

Transformações de intensidade e histograma de imagens

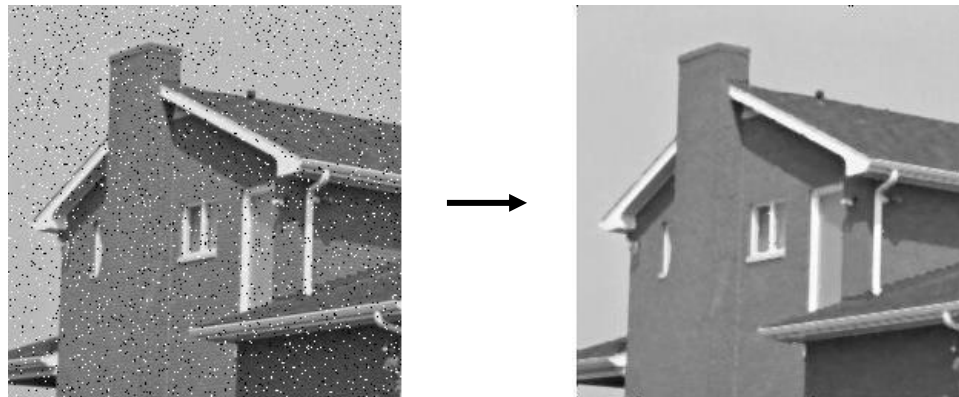
CESAR HENRIQUE COMIN

Exemplos de transformação

Realce de contraste



Eliminação de ruído



Transformação de imagens

- Utilizadas para diversos propósitos:
 - Tornar a imagem mais agradável visualmente
 - Facilitar a identificação visual ou automatizada de elementos da imagem
 - Diminuir a informação necessária para armazenar a imagem
 - Diminuir o número de níveis de intensidade para facilitar a aplicação de técnicas de processamento de imagens
 - etc

Representação de uma imagem em nível de cinza



Representação de uma imagem em nível de cinza

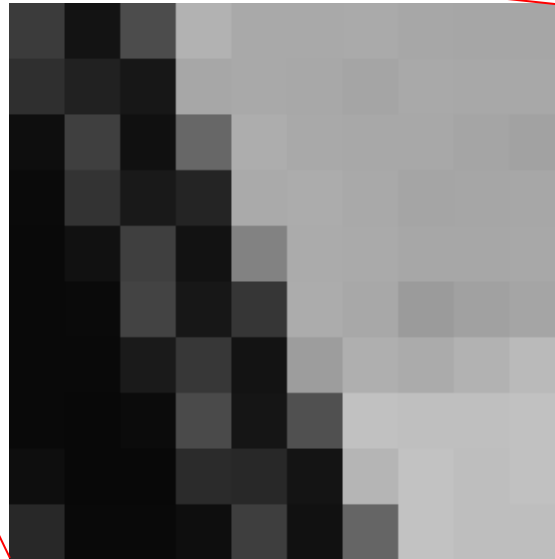


Representação de uma imagem em nível de cinza



■ Preto, valor 0

□ Branco, valor 255

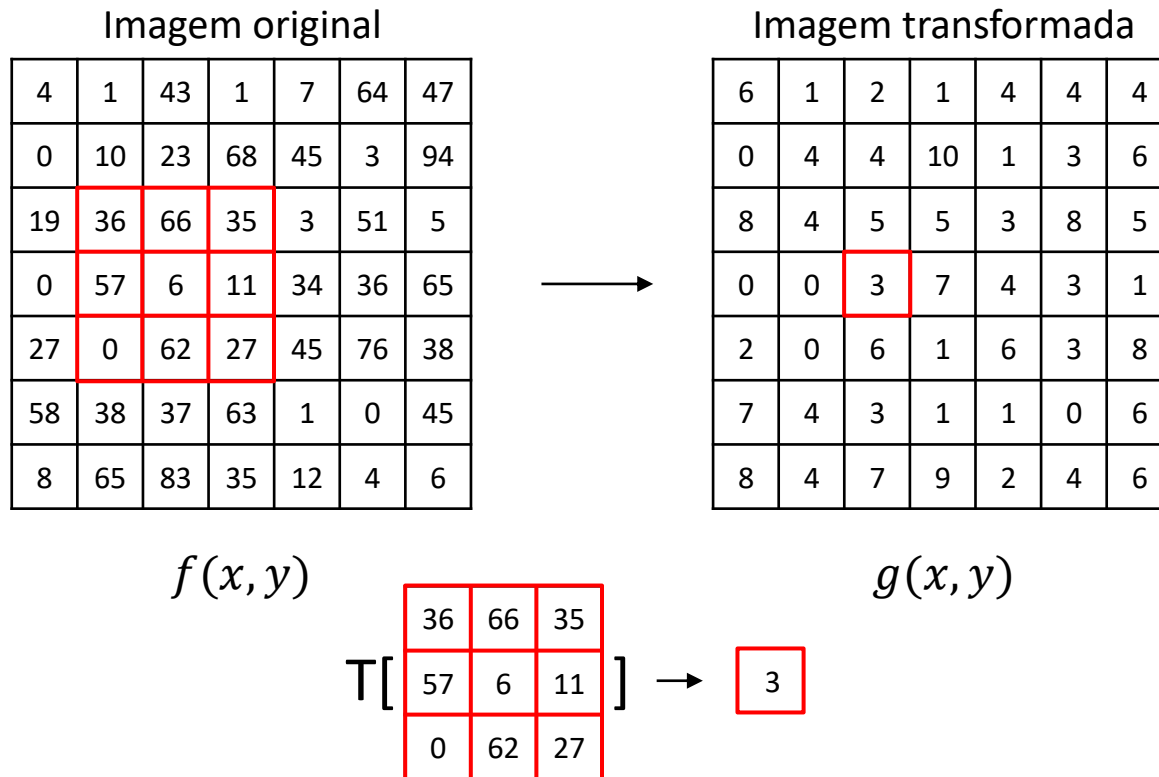


59	19	76	178	169	169	170	167	166	166
47	33	23	167	169	168	165	169	168	168
14	63	16	103	173	169	168	168	165	162
10	51	25	36	170	172	169	165	166	167
9	17	63	18	130	171	170	167	167	168
9	10	67	23	54	172	168	155	161	165
9	9	26	55	19	157	175	171	178	186
9	8	11	74	21	80	193	191	191	193
14	8	8	43	40	20	181	194	190	193
40	9	9	14	62	17	101	194	190	190

