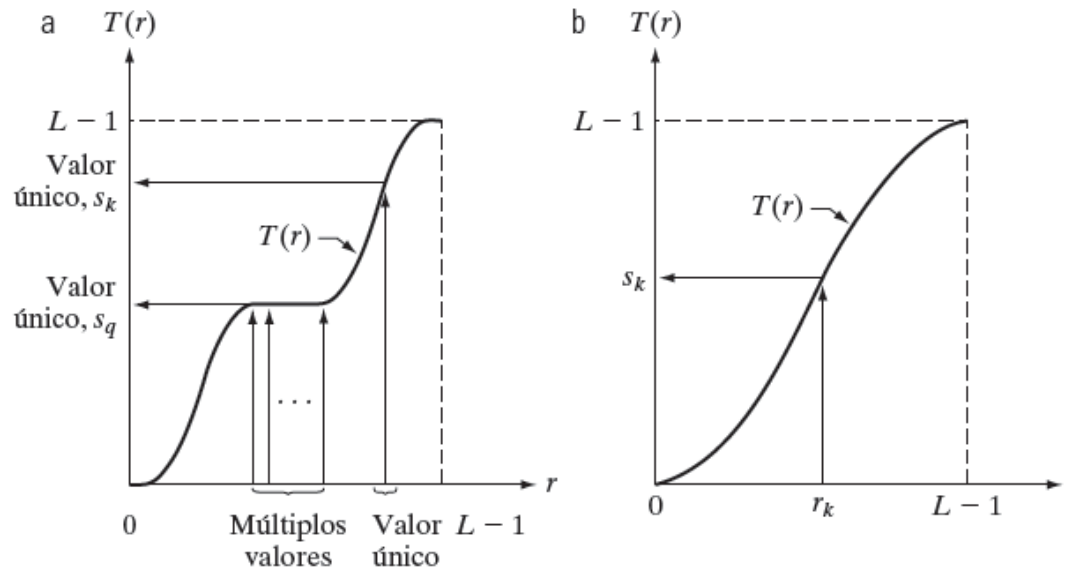
$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k n_j = \sum_{j=0}^k \text{Pr}(r_j)$$

onde :

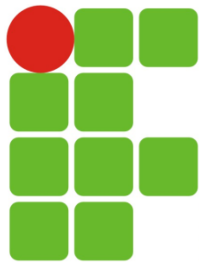
$$0 \leq r_k \leq 1 \quad ; k = 0, 1, \dots, L - 1$$



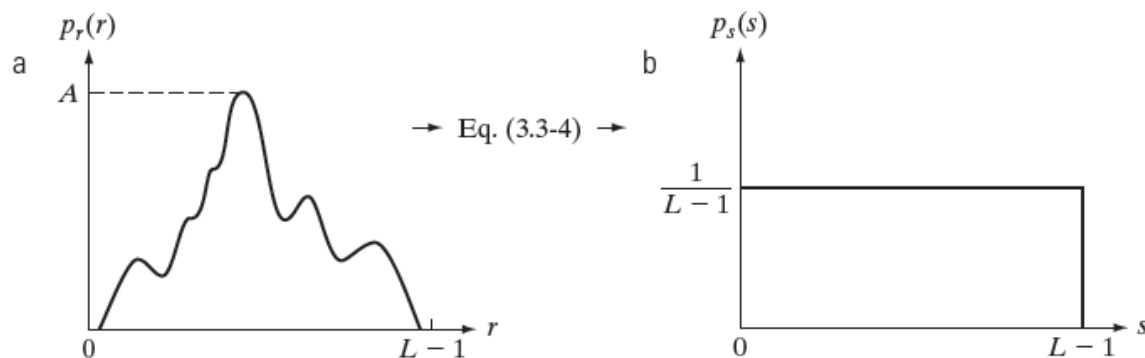
# Equalização Histograma Imagem



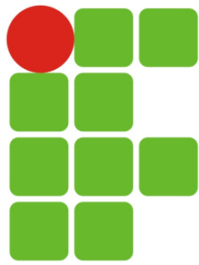
**Figura 3.17** (a) Função monotonicamente crescente, mostrando como múltiplos valores podem ser mapeados em um único valor. (b) Função estritamente monotonicamente crescente. Esse é um mapeamento um para um, em ambas as direções.



