

Capítulo 2

Fundamentos da imagem digital - parte 2



Representação de imagens digitais:

Podemos representar imagens de várias formas:

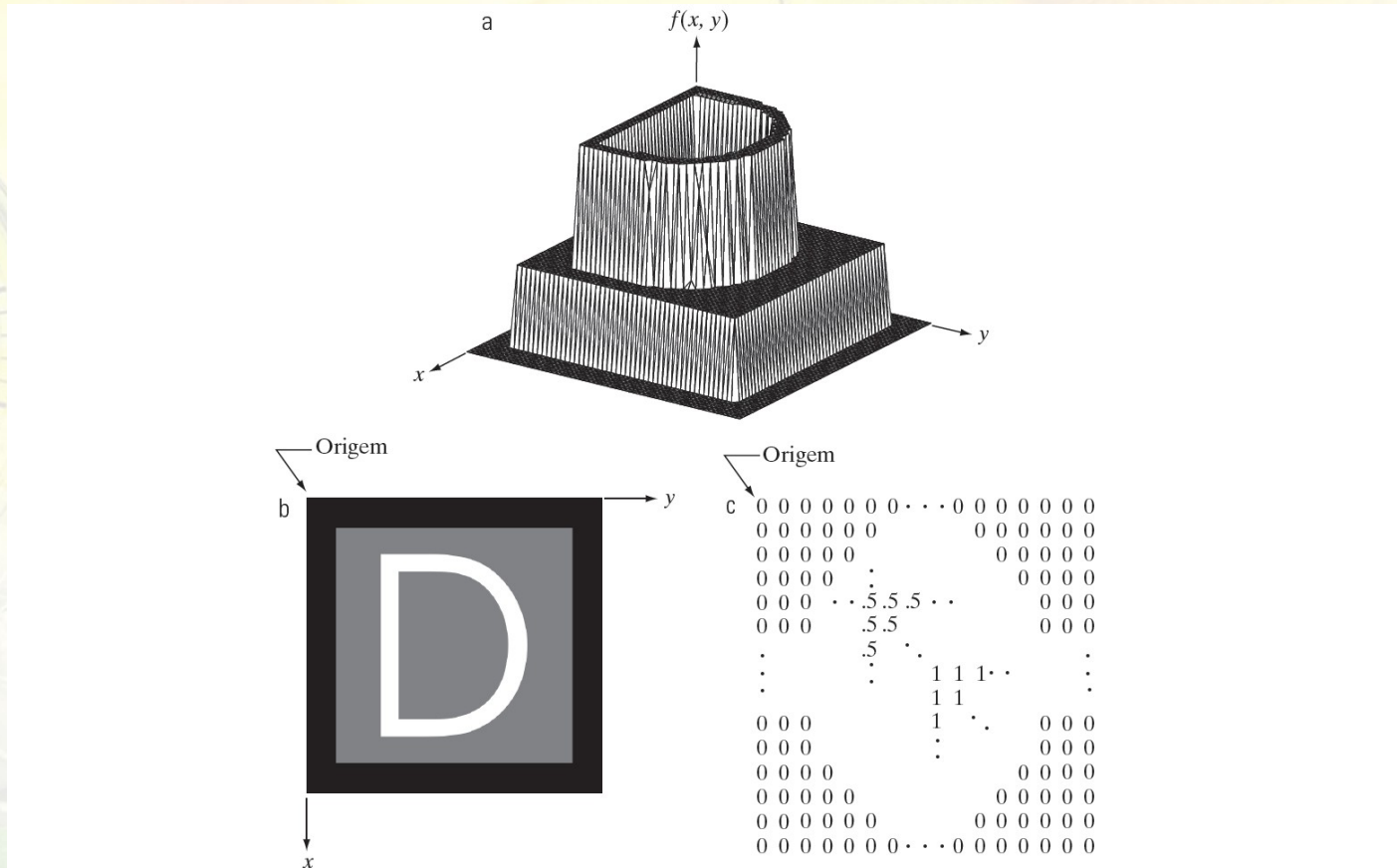


Figura 2.18 (a) Imagem representada graficamente como uma superfície. (b) Imagem representada como uma matriz de intensidade visual. (c) Imagem representada como uma matriz numérica 2-D (0, .5 e 1 correspondem ao preto, cinza e branco, respectivamente).

