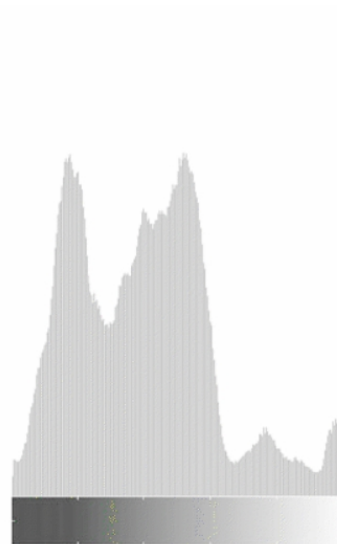


Histograma de uma imagem

Histograma, o versátil:

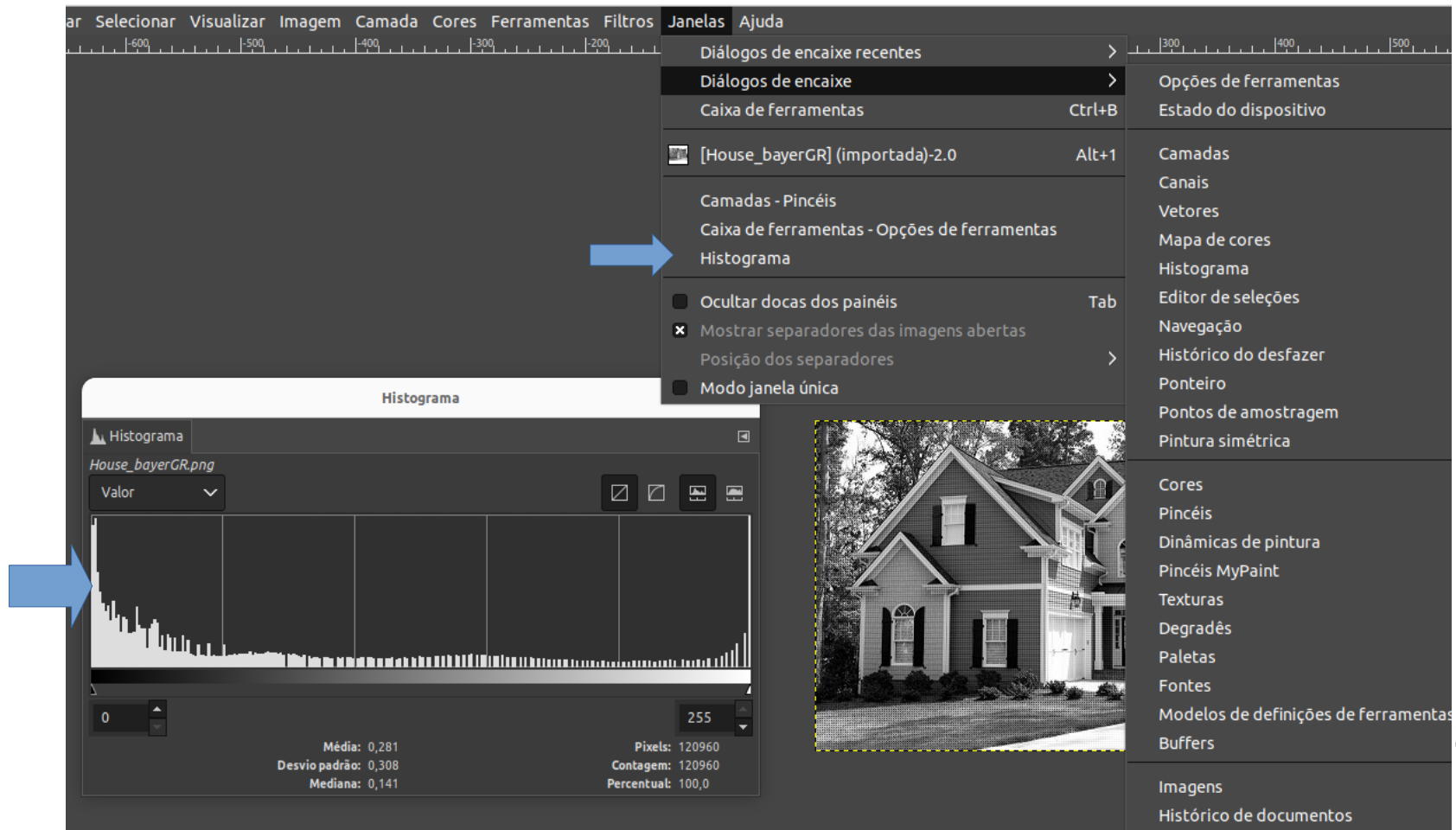
- É um gráfico da frequência relativa de ocorrência de cada um dos valores de pixel permitidos na imagem em função dos próprios valores.

```
inicializar todas as entradas da matriz histograma como zero  
cada pixel  $I(i, j)$  na imagem  $I$   
    histogram ( $I(i, j)$ ) = histogram( $I(i, j)$ ) + 1  
end
```



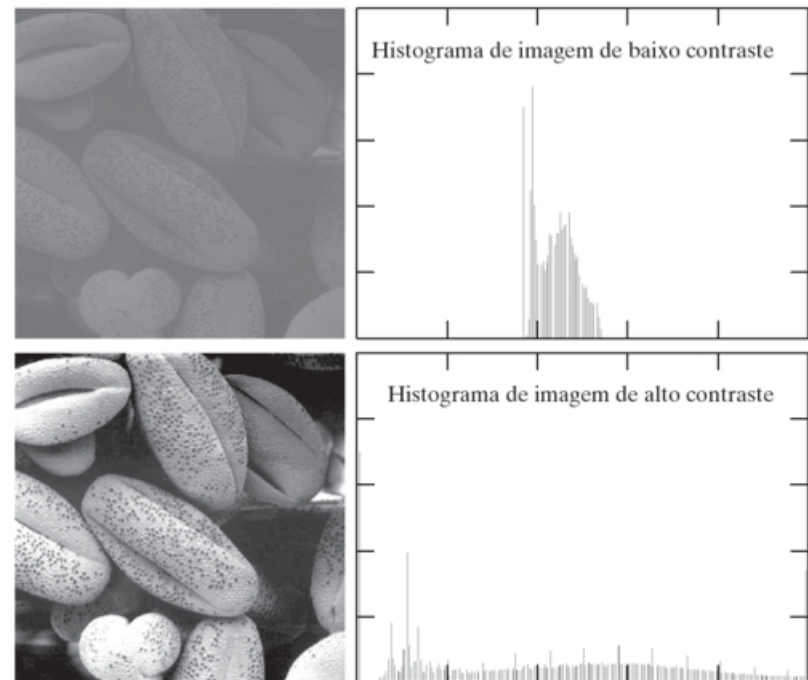
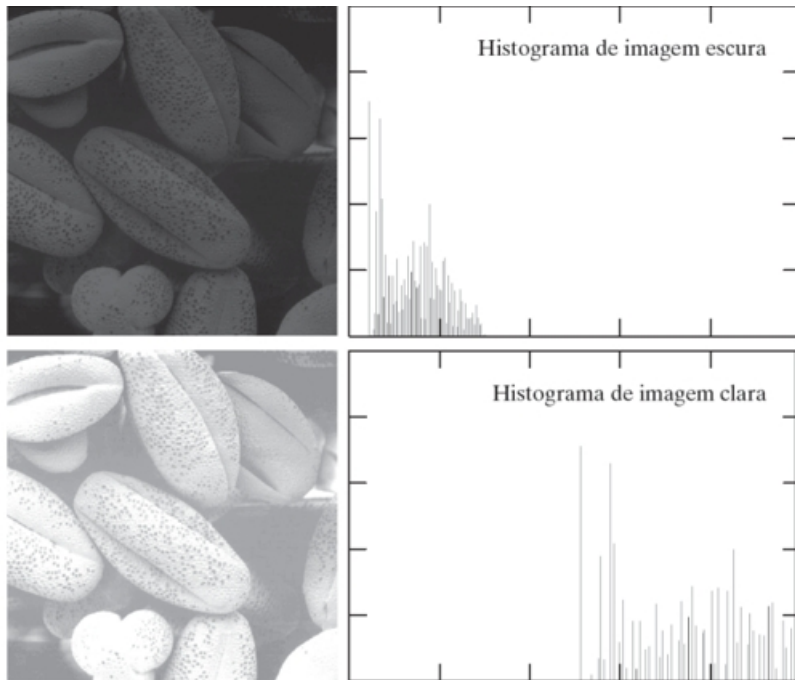
Histograma, o versátil:

- No histograma normalizado, a soma total de todas as entradas de frequência na faixa permitida é unitária.
- Corresponde a uma função densidade de probabilidade discreta, que define a probabilidade de ocorrência de um determinado valor de pixel na imagem.
- Exemplo do Gimp:



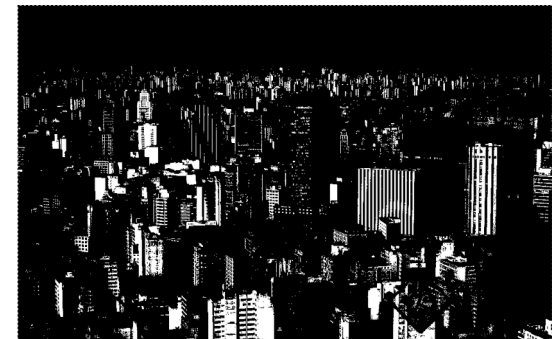
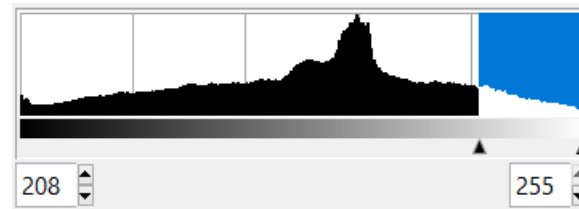
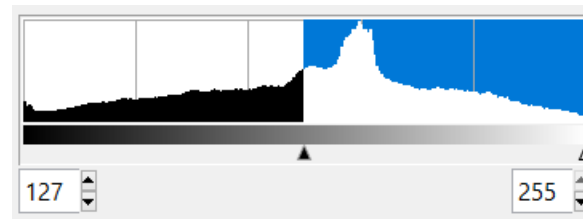
Histograma na determinação do perfil de contraste:

- A inspeção visual de um histograma de imagem pode revelar o contraste básico presente na imagem, assim como qualquer diferença potencial nas distribuições de cores de componentes da cena na frente e no fundo da imagem.



