

Processamento Digital de Imagens

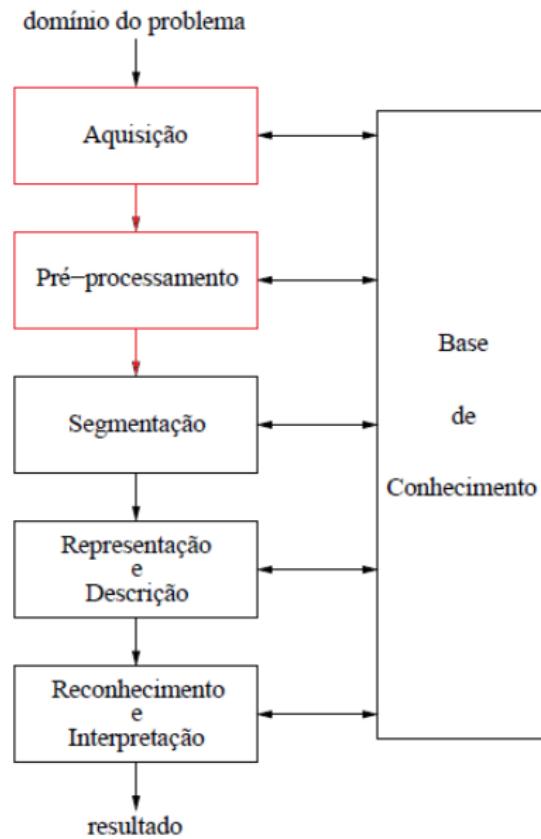
Profa. Flávia Magalhães Freitas Ferreira

PUC Minas

Unidade IV - Parte 1a - Realce de Imagens

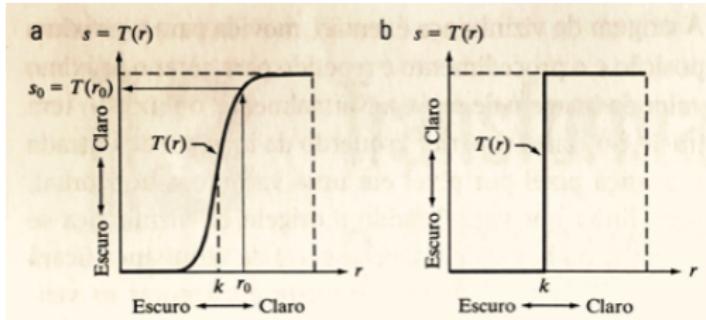
1 Operações pontuais: Transformações de Intensidade

Etapas do Processamento Digital de Imagens



Operações pontuais: Transformações de Intensidade

- Quando cada pixel da imagem de saída depende de apenas do pixel correspondente na imagem de entrada, temos uma operação pontual, chamada também de transformação de intensidade (ou transformação de níveis de cinza, ou função de mapeamento).
- Exemplos:
 - Função de alargamento de contraste e
 - Função de limiarização (ou ceifamento)



• Negativo Digital

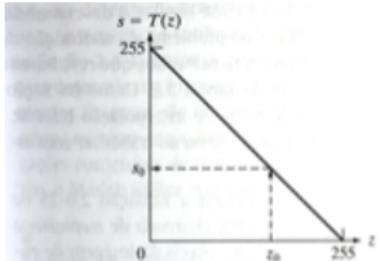


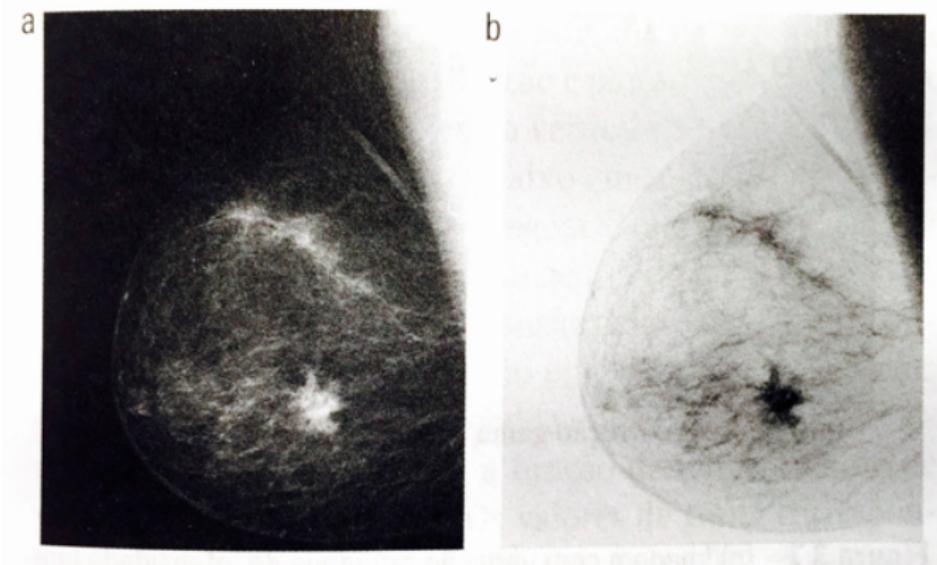
Figura 2.34 Função de transformação de intensidade utilizada para obter o negativo de uma imagem de 8 bits. As setas tracejadas mostram a transformação de um valor arbitrário de entrada com intensidade z_0 em um valor correspondente de saída s_0 .