Transformação de imagens

- Matematicamente, representamos a transformação como

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



Transformação de intensidade pontual

- Podemos definir uma função de transformação $s = T(r)$ que é aplicada sobre cada pixel r da imagem
- Nesse caso, a transformação de cada pixel independe da sua vizinhança

Imagem original

4	1	43	1	7	64	47
0	10	23	68	45	3	94
19	36	66	35	3	51	5
0	57	6	11	34	36	65
27	0	62	27	45	76	38
58	38	37	63	1	0	45
8	65	83	35	12	4	6

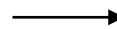
$$f(x, y)$$


Imagem transformada

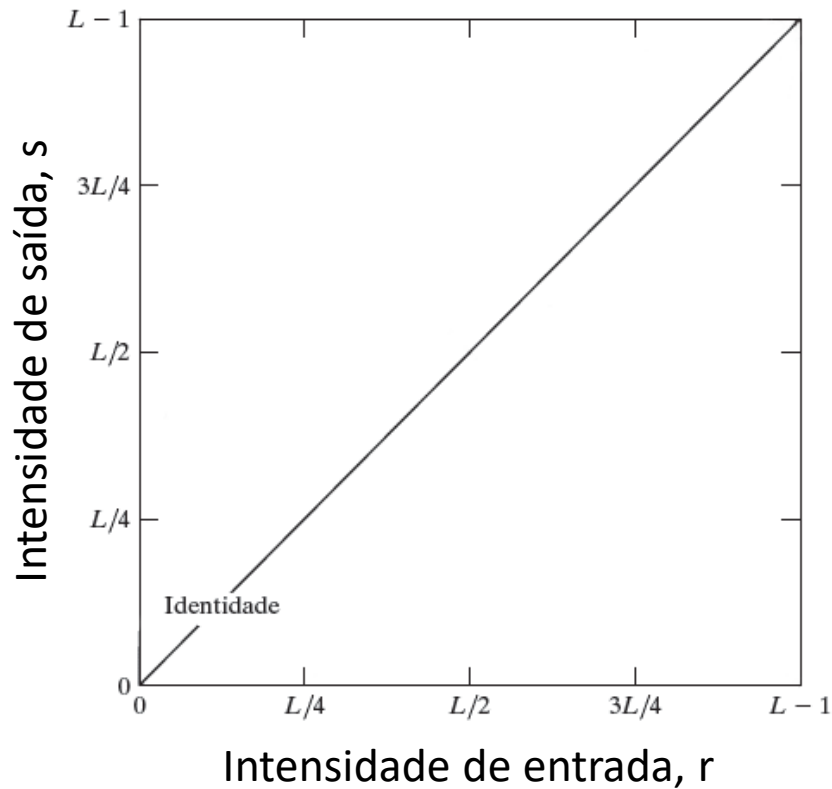
6	1	2	1	4	4	4
0	4	4	10	1	3	6
8	4	5	5	3	8	5
0	0	3	7	4	3	1
2	0	6	1	6	3	8
7	4	3	1	1	0	6
8	4	7	9	2	4	6

$$g(x, y)$$

Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas

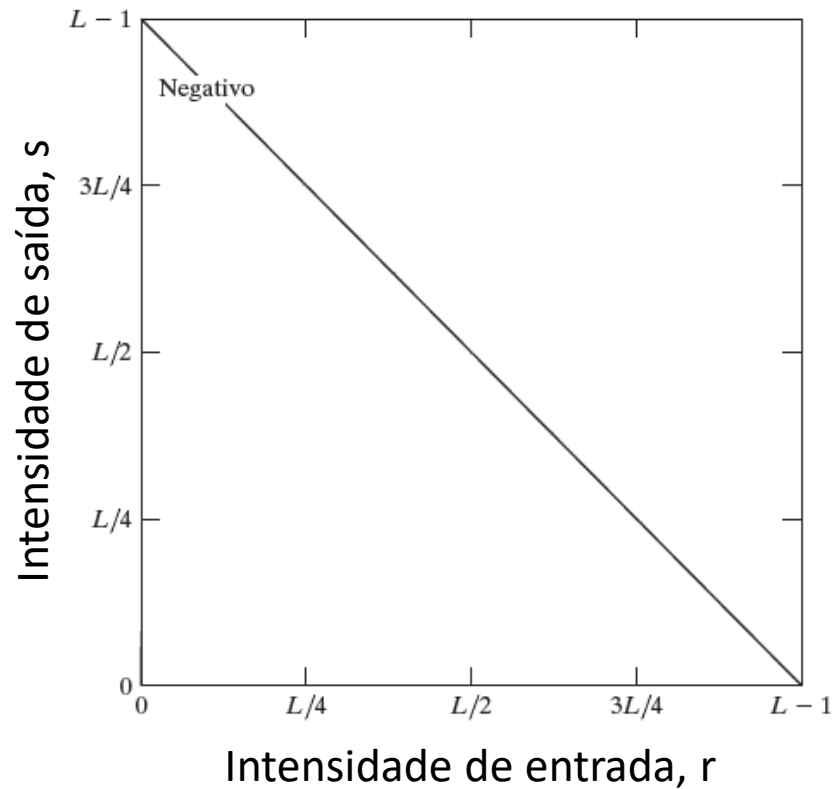


Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas



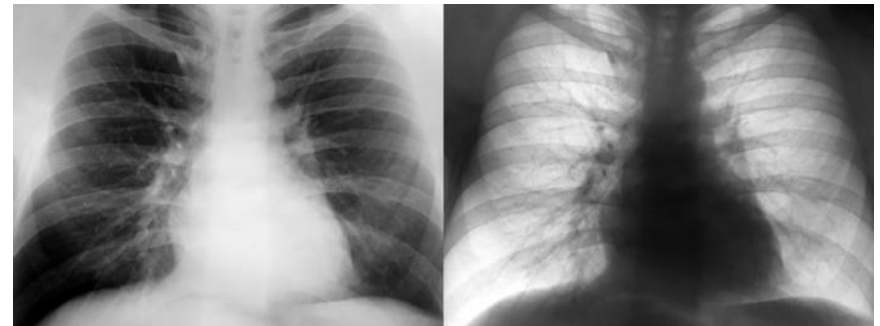
Identidade:
O valor de saída é igual ao de
entrada

Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas

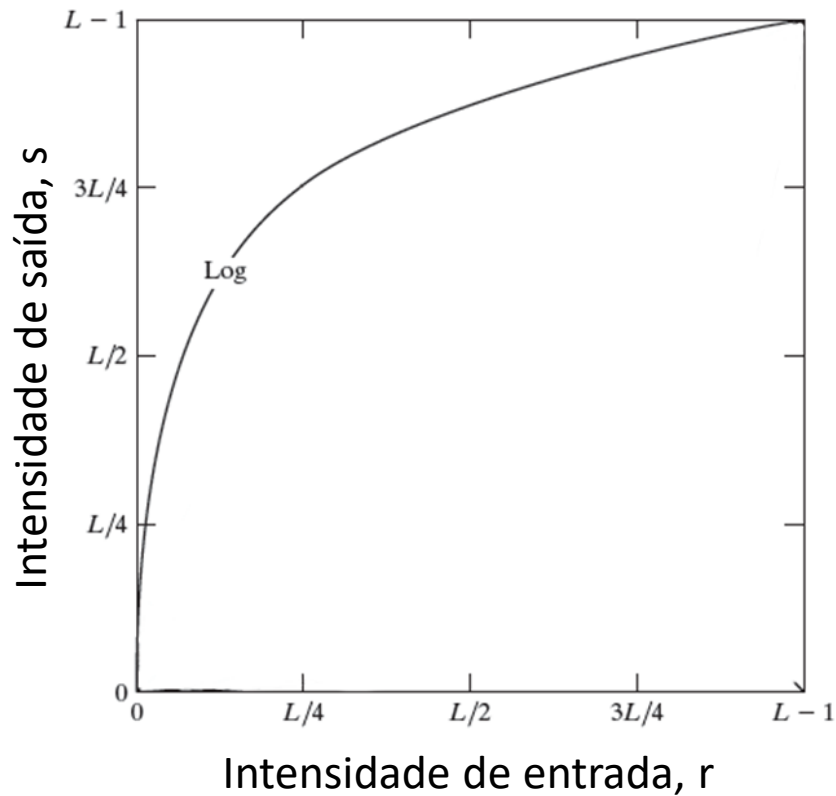


Negativo da imagem:

$$s = L - 1 - r$$



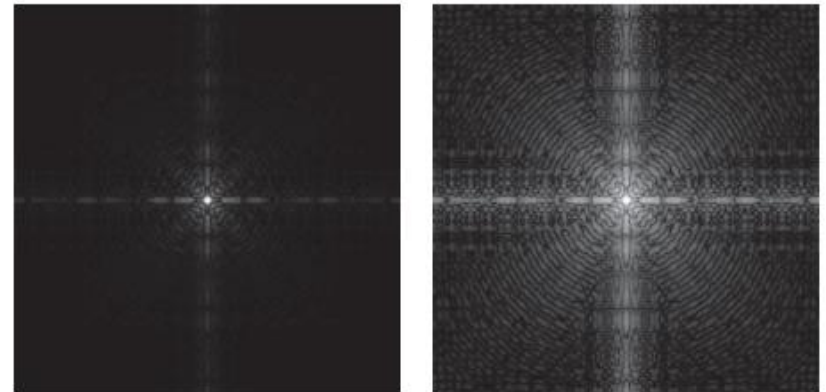
Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas



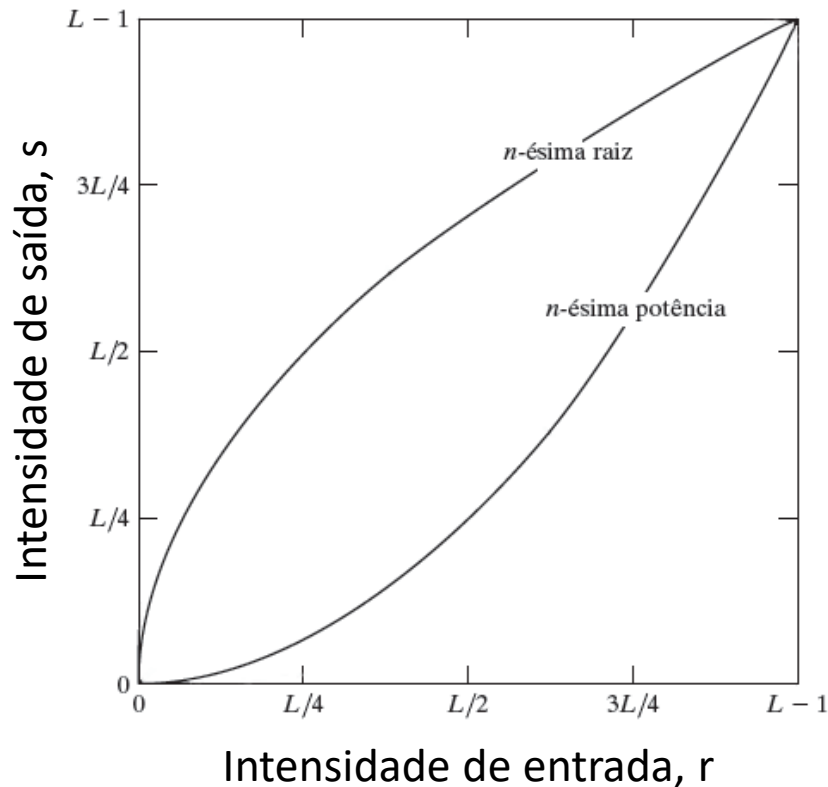
Logaritmo da imagem:

$$s = L - 1 \frac{\log(1 + r)}{\log(L)}$$

Comumente utilizada quando a imagem possui valores muito diferentes



Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas

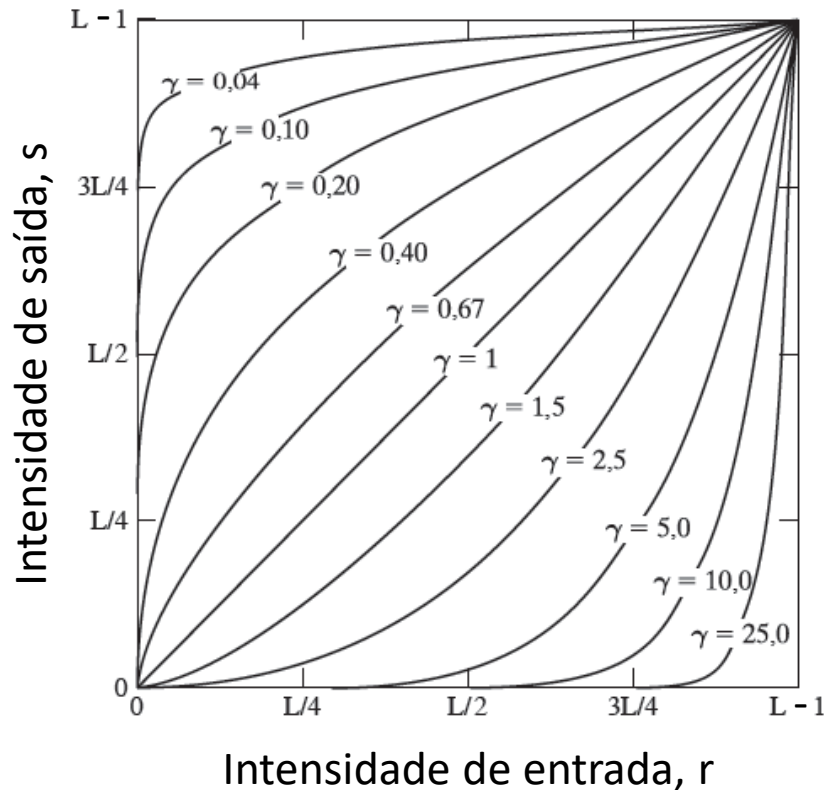


Transformação de potência (gamma)

$$s = L - 1 \frac{r^\gamma}{(L - 1)^\gamma}$$

Aplicação similar ao logaritmo, mas permite maior controle da transformação através do parâmetro γ

Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas



Transformação de potência (gamma)

$$s = L - 1 \frac{r^\gamma}{(L - 1)^\gamma}$$

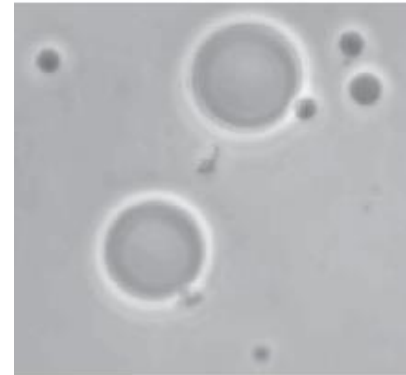
Aplicação similar ao logaritmo, mas permite maior controle da transformação através do parâmetro γ

Usualmente utilizada para corrigir imagens de displays

Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas

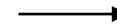
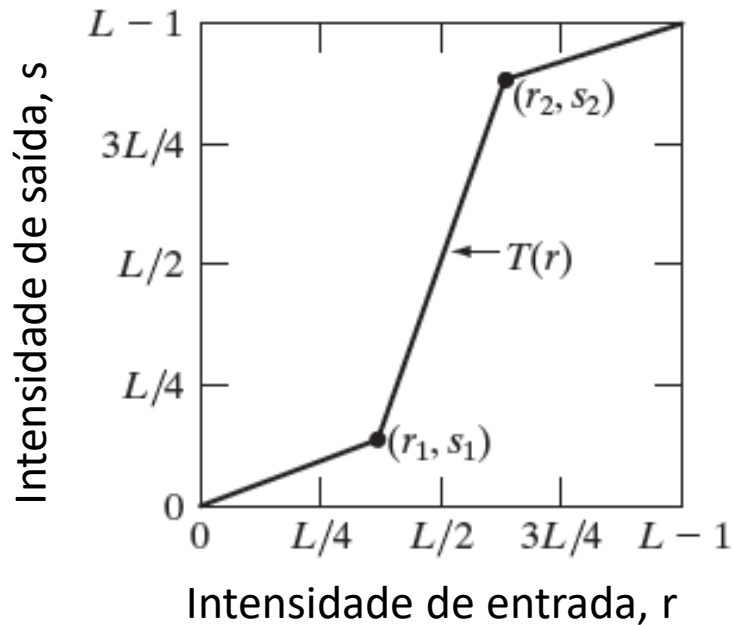