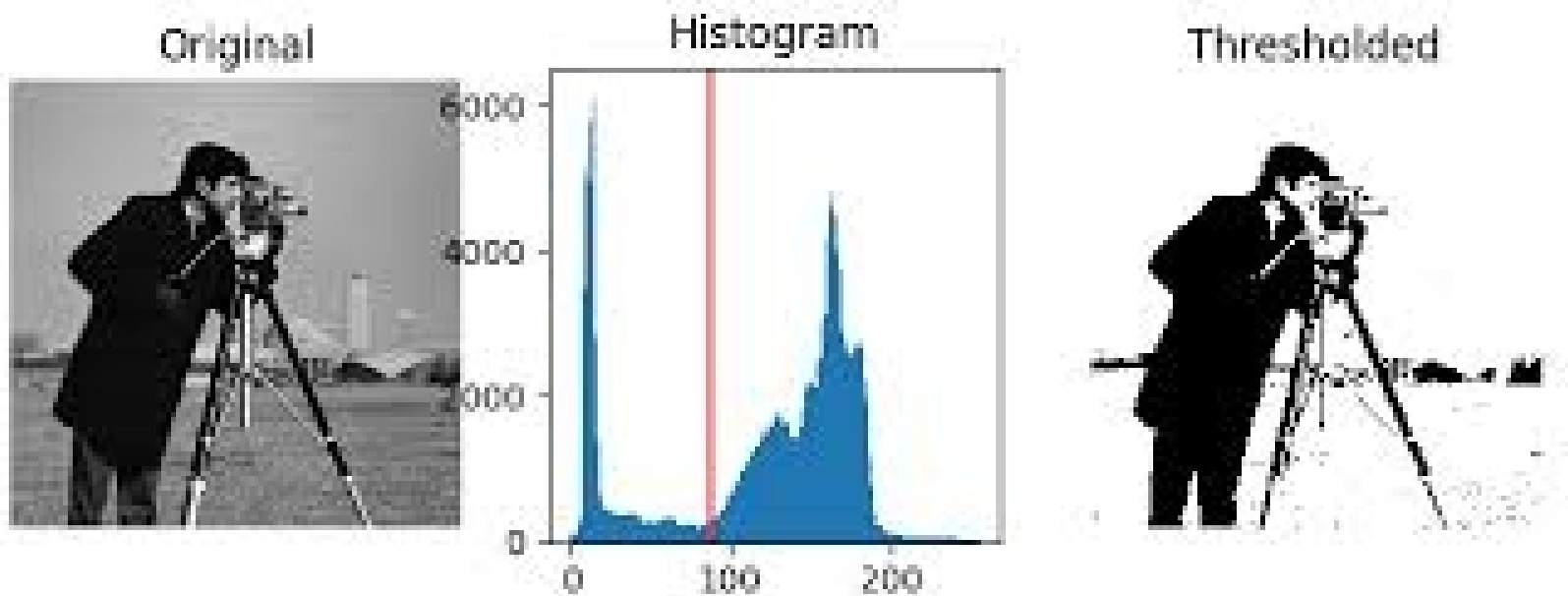
Histograma na determinação de limiar para operar pixels

- Determinação do limiar com base na inspeção do histograma:



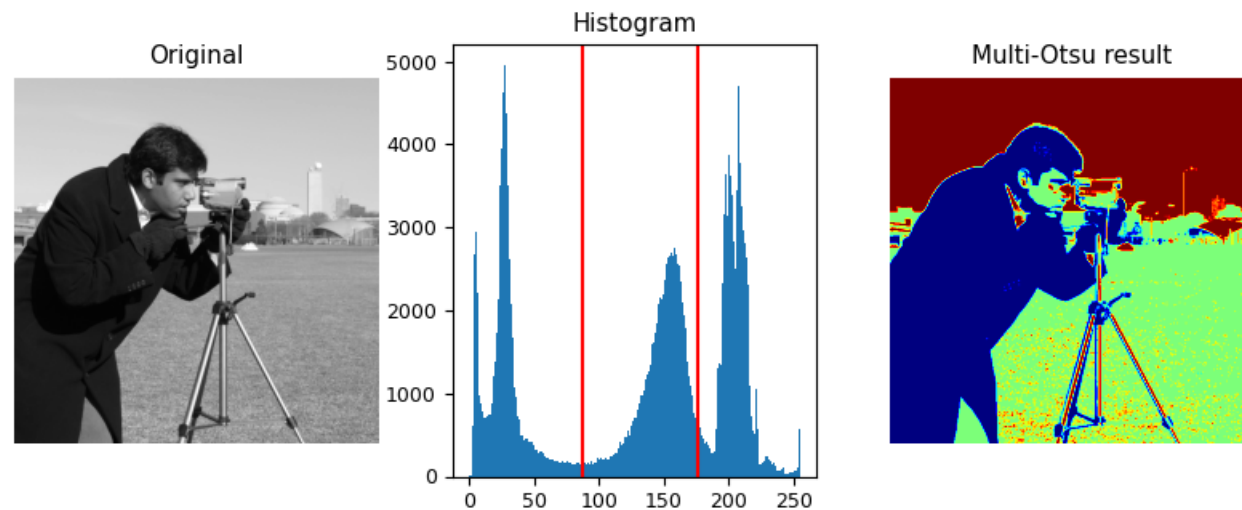
Histograma na determinação de limiar para operar pixels

- Determinação do limiar com base no histograma:
 - Em geral, cenas com distribuições bimodais claras se prestam melhor à aplicação de limiar;
 - Seleciona-se um valor de limiar entre os dois picos do histograma, com isso é possível segmentar a imagem em duas classes de regiões: o fundo e a frente/forma da imagem (região de interesse).



Análise automática de histograma na determinação de limiar

- Um método simples para a determinação de limiar baseado na análise automática de histograma é o Isodata (você encontrará a descrição do Isodata no arquivo Isodata_v1.pdf no Moodle de PIM)
- Um outro método mais sofisticado e muito utilizado é Otsu. Nesse caso o método escolhe o valor de limiar que minimiza a variância estatística interclasse dos pixels preto e branco resultantes da aplicação de limiar (descrição: AQUI);
- Há versões de Otsu para determinação de múltiplos limiares:



https://scikit-image.org/docs/dev/auto_examples/segmentation/plot_multiotstu.html

- Atenção: cenas mais complexas exigem a combinação de técnicas para a segmentação de imagens;

Transformações de intensidade

Transformação de intensidade

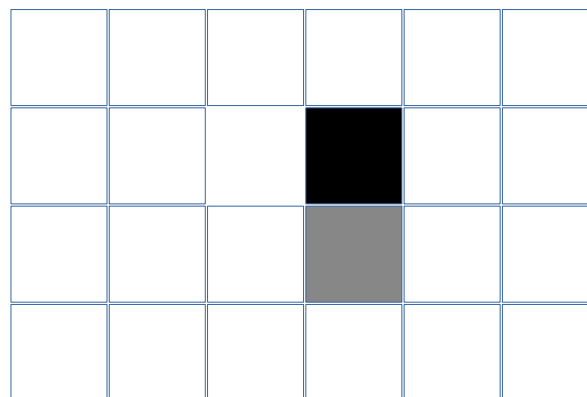
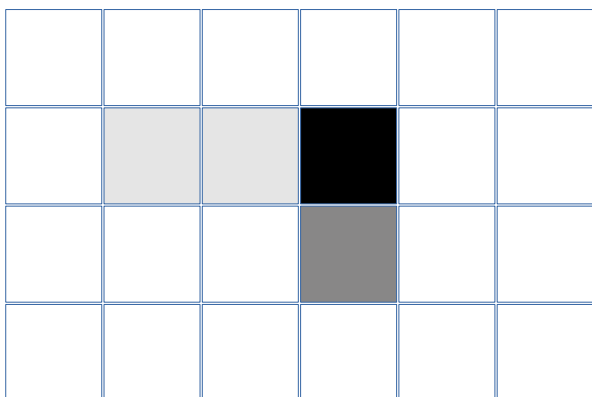
- Operação simples que mapeia o valor de um pixel da imagem de entrada no valor do pixel correspondente na imagem de saída:

$$I_{saida}(i, j) = T(I_{entrada}(i, j))$$

- Os exemplos mais simples:
 - limiar (*thresholding*): separa/segmenta região(ões) ou objeto(s) em uma imagem com base nos valores de pixel.
 - Os valores de pixel são selecionados dependendo se estão acima ou abaixo de um valor de limiar (ou eventualmente em um intervalo).

