

Aula 2b – Fundamentos da imagem digital

Prof. João Fernando Mari

joaof.mari@ufv.br

Roteiro

Relacionamento básico entre pixels

- Vizinhança entre pixels

- Adjacência

- Caminho (ou curva) digital

- Regiões conectadas e componentes conectados

- Fundo e objetos de uma imagem

- Borda contorno, ou fronteira

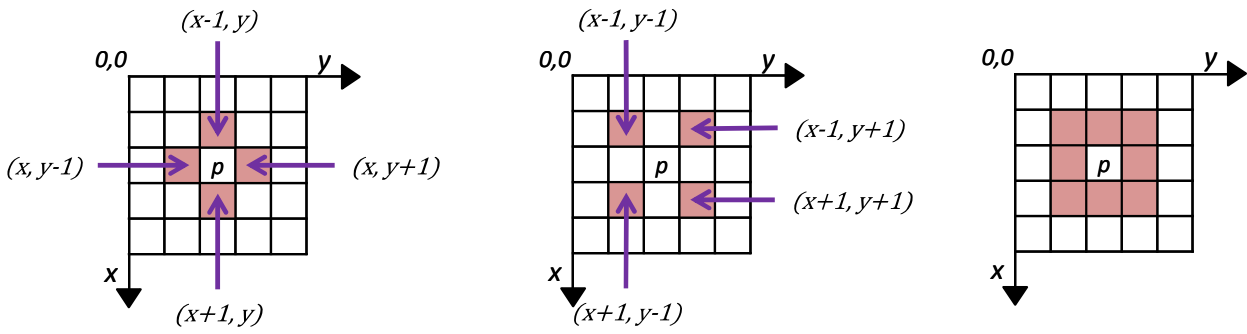
Operações lógicas e aritméticas entre imagens

- Operações aritméticas

- Operações lógicas

Medidas de distância

Vizinhança de um pixel



Vizinhança-4 de p , $N_4(p)$:

$$(x+1, y), (x-1, y), (x, y+1), (x, y-1)$$

Vizinhança-diagonal de p , $N_D(p)$:

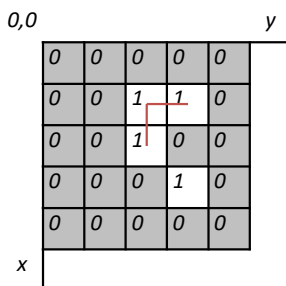
$$(x-1, y-1), (x-1, y+1), (x+1, y-1), (x+1, y+1)$$

Vizinhança-8 de p , $N_8(p)$:

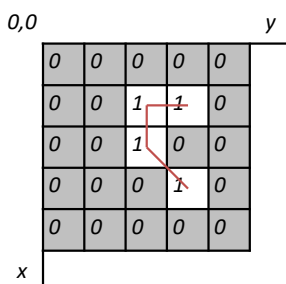
$$N_4(p) \cup N_D(p)$$

Adjacência

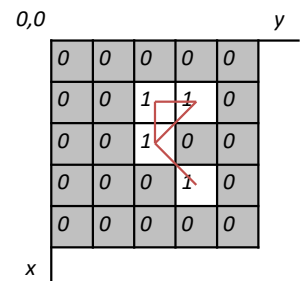
(*) $V = \{1\}$ para imagens binárias



Adjacência-4: Dois pixels p e q são adjacentes-4 se:
Os valores de p e q pertencem ao conjunto V e
O pixel q está no conjunto $N_4(p)$



Adjacência-8: Dois pixels p e q são adjacentes-8 se:
Os valores de p e q pertencem ao conjunto V e
O pixel q está no conjunto $N_8(p)$.



Adjacência-m (adjacência mista): Dois pixels p e q são adjacentes-m se:
(i) q está em $N_4(p)$, OU
(ii) q estiver em $N_D(p)$ e a intersecção entre $N_4(p)$ e $N_4(q)$ não contém nenhum pixel cujos valores pertencem a V .