Representação de imagens digitais:

Matematicamente tem-se uma forma matricial:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

OU na forma vetorial:

$$f(x,y) = [f(0) \quad f(1) \quad \dots \quad f(N*M - 1)]$$

Cada valor de um pixel na posição x,y pode ser obtida calculando:

$$f(x,y) = v[y*LINHA + x], \text{ LINHA}=0, \dots, M-1$$

Níveis de quantização:

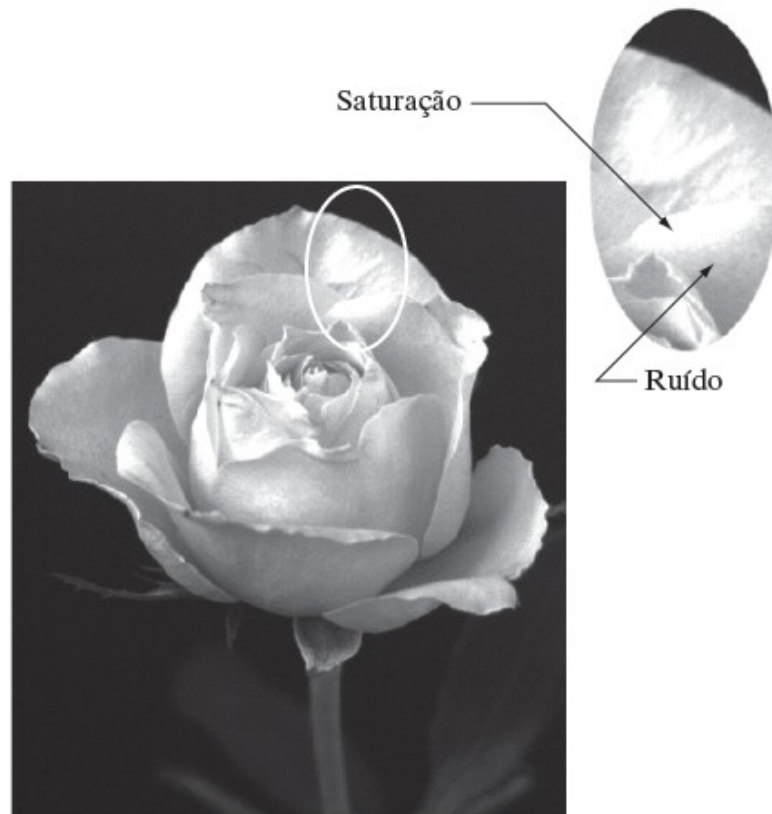


Figura 2.19 Uma imagem ilustrando a saturação e o ruído. A saturação é o valor mais alto além do qual todos os níveis de intensidade são cortados (observe como toda a área saturada tem um nível de intensidade constante e alto). O ruído nesse caso aparece com um padrão de textura granulada. O ruído, especialmente nas regiões mais escuras de uma imagem (por exemplo, o caule da rosa) mascara o menor nível real de intensidade detectável.

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O processo de digitalização envolve a amostragem e quantização.

N (linhas) x M (colunas) x L (níveis)

N x M : amostragem

L : quantização

Saturação e ruído podem ocorrer no processo.

Saturação: ultrapassa o limite alto de quantização.

Ruído: ultrapassa o limite baixo de quantização.

Armazenamento de imagens:

Nro de bits (B) de uma imagem digitalizada:

$B = M \times N \times L$, sendo M e N as dimensões da imagem.

E onde $L = 2^k$ representa o número de níveis na quantização.

Quando $M=N$ tem-se $B = N^2k$, ver tabela:

Tabela 2.1 Número de bits de armazenamento para vários valores de N e k . L é o número de níveis de intensidade.