- A aplicação de limiar (*thresholding*):

$$I_{saida}(i, j) = T(I_{entrada}(i, j))$$

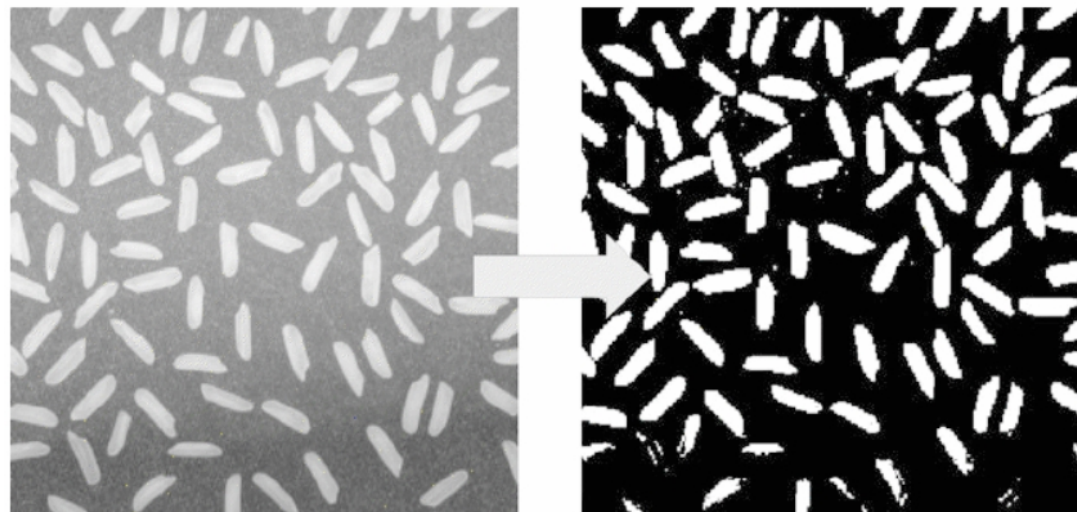
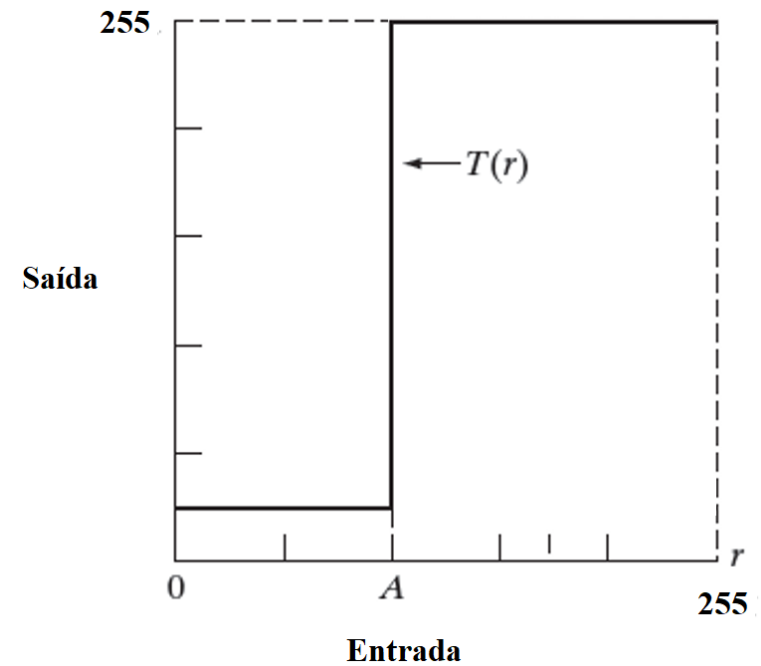


Aplicação de Limiar

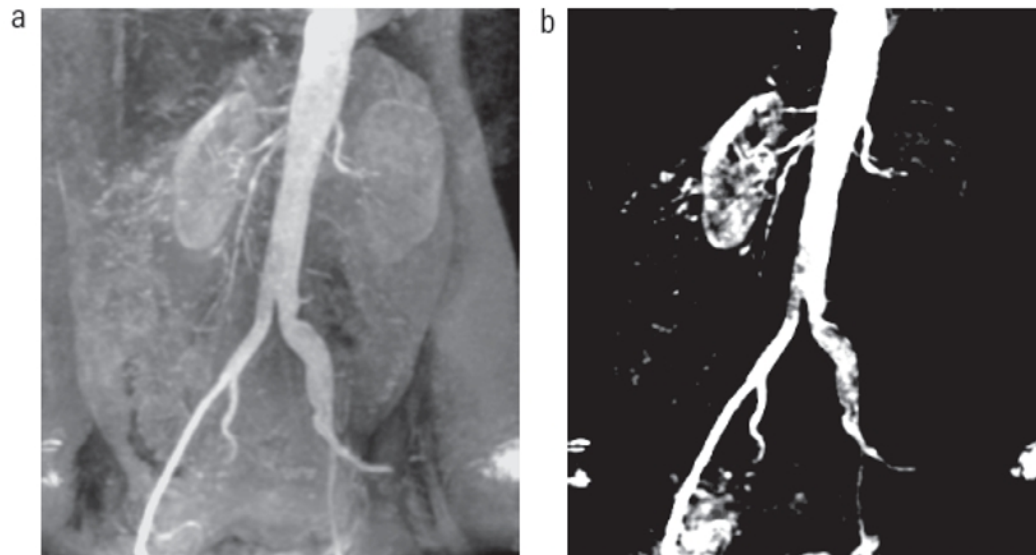
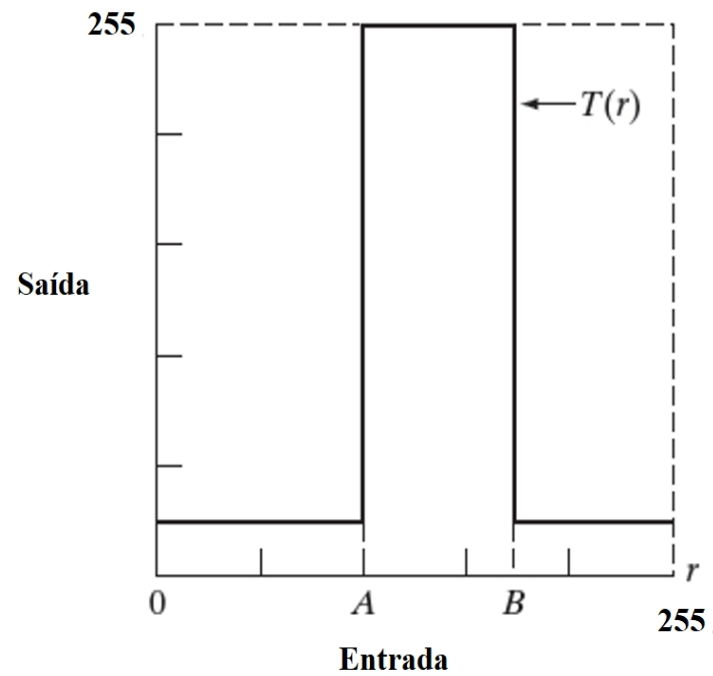
Em sua forma básica, a aplicação de limiar funciona da seguinte maneira:

```

cada pixel  $I(i,j)$  na imagem  $I$ 
  if  $I(i,j) > \text{limiar}$ 
     $I(i,j) = 1$ 
  else
     $I(i,j) = 0$ 
  end
end
```



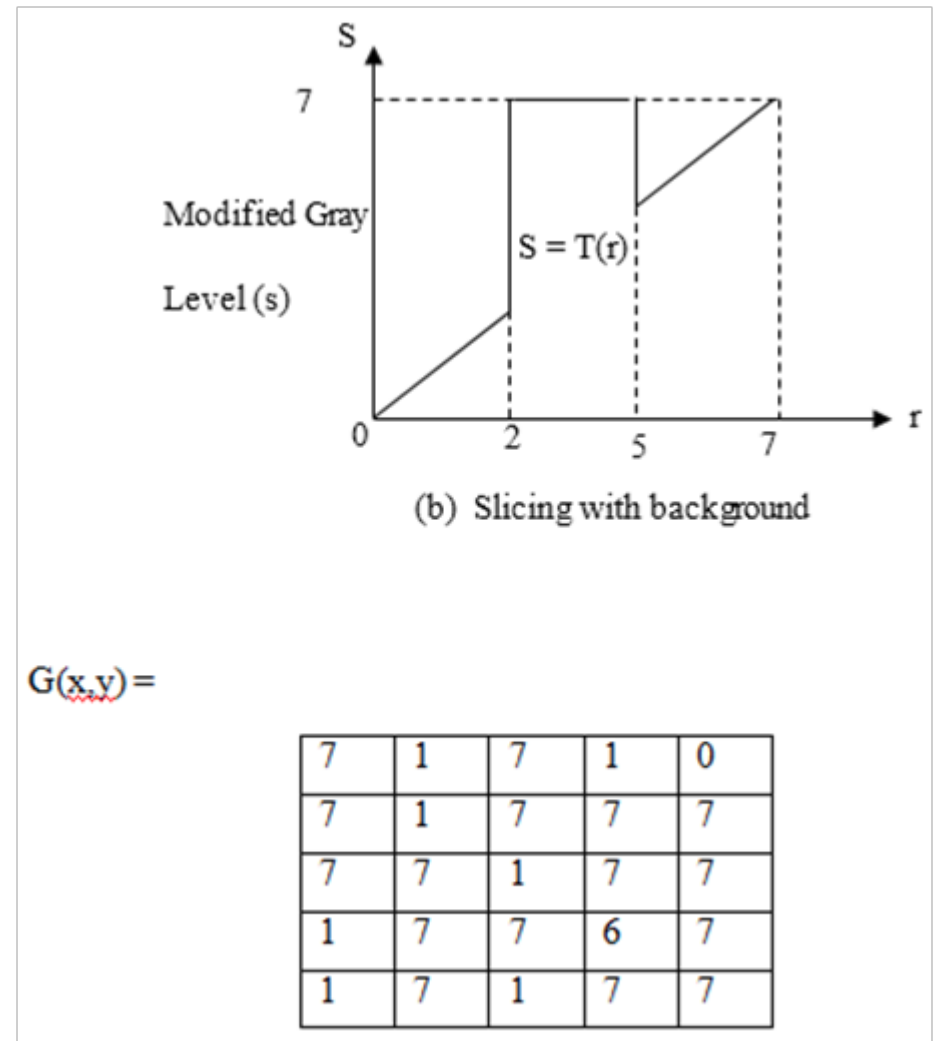
Fatiamento (Slicing): uma “adaptação” da aplicação de limiar.