$$v = L - u$$

para 8bpp, $L = 255$

- Negativo Digital



(a) Mamografia digital original
(b) Negativo digital

- **Transformações logarítmicas**

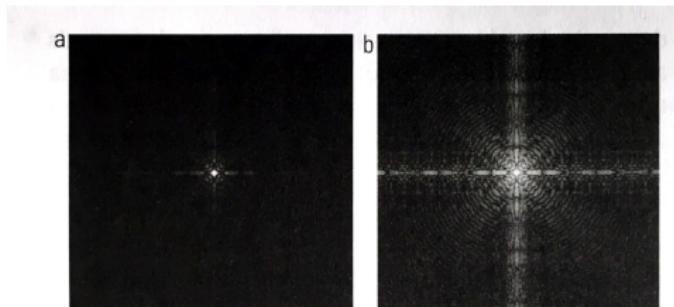
Utilizadas para realçar sinais com valores em escalas muito diferentes, como por exemplo, espectros de potência (espectros de Fourier)

$$s = c \log(1 + r), r \geq 0,$$

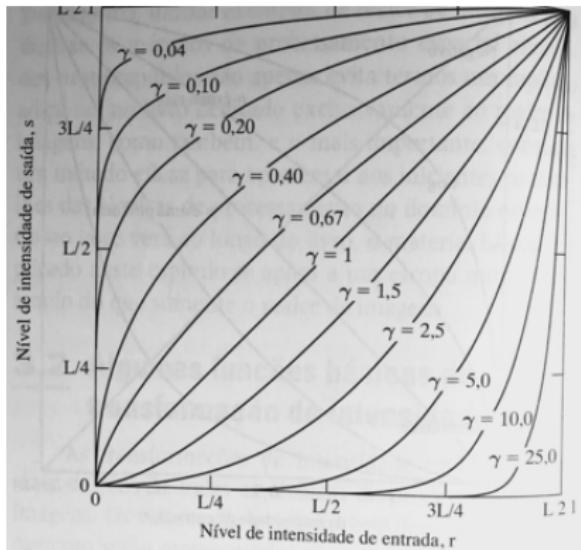
onde r é o nível de intensidade de entrada; s é o nível de intensidade de saída; c é constante

- **Exemplo de transformação logarítmica**

O exemplo mostra um espectro de Fourier com valores variando de 0 a $1,5 \times 10^6$. Quando esses valores são ajustados linearmente para serem exibidos em um monitor de 8 bits (através da constante c), produz-se uma imagem como em (a). Se antes da exibição, aplicarmos a transformação logarítmica acima com $c = 1$, a faixa de valores do resultado passa a ser de 0 a 6,18 e então, essa nova faixa é ajustada linearmente para ocupar a faixa de 0 a 255. Isso é realizado utilizando-se não $c = 1$, mas $c = \frac{255}{6,18} = 41,26$



