



Transformações da Intensidade no Domínio Espacial

V Vasconcelos

Processamento de Imagem Médica

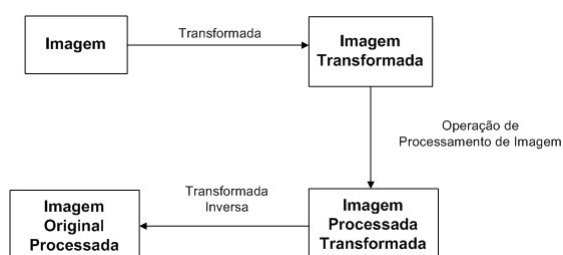
1



Transformações de Intensidade

Qualquer operação de processamento de imagem transforma o valor dos pixels:

1 – Transformações



2 – **Processamento de Vizinhança** – para alterar o nível de cinzento de um pixel precisamos de conhecer o valor dos pixels na sua vizinhança.

3 – **Operações de Ponto** – o valor do nível de cinzento de um pixel é alterado sem qualquer envolvimento do valor dos vizinhos.

Processamento de Imagem Médica

2



Domínio Espacial

Manipulação directa dos pixels da imagem:

$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$

$f(x,y)$ - imagem de entrada

$g(x,y)$ - imagem de saída

T - operador aplicado sobre um ponto (x,y) da imagem f ou sobre uma vizinhança.

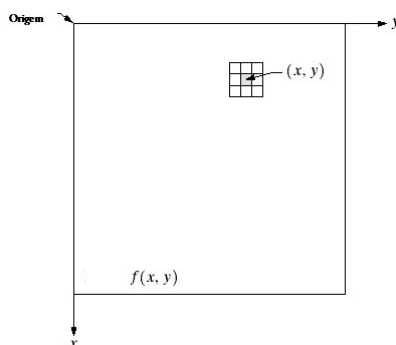


Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

3



Transformações de Intensidade

Melhoria de Contraste

T - função de transformação da intensidade (ou nível de cinzento)

$$s = T(r)$$

Sendo:

r = nível de cinzento original de $f(x,y)$

s = nível de cinzento após aplicação de $T(x,y)$

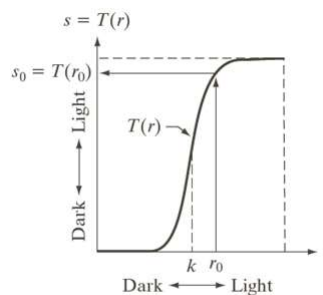


Imagem Retirada da Referência [1].

A imagem obtida é mais contrastada que a original:

- Os níveis abaixo de k são escurecidos
- Os níveis acima de k são tornados mais claros

Processamento de Imagem Médica

4



Transformações de Intensidade

Thresholding

Caso particular da situação anterior,
binarização:

- A aplicação de $T(r)$ dá origem a uma imagem binária (dois níveis de cinzento)

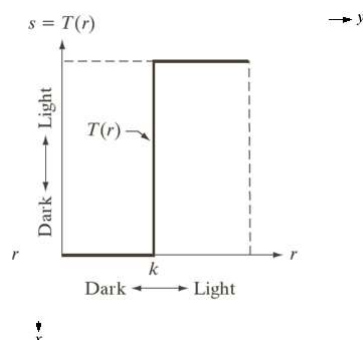


Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

5



Brilho e Contraste

Muitas técnicas de processamento de imagem baseiam-se nas características estatística da imagem, como o **brilho** e o **contraste**.

- **Brilho** pode ser calculado como a média de todos os pixels da imagem I , com com n pixels

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i,j} v(i, j)$$

- O desvio padrão σ dá a medida de **contraste**

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i,j} (v(i, j) - \bar{v})^2}$$

Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

6



Brilho e Contraste

É possível alterar o **brilho** e o **contraste** para valores pretendidos. Para isso tem de ser calculado o **ganho** (g) e **b** (bias)

$$g = \frac{\sigma_{novo}}{\sigma} \quad b = \bar{v}_{novo} - g\bar{v}$$

Os novos valores dos pixels são obtidos através de

$$v(i, j)_{novo} = gv(i, j) + b$$

A desvantagem deste método é o facto de ser **global**, o **ganho** e **bias** são calculados em toda a imagem. Como alternativa, podemos calcular estas grandezas vizinhança $m \times m$ do pixel (i, j)

$$g = \frac{\sigma_{novo}}{\sigma_{(i,j)}} \quad e \quad b = \bar{v}_{novo} - g_{(i,j)}\bar{v}_{(i,j)} \quad \Rightarrow \quad v(i, j)_{novo} = gv_{(i,j)} + b_{(i,j)}$$

Processamento de Imagem Médica

7



Funções Usadas no Realce da Imagem

Realce da imagem (image enhancement) consiste no seu processamento de modo a que o resultado seja mais adequado do que a imagem original para uma *aplicação específica*.