Outro exemplo da técnica de “Slicing”:

I =

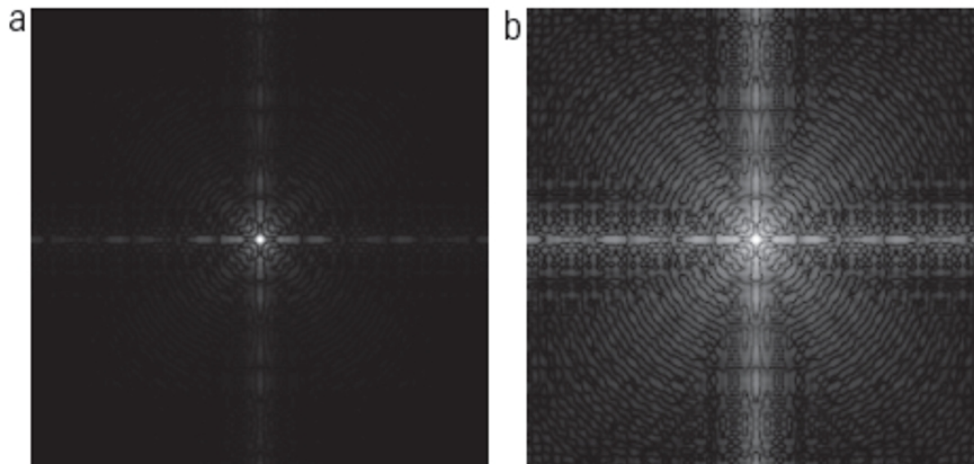
2	1	2	1	0
7	1	4	3	2
2	4	1	3	7
1	3	4	6	3
1	4	1	3	4



Saida

Outras transformações de intensidade

- A faixa dinâmica de uma imagem (ou de uma região da imagem) é a diferença entre os valores mínimo e máximo de pixel na imagem (ou região);
- A faixa dinâmica tem relação com o contraste entre pixels;
- A faixa dinâmica de uma imagem pode ser manipulada (comprimida ou ampliada) com a substituição de cada valor de pixel da imagem por uma transformação adequada de intensidade;
- Essas transformações são usadas principalmente para melhorar o contraste da imagem;

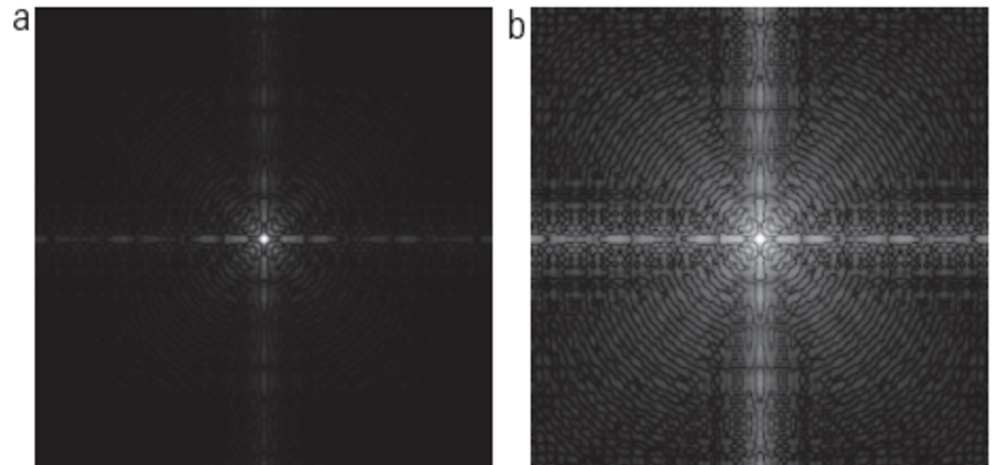
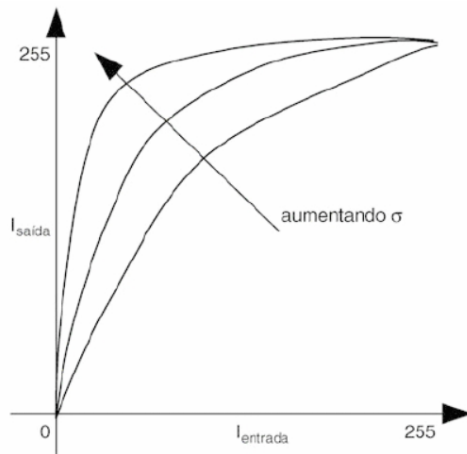


Outras transformações de intensidade

- Existem várias funções de transformação que podem ser aplicadas nesse sentido,
- Por exemplo: o efeito da transformação **logarítmica** é aumentar a faixa dinâmica (realce) de regiões escuras na imagem e reduzir a faixa dinâmica em regiões claras

$$I_{saída}(i, j) = c + \ln(1 + (e^{\sigma} - 1) I_{entrada}(i, j))$$

- $I(i, j)$ é o valor de um pixel em uma posição (i, j) na imagem I ;
- A função $\ln()$ representa o logaritmo natural;
- σ controla a transformação da faixa dinâmica, o fator c ajusta a saída ao intervalo de quantização da imagem de 0 a 255



Transformações de intensidade

- O efeito da transformação logarítmica é aumentar a faixa dinâmica (realce) de regiões escuras na imagem e reduzir a faixa dinâmica em regiões claras:

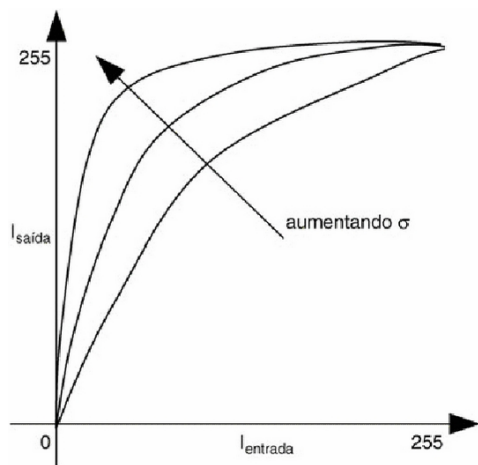


Figura 3.6 Transformação Logarítmica: A variação do parâmetro σ altera o gradiente da função logarítmica usada para transformar a entrada na saída.

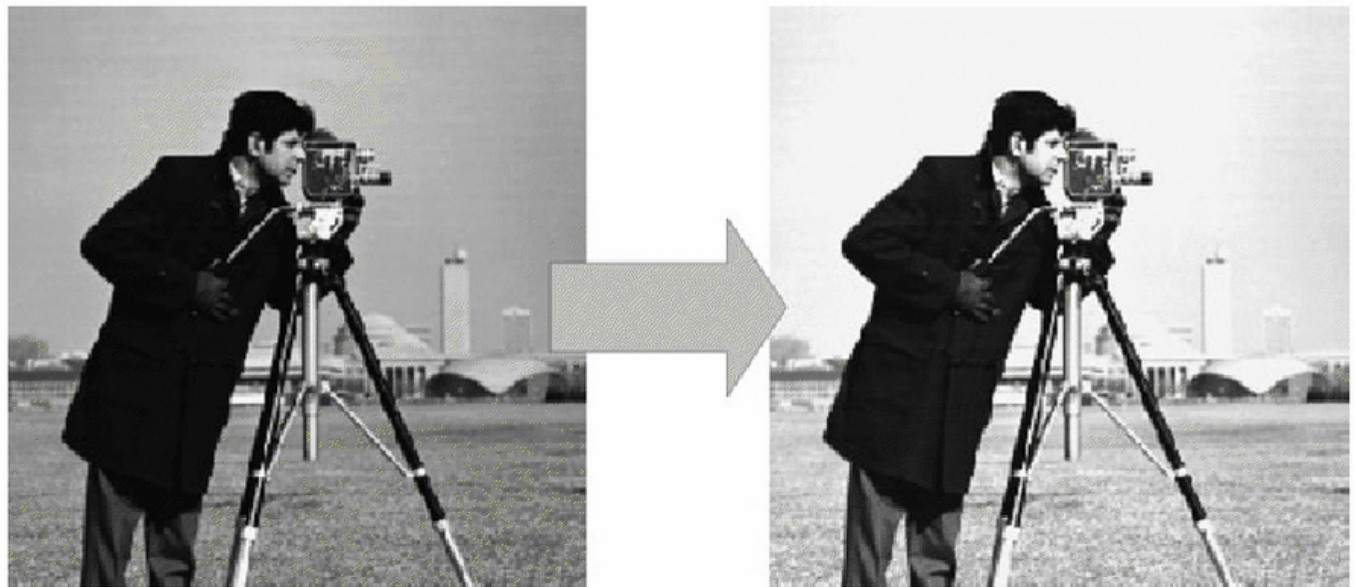


Figura 3.7 Aplicação da transformação logarítmica a uma imagem.

$$I_{saída}(i, j) = c + \ln(1 + (e^{\sigma} - 1)I_{entrada}(i, j))$$

Transformação exponencial

- A transformação exponencial é a inversa da transformação logarítmica.
- Agora, a função de mapeamento é definida pela base e elevada à potência do valor do pixel de entrada: $I(i, j)$ é o valor de pixel na posição (i, j) , na imagem I .
- Essa transformação realça detalhes nas regiões de alta intensidade na imagem (regiões claras) e reduz a faixa dinâmica das regiões de baixa intensidade (regiões escuras) – efeito oposto ao da transformação logarítmica. A escolha da base depende do grau desejado de compressão da faixa dinâmica.