- Transformações de potência

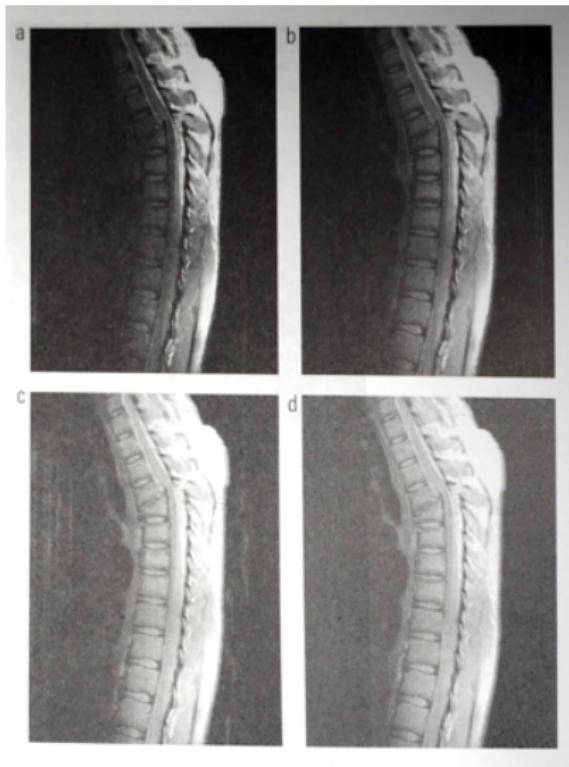


$s = cr^\gamma, r \geq 0$, onde r é o nível de intensidade de entrada; s é o nível de intensidade de saída; c e γ são constantes

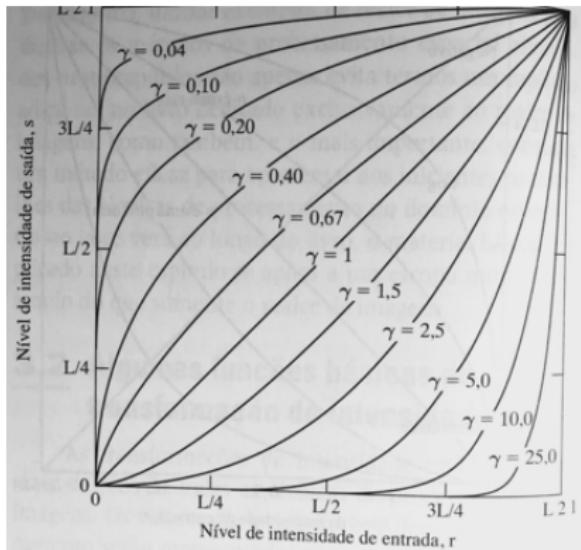
Operações pontuais: Transformações de Intensidade

- Exemplo de transformação de potência

O exemplo mostra: (a) uma imagem de ressonância magnética de uma coluna vertebral humana fraturada. De (b) a (d), resultados da aplicação da transformação de potência com $\gamma = 0.6, 0.4$ e 0.3 , respectivamente. A constante c é calculada para mapear o máximo valor de intensidade no valor desejado (todas as demais intensidades seguirão a mesma proporção).



- Transformações de potência



$s = cr^\gamma, r \geq 0$, onde r é o nível de intensidade de entrada; s é o nível de intensidade de saída; c e γ são constantes

- **Exemplo de transformação de potência**

Imagen original é predominantemente desbotada e então, uma compressão dos níveis de intensidade é desejável (gamas maiores que 1).

Resultado da aplicação da transformação de potência com $c = 1$ e $\gamma = 3, 4$ e 5 , respectivamente.



- Transformações de contraste

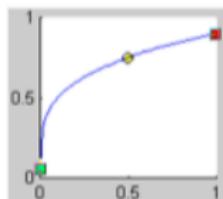
Original



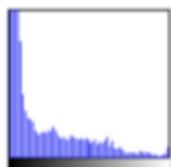
Realçada



Transformação
do contraste



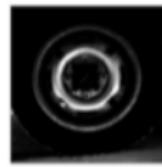
Histogramas



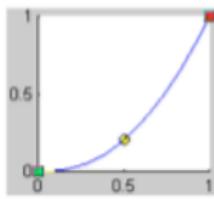
Original



Realçada



Transformação
do contraste



- **Transformações de contraste**

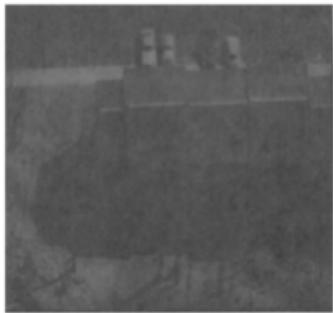
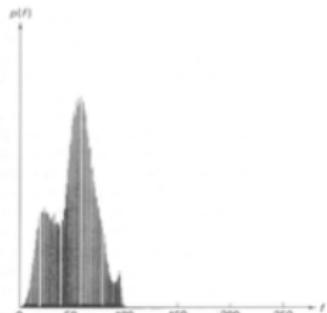
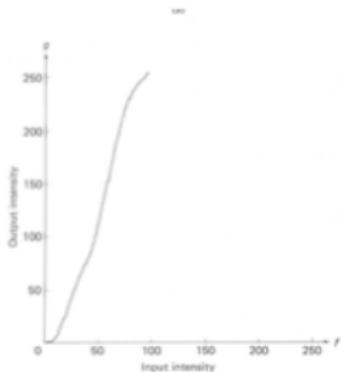


