



ESTUDO DE TÉCNICAS DE REALCE DE IMAGENS DIGITAIS E SUAS APLICAÇÕES

Taciana SOUZA; Suzete CORREIA

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Av. 1º de maio, 720, CEP: 58015-430,
(083) 3208-3000, fax (083)3208-3088, www.cefetpb.edu.br
tacianafisica@gmail.com; suzete@cefetpb.edu.br

RESUMO

Com a convergência digital é notável a grande evolução na utilização de imagens digitais, incluindo as mais diversas áreas, como por exemplo: transmissão digital de sinais de televisão, obtenção de imagens médicas, meteorologia, imagens de satélites, e restauração de imagens. Dessa forma, uma imagem digital pode possibilitar a interação entre indivíduos à quilômetros de distância, assim como pode ser utilizada para diagnóstico médico como, por exemplo, numa mamografia. O processamento digital de imagens é composto pelas seguintes etapas: captura da imagem, pré-processamento, segmentação, extração de características, e classificação. As técnicas abordadas neste trabalho compreendem a etapa de pré-processamento, no estudo de várias técnicas de realce de imagens, como filtragem espacial para redução de ruídos, detecção de bordas para isolamento de regiões, equalização do histograma, e limiarização entre outras. Todas essas transformações que podem ser feitas em imagens digitais têm como objetivo melhorar o aspecto visual de certas características para a análise a partir do olho humano. Para a implementação dos algoritmos que realizam tais transformações sobre imagens digitais foi utilizado o software MATLAB como ferramenta computacional. Com este trabalho espera-se compreender as técnicas de realce de imagens digitais, assim como mostrar suas diversas aplicações em vários campos do conhecimento humano.

Palavras-chaves: Imagem digital, Processamento de Imagens Digitais, Realce de Imagens.

1. INTRODUÇÃO

Com a digitalização surgiram várias técnicas de processamento sobre imagens tornando possível manipulá-las de forma a melhorar a visualização e interpretação humana de acordo com cada aplicação desejada.

Sendo assim, o processamento digital de imagens é a área do conhecimento que trata da modelagem matemática, análise, projeto e implementação em software e em hardware de sistemas digitais voltados ao tratamento de informação pictórica com o propósito de torná-la mais adequada à interpretação por seres humanos ou máquinas ou para obter maior eficiência de armazenamento e transmissão (BATISTA, 2005).

Essa área tem atraído grande interesse nas últimas décadas e com o desenvolvimento da tecnologia de computação digital e de novos algoritmos para lidar com sinais bidimensionais há um número de aplicações cada vez maior, tais como: análise de recursos naturais e meteorologia por meio de imagens de satélites, transmissão digital de sinais de televisão, obtenção de imagens médicas por ultrassom, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada, aplicações em automação industrial, etc.

O processamento digital de imagens é composto pelas etapas ilustradas no diagrama de blocos da Figura 1. A captura da imagem consiste no uso de dispositivos físicos sensíveis a espectros de energia eletromagnética que convertem o sinal elétrico para um formato digital. O pré-processamento consiste no realce da imagem para enfatizar características de interesse ou recuperar imagens que sofreram alguma degradação devido à introdução de ruído, perda de contraste ou borramento. A segmentação é a extração ou identificação dos objetos contidos na imagem, separando a imagem em regiões. Por fim, a classificação, é o processo que identifica a imagem observada (GONZALES, 2000).



Figura 1 – Diagrama de blocos das etapas básicas do processamento digital de imagens.

As técnicas abordadas neste trabalho compreendem a etapa de pré-processamento, no estudo de várias técnicas de realce de imagens como limiarização, equalização do histograma, e filtragem espacial para redução de ruídos e detecção de bordas para isolamento de regiões.

Para a implementação dos algoritmos que realizam tais transformações sobre imagens digitais foi utilizado o software MATLAB como ferramenta computacional. Com este trabalho espera-se compreender as técnicas de realce de imagens digitais, assim como mostrar suas diversas aplicações em vários campos do conhecimento humano.