Limiarização

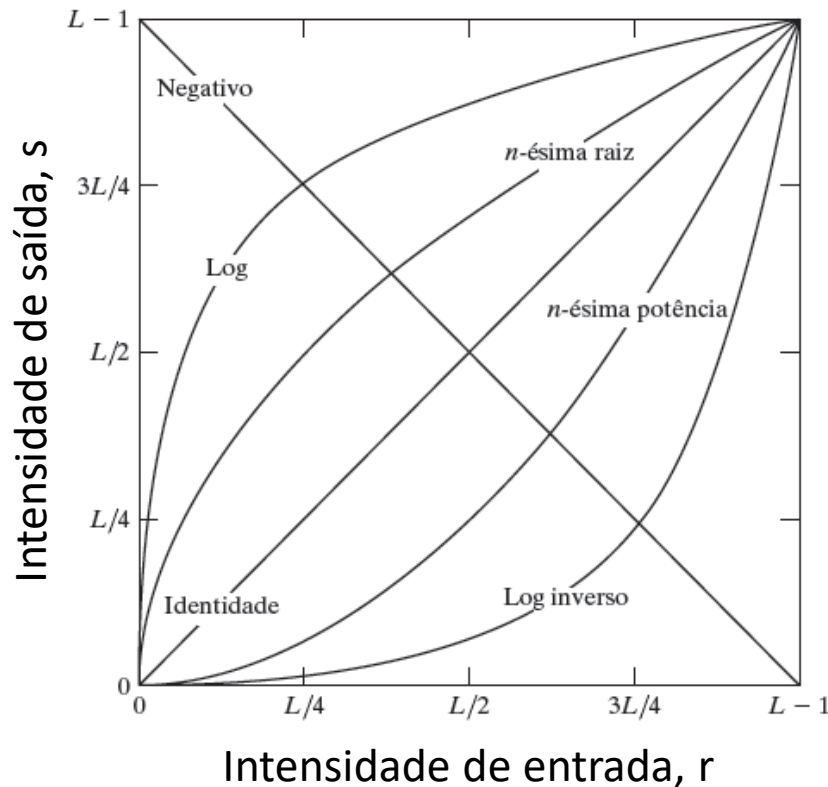


Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas

- Alargamento de contraste



Transformações de intensidade pontuais comumente utilizadas



- Transformações de intensidade pontuais possuem implementação simples
- Elas também são bem eficientes

Implementação da transformação de intensidade pontual

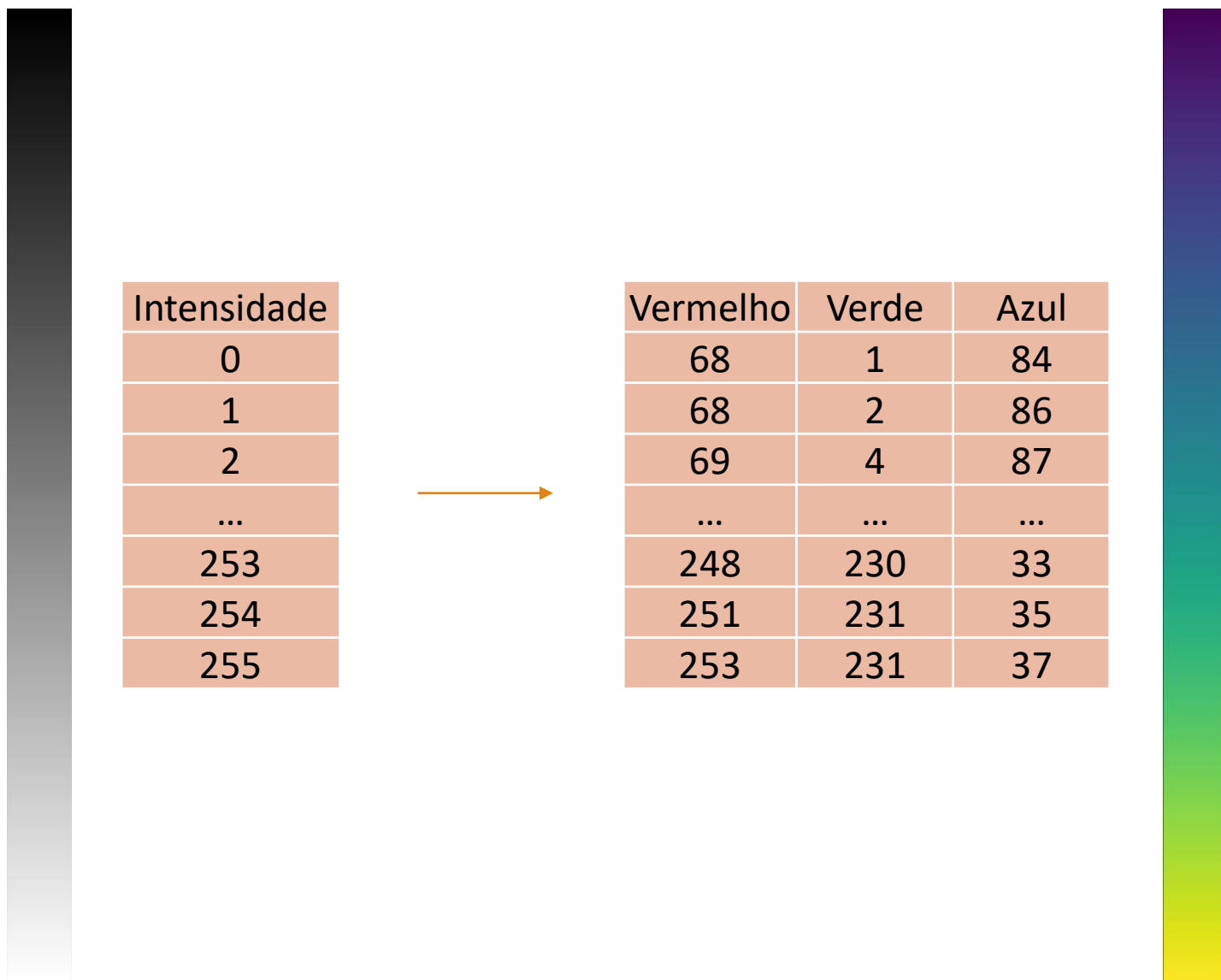
- Podemos implementar transformações de intensidade através de uma tabela de associação (comumente chamada de *lookup table*)
- Para uma imagem de 8 bits, a tabela possui 256 linhas
- A posição r da tabela possui o valor que o nível de cinza r irá adquirir após a transformação
- A implementação por *lookup table* possibilita calcular de forma muito eficiente a imagem transformada
- Em muitos casos, é possível transformar a imagem de forma interativa

s	0	5	13	30	53	78	90	...	255
r	0	1	2	3	4	5	6	...	255

Botando a mão na massa

Notebooks “**numpy e matplotlib**” e “**Transformacoes pontuais em imagens**”

Detalhe: como o matplotlib mapeia as cores das imagens na função imshow



Histograma de imagens

Histograma

- O histograma de uma imagem possui informações sobre os níveis de intensidade presentes na imagem. A informação sobre a localização espacial dessas intensidades é perdida.

Histograma

- O histograma de uma imagem possui informações sobre os níveis de intensidade presentes na imagem. A informação sobre a localização espacial dessas intensidades é perdida.
- Muita informação sobre a imagem é perdida na representação por histograma. Ainda assim, histogramas permitem a definição de diversas técnicas de processamento de imagem de forma intuitiva.