Imagen 512x512 original



Histograma da imagem original



Função de transformação

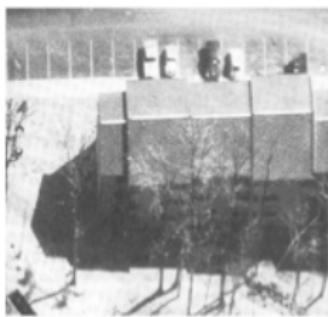
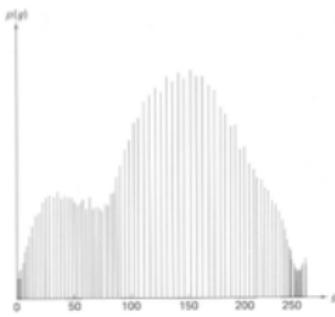


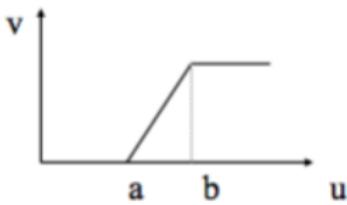
Imagen realçada



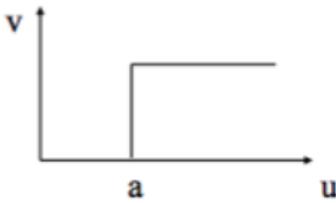
Histograma da imagem realçada

• Segmentação por Intensidade de Nível

- Para rejeitar ruído, quando se conhece a faixa de existência dos pixels da imagem.



- Ceifagem infinita: útil para páginas de texto, impressões digitais etc.



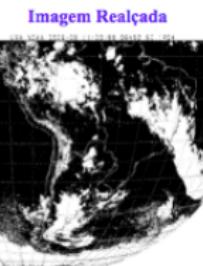
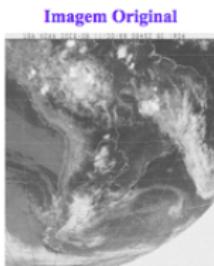
Operações pontuais: Transformações de Intensidade

• Segmentação por Intensidade de Nível

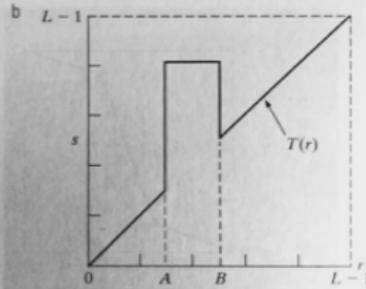
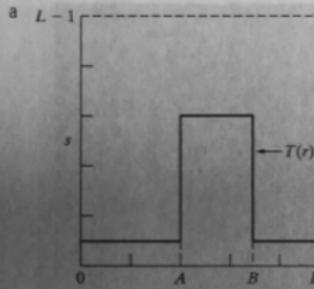
- Segmentação por intensidade de nível:

$$v = \begin{cases} L, & a \leq u \leq b \\ 0, & \text{cc} \end{cases} \quad (\text{sem fundo})$$

$$v = \begin{cases} L, & a \leq u \leq b \\ u, & \text{cc} \end{cases} \quad (\text{com fundo})$$



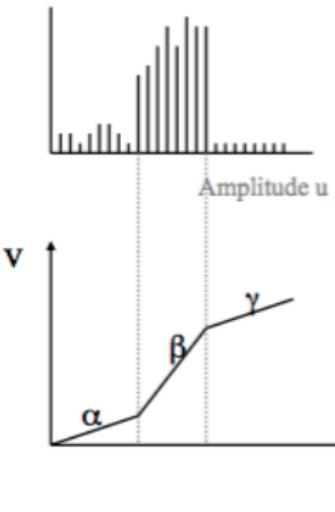
Ex.: mapa de temperaturas (níveis de cinza altos são regiões de baixa temperatura)



Em (a): Enfatiza a faixa de intensidade $[A, B]$ e reduz todas as outras intensidades a um nível mais baixo. Em (b): Enfatiza a faixa de intensidade $[A, B]$ e preserva todas as outras intensidades.