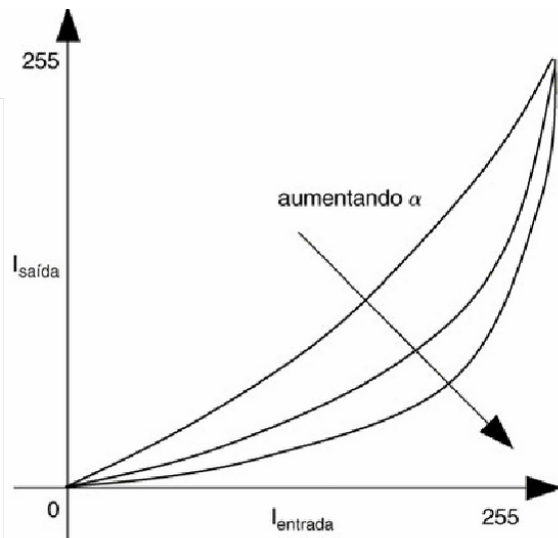


Figura 3.8 Transformação Exponencial: A variação do parâmetro α altera o gradiente da função exponencial usada para transformar a entrada na saída.

$$I_{\text{saída}}(i, j) = c \left((1 + \alpha)^{I_{\text{entrada}}(i, j)} - 1 \right)$$

Transformações de intensidade

Quadro geral:
(Gonzalez e Woods)

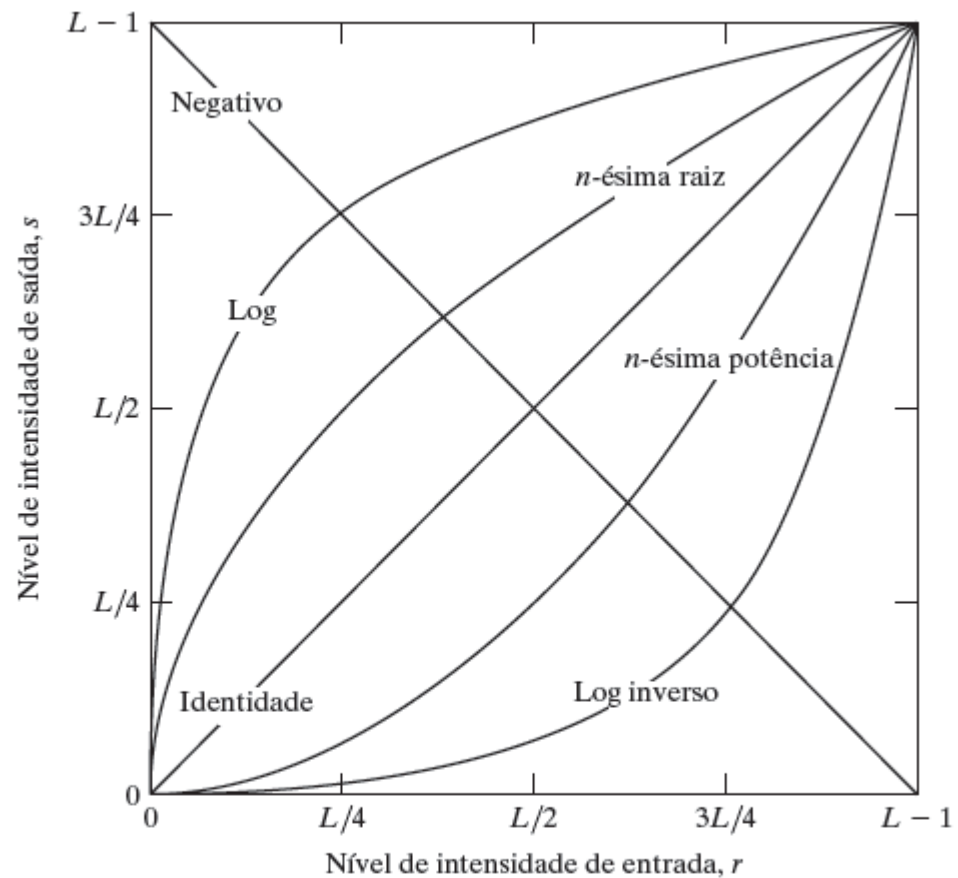
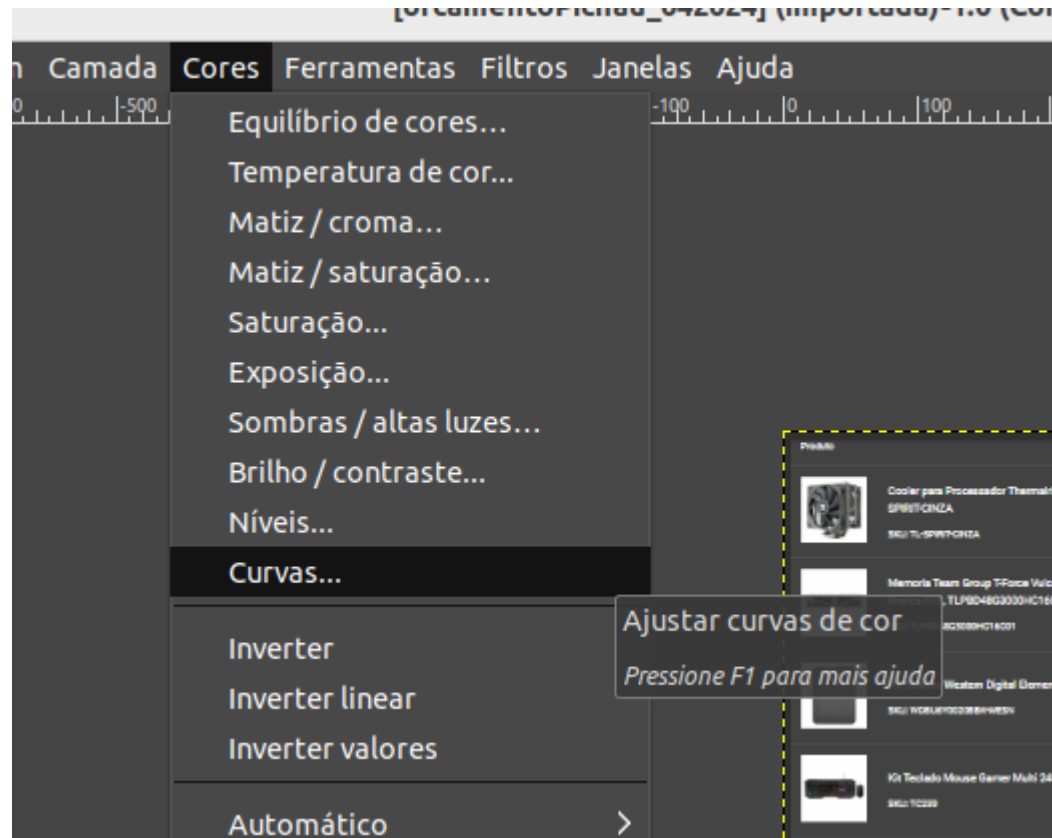
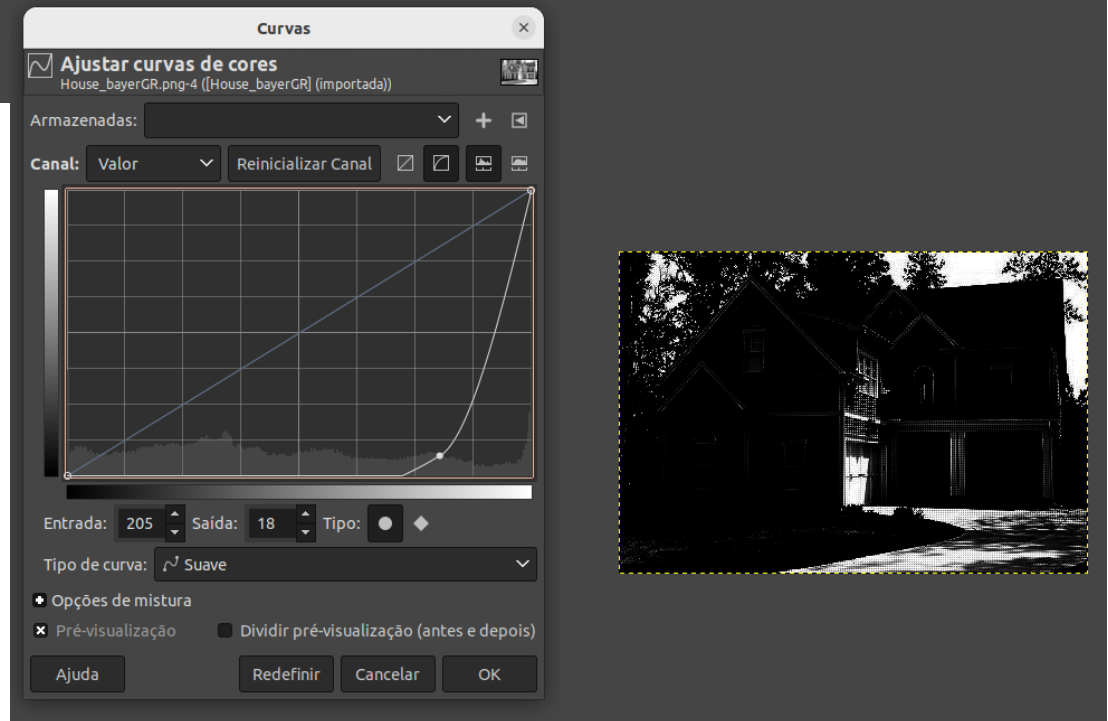
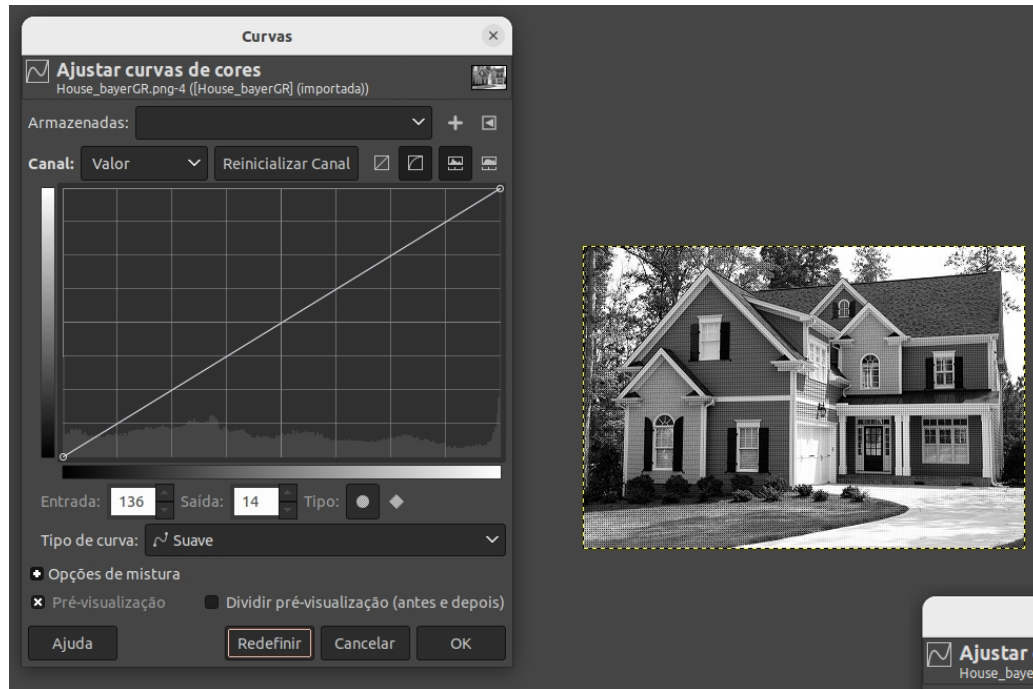