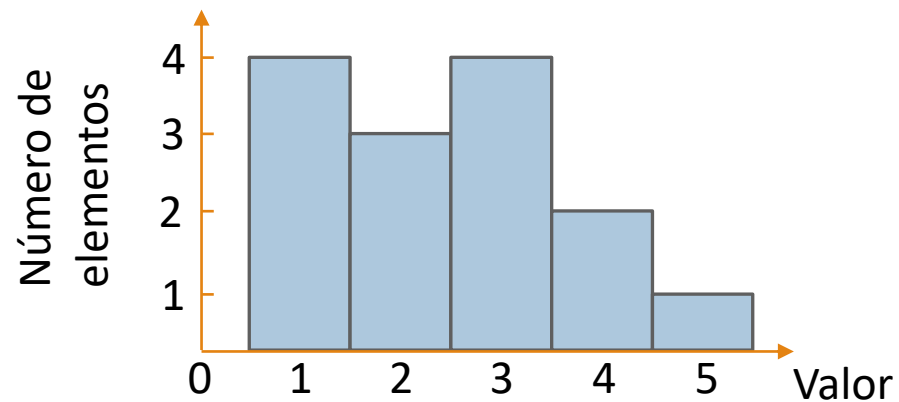
Histograma

- O histograma de uma imagem possui informações sobre os níveis de intensidade presentes na imagem. A informação sobre a localização espacial dessas intensidades é perdida.
- Muita informação sobre a imagem é perdida na representação por histograma. Ainda assim, histogramas permitem a definição de diversas técnicas de processamento de imagem de forma intuitiva.
- Vamos assumir que as imagens possuem intensidades no intervalo $[0, L-1]$.
- Um histograma é a informação sobre quantos pixels na imagem possuem o valor de intensidade k , para todos os valores de intensidade (todos os valores de k).

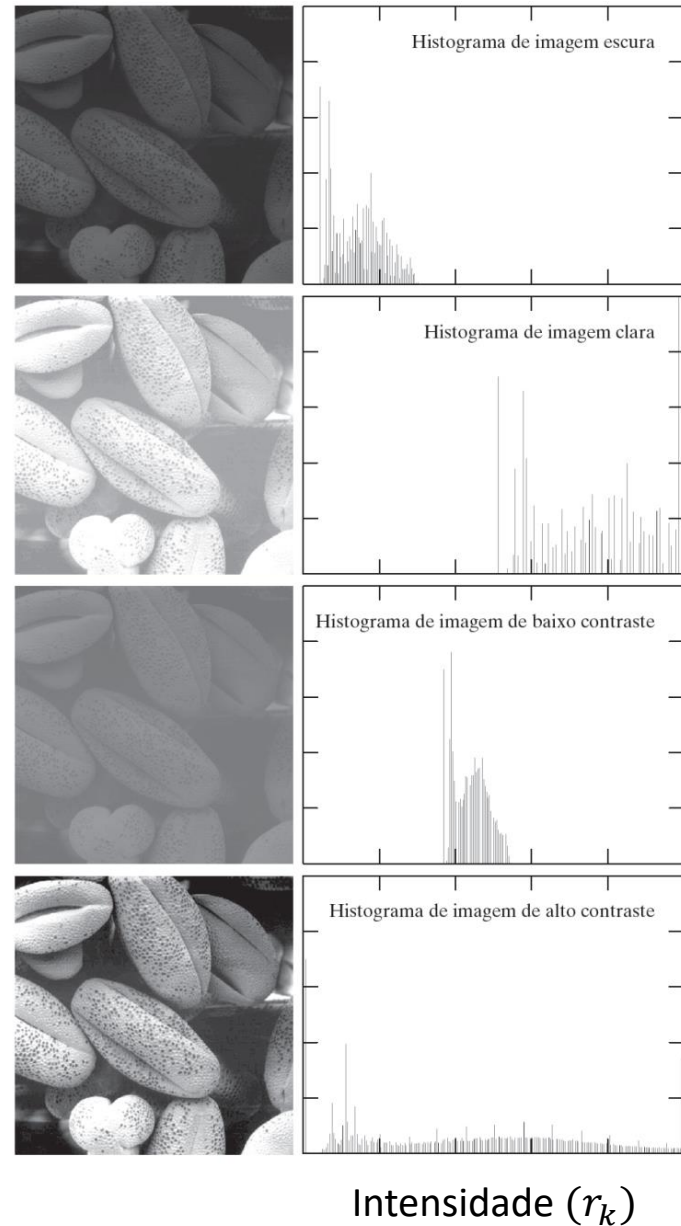
Histograma

Exemplo para um sinal 1D (ou uma imagem de uma única linha).

3	1	1	2	3	4	5	2	1	3	4	2	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Exemplos de histogramas

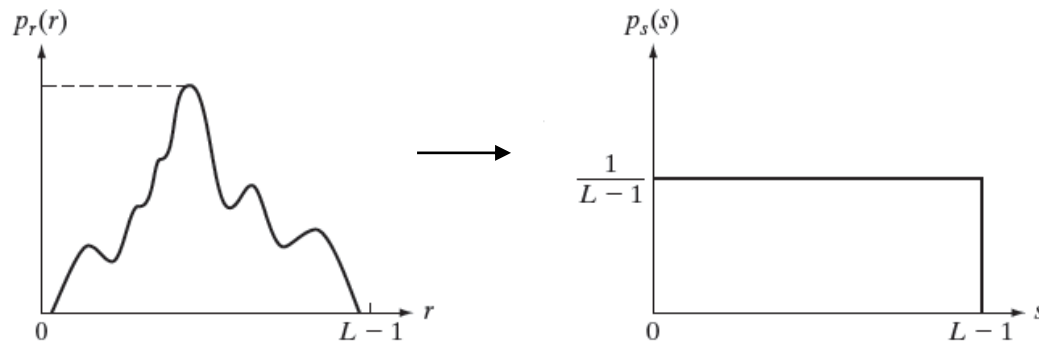


Histograma

Notebook “**Calculo de histograma**”

Equalização de histograma

- Metodologia utilizada para tornar o histograma uniforme (“flat”). Isto é, fazer com que todos os níveis de intensidade estejam presentes em igual número.