**Não existem soluções globais.
Orientada ao Problema**

Processamento de Imagem Médica

8



Três Funções de Transformação de Intensidade

- Lineares
 - Identidade e Negativa
- Logarítmicas
 - Log e inverse-log
- Função Power-law (Transformações Gama)
 - n^{th} power / n^{th} root

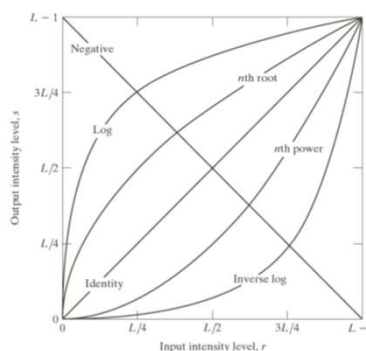


Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

9

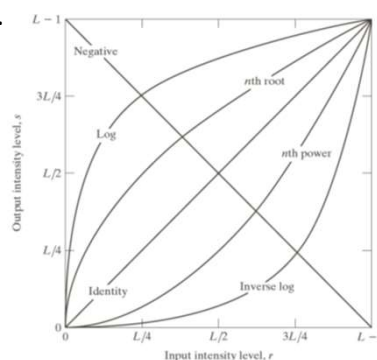


Negativo da Imagem

- Imagem com nível de cinzento na gama $[0, L-1]$ onde $L = 2^n$; $n = 1, 2, \dots$

$$s = L - r - 1$$

- Inverte os níveis de intensidade de uma imagem.
- Adequada para melhorar detalhes brancos ou cinza englobado em regiões escuras de uma imagem, especialmente quando a área de preto é dominante no tamanho.

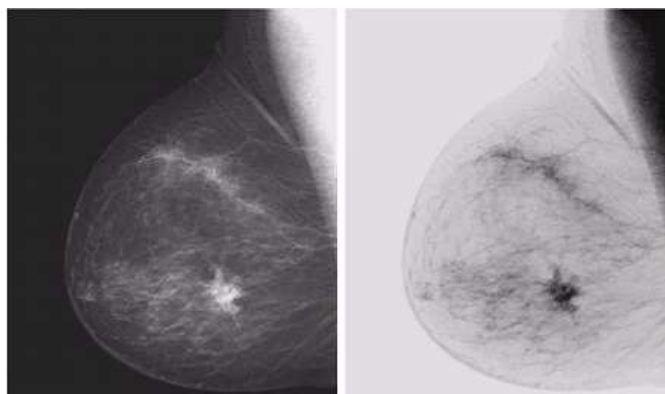


Processamento de Imagem Médica

10



Negativo da Imagem Exemplo:



Mamografia Original

**Imagem Negativa :
melhor visualização**

Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

11

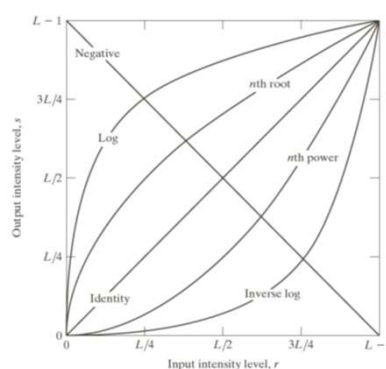


Transformação Logarítmica

$$s = c \log (1 + |r|)$$

c é uma constante que pode ser definida com base na intensidade máxima encontrada na imagem:

$$c = \frac{(L-1)}{\log (1+R_{max})}$$



Processamento de Imagem Médica

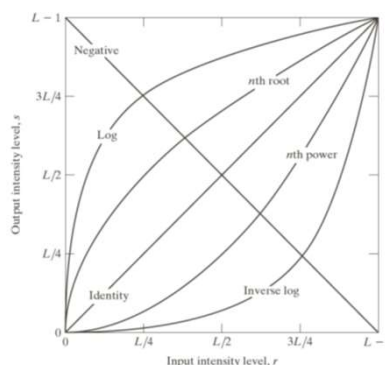
12



Transformação Logarítmica

$$s = c \log(1 + |r|)$$

- c é uma constante que pode ser definida com base na intensidade máxima encontrada na imagem
- As curvas **Log** mapeiam uma gama estreita de valores de níveis de cinza da imagem de entrada numa gama extendida na imagem de saída.
- Usada para expandir os pixels mais escuros numa imagem enquanto comprime os valores com os níveis mais elevados