Figura 3.3 Algumas funções básicas de transformação de intensidade. Todas as curvas foram ajustadas para o intervalo mostrado.

O aplicativo Gimp implementa uma ferramenta gráfica para a definição manual de diferentes funções de transformação:



O aplicativo Gimp implementa uma ferramenta gráfica para a definição da função de transformação:



Equalização de histograma

Realce de contraste por equalização de histograma:

- A transformação é “extraída” automaticamente da própria na imagem;
- O objetivo da transformação é produzir uma maior uniformidade na distribuição de frequências de tons de cinza no histograma;
- Isso melhora o contraste geral da imagem.

A figura (b) mostra a função de transformação $T(f)$ e a figura (c) mostra a função densidade $p_g(g)$.

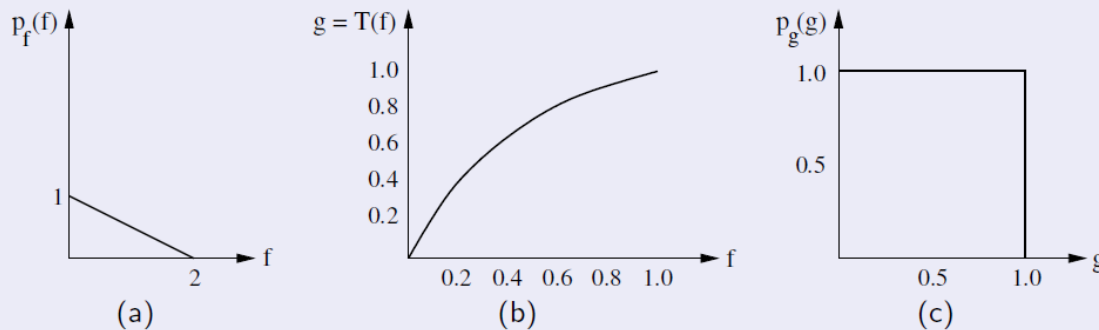
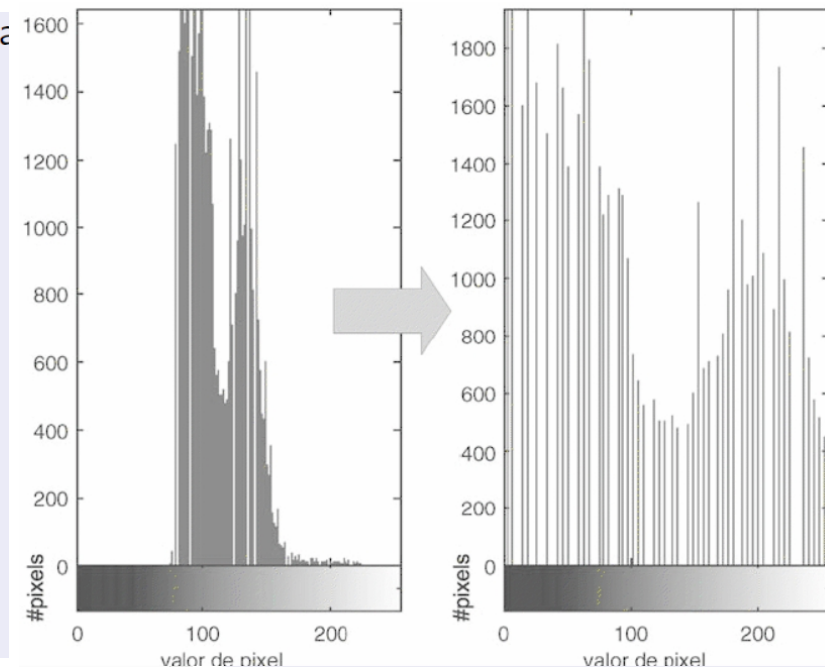


Figura : Método de transformação por densidade uniforme. (a) função de densidade de probabilidade original; (b) função de transformação; (c) densidade uniforme.



Equalização de histograma

- A função de transformação procurada é baseada na função distribuição acumulada de probabilidade;
- Utilizando um exemplo do livro do Hélio Pedrini:
 - Imagem com **$n=19521$** pixels (largura * altura);
 - 8 níveis de intensidade de 0 a 7;
 - O nível máximo $L_{\max} = 7$;

(Passo 1) Suponha que o histograma dessa imagem seja o seguinte:

Nível de cinza (k)	0	1	2	3	4	5	6	7
Quantidade de pixels (n_{fk})	1314	3837	5820	4110	2374	921	629	516

Equalização de histograma

- A função de transformação procurada é baseada na função distribuição acumulada de probabilidade;
- Utilizando um exemplo do livro do Hélio Pedrini:
 - Imagem com **n=19521** pixels (largura * altura);
 - 8 níveis de intensidade de 0 a 7;
 - O nível máximo $L_{\max} = 7$;

(Passo 2) Normalize o histograma (n_{fk}/n) calculando a distribuição de probabilidades dos tons de cinza:

	0	1	2	3	4	5	6	7
Quantidade de pixels (n_{fk})	1314	3837	5820	4110	2374	921	629	516
n_{fk}/n	0,067	0.197	0.298	0.211	0.122	0.047	0.032	0.026

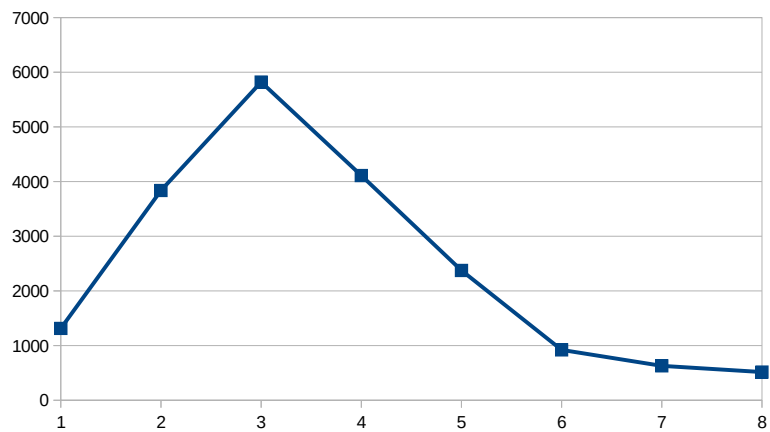
Equalização de histograma

- A função de transformação procurada é baseada na função distribuição acumulada de probabilidade;
- Utilizando um exemplo do livro do Hélio Pedrini:
 - Imagem com $n=19521$ pixels (largura * altura);
 - 8 níveis de intensidade de 0 a 7;
 - O nível máximo $L_{\max} = 7$;
- Normalizar o histograma (n_{fk}/n) calculando a distribuição de probabilidades dos tons de cinza