- Este método aumenta o contraste da imagem e, em alguns casos, melhora a aparência da imagem.

Equalização de histograma

Vamos definir n_k como sendo o número de pixels possuindo o k -ésimo nível de intensidade, e que a imagem possui M linhas e N colunas.

Usualmente:

- n_0 : número de pixels possuindo intensidade 0.
- n_1 : número de pixels possuindo intensidade 1.
- ...
- n_{255} : número de pixels possuindo intensidade 255.

É possível demonstrar que se utilizarmos a seguinte transformação

$$s_k = T(k) = \frac{(L - 1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

A imagem resultante terá um histograma aproximadamente uniforme!


Equalização de histograma - Exemplo

Vamos supor que temos uma imagem de 3 bits de profundidade (8 níveis de intensidade) de tamanho 64×64 pixels ($MN=4096$). Essa imagem possui os seguintes números de pixels com cada intensidade k :

k	n_k
0	790
1	1023
2	850
3	656
4	329
5	245
6	122
7	81

Equalização de histograma - Exemplo

0.0017


$$s_k = T(k) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

k	n_k
0	790
1	1023
2	850
3	656
4	329
5	245
6	122
7	81

Equalização de histograma - Exemplo

0.0017



$$s_k = T(k) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

$$s_0 = T(0) = 0.0017 \sum_{j=0}^0 n_j = 0.0017 * n_0 = 1.34$$

$$s_1 = T(1) = 0.0017 \sum_{j=0}^1 n_j = 0.0017 * (n_0 + n_1) = 3.08$$

k	n_k
0	790
1	1023
2	850
3	656
4	329
5	245
6	122
7	81

Equalização de histograma - Exemplo

Como queremos que a imagem final possua a mesma profundidade que a original, precisamos arredondar o resultado para o inteiro mais próximo:

$$s_0 = 1.33 \rightarrow 1$$

$$s_1 = 3.08 \rightarrow 3$$

$$s_2 = 4.55 \rightarrow 5$$

$$s_3 = 5.67 \rightarrow 6$$

$$s_4 = 6.23 \rightarrow 6$$

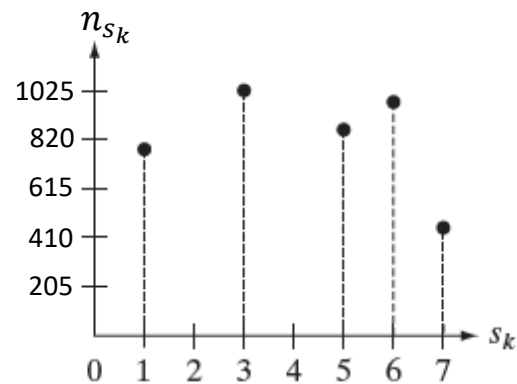
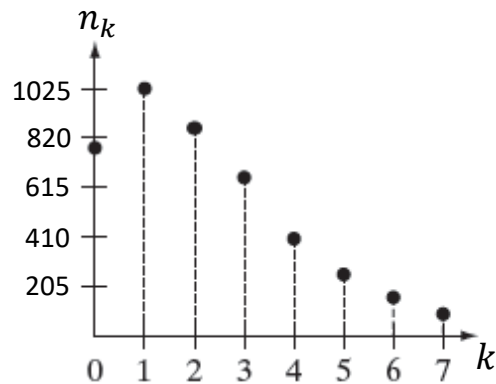
$$s_5 = 6.65 \rightarrow 7$$

$$s_6 = 6.86 \rightarrow 7$$

$$s_7 = 7.00 \rightarrow 7$$

Equalização de histograma - Exemplo

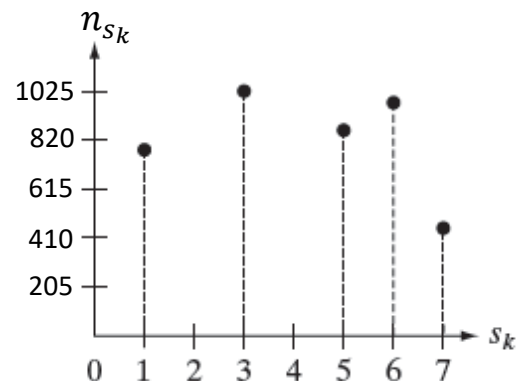
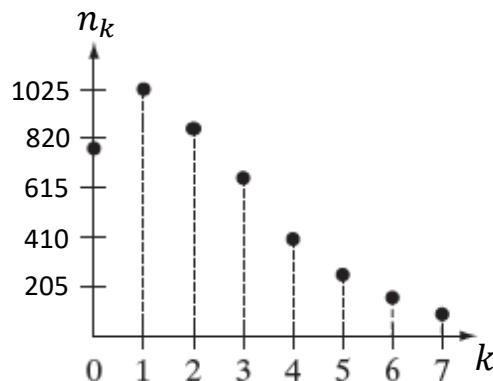
Resultado:



Equalização de histograma

$$s_k = T(k) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

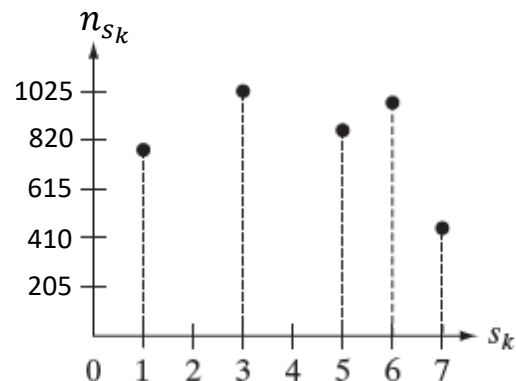
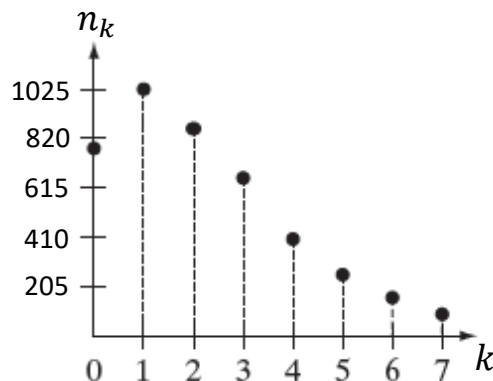
- Alguns problemas:
 - Dificilmente obtemos um histograma perfeitamente uniforme.