N/k	1 ($L = 2$)	2 ($L = 4$)	3 ($L = 8$)	4 ($L = 16$)	5 ($L = 32$)	6 ($L = 64$)	7 ($L = 128$)	8 ($L = 256$)
32	1.024	2.048	3.072	4.096	5.120	6.144	7.168	8.192
64	4.096	8.192	12.288	16.384	20.480	24.576	28.672	32.768
128	16.384	32.768	49.152	65.536	81.920	98.304	114.688	131.072
256	65.536	131.072	196.608	262.144	327.680	393.216	458.752	524.288
512	262.144	524.288	786.432	1.048.576	1.310.720	1.572.864	1.835.008	2.097.152
1.024	1.048.576	2.097.152	3.145.728	4.194.304	5.242.880	6.291.456	7.340.032	8.388.608
2.048	4.194.304	8.388.608	12.582.912	16.777.216	20.971.520	25.165.824	29.369.128	33.554.432
4.096	16.777.216	33.554.432	50.331.648	67.108.864	83.886.080	100.663.296	117.440.512	134.217.728
8.192	67.108.864	134.217.728	201.326.592	268.435.456	335.544.320	402.653.184	469.762.048	536.870.912

Resolução espacial:

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS



Resolução espacial é uma medida do menor detalhe discernível em uma imagem.

Expressa por pontos por unidade de distância.

Exemplo: dpi (dots per inch – pontos por polegada)

Figura 2.20 Efeitos típicos da redução da resolução espacial. Imagens mostradas em: (a) 1.250 dpi, (b) 300 dpi, (c) 150 dpi e (d) 72 dpi. Os quadros foram acrescentados para melhor visualização. Eles não fazem parte dos dados.

Resolução de intensidade:

Resolução de intensidade refere-se a menor variação discernível de nível de intensidade.

