Lecture 10 – Image segmentation III
Regions

Prof. João Fernando Mari
joaofmari.github.io
joaof.mari@ufv.br

Agenda

- Crescimento de regiões
- Divisão e fusão de regiões

CRESCIMENTO DE REGIÕES

Crescimento de regiões

- ***f*(*x*, *y*)** é a imagem de entrada;
- ***S*(*x*, *y*)** é uma imagem contendo sementes:
  - ***S*** é uma imagem binária com o mesmo tamanho da imagem ***f***.
  - Os pixels com valor ***1*** indicam as sementes e os ***0***s as demais localizações;
- ***Q*** denota **alguma propriedade** a ser aplicada em cada posição **(*x*, *y*)**.

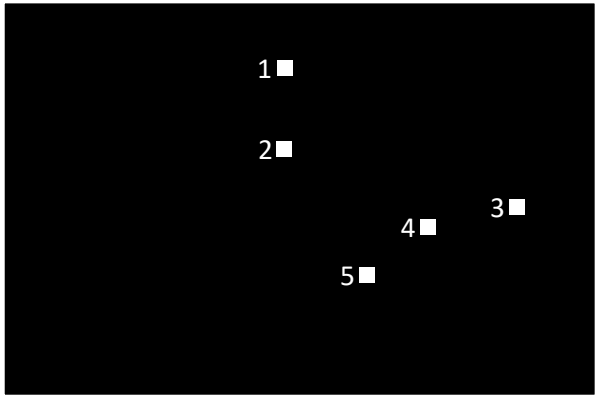
Crescimento de regiões

- ***f*(*x*, *y*)** é a imagem de entrada;
- ***S*(*x*, *y*)** é uma imagem contendo sementes:
  - ***S*** é uma imagem binária com o mesmo tamanho da imagem ***f***.
  - Os pixels com valor ***1*** indicam as sementes e os ***0***s as demais localizações;
- ***Q*** denota **alguma propriedade** a ser aplicada em cada posição **(*x*, *y*)**.

f(*x*, *y*)

Marcadores para as sementes

S(*x*, *y*)



Crescimento de regiões

- Algoritmo básico de crescimento da regiões (baseado em conectividade-8):
  - Reduzir cada componente conectado em S(x, y) a um único pixel (erosão morfológica).
    - Rotular todos os pixels, r = [1, 2, 3, ... N].
  - Para cada semente ***r***, gerar uma imagem f_r em que:
    - $f_r(x, y) = r$, se o pixel da imagem de entrada satisfaz ***Q***;
    - $f_r(x, y) = 0$, caso contrário.
  - A imagem de saída ***g*** é formada anexando a cada semente em ***S*** todos os pixels rotulados com o número ***r*** em f_r que estão 8-conectados a essa semente.
    - Em caso de conflito atribuir ao menor rótulo. “O primeiro leva tudo”.

Crescimento de regiões

- (A) Imagem original *f*(*x, y*) com tamanho 5 x 5, profundidade de 3 bits (L = 8) e duas sementes.

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

f(x, y)

Crescimento de regiões

- (B) Imagem com as sementes $S(x, y)$. As sementes já foram reduzidas a um único pixel e rotuladas.

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

$f(x, y)$

(B)

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

$S(x, y)$

Crescimento de regiões

- (C) Imagem com as diferenças absolutas entre o pixel sob a semente com rótulo 1 e os demais pixels.
  - Propriedade Q: diferença absoluta entre os pixels (T).

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

f(x, y)

(C)

6	1	4	5	4
4	0	4	6	6
1	2	5	4	5
1	0	6	6	5
1	0	4	5	0

$T_1 = |f(x, y) - 1|$

(B)

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

S(x, y)

Crescimento de regiões

- (D) Imagem com as diferenças absolutas entre o pixel sob a semente com rótulo **2** e os demais pixels.
  - Propriedade Q: diferença absoluta entre os pixels (T).

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

$f(x, y)$

(C)

6	1	4	5	4
4	0	4	6	6
1	2	5	4	5
1	0	6	6	5
1	0	4	5	0

$T_1 = |f(x, y) - 1|$

(B)

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

$S(x, y)$

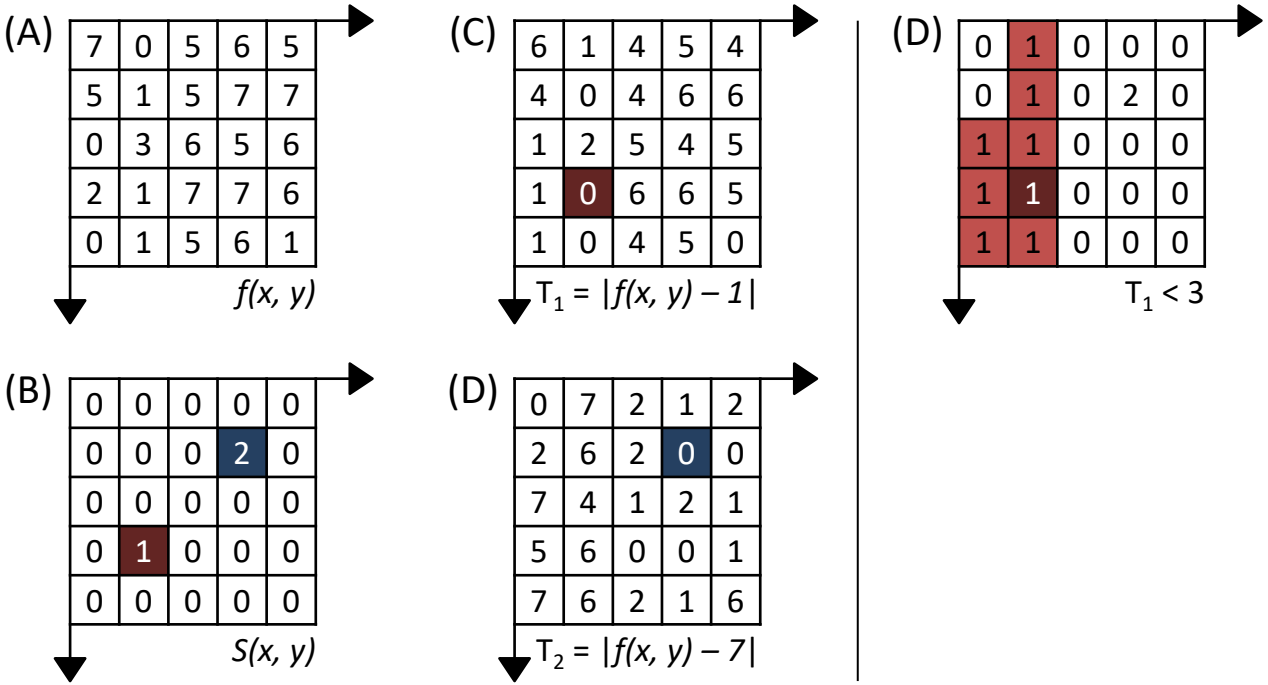
(D)