- Manipulação de Contrastos: Transformação linear por partes

HISTOGRAMA:

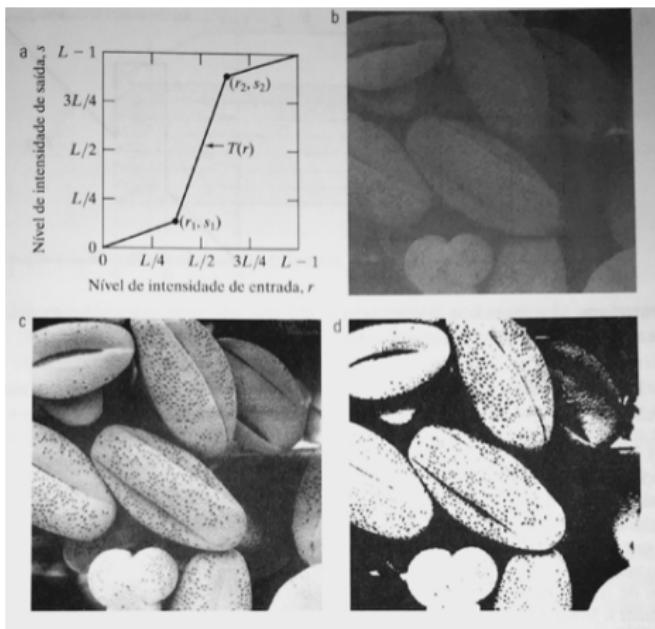


(iluminação ruim, ou faixa dinâmica insuficiente do sensor, ou configuração de abertura errada da lente, o que leva à perda de contraste)

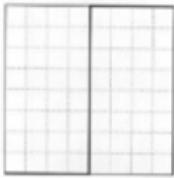
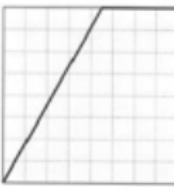
aumenta inclinação \rightarrow aumenta contraste

Operações pontuais: Transformações de Intensidades

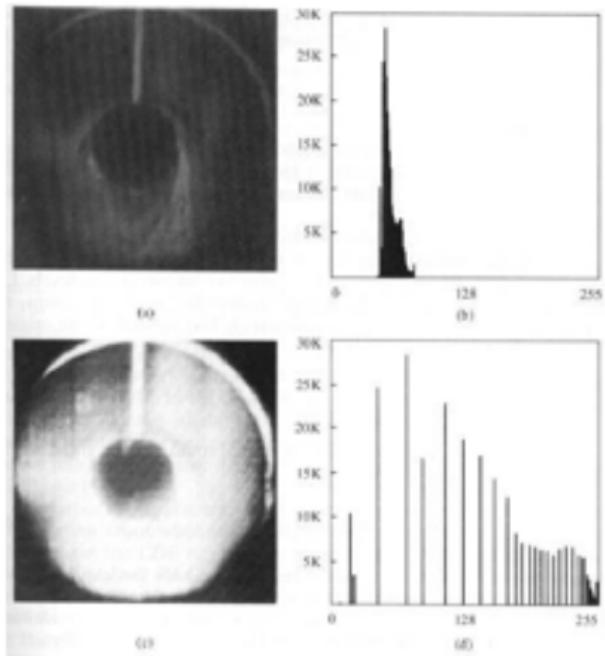
- Exemplo: alargamento de contraste e limiarização (a) Forma da função de transformação; (b) Imagem de baixo contraste; (c) Resultado do alargamento de contraste; (d) Resultado da limiarização