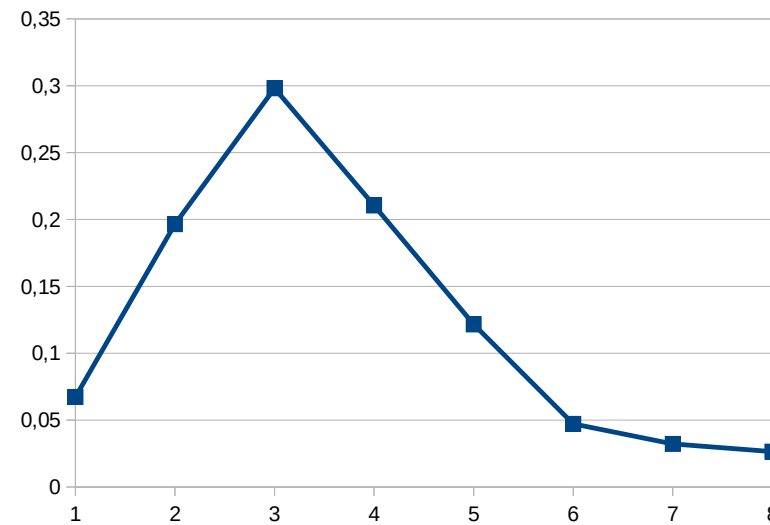
(Passo 3) Calcular a probabilidade acumulada (g_k):

	0	1	2	3	4	5	6	7
Quantidade de pixels (n_{fk})	1314	3837	5820	4110	2374	921	629	516
n_{fk}/n	0,067	0.197	0.298	0.211	0.122	0.047	0.032	0.026
g_k	0,067	0,294	0,562	0,773	0,895	0,942	0,974	1.0

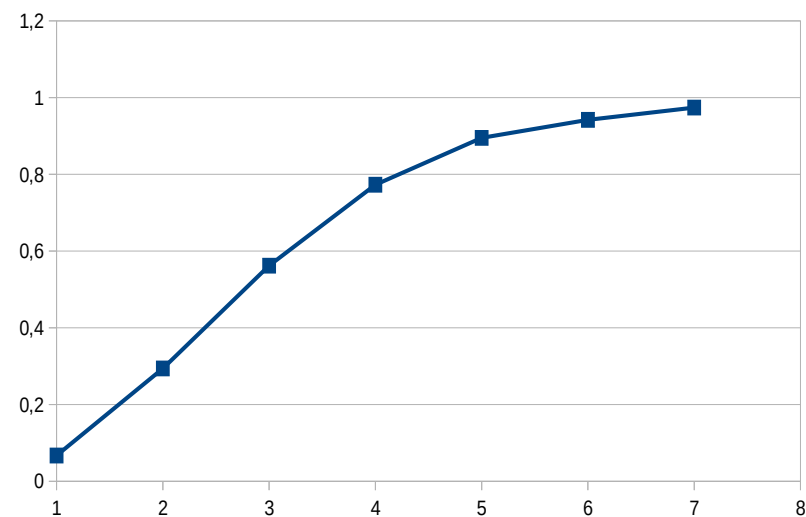
Histograma



Histograma
normalizado



Probabilidade
Acumulada: gk



Equalização de histograma

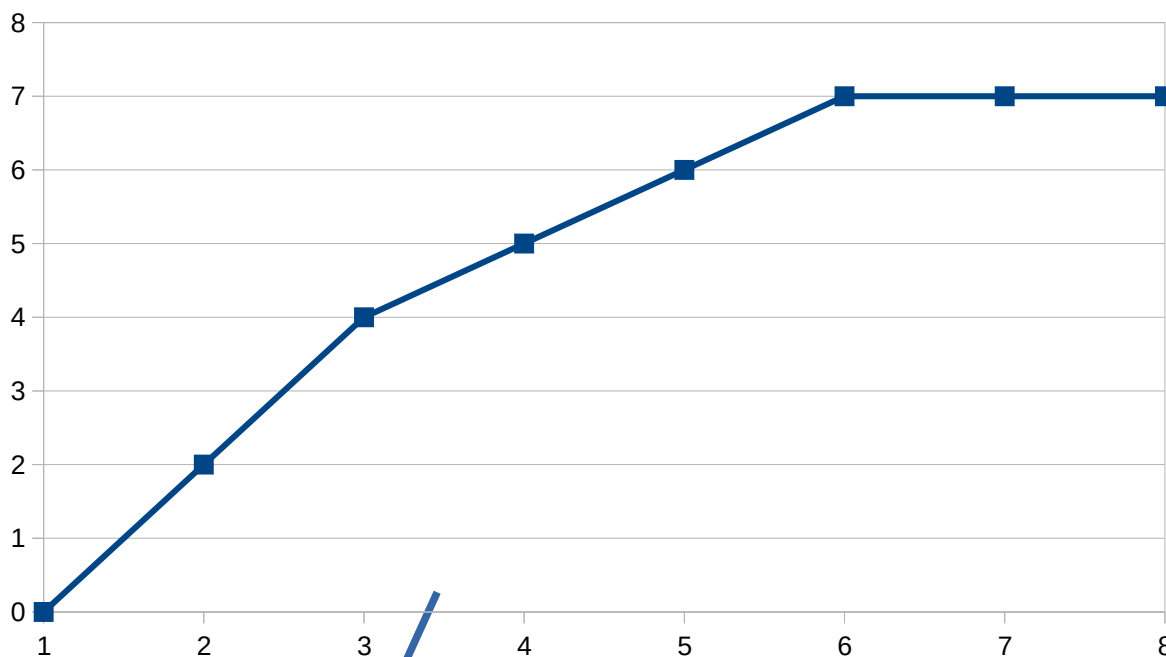
- A função de transformação procurada é baseada na função distribuição acumulada de probabilidade;

(Passo 4) Aplicação da transformação (mapeamento) que distribui o $L_{\text{máximo}}$ entre os outros níveis de cinza (L) de acordo com a sprobabilidades $f(L)=\text{round}(g_k * L_{\text{max}})$:

	0	1	2	3	4	5	6	7
Quantidade de pixels (n_{fk})	1314	3837	5820	4110	2374	921	629	516
n_{fk}/n	0,067	0.197	0.298	0.211	0.122	0.047	0.032	0.026
g_k	0,067	0,294	0,562	0,773	0,895	0,942	0,974	1.0
$\text{round}(g_k*7)$	0	2	4	5	6	7	7	7

Função de transformação:

$$\text{round}(g_k * 7)$$



A figura (b) mostra a função de transformação $T(f)$ e a figura (c) mostra a função densidade $p_g(g)$.

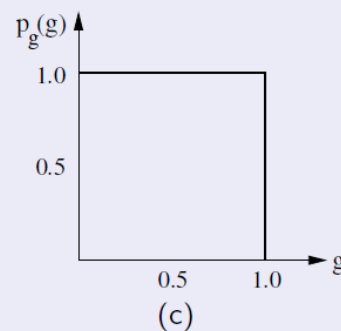
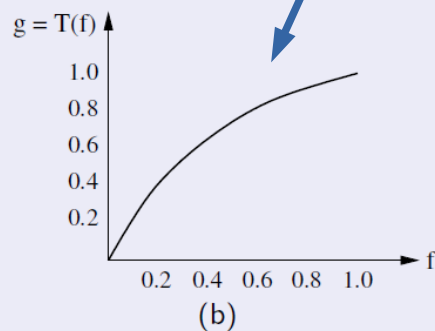
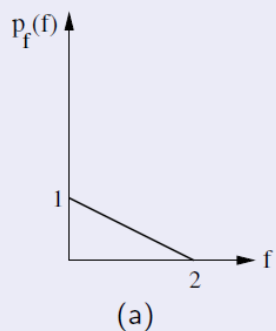
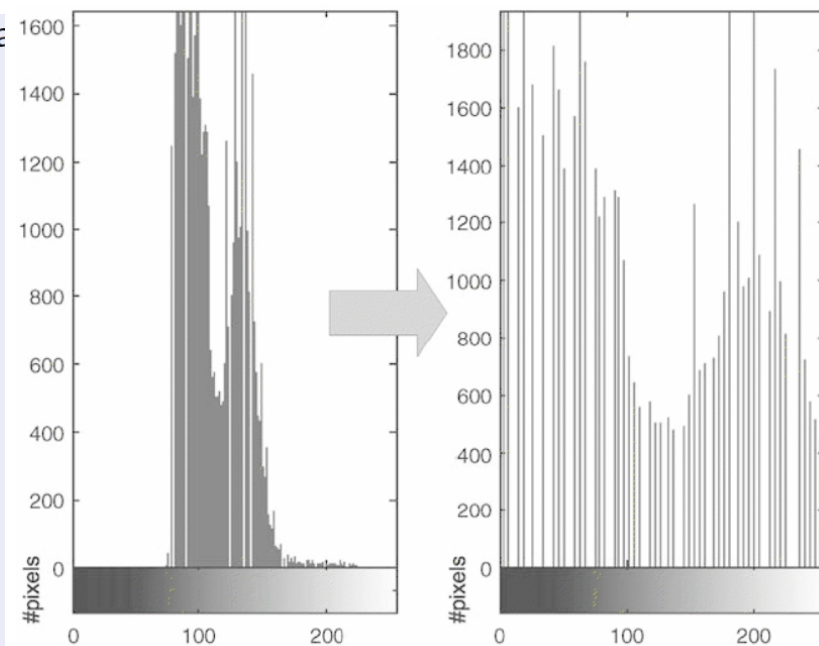


Figura : Método de transformação por densidade uniforme. (a) função de densidade de probabilidade original; (b) função de transformação; (c) densidade uniforme.