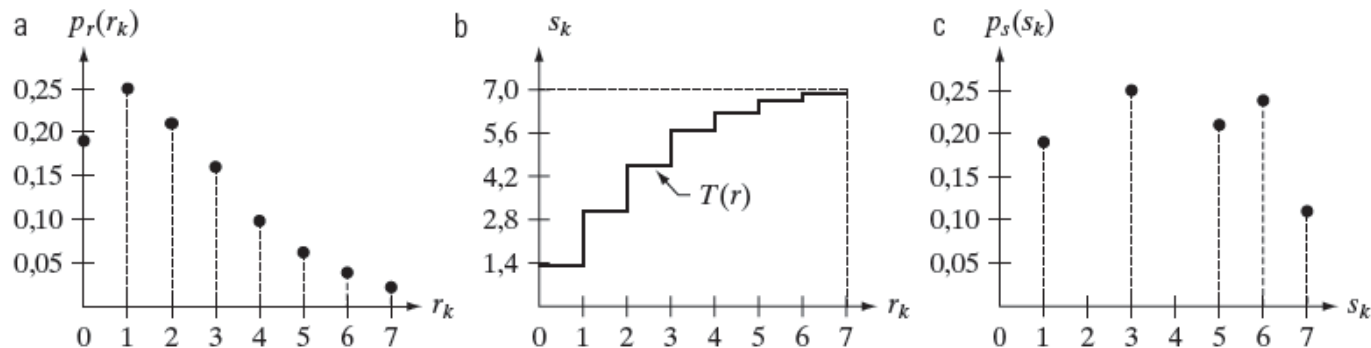
# Equalização Histograma Imagem



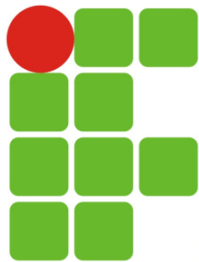
**Figura 3.18** (a) Uma PDF arbitrária. (b) Resultado da aplicação da transformação na Equação 3.3-4 a todos os níveis de intensidade,  $r$ . As intensidades resultantes,  $s$ , têm uma PDF uniforme, independentemente da forma da PDF das intensidades  $r$ .



# Equalização Histograma Imagem



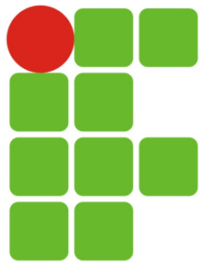
**Figura 3.19** Ilustração da equalização de histograma de uma imagem de 3 bits (8 níveis de intensidade). (a) Histograma original. (b) Função de transformação. (c) Histograma equalizado.



