



Conceitos Fundamentais da Imagem Digital

Aquisição, Amostragem e Quantização

V Vasconcelos

Processamento de Imagem Médica

1



Imagens Digitais

Córnea: refracta os raios de luz que entram nos olhos, **protecção** à estrutura interna do olho.

Íris: Regula a quantidade de luz que entra nos nossos olhos, através da **pupila** que é uma abertura central da íris, através da qual a luz passa.

Cristalino: é uma lente natural do olho e sua função é auxiliar na **focagem** da imagem sobre a retina.

Retina: é a membrana fina que preenche a parede interna e posterior do olho, que recebe a luz focada pelo cristalino. Contém **fotoreceptores** (mais de 100 milhões) que transformam a luz em impulsos eléctricos, que são transmitidos ao **nervo óptico** que os transporta ao centro de processamento do cérebro.

O olho humano como uma câmara...

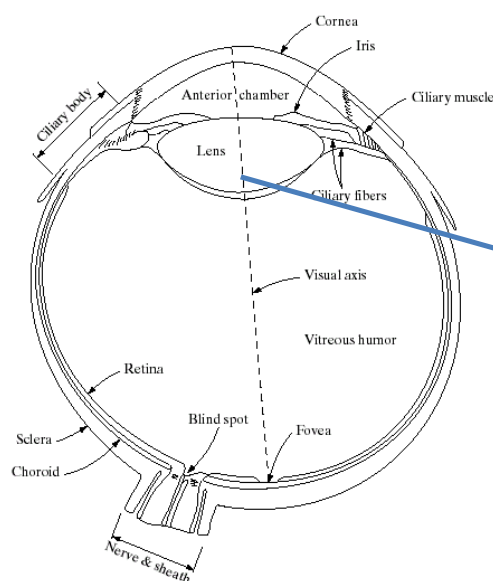


FIGURE 2.1
Simplified diagram of a cross section of the human eye.

Cristalino

Imagem Retirada da Referência [1].

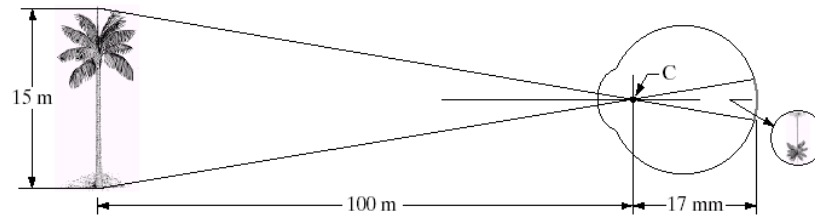
Processamento de Imagem Médica

2



Formação da imagem na retina

FIGURE 2.3
Graphical representation of the eye looking at a palm tree. Point C is the optical center of the lens.



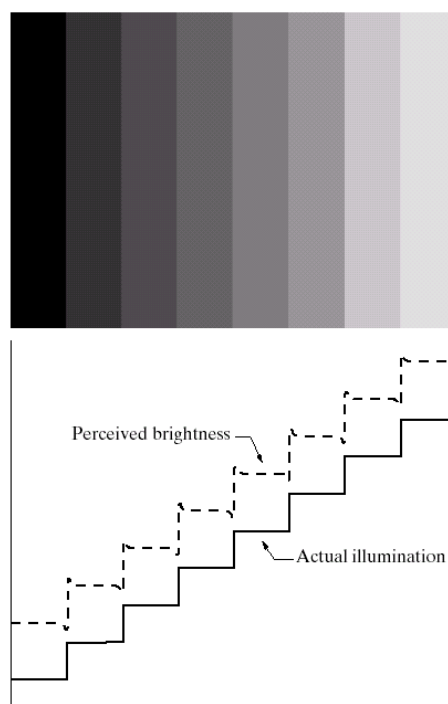
A imagem da árvore é formada na retina com

$$15/100 = h/17 \text{ mm} \rightarrow h = 2,55 \text{ mm}$$

Imagem Retirada da Referência [1].