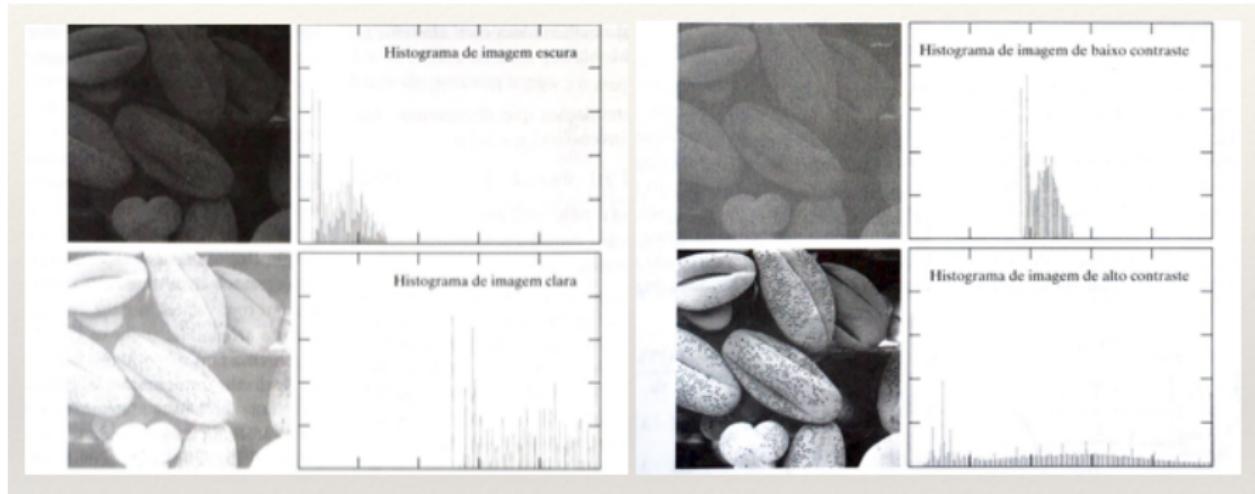
Operações pontuais: Transformações de Intensidade



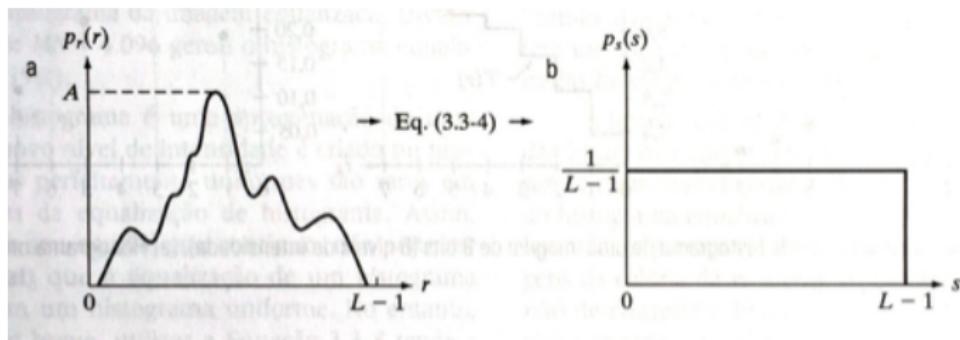
- Equalização de Histograma



- Equalização de Histograma



- Equalização de Histograma



- (a) pdf (probability density function) arbitrária da intensidade r ;
(b) Resultado da equalização de histograma. A pdf das intensidades em s é uniforme, independente da pdf das intensidades em r . Contudo, essa equalização perfeita só é possível para sinais contínuos.

• Equalização de Histograma

Objetivo: obter uma imagem com histograma uniforme.

Considere um pixel de imagem $u \geq 0$ como uma variável aleatória com densidade de probabilidade contínua $p_u(U)$ e distribuição de probabilidade $F_u(U) = P[u \leq U]$. Então a variável aleatória

$$v = F_u(U) = P[u \leq U] = \int_0^U p_u(x) dx \quad ; \text{ se } v = F_u(U) \Rightarrow u = F_u^{-1}(V)$$

v será uniformemente distribuída em $(0,1)$, pois:

$$F_v(V) = P[v \leq V] = P[u \leq F_u^{-1}(V)] = F_u(F_u^{-1}(V)) = V$$

$$\Rightarrow F_v(V) = V, \text{ em que } 0 \leq V \leq 1$$

(já que uma FDP é sempre não decrescente, assumindo valores entre 0 e 1)

$$\Rightarrow p_v(V) = \frac{dF_v(V)}{dV} = 1$$

Isso significa que v é uniformemente distribuída no intervalo $(0,1)$

• Equalização de Histograma

Para implementar essa transformação em imagens digitais, suponha que a entrada u possa apresentar L níveis de cinza x_i , $i=0,1,2,\dots,L-1$ com probabilidades $P_u(x_i)$ determinadas a partir do histograma.

$$P_u(x_i) = \frac{h(x_i)}{\sum_{i=0}^{L-1} h(x_i)}, \quad i = 0, 1, \dots, L-1$$

($h(x_i)$ é o número de pixels com nível de cinza x_i)