Caminho (ou curva) digital

Um caminho do pixel p com coordenadas (x, y) ao pixel q com coordenadas (s, t) é uma sequencia de pixels distintos com coordenadas:

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$$

em que:

$$(x_0, y_0) = (x, y),$$

$$(x_n, y_n) = (s, t) \text{ e}$$

os pixels (x_i, y_i) e (x_{i-1}, y_{i-1}) são adjacentes para $1 \leq i \leq n$

Se $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$ o caminho é fechado

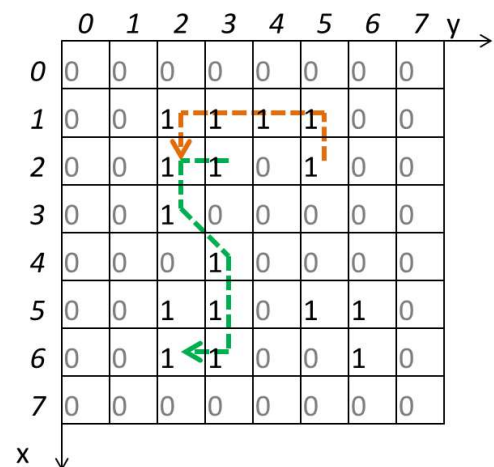
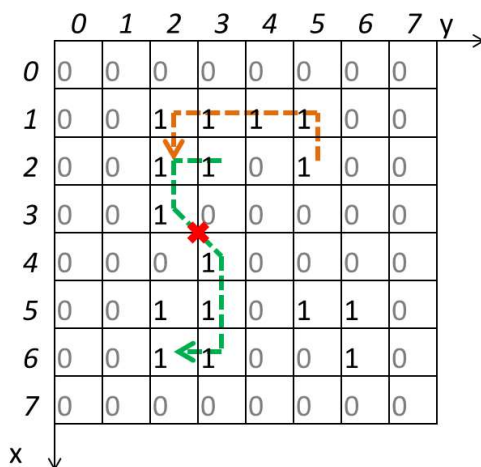
Dependendo do tipo de adjacência escolhida, os caminhos podem ser:

caminho-4

caminho-8

caminho-m

Caminho (ou curva) digital



- Considerando vizinhança-4
- Um dos caminhos entre p em $(2, 5)$ e q em $(2, 2)$:
 - $(2, 5), (1, 5), (1, 4), (1, 3), (1, 2), (2, 2)$.
- Um dos caminhos entre p em $(2, 3)$ e q em $(6, 2)$:
 - Não existe um caminho.
- Considerando vizinhança-8
- Um dos caminhos entre p em $(2, 5)$ e q em $(2, 2)$:
 - $(2, 5), (1, 5), (1, 4), (1, 3), (1, 2), (2, 2)$.
- Um dos caminhos entre p em $(2, 3)$ e q em $(6, 2)$:
 - $(2, 3), (2, 2), (3, 2), (4, 3), (5, 3), (6, 3), (6, 2)$.

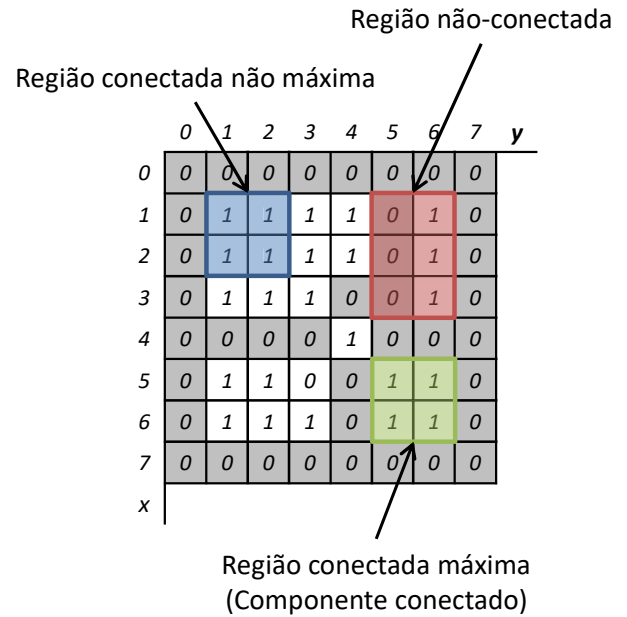
Regiões conectadas e componentes conectados

Região conectada

Qualquer região R que existe pelo menos um caminho entre quaisquer pares de pixels (p, q)

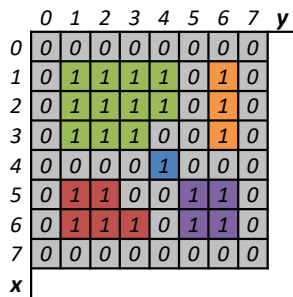
Componente conectado

Região conectada máxima
 Não é um subconjunto próprio de nenhuma região conectada maior