Formação da imagem no olho humano. Nem só a intensidade conta...



a
b

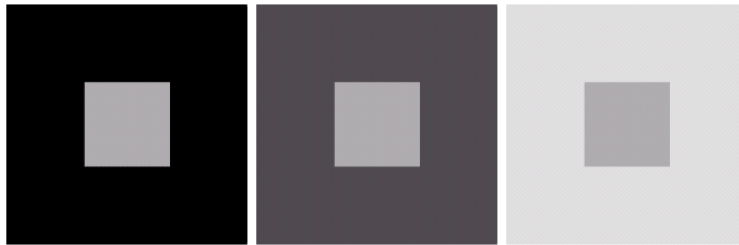
FIGURE 2.7
(a) An example showing that perceived brightness is not a simple function of intensity. The relative vertical positions between the two profiles in (b) have no special significance; they were chosen for clarity.

Imagem Retirada da Referência [1].



Imagens Digitais

Formação da imagem no olho humano. Nem só a intensidade conta...



a b c

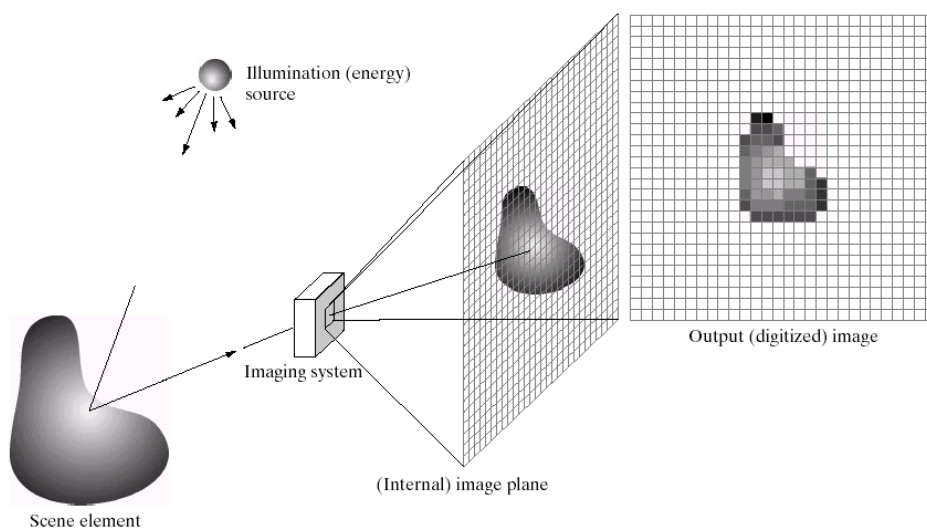
FIGURE 2.8 Examples of simultaneous contrast. All the inner squares have the same intensity, but they appear progressively darker as the background becomes lighter.

Imagem Retirada da Referência [1].



Imagens Digitais

Exemplo de Formação da imagem digital



a b c d e

FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy (“illumination”) source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

Imagem Retirada da Referência [1].



Imagens Digitais

Amostragem e Quantização

Amostragem nas coordenadas espaciais (x e y).

Frequência de Amostragem:

$$f_s \geq 2 \times f_{max}$$

Amostras ainda com valores contínuos

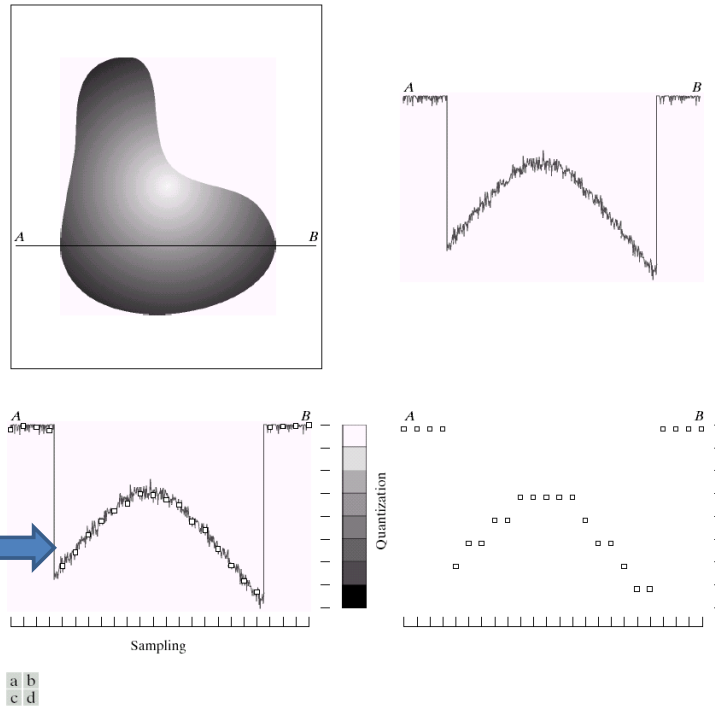


FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from A to B in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

Processamento de Imagem Médica

Imagem Retirada da Referência [1].