2. IMAGEM DIGITAL

Uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz de pontos elementares, em que cada ponto recebe o nome de *pixel*. Quanto maior a quantidade de *pixels* melhor a resolução da imagem e conseqüentemente maior o seu tamanho. Cada *pixel* é representado por um valor que indica a intensidade de brilho, denominado nível de cinza, e a quantidade de níveis de cinza depende da quantidade de bits usada na representação de cada *pixel*. A Figura 2 mostra a representação de uma imagem digital.

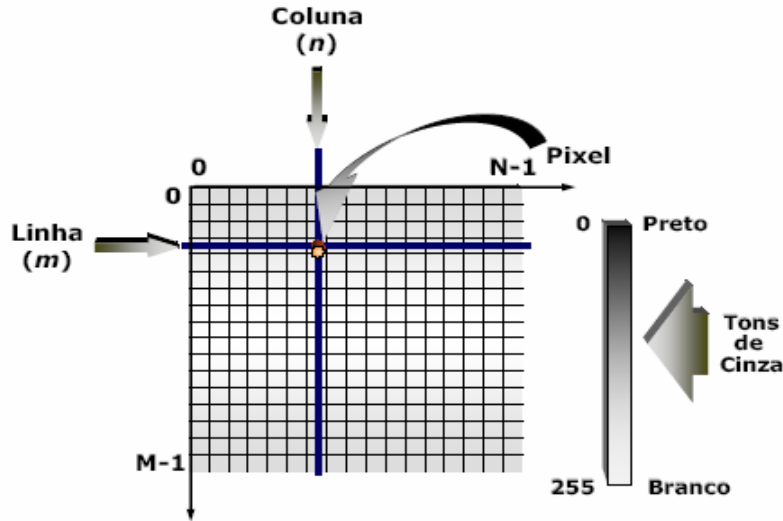


Figura 2 - Representação de uma imagem digital

3. PRÉ-PROCESSAMENTO

O pré-processamento de imagens consiste na aplicação de técnicas para realce de imagens, que visam destacar uma região dentro da imagem, permitindo a sua visualização com mais detalhes, de modo que a imagem resultante seja mais apropriada para uma aplicação específica do que a imagem original. Neste trabalho, foram abordadas algumas técnicas de pré-processamento como limiarização, equalização de histograma e filtragem, as quais serão descritas a seguir.

3.1. Limiarização

A limiarização é uma técnica que consiste em converter imagens em tons de cinza para imagens binárias, por isso também é conhecida como binarização (CENTENO, 2004). A forma mais simples de limiarização consiste em converter os *pixels* cujo tom de cinza é maior ou igual a um valor de limiar em brancos e os demais em pretos. A função que realiza esta técnica é descrita pela equação a seguir:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{se } f(x, y) < T \end{cases} \quad [\text{Eq. 01}]$$

em que $g(x, y)$ é a função que representa a imagem limiarizada, $f(x, y)$ é a função que representa a imagem original e T é um valor de nível de cinza denominado limiar.

É difícil escolher a melhor forma de se definir o limiar, pois dependerá das condições da imagem (contraste, iluminação, complexidade da cena) e também do resultado esperado com a limiarização.

3.2. Equalização de histograma

O histograma de uma imagem traduz a distribuição estatística dos seus níveis de cinza, ou seja, se o nível de cinza l ocorre n_l vezes em uma imagem com n pixels, podemos estimar a probabilidade de ocorrência do nível l na imagem por intermédio de sua frequência relativa (BATISTA, 2005):

$$P(l) = \frac{n_l}{n} \quad [\text{Eq. 02}]$$

O histograma da imagem é uma representação gráfica de n_l ou de $P(l)$ em função de l , conforme ilustra a Figura 3.