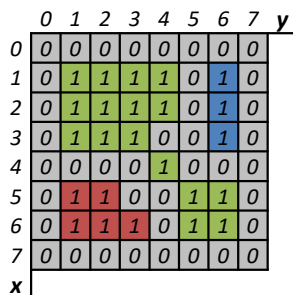
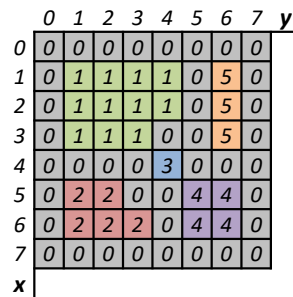
Componentes conectados

Imagem binária

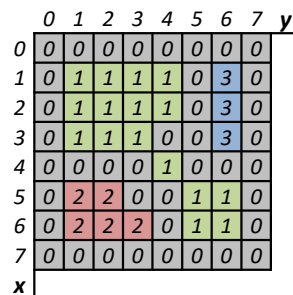


$N_4(p)$

Imagem de rótulos



$N_8(p)$



Fundo e objetos de uma imagem

Frente (*foreground*) da imagem (objetos)

Conjunto de todos os componentes conectados na imagem

Fundo (*background*) da imagem

O complemento do conjunto dos componentes conectados

$N_4(p)$

	0	1	2	3	4	5	6	7	y →
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	1	1	1	1	0	1	0	
2	0	1	1	1	1	0	1	0	
3	0	1	1	1	0	0	1	0	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	
5	0	1	1	0	0	1	1	0	
6	0	1	1	1	0	1	1	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	

x ↓

Borda, contorno ou fronteira

- Borda de um componente conectado C:
 - Conjunto de pontos em C que são adjacentes aos pontos do complemento de C.
 - Dependente da conectividade.

$N_4(p)$

	0	1	2	3	4	5	6	7	y →
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	1	1	1	1	0	
2	0	1	1	1	1	1	1	0	
3	0	1	1	1	1	1	1	0	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	
5	0	1	1	0	0	0	0	0	
6	0	1	1	1	0	1	1	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	

x ↓

$N_8(p)$

	0	1	2	3	4	5	6	7	y →
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	1	1	1	1	0	
2	0	1	1	1	1	1	1	0	
3	0	1	1	1	1	1	1	0	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	
5	0	1	1	0	0	0	0	0	
6	0	1	1	1	0	1	1	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	

x ↓

Borda, contorno ou fronteira

- Borda **externas** de um componente conectado C:
 - Conjunto de pontos no complemento de C, $(C)^c$, que são adjacentes aos pontos em C.
 - Bordas sempre formam um conjunto fechado.
 - Algoritmos seguidores de contorno.

$N_4(p)$

	0	1	2	3	4	5	6	7	y →
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	1	1	1	1	0	
2	0	1	1	1	1	1	1	0	
3	0	1	1	1	1	1	1	0	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	
5	0	1	1	0	0	0	0	0	
6	0	1	1	1	0	1	1	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	

x ↓

$N_8(p)$

	0	1	2	3	4	5	6	7	y →
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	1	1	1	1	0	
2	0	1	1	1	1	1	1	0	
3	0	1	1	1	1	1	1	0	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	
5	0	1	1	0	0	0	0	0	
6	0	1	1	1	0	1	1	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	

x ↓

Operações aritméticas

- Operações aritméticas são realizadas entre pixels correspondentes
- SOMA
 - $g(x, y) = f_1(x, y) + f_2(x, y)$
- SUBTRAÇÃO
 - $g(x, y) = f_1(x, y) - f_2(x, y)$
- MULTIPLICAÇÃO
 - $g(x, y) = f_1(x, y) \times f_2(x, y)$
- DIVISÃO
 - $g(x, y) = f_1(x, y) / f_2(x, y)$

Tipos de dados no Python (scikit-image)