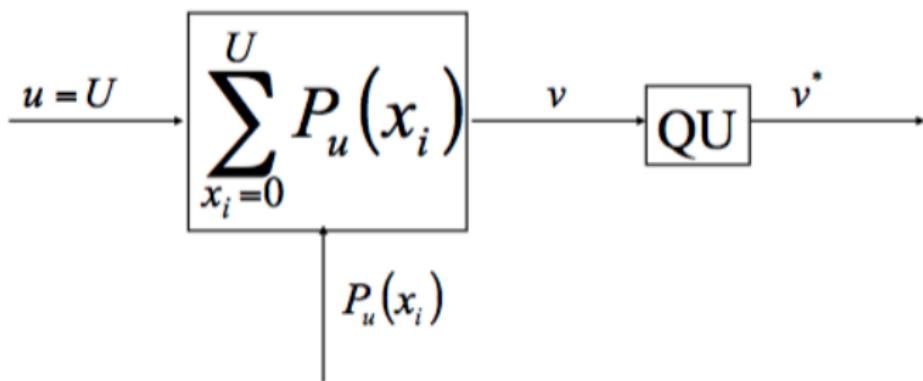
$$v = F_u(U) = P[u \leq U] = \sum_{x_i=0}^U P_u(x_i) \quad (I)$$

Seja QU um quantizador uniforme com L níveis:

$$QU: v^* = \text{Int}\left[\frac{v - v_{\min}}{1 - v_{\min}}(L-1) + 0,5\right], \quad v_{\min} \leq v \leq 1 \Rightarrow 0 \leq v^* \leq L-1$$

(v_{\min} é o menor valor positivo de v obtido através de (I))

- Equalização de Histograma



• Equalização de Histograma

Ex.: $L = 256$, $P(50) = 0.4$, $P(100) = 0.5$, $P(150) = 0.1$

Demais níveis com probabilidade zero.

$$v = F_u(U) = P[u \leq U] = \sum_{x_i=0}^U P_u(x_i)$$

$$u_0 = 50 \rightarrow v_0 = \sum_{u_i=0}^{50} P_u(u_i) = 0,4$$

$$u_1 = 100 \rightarrow v_1 = \sum_{u_i=0}^{100} P_u(u_i) = 0,4 + 0,5 = 0,9$$

$$u_2 = 150 \rightarrow v_2 = \sum_{u_i=0}^{150} P_u(u_i) = 0,4 + 0,5 + 0,1 = 1$$

$$QU: v^* = \text{Int}\left[\frac{v - v_{\min}}{1 - v_{\min}} (L - 1) + 0,5\right], v_{\min} = 0,4$$