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

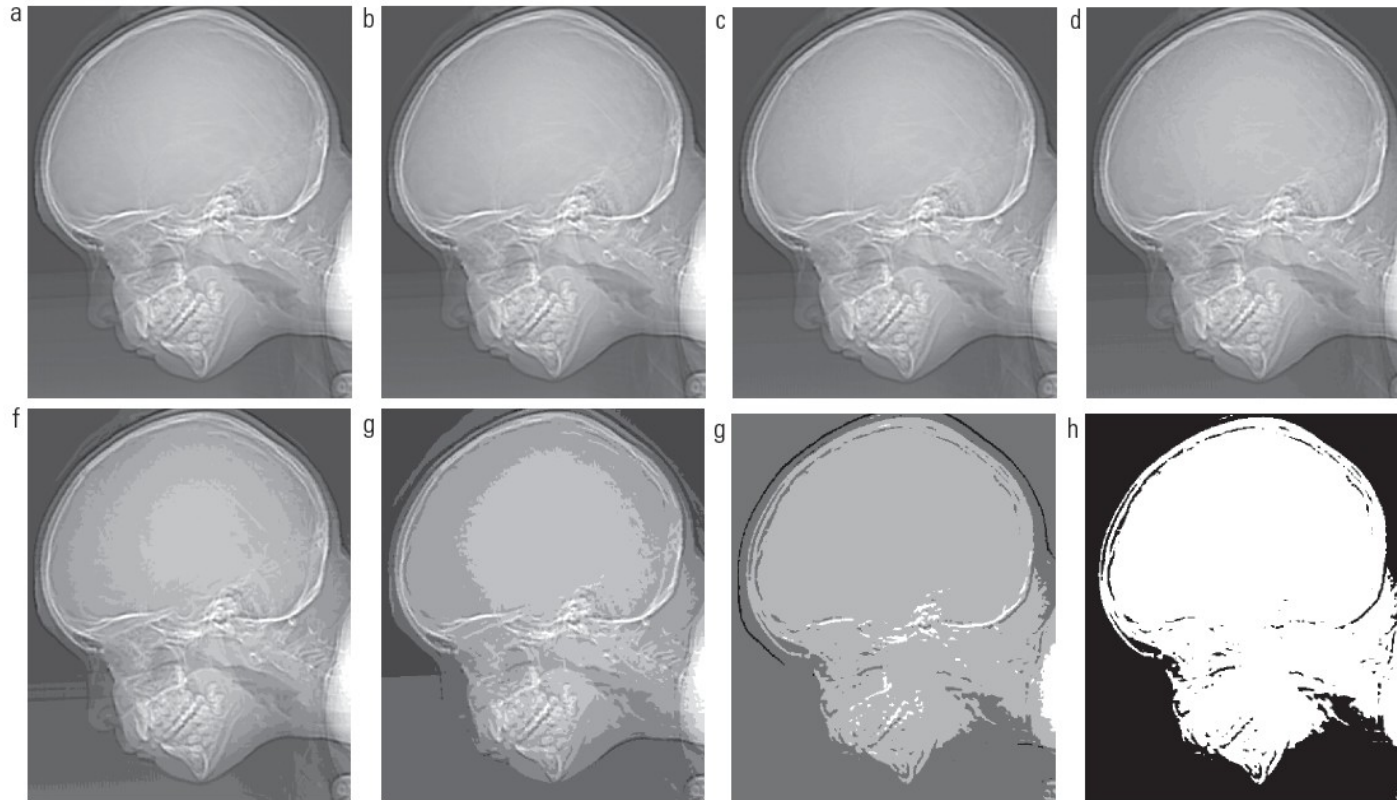


Figura 2.21 (a) Imagem de 452×374 com 256 níveis de cinza (intensidade). (b)-(d) Imagem exibida em 128, 64 e 32 níveis de cinza enquanto o tamanho da imagem é mantido constante. (e)-(h) Imagem exibida em 16, 8, 4 e 2 níveis de cinza. (Cortesia original do Dr. David R. Pickens, Departamento de Radiologia e Ciências Radiológicas, Centro Médico da Universidade de Vanderbilt.)

Qualidade da imagem:

Certamente que o número de amostras $N \times M$ e o número de níveis quantizados 2^k afetam a qualidade da imagem.

O número de detalhes na imagem também afeta a qualidade perceptível:



Figura 2.22 (a) Imagem com baixo nível de detalhes. (b) Imagem com nível médio de detalhes. (c) Imagem com uma quantidade relativamente grande de detalhes. (Imagem (b) cortesia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts.)

Curvas de isopreferência:

Percepção humana da qualidade da imagem em relação à quantidade de detalhes.

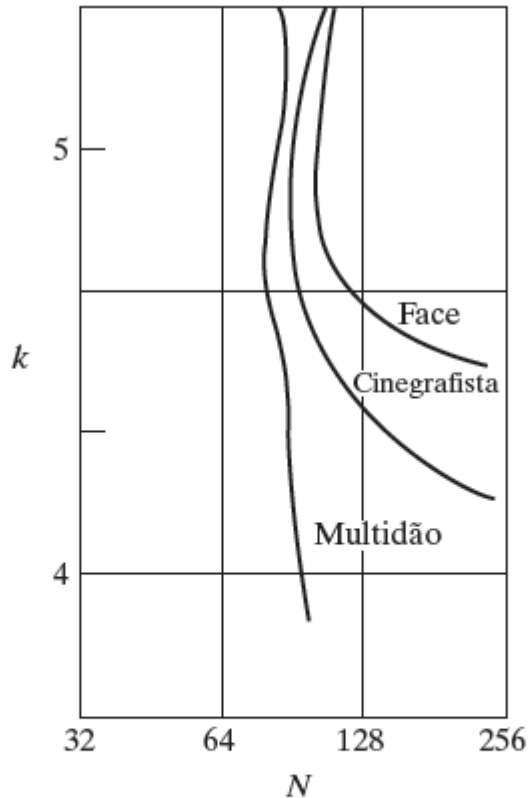


Figura 2.23 Curvas de isopreferência típicas para os três tipos de imagens da Figura 2.22.

Conclusão: quanto maior a quantidade de detalhes na imagem menos se exige da faixa de quantização e da faixa de amostragem.

Medida subjetiva de qualidade!

Interpolação de imagens:

Vizinho Mais Proximo:

O valor do nível de cinza a ser atribuído ao pixel na imagem destino, (i', j') , terá o mesmo valor do nível de cinza (contraste) do pixel mais próximo da posição na imagem original, (i, j) .

Se a imagem original tem dimensões w e h a imagem destino tem w' e h' , então um ponto na imagem destino será dado pelas expressões a seguir:

$$i' = i * w' / w$$

$$j' = j * h' / h$$

ou

$$i = i' * w / w'$$

$$j = j' * h / h'$$

Interpolação de imagens:

Bilinear:

O valor do nível de cinza a ser atribuído ao pixel na imagem destino é determinado a partir do valor dos 4 pixels vizinhos na imagem original.