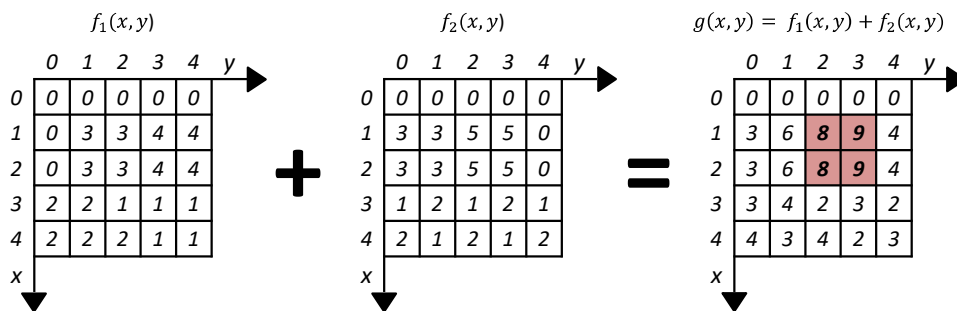
dtype	de	até	Descrição
uint8	0	255	Inteiro de 8 bits sem sinal
uint16	0	65,535	Inteiro de 16 bits sem sinal
uint32	0	4,294,967,295	Inteiro de 32 bits sem sinal
float	-1.0	+1.0	Ponto flutuante de 64 bits
int8	-128	127	Inteiro de 8 bits com sinal
int16	-32,768	+32,767	Inteiro de 16 bits com sinal
int32	-2 ³¹	2 ³¹ - 1	Inteiro de 32 bits com sinal

Função	Descrição
img_as_float	Converte para float
img_as_ubyte	Converte para uint8
img_as_uint	Converte para uint16
img_as_int	Converte para int16

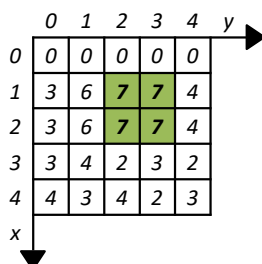
Operações aritméticas

SOMA

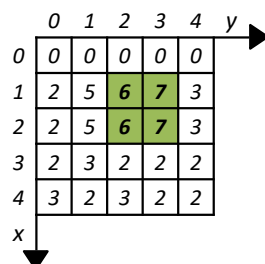
$k = 3$ (número de bits)
 $L = 2^k = 2^3 = 8$
 Intervalo: $[0, L-1]$ ou $[0, 7]$



$$g'(x,y) = \min(g(x,y), L-1)$$

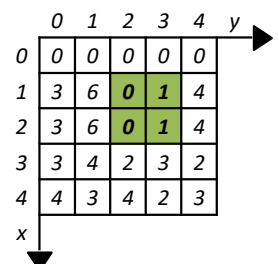


$$g' = \frac{L-1}{g_{max} - g_{min}} \times (g - g_{min})$$



g	$p/9 * 7$	p'
0	0.00	0
1	0.77	1
2	1.55	2
3	2.33	2
4	3.11	3
5	3.88	4
6	4.66	5
7	5.44	5
8	6.22	6
9	7.00	7

$$g(x,y) > L-1? \quad g(x,y) - L : g(x,y)$$



Operações lógicas e aritméticas

SUBTRAÇÃO

$k = 3$ (número de bits)
 $L = 2^k = 2^3 = 8$
 Intervalo: $[0, L-1]$ ou $[0, 7]$

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	3	3	5	5	0	
2	3	3	5	5	0	
3	1	2	1	2	1	
4	2	1	2	1	2	
x						

-

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	0	3	3	4	4	
2	0	3	3	4	4	
3	2	2	1	1	1	
4	2	2	2	1	1	
x						

=

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	3	0	2	1	-4	
2	3	0	2	1	-4	
3	-1	0	0	1	0	
4	0	-1	0	0	1	
x						

(*)

$$g'(x, y) = \max(g(x, y), 0)$$

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	3	0	2	1	0	
2	3	0	2	1	0	
3	0	0	0	1	0	
4	0	0	0	0	1	
x						

$$g'(x, y) = |g(x, y)|$$

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	3	0	2	1	4	
2	3	0	2	1	4	
3	1	0	0	1	0	
4	0	1	0	0	1	
x						

$$g'(x, y) = g(x, y) - \min(g(x, y))$$

	0	1	2	3	4	y
0	4	4	4	4	4	
1	7	4	6	5	0	
2	7	4	6	5	0	
3	3	4	4	5	4	
4	4	3	4	4	5	
x						

$$g(x, y) < 0 ? L + g(x, y) : g(x, y)$$

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	3	0	2	1	4	
2	3	0	2	1	4	
3	7	0	0	1	0	
4	0	7	0	0	1	
x						