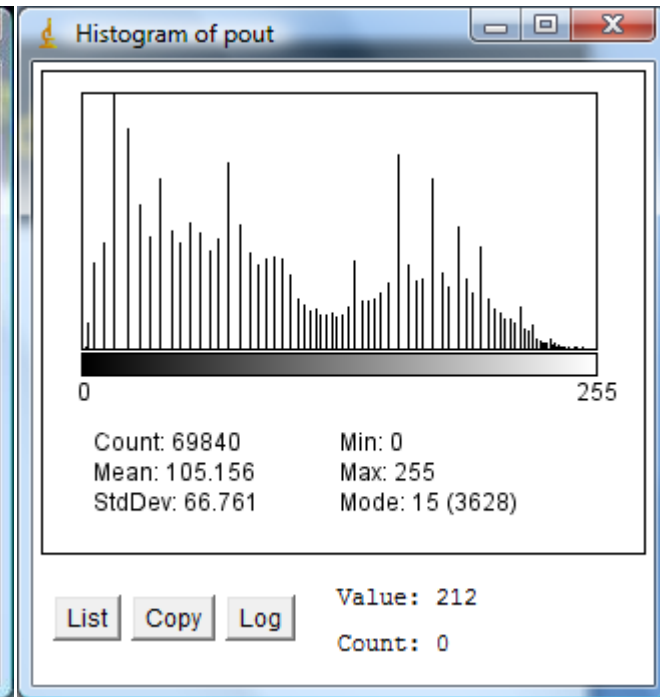
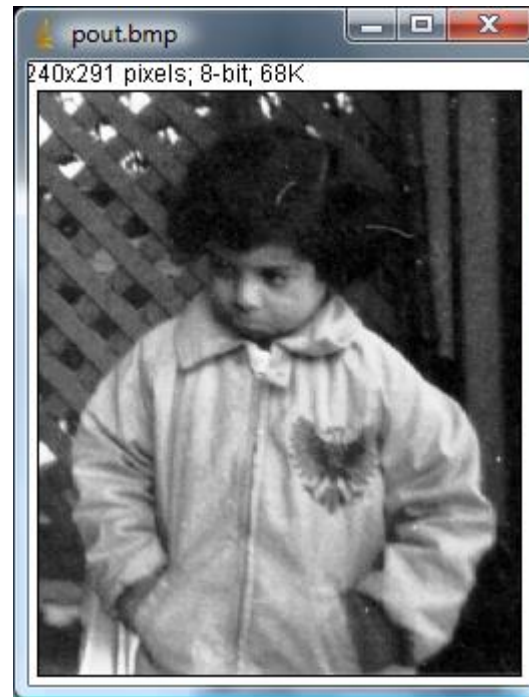
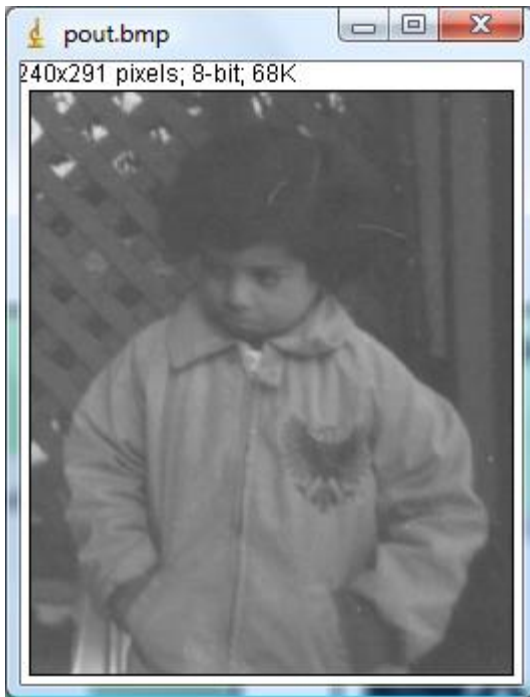
# Equalização Histograma Imagem

**Tabela 3.1** Distribuição de intensidades e valores de histograma para uma imagem digital de 3 bits,  $64 \times 64$  pixels.