$$v_0^* = \text{Int}\left[\frac{0,4 - 0,4}{1 - 0,4} (255) + 0,5\right] = 0$$

$$v_1^* = \text{Int}\left[\frac{0,9 - 0,4}{1 - 0,4} (255) + 0,5\right] = 213$$

$$v_2^* = \text{Int}\left[\frac{1 - 0,4}{1 - 0,4} (255) + 0,5\right] = 255$$

Operações pontuais: Transformações de Intensidade

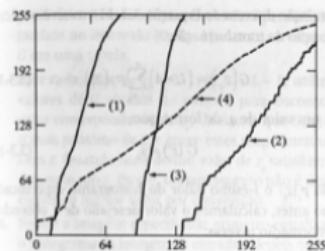
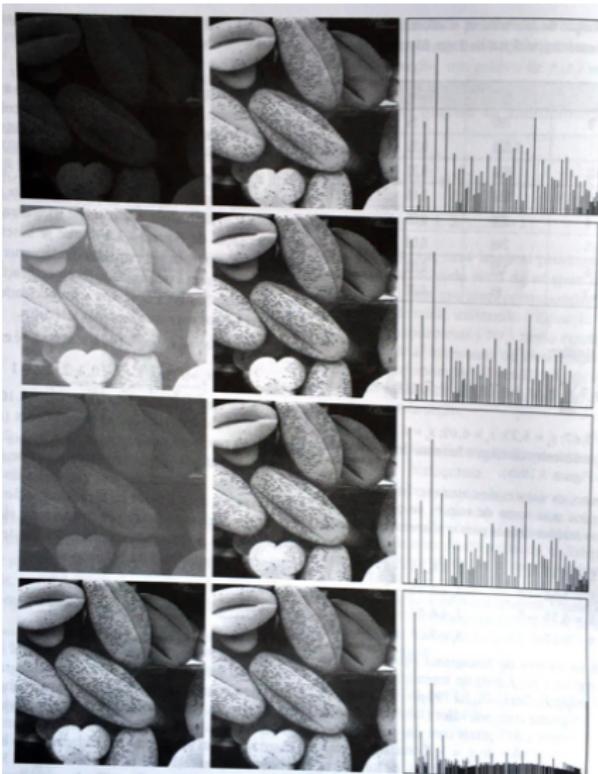
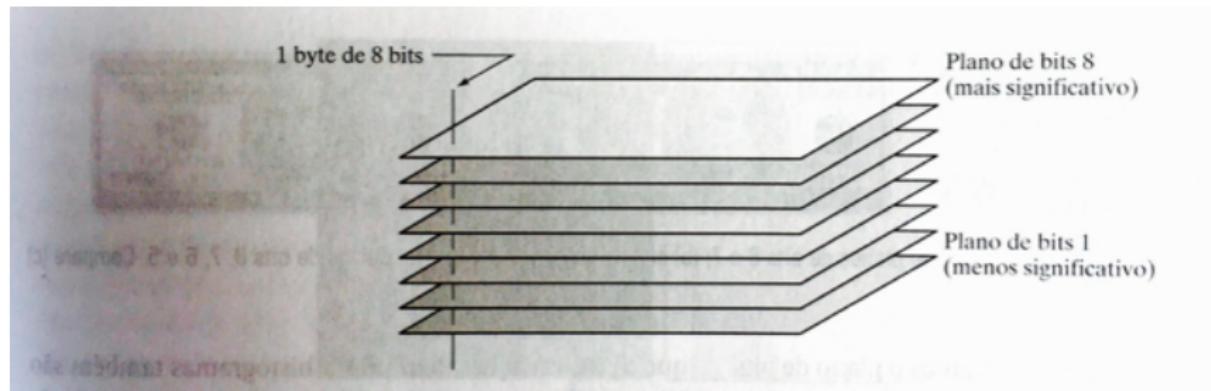
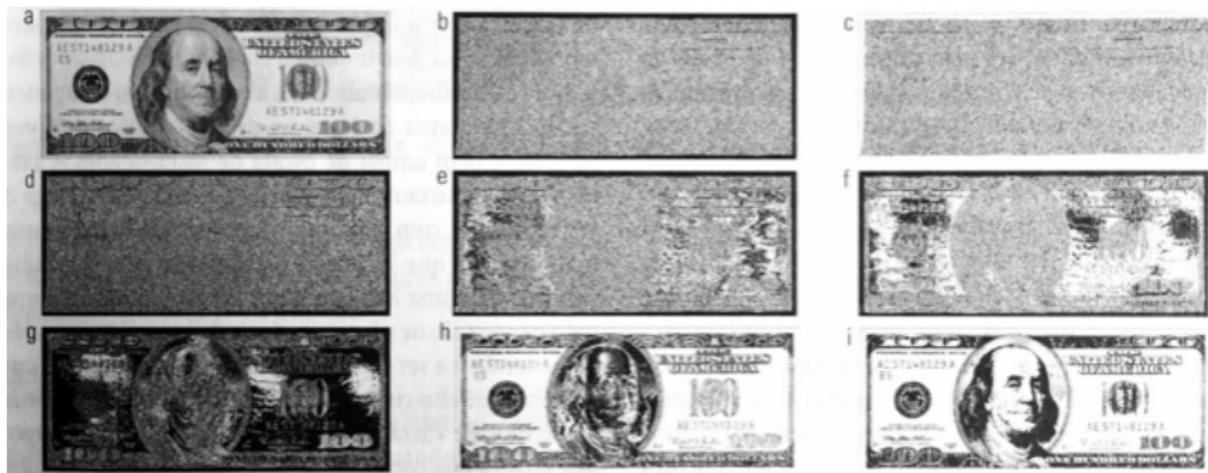


Figura 3.21 Funções de transformação para a equalização de histograma. As transformações de (1) a (4) foram obtidas a partir dos histogramas das imagens (de cima para baixo) na coluna esquerda: Figura 3.20 utilizando a Equação 3.3-8.

- Fatiamento por Planos de Bits



- Fatiamento por Planos de Bits



(a): Imagem em tons de cinza com 8 bits; (b) a (i): Planos de bits de 1 a 8, sendo que o plano 1 corresponde ao bit menos significativo. Cada plano de bits é uma imagem binária.

- Fatiamento por Planos de Bits



- (a) Imagem reconstruída com planos de bits 8, 7.
- (b) Imagem reconstruída com planos de bits 8, 7, 6.
- (c) Imagem reconstruída com planos de bits 8, 7, 6, 5.