Operações lógicas e aritméticas

MULTIPLICAÇÃO

$k = 3$ (número de bits)
 $L = 2^k = 2^3 = 8$
 Intervalo: $[0, L-1]$ ou $[0, 7]$

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	3	3	5	5	0	
2	3	3	5	5	0	
3	1	2	1	2	1	
4	2	1	2	1	2	
x						

×

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	0	3	3	4	4	
2	0	3	3	4	4	
3	2	2	1	1	1	
4	2	2	2	1	1	
x						

=

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	0	9	15	25	0	
2	0	9	15	25	0	
3	2	4	1	4	1	
4	4	2	4	2	2	
x						

(*) Corrigir conforme fizemos com a SOMA e SUBTRAÇÃO

MULTIPLICAÇÃO

$k = 3$ (número de bits)
 $L = 2^k = 2^3 = 8$
 Intervalo: $[0, L-1]$ ou $[0, 7]$

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	3	3	5	5	0	
2	3	3	5	5	0	
3	1	2	1	2	1	
4	2	1	2	1	2	
x						

×

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	0	1	1	0	0	
2	0	1	1	1	0	
3	0	1	1	1	0	
4	0	0	0	0	0	
x						

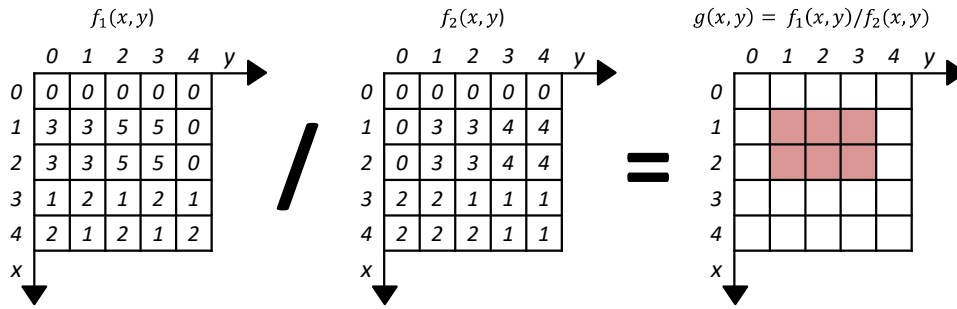
=

	0	1	2	3	4	y
0	0	0	0	0	0	
1	0	3	5	0	0	
2	0	3	5	5	0	
3	0	2	1	2	0	
4	0	0	0	0	0	
x						

Operações lógicas e aritméticas

DIVISÃO

$k = 3$ (número de bits)
 $L = 2^k = 2^3 = 8$
 Intervalo: $[0, L-1]$ ou $[0, 7]$



Operações lógicas

- Operações lógicas ocorrem entre imagens binárias
 - Pixels == 0 → False
 - Pixel == 1 → True

A	B	NOT A	A AND B	A OR B	A NAND B	A NOR B	A XOR B
0	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	0

Operações lógicas

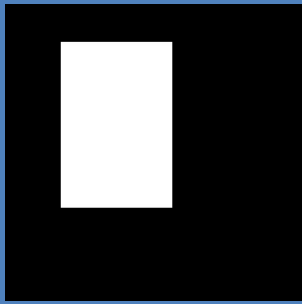


Imagem A

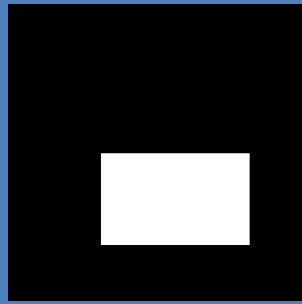
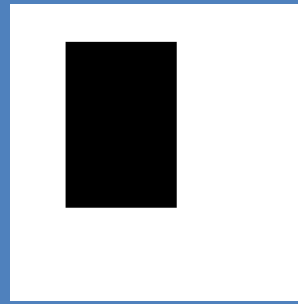
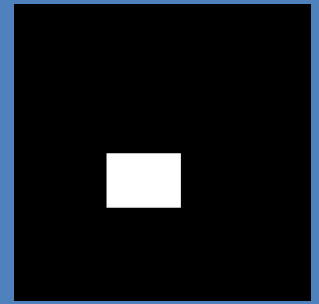