13

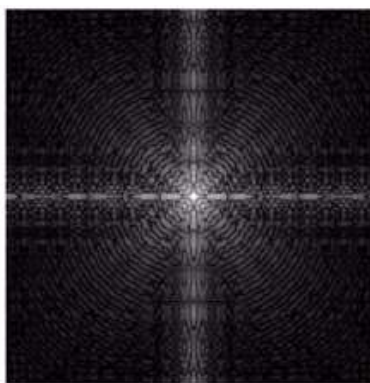


Exemplo Imagem Logarítmica (compressão da gama dinâmica de uma imagem)



Espectro de Fourier com uma Gama de $0 \dots 1.5 \times 10^6$

Visualização pouco conseguida



Resultado após aplicação da Transformação Log, $c = 1$.
Gama $0 \dots 6.2$
Expansão dos níveis mais escuros

Imagem Retirada da Referência [1].

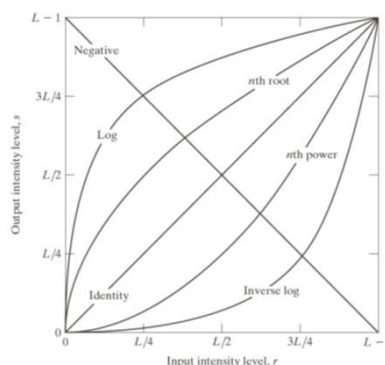
Processamento de Imagem Médica

14



Inversa da Transformação Logarítmica

- Inversa da Transformação Logarítmica
- Usada para expandir os pixels mais claros numa imagem enquanto comprime os valores com os níveis mais baixos.



Processamento de Imagem Médica

15



Transformação Pow-Law (Gama)

$$s = cr^\gamma$$

c e γ são constantes positivas.

- Curvas **Power-law** com valores fracionários de γ mapeiam uma gama estreita de valores de entrada com baixa intensidade numa gama mais alargada de valores de saída. O contrário é verdade para valores mais elevados de entrada.
- $c = \gamma = 1 \Rightarrow$ Função Identidade

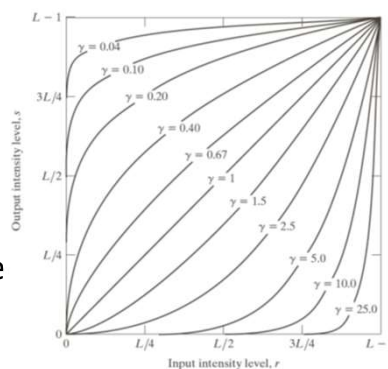


Diagrama para vários valores de γ ($c = 1$ em todos os casos).

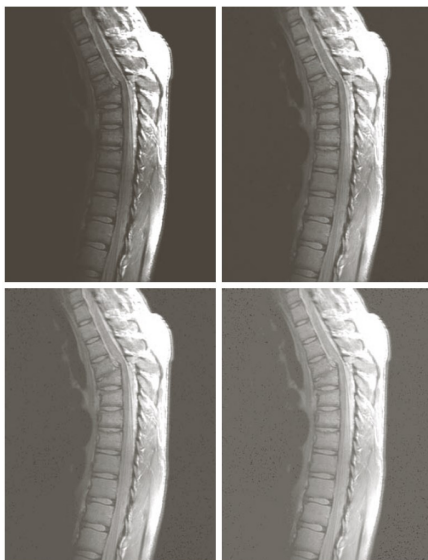
Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

16



Transformação Pow-Law (Gama) Exemplo



a) b)

c) d)

(a) RMI de uma fractura da coluna vertebral humana; A imagem é predominantemente escura, necessita $\gamma < 1$

(b) Resultado depois da aplicação da transformação *power-law* com $\gamma = 0.6$, $c=1$