Resultado esperado: espalhamento do histograma da Im_out



Equalização de histograma

- Transformação desejada (mapeamento): $\text{Pixel_in}(i,j) \rightarrow \text{Pixel_out}(i,j)$

Pixel_in	0	1	2	3	4	5	6	7
Pixel_out(i,j)	0	2	4	5	6	7	7	7

Algoritmo 2 Equalização de histograma

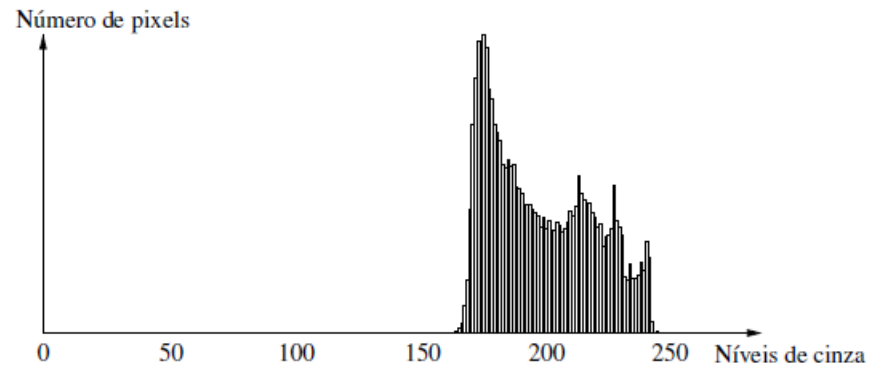
- 1: calcular o histograma da imagem a ser transformada
 - 2: normalizar o histograma, tal que $0 \leq f_k \leq 1$
 - 3: **for** $k = 0$ até $L - 1$ **do**
 - 4: calcular função distribuição acumulada de probabilidade
 - 5: $g_k = \sum_{i=0}^k p_f(f_i)$
 - 6: arredondar valor para nível de cinza mais próximo
 - 7: $g_k = \text{round}(g_k \times L_{\max})$
 - 8: **end for**
 - 9: agrupar valores f_k para formar g_k
-

Equalização de histograma

Exemplo de aplicação da equalização de histograma.



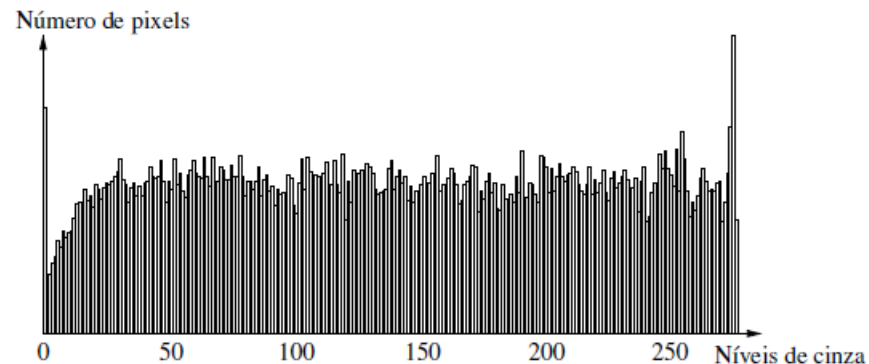
(a) imagem original



(b) histograma da imagem original



(c) imagem equalizada



(d) histograma da imagem equalizada

Equalização de histograma

A equalização é eficiente, porém há certas críticas.

Por exemplo, trata-se de uma técnica que lida com estatísticas globais sobre a imagem.

Existem outras variações sobre esse método, para torná-lo mais versátil, tais como:

- Especificação de histograma,
- Equalização local, etc...

Equalização de histograma para imagens **RGB**

Utilizar as técnicas baseadas em histograma de imagens em tons de cinza sobre cada canal de RGB resulta no surgimento de cores não presentes na imagem original.

Isso ocorre porque os canais do RGB são muito correlacionados.



:-(
Estourou a
iluminação
aqui

:-)
Melhorou
contraste aqui

Equalização de histograma para imagens **RGB**

Para um realce RGB mais adequado, o ideal é lidar com um sistema de cor cujos componentes sejam menos correlacionados, é o caso do sistema YIQ.

Y é o canal individual de luminância desse sistema, sendo responsável pela luminosidade/brilho da cor. Ao passo que os canais I e Q estão relacionados à crominância, sendo os responsáveis pela pureza da cor.

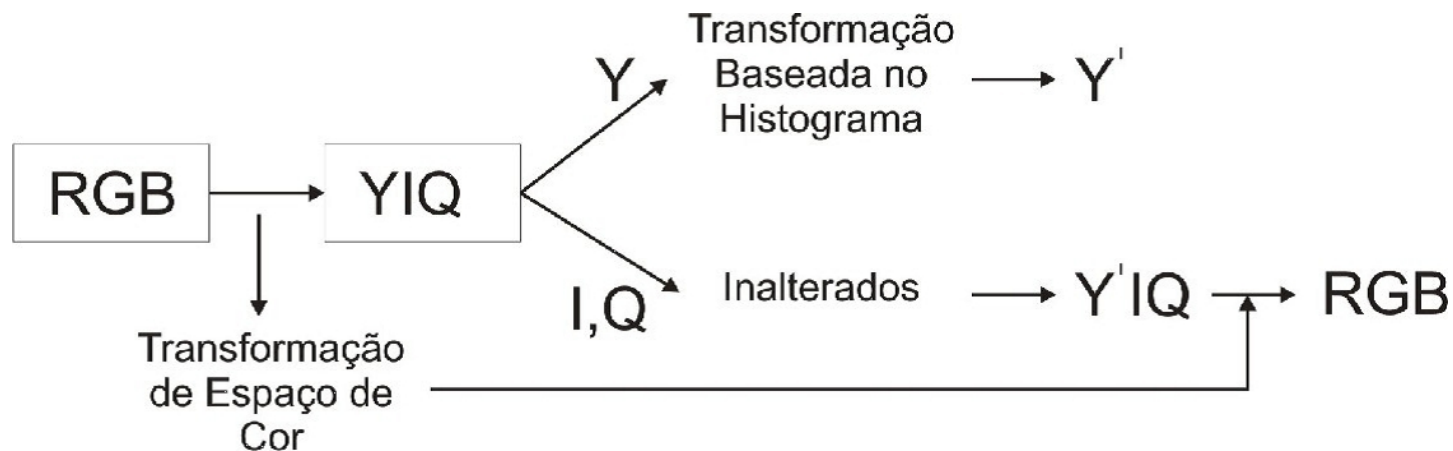


Equalização de histograma para imagens **RGB**

Para um realce RGB mais adequado, o ideal é lidar com um sistema de cor cujos componentes sejam menos correlacionados, é o caso do sistema YIQ.

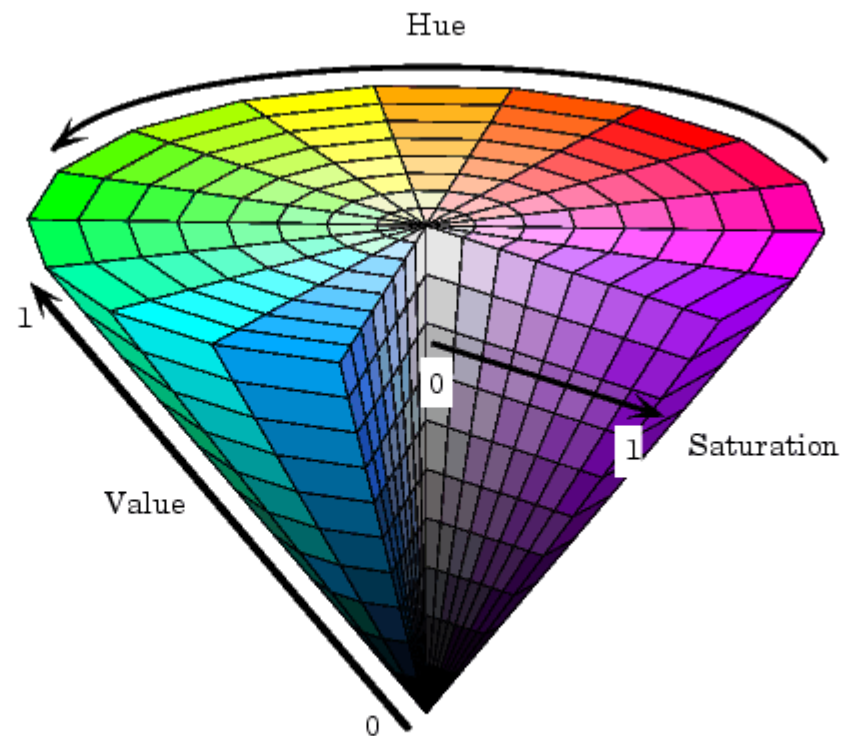
Nesse caso apenas o canal de luminância (Y) é equalizado deixando os canais de crominância e (I e Q) inalterados, esses canais são responsáveis pela pureza da cor, enquanto o primeiro é responsável pela luminosidade/brilho.

Esse esquema é exibido abaixo



Equalização de histograma para imagens RGB

Esquema similar pode ser aplicado utilizando outros sistemas de apoio tal como HSV (equalizando o canal V), por exemplo.



PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William R. Análise de Imagens Digitais - Princípios, Algoritmos e Aplicações. São Paulo, Thomson, 2008

Solomon, Chris, and Toby Breckon. Fundamentos de processamento digital de imagens : uma abordagem prática com exemplos em Matlab, Grupo Gen - LTC, 2013. ProQuest Ebook Central,
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaudesc/detail.action?docID=3237185>.