Equalização de histograma

$$s_k = T(k) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

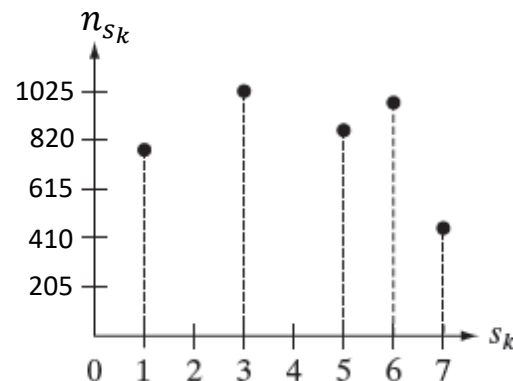
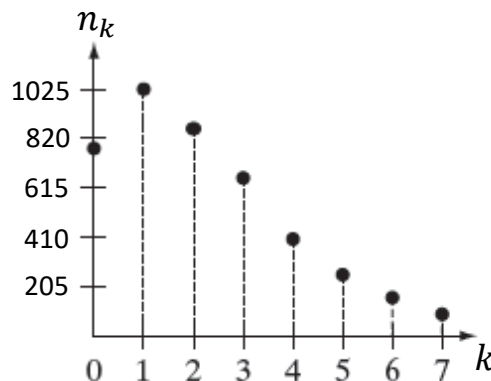
- Alguns problemas:
 - Dificilmente obtemos um histograma perfeitamente uniforme.
 - Usualmente, há perda de informação



Equalização de histograma

$$s_k = T(k) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

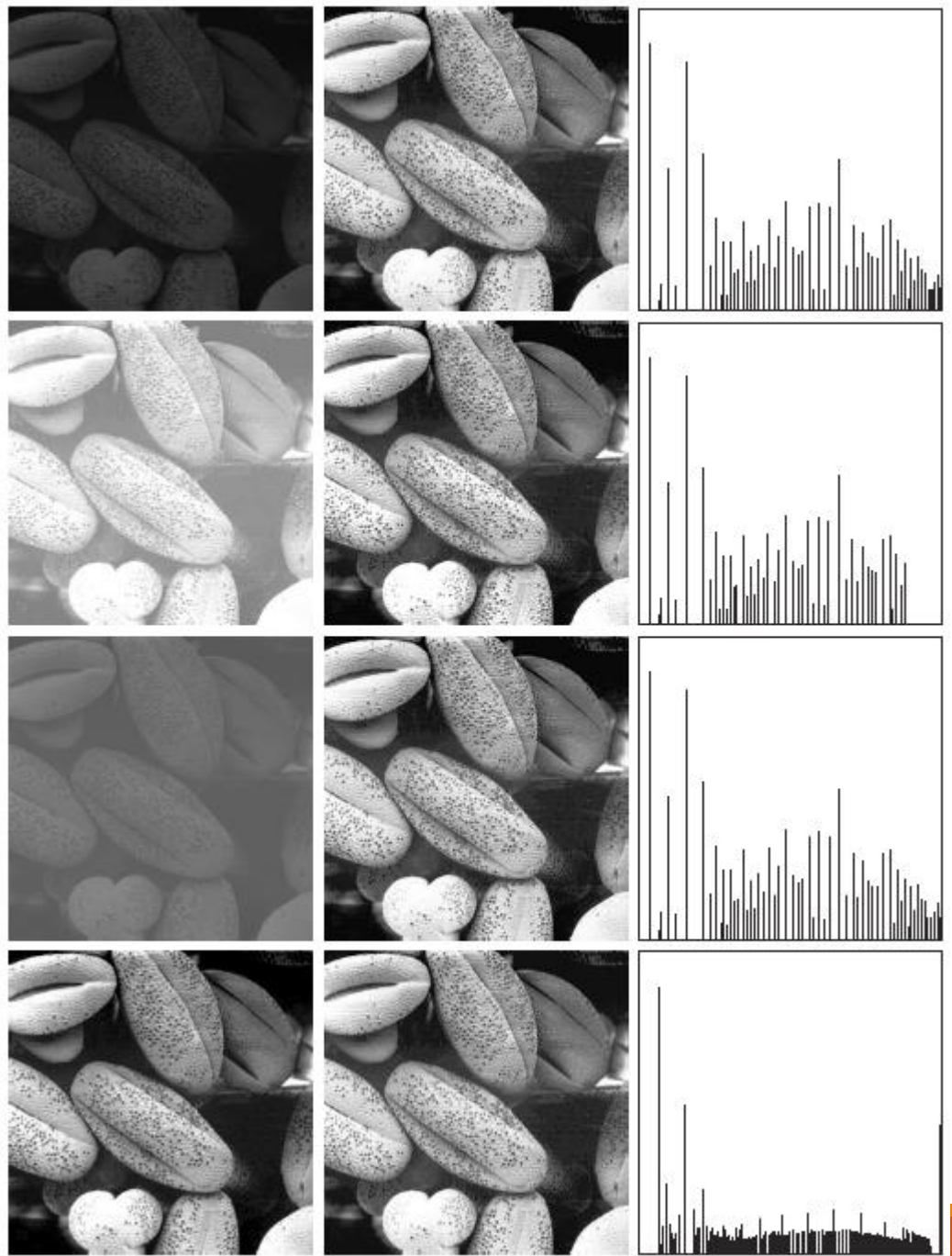
- Alguns problemas:
 - Dificilmente obtemos um histograma perfeitamente uniforme.
 - Usualmente, há perda de informação
 - Resultados ruins costumam ser obtidos para imagens com poucos níveis de intensidade



Equalização de histograma

- “Vantagem” da equalização de histograma: não há parâmetros para ajustar.
- Se o objetivo for somente visualizar regiões da imagem com baixo contraste, equalização de histograma tende a funcionar bem.
- Se o objetivo for melhorar a aparência da imagem, o resultado pode não ser satisfatório.

Exemplos de equalização de histograma



Equalização de histograma

Notebook “**Equalização de histograma**”