7



Imagens Digitais

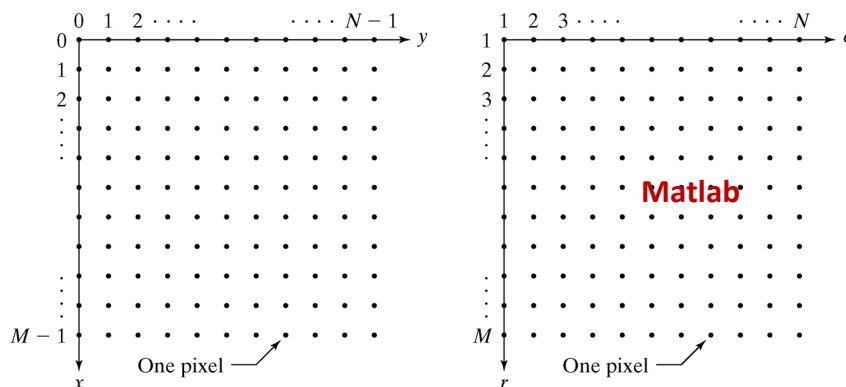
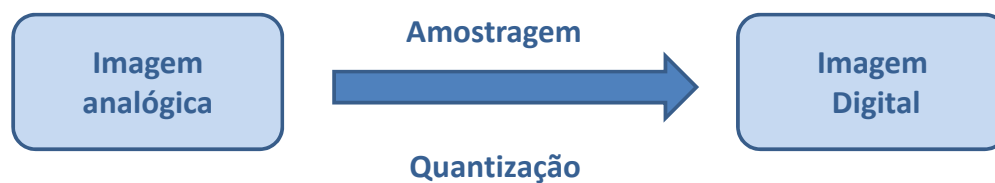


FIGURE 2.1 Coordinate conventions used (a) in many image processing books, and (b) in the Image Processing Toolbox.

Imagem Retirada da Referência [2].

Processamento de Imagem Médica

8



Imagens Digitais

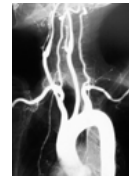


499 x 355

A mesma imagem ;
Diferentes amostragens



250 x 178



125 x 89

Imagem Retirada da Referência [3].