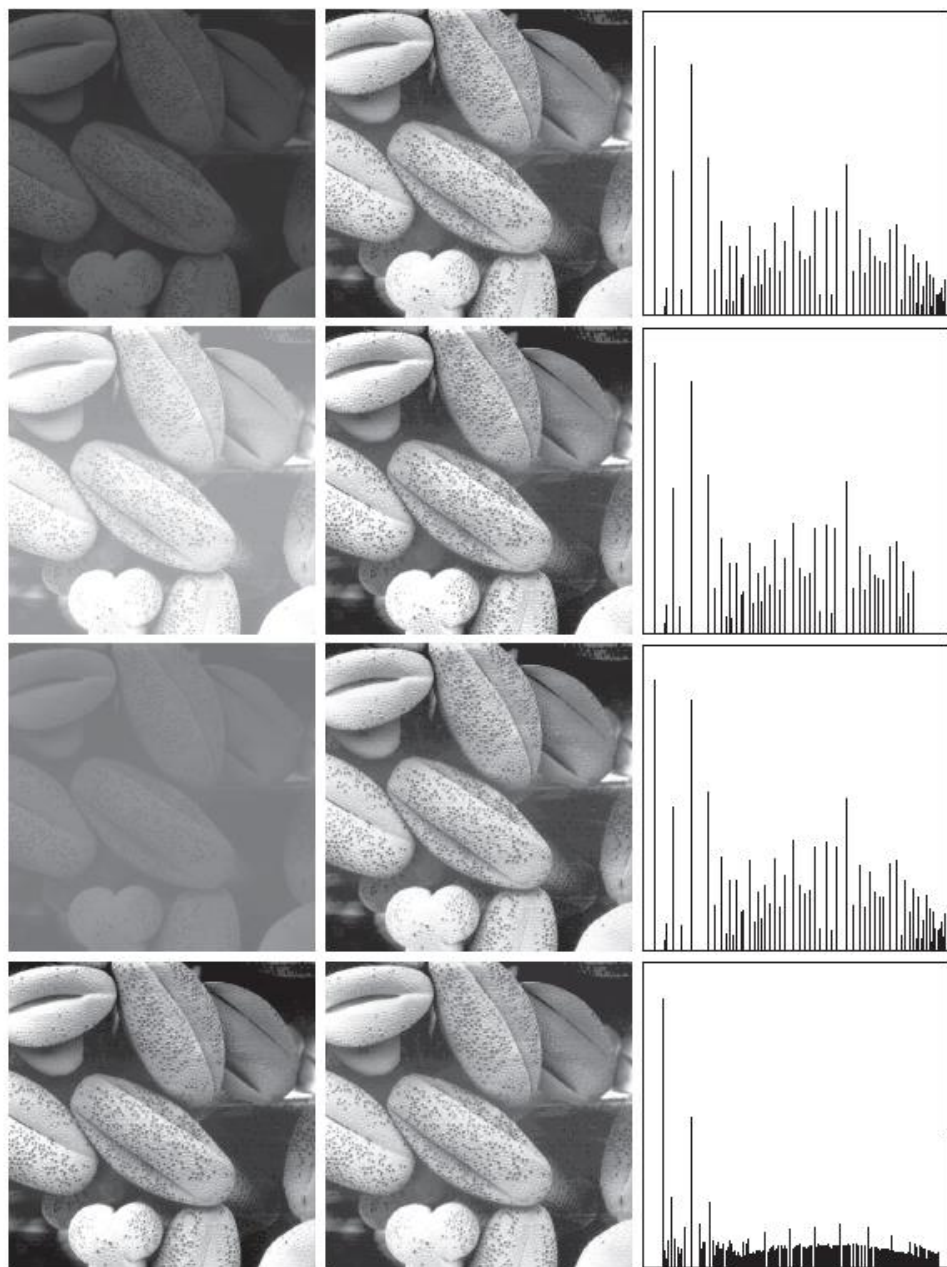
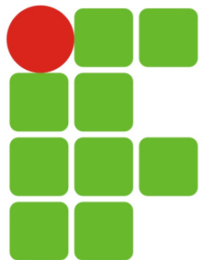
$r_k$	$n_k$	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0,19
$r_1 = 1$	1.023	0,25
$r_2 = 2$	850	0,21
$r_3 = 3$	656	0,16
$r_4 = 4$	329	0,08
$r_5 = 5$	245	0,06
$r_6 = 6$	122	0,03
$r_7 = 7$	81	0,02



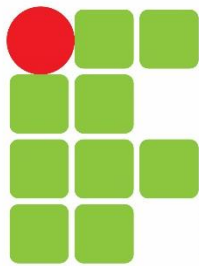
# Equalização Histograma Imagem







**Figura 3.20** Coluna da esquerda: imagens da Figura 3.16. Coluna central: imagens que correspondem aos histogramas equalizados. Coluna da direita: histogramas das imagens da coluna central.

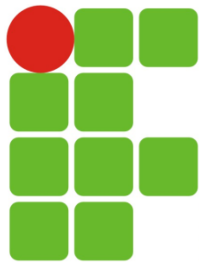


INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO  
Campus Birigui

# Exemplos Python

---

Processamento Digital de  
Imagens

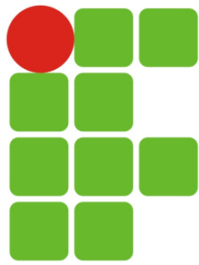


# Exemplos

---

## Repositório GitHub com Exemplos:

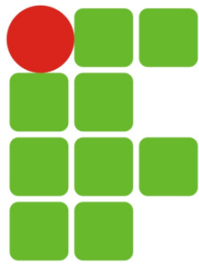
<https://github.com/murilovarges/DigitalImageProcessingSamples>



# Exemplos

## Leitura Capítulo 3





# Próxima aula

- Filtragem espacial
  - Fundamentos
  - Convolução e correlação

Até a próxima aula!