(c) Transformação com $\gamma = 0.4$, $c=1$ (**melhor resultado**)

(d) Transformação com $\gamma = 0.3$, $c=1$ (aspecto “lavado”)

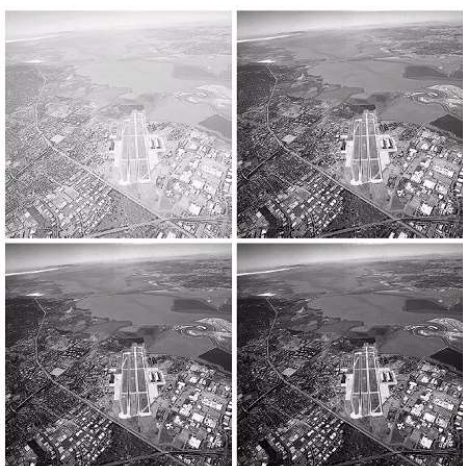
Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

17



Transformação Pow-Law (Gama) Exemplo



a) b)

c) d)

a) Imagem com aspecto “lavado”, necessita $\gamma > 1$, $c=1$

(b) Resultado depois da transformação *power-law* com $\gamma = 3.0$, $c=1$

(c) transformação com with $\gamma = 4.0$, $c=1$

(d) transformação com with $\gamma = 5.0$, $c=1$ nas regiões escuras os pormenores perdem-se. Imagem demasiado contrastada.

Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

18



Transformação Piecewise-Linear

Vantagem:

A forma da função pode ser arbitrariamente complexa

Desvantagem:

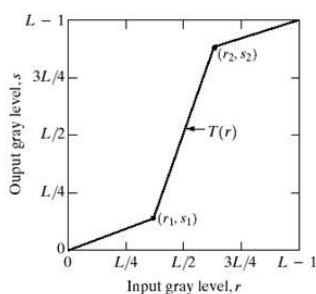
A sua especificação requer uma intervenção considerável do utilizador.

Processamento de Imagem Médica

19



Transformação Piecewise-Linear Realce do Contraste (Contrast Stretching)



- Aumenta a gama dinâmica dos níveis de cinzento na imagem.
- Os pontos (r_1, s_1) e (r_2, s_2) controlam a forma da função.
- Se $r_1 = s_1$ e $r_2 = s_2$ a transformação é a função identidade.
- Se $r_1 = r_2$ e $s_1 = 0$ e $s_2 = L-1$, a transformação equivale à aplicação de um limiar (*thresholding*).

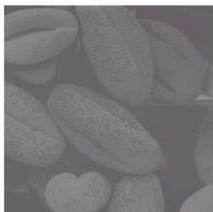
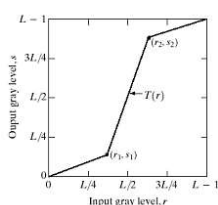
Imagem Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

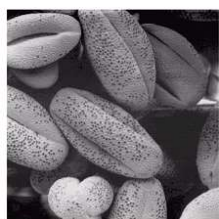
20



Realce do Contraste (Contrast Stretching)



a) b)
c) d)



- (b) imagem com baixo contraste.
- (c) resultado para: $(r_1, s_1) = (r_{\min}, 0)$ and $(r_2, s_2) = (r_{\max}, L-1)$
- (d) resultado de aplicação de um limiar (*thresholding*), m obtido através do valor médio de intensidade da imagem.

Imagem Original

- $r_{\min} = 12$
- $r_{\max} = 84$

Processamento de Imagem Médica

21



Transformações de Intensidade Histograma

- O **histograma** é uma característica estatística da imagem muito importante.
- Indica o número de pixels presentes para cada um dos níveis de intensidade que podem ocorrer na imagem

$$H(k) = n_k$$

onde

$k=0 \dots L-1$, sendo $[0, L-1]$ a gama de intensidades da imagem

n_k é o nº de pixels da imagem com intensidade k

- O **histograma normalizado**, obtém-se dividindo cada uma das componentes do histograma pelo nº total de pixels da imagem de $M \times N$. Representa a probabilidade de ocorrer um determinado nível de cinzento –

função densidade de probabilidade.