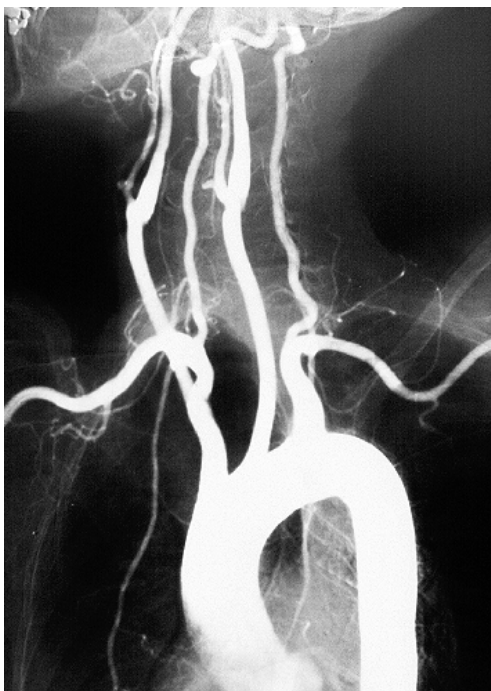
Processamento de Imagem Médica

9



Imagens Digitais

A mesma imagem ;
Diferentes amostragens
Mantendo a mesma dimensão



A - Imagem Original



2 x tamanho do píxel de A

Processamento de Imagem Médica

10

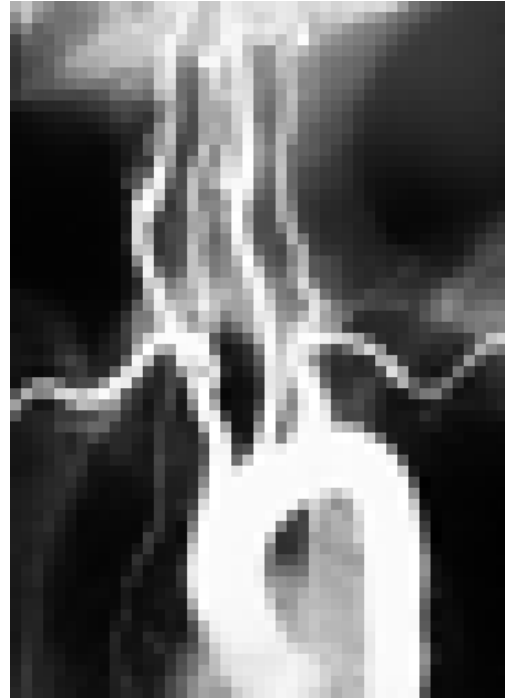


A mesma imagem ;
Diferentes amostragens
Mantendo a mesma dimensão

Baixa Resolução Espacial – “pixelização”