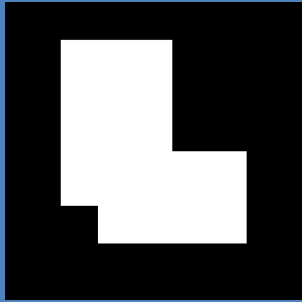
Imagem B



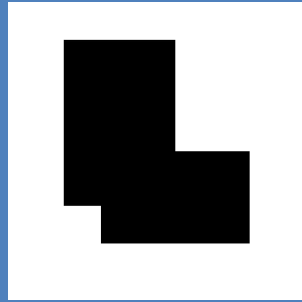
NOT A



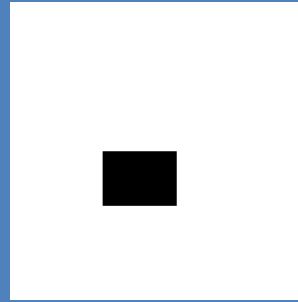
A AND B



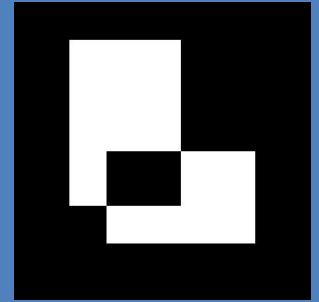
A OR B



A NOR B



A NAND B



A XOR B

Medidas de distância

Considere três pixels e suas respectivas coordenadas

p em (x, y)

q em (s, t)

z em (v, w)

D é uma função ou medida de distância

$$D(p, q) \geq 0$$

$$D(p, q) = 0 \text{ se } p = q$$

$$D(p, q) = D(q, p)$$

$$D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$$

Distância Euclidiana

Distância *cityblock*

Distância *chessboard*

	0	1	2	3	4	5	6	7	y
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
x									

Distância Euclidiana

A distância euclidiana entre os pixels p em (x, y) e q em (s, t)

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

Para p com coordenadas $(2, 2)$ e:

q com coordenadas $(1, 2)$:

$$D_e(p, q) = \sqrt{(2 - 1)^2 + (2 - 2)^2}$$

$$D_e(p, q) = \sqrt{1^2 + 0^2}$$

$$D_e(p, q) = \sqrt{1} = 1$$

q com coordenadas $(1, 1)$:

$$D_e(p, q) = \sqrt{(2 - 1)^2 + (2 - 1)^2}$$

$$D_e(p, q) = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$$

q com coordenadas $(0, 3)$:

$$D_e(p, q) = \sqrt{(2 - 0)^2 + (2 - 3)^2}$$

$$D_e(p, q) = \sqrt{2^2 + (-1)^2} = \sqrt{5}$$

	0	1	2	3	4	$y \rightarrow$
0	$\sqrt{8}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$\sqrt{8}$	
1	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
2	2	1	0	1	2	
3	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
4	$\sqrt{8}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$\sqrt{8}$	

$x \downarrow$

Distância entre o pixel com coordenadas $(2, 2)$ e todos os demais pixels.

Distância *city block*

Distância *city block* entre p em (x, y) e q em (s, t)

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

	0	1	2	3	4	$y \rightarrow$
0	4	3	2	3	4	
1	3	2	1	2	3	
2	2	1	0	1	2	
3	3	2	1	2	3	
4	4	3	2	3	4	

$x \downarrow$

Distância *chessboard*

Distância *chessboard* entre p em (x, y) e q em (s, t)

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$

	0	1	2	3	4	$y \rightarrow$
0	2	2	2	2	2	
1	2	1	1	1	2	
2	2	1	0	1	2	
3	2	1	1	1	2	
4	2	2	2	2	2	
$x \downarrow$						

Referencias

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Brasport, 1999.

Disponível para download no site do autor (Exclusivo para uso pessoal)

<http://dainf.ct.utfpr.edu.br/~hvieir/pub.html>

Seção 2.2 – pág. 25

Seção 2.3 – pág 28 (exceto Seção 2.3.3)

GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E.; **Processamento Digital de Imagens**. 3ª edição. Editora Pearson, 2009.

Disponível na Biblioteca Virtual da Pearson.

Seção 2.5 – pág. 44

Seção 2.6 – pág. 46 (até 2.6.4, parar antes de **Conjuntos fuzzy** (pág. 54)).

J. E. R. Queiroz, H. M. Gomes. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. RITA. v. 13, 2006.

<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2016.2/Rita-Tutorial-PDI.pdf>

Seção 3

Referencias e material complementar

- scikit-image. **Image data types and what they mean.**
 - https://scikit-image.org/docs/dev/user_guide/data_types.html

FIM