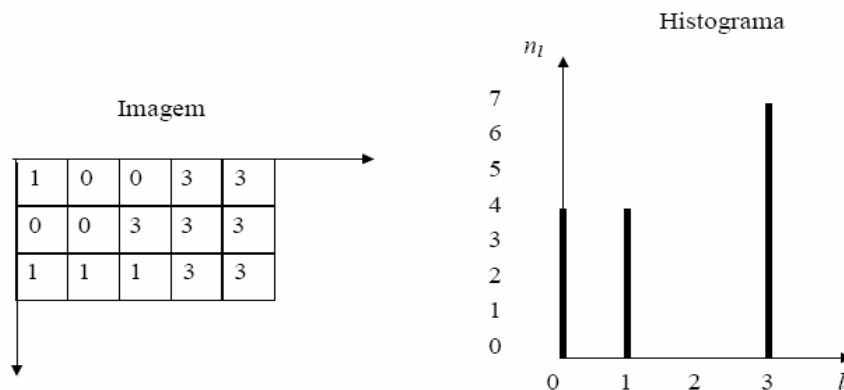


Figura 3 - Uma imagem 3x5 e seu histograma

A análise do histograma de uma imagem permite tecer considerações a respeito da distribuição de níveis de cinza da imagem, tornando possível identificar o quanto uma imagem é escura, clara, ou de níveis intermediários (BATISTA, 2005).

Quando uma imagem apresenta uma distribuição pobre de níveis de cinza o processo de equalização de histograma, que visa o aumento da uniformidade da distribuição de níveis de cinza de uma imagem, produz bons resultados permitindo assim realçar diferenças de tonalidade e resultando no aumento do nível de detalhes perceptíveis (BATISTA, 2005).

Dada uma imagem com dimensão $N \times M$ *pixels* e G níveis de cinza, o número ideal de pixels em cada nível de cinza é $I = (N \times M) / G$. Assim, a equalização pode ser obtida pela aplicação da fórmula a seguir:

$$Q = \max \left\{ 0, \text{arred.} \left(\frac{\sum_{j=0}^k N_j}{I} \right) - 1 \right\}, 0 \leq k \leq G \quad [\text{Eq. 03}]$$

em que G é a quantidade de níveis de cinza da imagem original e Q a quantidade de níveis de cinza da imagem equalizada.

3.3. Filtragem

Segundo Batista (BATISTA,2005) os filtros são operadores unários que processam uma imagem de entrada produzindo uma imagem de saída. Um filtro pode ser representado como uma função T que mapeia uma imagem de entrada f em uma imagem de saída g :

$$g = T[f] \quad [\text{Eq. 04}]$$

O princípio de funcionamento dos filtros baseia-se na convolução de uma imagem f com máscaras de deslocamento. A máscara com o centro na posição (x,y) é colocada sobre o *pixel* a ser modificado na imagem. O *pixel* correspondente na imagem é substituído por um valor que considera os *pixels* vizinhos e os pesos correspondentes na máscara. A soma de todos os produtos dos pesos da máscara pelos *pixels* correspondente na imagem resulta no novo valor de cinza que substituirá o pixel central (CARVALHO, 2003).

Os filtros média, mediana e moda produzem suavização da imagem, reduzindo variações bruscas de níveis de cinza entre pixels adjacentes, e podem ser usados para redução de ruído ou interferências de origens diversas (BATISTA, 2005).

Dentre os filtros de suavização, neste trabalho, foi abordada a filtragem por mediana, que consiste no uso de filtros não-lineares usados quando o objetivo é reduzir o ruído em uma imagem. Para isso o nível de cinza de cada *pixel* é substituído pela mediana dos níveis de cinza na sua vizinhança. A mediana de um conjunto de *pixels* é o valor do *pixel* da posição central se, o número de *pixels* for ímpar e é a média entre os dois *pixels* nas posições centrais se o número de *pixels* for par. Na máscara genérica descrita a seguir a mediana é o valor de w_5 , pois o número de *pixels* da máscara é ímpar, neste caso igual a nove.

$$máscara = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ w_4 & w_5 & w_6 \\ w_7 & w_8 & w_9 \end{bmatrix} \quad [\text{Eq. 05}]$$

Os filtros de aguçamento produzem efeito contrário aos de suavização, acentuando variações de níveis de cinza entre *pixels* adjacentes. Geralmente baseiam-se no conceito de gradiente de funções bidimensionais (BATISTA, 2005). São usados para detecção de bordas uma vez que as amplitudes elevadas dos gradientes determinam a existências de bordas em imagens digitais.