4 x tamanho do píxel de A



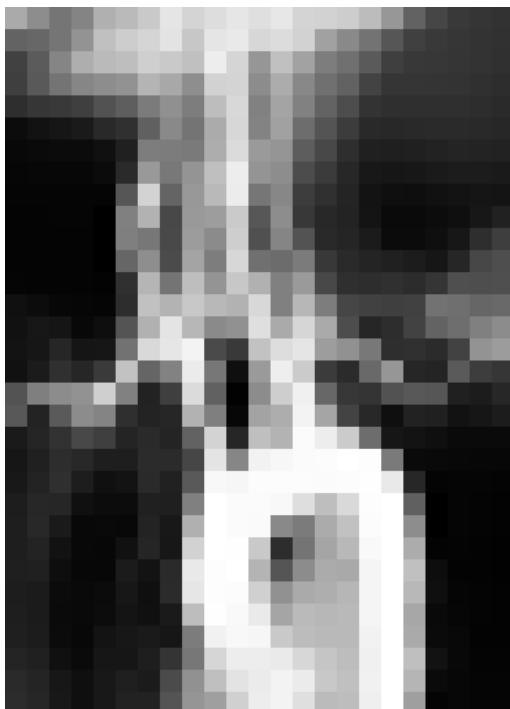
8 x tamanho do píxel de A

Processamento de Imagem Médica

11



A mesma imagem ;
Diferentes amostragens
Mantendo a mesma dimensão



16 x tamanho do píxel de A



32 x tamanho do píxel de A

Processamento de Imagem Médica

12

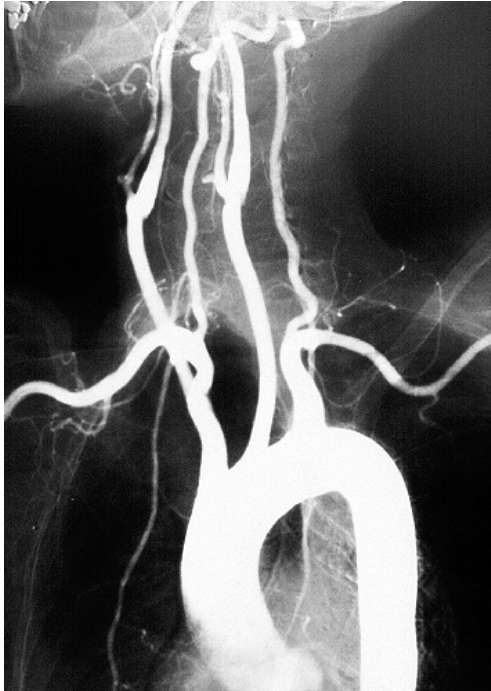


Imagem Original ; 256 níveis



16 níveis



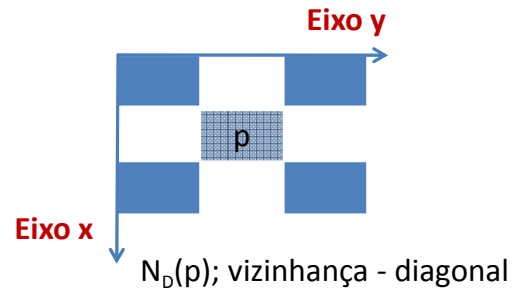
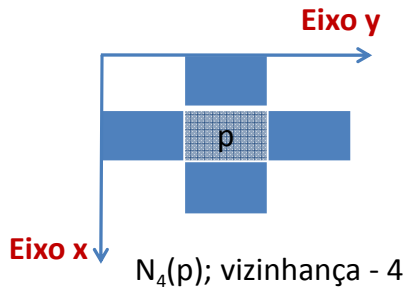
4 níveis



2 níveis

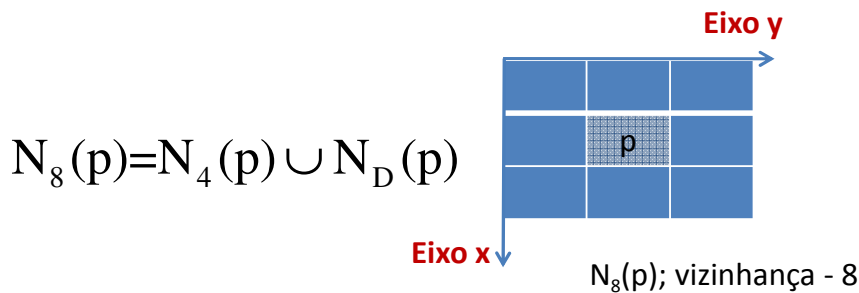


Relações entre píxeis: Vizinhança



$$N_4(p) = \{ (x-1, y); (x+1, y); (x, y-1); (x, y+1) \}$$

$$N_D(p) = \{ (x-1, y-1); (x+1, y-1); (x-1, y+1); (x+1, y+1) \}$$



E nas fronteiras da imagem?



Conectividade

O conceito de **conectividade** entre píxeis é um conceito fundamental que simplifica a definição de conceitos basilares em imagem digital, tal como **fronteiras** e **regiões**.

Existe **conectividade** entre dois píxeis **p** e **q** se:

1- eles são adjacentes (por exemplo vizinhos-4)

E

2 - o seu nível de cinzento respeita um critério específico de similaridade (por exemplo possuírem o mesmo nível de cinzento).



Relações entre píxeis: Adjacência

Consideremos V o conjunto de níveis de intensidade para definir **Adjacência**. No caso de uma imagem binária $V=\{1\}$, quando se analisa a adjacência dos píxeis com valor **1**.

No caso de uma imagem de níveis de cinzento, V contém tipicamente uma gama de valores. Se $L=256$ V pode ser qualquer subconjunto dos 256 níveis.



Relações entre píxeis: Adjacência

Consideremos 3 tipos de adjacência:

- **Adjacência – 4:** p e q com valores de V possuem adjacência – 4 se q se encontrar em $N_4(p)$ (**adjacente por borda**).

- **Adjacência – 8:** p e q com valores de V possuem adjacência – 8 se q se encontrar em $N_8(p)$ (**adjacente por vértice**).



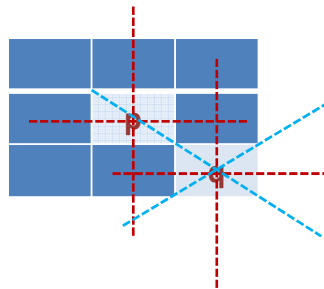
Relações entre píxeis: Adjacência

• **Adjacência – m:** (Adjacência mista) **p** e **q** possuem *adjacência m* se:

** **q** encontra-se em $N_4(p)$,

ou

** **q** se encontrar em $N_D(p)$ *E* o conjunto $N_4(p) \cap N_4(q)$ não possui píxeis cujos valores estejam em V .



Adjacência

$$V = \{1\}$$

0	1	1	0
1	1	0	1
0	0	1	1

Adjacência - 4

0	1	1	0
1	1	0	1
0	0	1	1

Adjacência - 8

0	1	1	0
1	1	0	1
0	0	1	1

Adjacência - m



Caminho Digital

O *caminho digital* entre dois píxeis **p** (x_0, y_0) e **q** (x_n, y_n) é a sequência de pixels distintos com coordenadas

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n) \rightarrow \text{píxeis adjacentes}$$

Se $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$ o caminho diz-se fechado.