Requer maior número de cálculos para determinar o valor de cada pixel de imagem corrigida.

Altera o valor original dos níveis de cinza (contraste).

Formalmente deve-se resolver um sistema de equações onde o nível

$v(x,y) = ax + by + cxy + d$, pode ser calculado com base nos 4 pontos mais próximos de p. Usa-se os níveis dos 4 pontos para calcular os coeficientes (a,b,c,d) e depois substitui na equação para obter o novo nível.

Na prática pode-se calcular a posição (i,j) de p', na imagem original e utilizar os N4(p).

Interpolação de imagens:

Bicúbica:

O valor do nível de cinza a ser atribuído ao pixel na imagem destino é determinado a partir do valor dos 16 pixels vizinhos na imagem original.

Requer muito maior número de cálculos para determinar o valor de cada pixel de imagem corrigida.

Altera também o valor original dos níveis de cinza (contraste).

Formalmente deve-se resolver um sistema de equações onde o nível

$v(x,y) = S_{i=0,3} S_{j=0,3} a_{ij} x_i y_j$, pode ser calculado com base nos 16 pontos mais próximos de p.

Na prática pode-se calcular a posição (i,j) de p', na imagem original e utilizar os N16(p).

Interpolação de imagens:

Reduzindo ou ampliando imagens por interpolação (vizinho mais próximo, bilinear, bicúbica, etc).



Figura 2.24 (a) Imagem com resolução reduzida para 72 dpi e tamanho ampliado de volta ao original (3.692×2.812 pixels) utilizando a interpolação por vizinho mais próximo. A figura mostra a mesma imagem que a Figura 2.20(d). (b) Imagem reduzida e ampliada utilizando a interpolação bilinear. (c) O mesmo que (b), mas utilizando a interpolação bicúbica. (d)-(f) Mesma sequência, mas reduzindo a resolução para 150 dpi em vez de 72 dpi (A Figura 2.24(d) é a mesma que a Figura 2.20(c)). Compare as figuras 2.24(e) e (f), especialmente a última, com a imagem original na Figura 2.20(a).

Relacionamentos entre pixels:

Vizinhança, adjacência, distância, etc.

Vizinhança de um pixel:

- 4 horizontais e verticais (N, S, L, O) = vizinhança 4 de $p = N4(p)$
- 4 diagonais (NE, SE, SO, NO) + $N4(p)$ = vizinhança 8 de $p = N8(p)$

Adjacência: sendo V o conjunto de valores de intensidade.

Adjacência-4: dois pixels com valores em V são adjacentes-4 se estiverem no conjunto $N4(p)$

Adjacência-8: dois pixels com valores em V são adjacentes-8 se estiverem no conjunto $N8(p)$

Exercícios:

1) Fazer um programa que lê o arquivo lena_gray_256.png e gera outro arquivo “colorizado por computador” com o nome de lena_color_256_colorizado.png.

Uma técnica de colorizar uma imagem em tons de cinza consiste de montar um mapa de Cores em função do valor do ton de cinza. Para isso geralmente lê-se uma imagem “qualquer” para amostrar os valores de cores pelos tons de cinza.

Sendo assim, para o programa desse exercício, ler o arquivo lena_color_256.png, gerar um mapa de cores (tipo Color) para cada valor de intensidade lido e após isso, carregar a imagem lena_gray_256.png, realizar o processo de “colorização” para gerar a imagem lena_color_256_colorizado.png (ver resultado próximo slide).



Exercícios:

- 2) Fazer um programa que lê o arquivo lena_gray_256.png e gera outro arquivo também em tons de cinza com o nome de lena_gray_256_vizinho_ampliado_1_5.png. Usar a técnica “vizinho mais próximo” para gerar uma ampliação de 1.5 vezes na imagem original.
- 3) Fazer um programa que lê o arquivo lena_gray_256.png e gera outro arquivo também em tons de cinza com o nome de lena_gray_256_bilinear_ampliado_1_5.png. Usar a técnica bilinear para gerar uma ampliação de 1.5 vezes na imagem original.