O vetor gradiente de uma função, contínua em (x,y) , aponta no sentido da maior taxa de variação de $f(x,y)$ e é definido por:

$$G[f(x,y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad [\text{Eq. 06}]$$

Dentre os operadores de gradientes existentes foram abordados neste trabalho os operadores de Roberts, Prewitt e Sobel.

O operador de Roberts faz o gradiente cruzado, isto é, em vez de calcular as diferenças de valores de brilho na direção vertical e horizontal, fá-lo numa direção rotacionada de 45°, onde as janelas de convolução são as seguintes (QUEIROZ & GOMES, 2001):

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad [\text{Eq. 07}]$$

O operador de Prewitt, além de diferenciar, suaviza a imagem, atenuando os efeitos negativos do ruído e não tem o enviesamento do gradiente digital (QUEIROZ & GOMES, 2001). As janelas de convolução do Prewitt são:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad [\text{Eq. 08}]$$

O operador de Sobel é muito semelhante ao de Prewitt difere-se dele porque dá mais pesos aos pontos mais próximos do *pixel* central e devido a isso produz bordas diagonais menos atenuadas (QUEIROZ & GOMES, 2001). Sendo as suas janelas de convolução as seguintes:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad [\text{Eq. 09}]$$

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

As técnicas de pré-processamento ou realce de imagens abordadas neste trabalho, foram implementadas no *software* MATLAB, a fim de analisar a eficácia dessas transformações em imagens digitais. Os resultados podem ser vistos a seguir:

4.1. Limiarização



Figura 3 – Imagem em escala de cinza

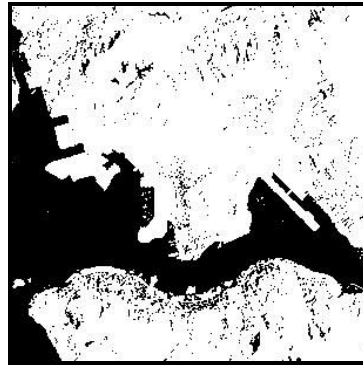


Figura 4 – Imagem com limiarização (T=64)

A limiarização foi utilizada para reduzir a quantidade de dados a serem tratados, facilitando a extração da informação procurada, que consistiu em dividir a imagem capturada por um satélite em duas regiões, onde a região mais clara compreende a faixa de terra enquanto a área mais escura compreende a faixa de água. Outra grande vantagem da limiarização observada é redução drástica do tamanho da imagem em *bytes* e assim agilizando outras etapas do processamento de imagens digitais. O código pode ser visto na Figura 5.

```
% ler uma imagem .jpg
a=imread('imagecinza','jpg');
[M N]=size(a)
for i=1:M
    for j=1:N
        if(a (i,j) > 64)
            a(i,j) = 255;
        else
            a(i,j) = 0;
        end;
    end;
end;
```