Podemos definir um caminho recorrendo à **adjacência-4**; **adjacência-8** e **adjacência-m**.



Adjacência

0 1 1
0 1 0
0 0 1

a)

0 1--1
0 1 0
0 0 1

b)

0 1--1
0 1 0
0 0 1

c)

Imagem Retirada da Referência [1].

Imagem a) – arranjo de pixels $V=\{1\}$

Imagem b) – pixels adjacentes do pixel central usando adjacência - 8

Imagem c) – pixels adjacentes do pixel central usando adjacência - m; **menor ambiguidade** na construção de um caminho digital.



Relações entre píxeis: Conectividade

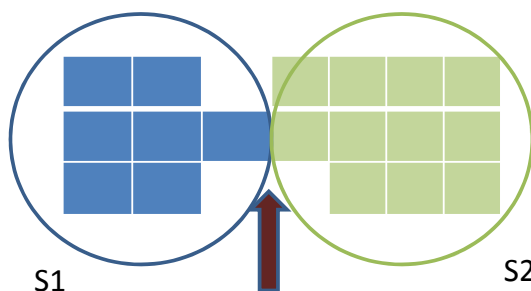
Conectividade é um conceito que é usado para estabelecer fronteiras de objetos e regiões de uma imagem.

- Seja S um subconjunto de píxeis na imagem. Dois píxeis estão ligados em S se existe um **caminho** (*path*) entre eles constituído apenas por píxeis de S .
- Para qualquer píxel de S , o conjunto de píxeis que estão ligados em S designa-se por **componente ligado** de S . Se S só tem um componente ligado então S é um **conjunto ligado**.



Regiões da Imagem

- R será considerada uma região da imagem, se R for um **conjunto ligado**. A sua **fronteira**, **borda** ou **contorno** é o conjunto de píxeis de R que tem pelo menos um vizinho que não pertence a R . É um caminho fechado.
- Duas regiões da imagem R_1 e R_2 são **adjacentes** se a união das duas forma um conjunto ligado.



$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix} \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} \begin{matrix} R_i \\ \\ R_j \end{matrix}$$

A região R_1 e R_2 são adjacentes se for considerada
Adjacência – 8 ou
Adjacência – m.



Fronteira

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

O píxel delimitado faz parte da fronteira se for considerada a vizinhança -8, mas não se for considerada a vizinhança - 4.



Distâncias

A distância entre píxeis é uma medida muito utilizada em muitos algoritmos.

D é uma **função distância** ou **métrica** se

- $D(p,q) \geq 0$ ($D(p,q) = 0$ se e só se $p = q$)
- $D(p,q) = D(q,p)$
- $D(p,z) \leq D(p,q) + D(q,z)$



Distâncias

Consideremos os píxeis $p=(x,y)$, $q=(s,t)$ e $z=(u,v)$

Distância Euclideana

$$D_e(p, q) = \sqrt{(x-s)^2 + (y-t)^2}$$

Distância City-Block (Distância D4)

$$D_{cb}(p, q) = |x-s| + |y-t|$$

$$D_{cb}(p, q) \leq 2 \quad \text{"diamantes" centrados no píxel } p$$

Os píxeis com $D4=1$ são os 4-vizinhos do píxel p

		2		
	2	1	2	
2	1	0	1	2
	2	1	2	
		2		



Distâncias

Distância Chessboard (Distância D8):

$$D_{ch}(p, q) = \max\{|x-s|, |y-t|\}$$

$$D_{ch}(p, q) \leq 2$$

"quadrados" centrados no píxel p

2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

Os píxeis com $D8=1$ são os 8-vizinhos do píxel p



Referências Bibliográficas

1. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image processing, Pearson/Prentice Hall, 3rd Edition, 2008.
2. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, Digital image processing using Matlab, Gatesmark Publishing, 2nd Ed, 2009.
3. G. Dougherty, Digital Image Processing for Medical Applications, Cambridge University Press, 2009.
4. L. G. Shapiro, G. C. Stockman, Computer Vision, Prentice Hall, 2001.
5. K. Najarian, R. Splinter, Biomedical Signal and Image Processing, CRC Press, 2005.