$$h(k) = \frac{n_k}{MN}$$

Processamento de Imagem Médica

22

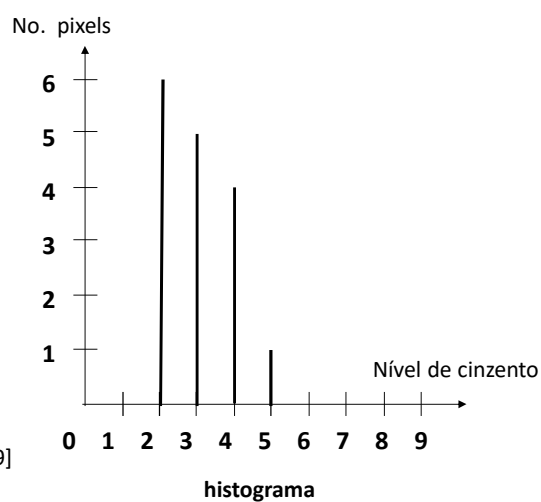


Transformações de Intensidade Histograma

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

Imagem 4x4

Escala de Níveis de Cinzento = [0 ...9]



Processamento de Imagem Médica

23



Transformações de Intensidade Histograma

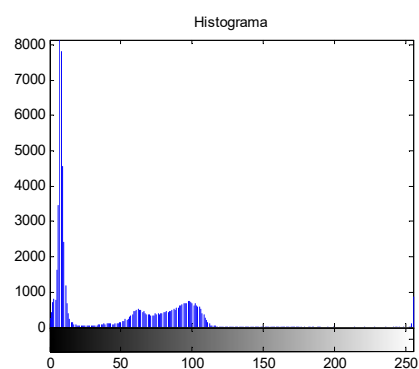
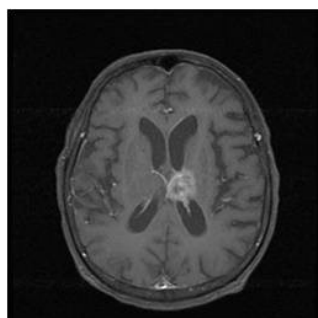
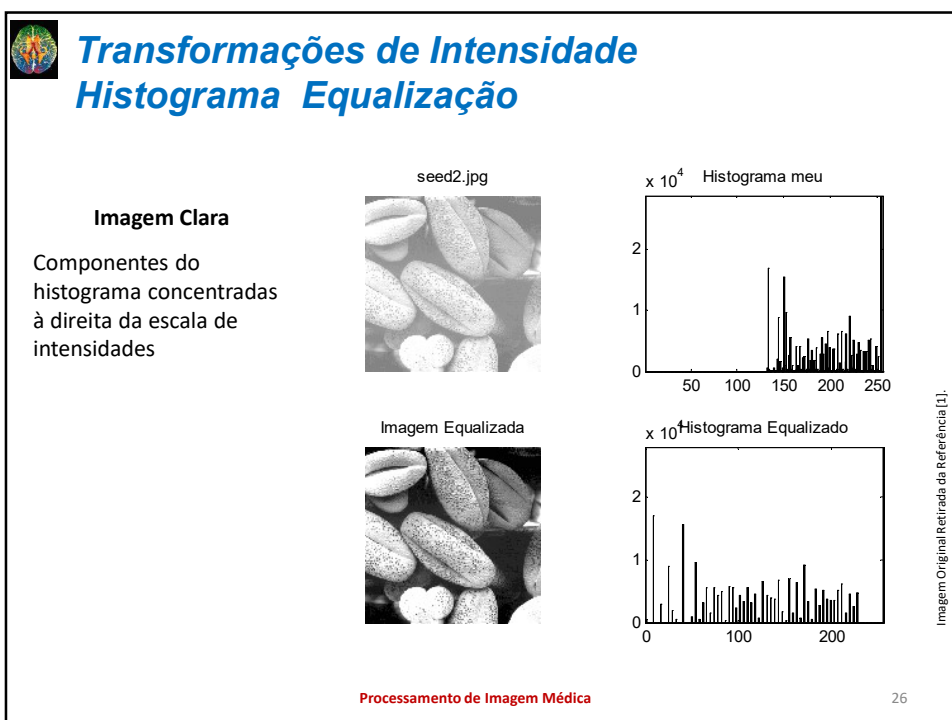
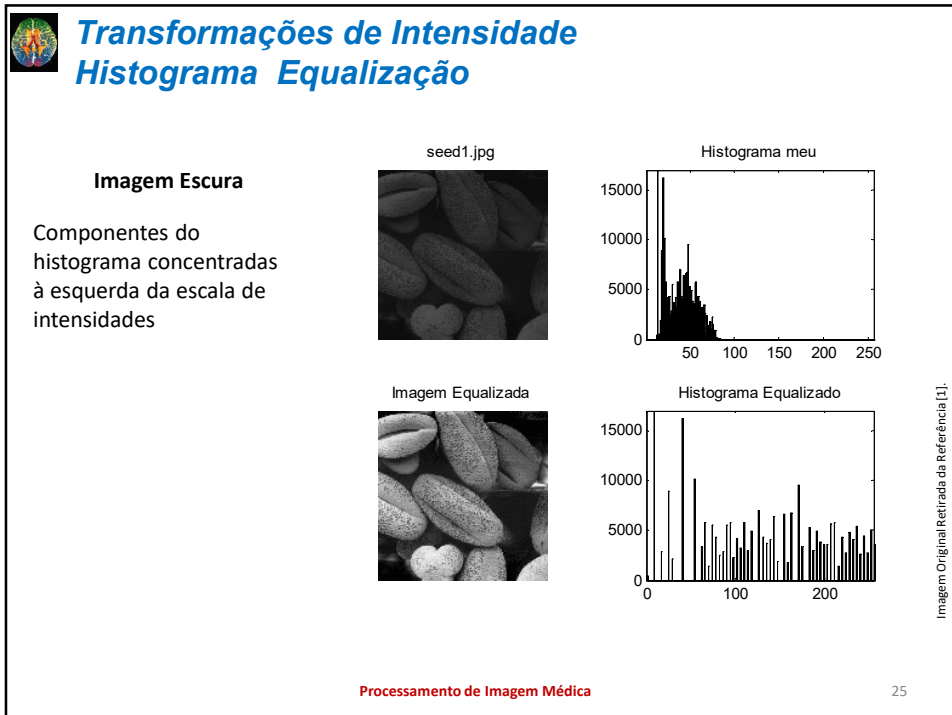