Figura 5 – Código para Limiarização no MATLAB

4.2. Equalização de histograma



Figura 6 – Imagem Lenina original



Figura 7- Imagem com histograma equalizado

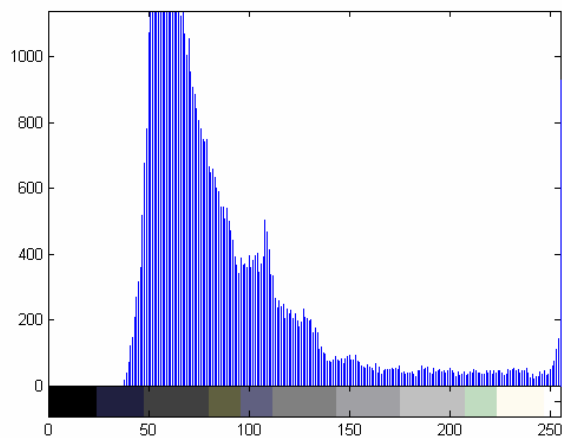


Figura 8 – Histograma da imagem Lenina original

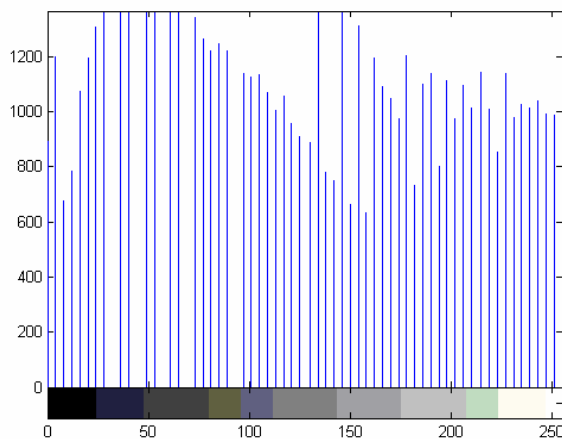


Figura 9 - Histograma da imagem de Lenina após s a equalização

As Figuras 6 e 7 ilustram, respectivamente a imagem original e sua versão equalizada. A técnica de equalização de histograma foi utilizada para aumento do contraste na imagem, realçando diferenças de tonalidades e assim possibilitando o melhor discernimento das informações contidas na imagem.

As Figuras 8 e 9 mostram, respectivamente, os histogramas da imagem Lenina antes e depois da equalização. Como esperado, observa-se que há uma distribuição mais uniforme dos níveis de cinza no histograma equalizado. No histograma da imagem original os níveis de cinza estão concentrados nas baixas intensidades, uma vez que correspondem a uma imagem com pouca iluminação.

O código utilizado no MATLAB para gerar o histograma da imagem original, fazer a equalização do histograma e mostrar o histograma da nova imagem é mostrado na Figura 10:

```
%ler uma imagem .jpg  
c = imread('lenina','jpg');  
% exibe o histograma da imagem  
original  
figure, imhist(c);  
% faz a equalização do histograma  
ceq=histeq(c,64);  
% exibe o histograma da imagem  
equalizada  
figure, imhist(ceq);
```

Figura 10 – Código para Equalização do Histograma em MATLAB

4.3. Filtragem

4.3.1. Filtragem por mediana



Figura 11 – Imagem com ruído gaussiano; imagem filtrada pela mediana 3x3; e imagem filtrada pela mediana 5x5, respectivamente.

A utilização do filtro da mediana se mostrou eficiente na redução o ruído gaussiano que foi adicionado à imagem utilizada. Para tanto, foram testadas duas máscaras para filtragem, sendo uma delas uma matriz 3x3 e a outra uma matriz 5x5. Sendo que última faz a imagem perder um pouco do brilho, reduzindo sua transparência, ou seja, resulta numa imagem um pouco embaçada, e isso porque o filtro da mediana tende a produzir uma suavização proporcional ao tamanho da vizinhança considerada. Os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 11. E o código utilizado no MATLAB para a filtragem por mediana de uma imagem é descrito na Figura 12.


```
% ler uma imagem .jpg  
a = imread('lenina.jpg');  
% adição do ruído gaussiano na imagem original  
b = imnoise(a, 'gaussian');  
% filtragem por mediana 3x3  
c = medfilt2(b);  
% filtragem por mediana 5x5  
d = medfilt2(b, [5 5]);
```

Figura 12 – Código para Filtragem por Mediana no MATLAB

4.3.2. Filtragem por gradientes de Roberts, Prewitt e Sobel.



Figura 13 - Imagem original

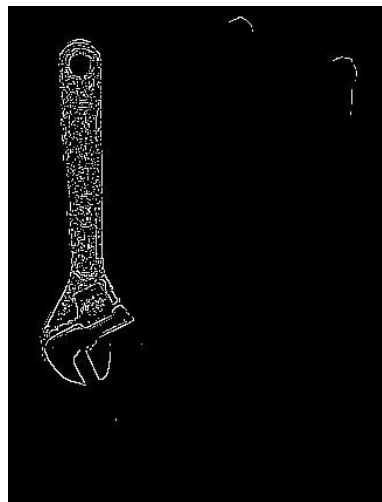


Figura 14 – Imagem filtrada por Roberts

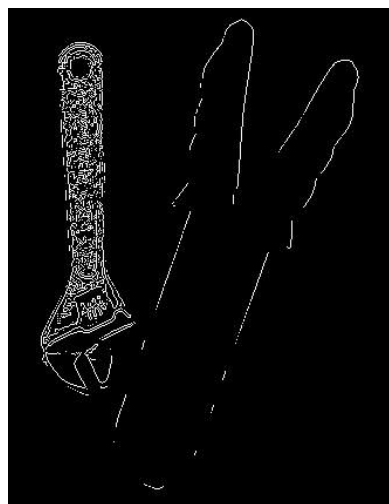


Figura 15 - Imagem filtrada por Prewitt

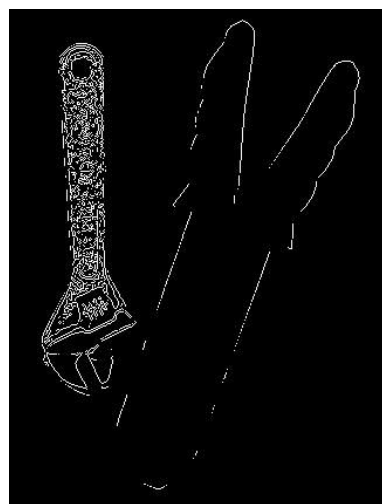


Figura 16 – Imagem filtrada por Sobel

A aplicação dos filtros por gradientes para detecção de bordas nesta imagem mostrou que os gradientes de Roberts é menos eficiente do que os gradientes de Prewitt e de Sobel, que não apresentam grandes diferenças entre si. As Figuras 13, 14, 15, e 16 mostram, respectivamente, a imagem original, a imagem filtrada por Roberts, a imagem filtrada por Prewitt e a imagem filtrada por Sobel.

As funções utilizadas para implementação desses operadores no MATLAB são descritas na Figura 17.

```
% ler uma imagem .gif
a = imread('tools','gif');
% detecção de bordas usando os gradientes de Roberts, Prewitt e Sobel
bwr = edge(a,'roberts');
bwp = edge(a,'prewitt');
bws = edge(a,'sobel');
```

Figura 17 – Código para Filtragem usando gradientes de Roberts, Prewitt e Sobel

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de realce utilizadas para o processamento de imagens digitais na etapa de pré-processamento são utilizadas com o objetivo de melhorar a qualidade de uma imagem para uma determinada aplicação. Além disso, destacam a existência de atributos importantes, como as bordas em uma imagem, por exemplo, ou simplesmente permitem analisar imagens degradadas com ruído ou por eventuais distorções introduzidas na fase de aquisição a fim de processá-las tal que o efeito visual provocado por estes fatores seja minimizado.

Neste trabalho foi feito um estudo sobre algumas das principais técnicas de realce ou pré-processamento de imagens digitais como a limiarização, a equalização de histograma e algumas técnicas de filtragem espacial e para implementação dessas técnicas utilizou-se o *software* MATLAB como ferramenta computacional a fim de comprovar a eficácia dessas técnicas em cada imagem analisada.

A importância de estudar as técnicas de realce de imagens pode ser percebida pela forte relação entre o processamento digital de imagens e outras áreas como o estudo de Redes Neurais, Inteligência Artificial, Sensoriamento Remoto usando imagens de satélite e Imageamento Médico dentre outras.

6. REFERÊNCIAS

BATISTA, L. V. **Notas de Aula da Disciplina Introdução à Teoria da Informação**. 2005.

CARVALHO, A. A. **Fundamentação Teórica para Processamento Digital de Imagens**. 2003.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento de Imagens Digitais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. 2001.

CENTENO, T. M. **Limiarização de Imagens**. Disponível em:

<<http://www.cpgei.cefetpr.br/~mezzadri/PDI/Parte07.htm> Acesso em: 10 junho 2007.