Imagem Retirada da Referência [3].

Processamento de Imagem Médica

24





Transformações de Intensidade

Histograma Equalização

Imagem Com Baixo Contraste

Histograma ocupa uma zona estreita da escala de intensidades, geralmente central.

seed3.jpg



Histograma meu

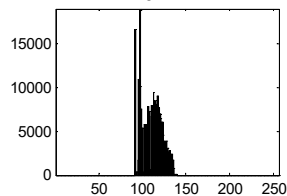
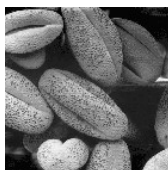


Imagem Equalizada



Histograma Equalizado

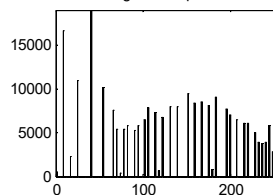


Imagem Original Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

27



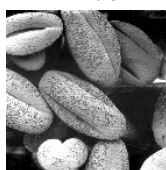
Transformações de Intensidade

Histograma Equalização

Imagem Com Alto Contraste

Histograma ocupa uma gama larga da escala de intensidades, geralmente a central. Existe uma uniformidade no nº de pixels, não ocorrendo muitos picos verticais.

seed4.jpg



Histograma meu

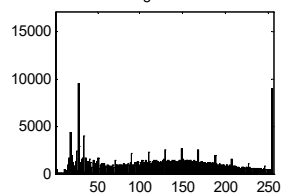
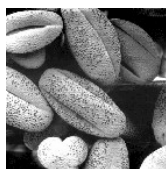


Imagem Equalizada



Histograma Equalizado

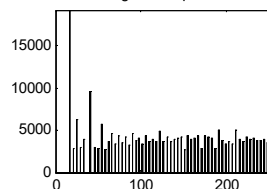


Imagem Original Retirada da Referência [1].

Processamento de Imagem Médica

28



Referências Bibliográficas

1. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image processing, Pearson/Prentice Hall, 3rd Ed, 2008.
2. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, Digital image processing using Matlab, Gatesmark Publishing, 2nd Ed, 2009.
3. G. Dougherty, Digital Image Processing for Medical Applications, Cambridge University Press, 2009.
4. L. G. Shapiro, G. C. Stockman, Computer Vision, Prentice Hall, 2001.
5. K. Najarian, R. Splinter, Biomedical Signal and Image Processing, CRC Press, 2005.