0	7	2	1	2
2	6	2	0	0
7	4	1	2	1
5	6	0	0	1
7	6	2	1	6

$T_2 = |f(x, y) - 7|$

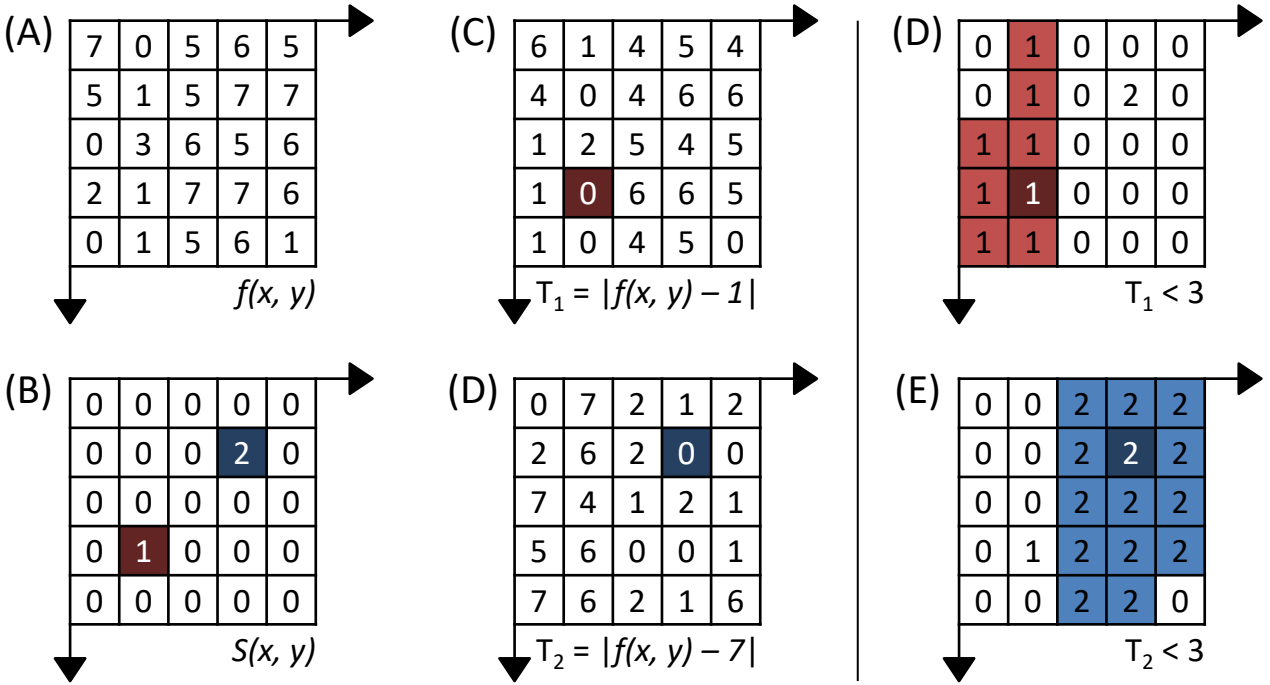
Crescimento de regiões

- (E) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 3.
  - Pixels em T_1 que satisfazem Q e possuem um caminho 8-conectado à semente.



Crescimento de regiões

- (E) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 3.
  - Pixels em T_2 que satisfazem Q e possuem um caminho 8-conectado à semente.



Crescimento de regiões

- (F) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 3.

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

f(x, y)

(B)

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

S(x, y)

(C)

6	1	4	5	4
4	0	4	6	6
1	2	5	4	5
1	0	6	6	5
1	0	4	5	0

$T_1 = |f(x, y) - 1|$

(D)

0	7	2	1	2
2	6	2	0	0
7	4	1	2	1
5	6	0	0	1
7	6	2	1	6

$T_2 = |f(x, y) - 7|$

(D)

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

$T_1 < 3$

(E)

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

$T_2 < 3$

(F)

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

$T < 3$

Crescimento de regiões

- (G) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 5.
  - Pixels em T_1 que satisfazem Q e possuem um caminho 8-conectado à semente.

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

f(x, y)

(B)

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

S(x, y)

(C)

6	1	4	5	4
4	0	4	6	6
1	2	5	4	5
1	0	6	6	5
1	0	4	5	0

$T_1 = |f(x, y) - 1|$

(D)

0	7	2	1	2
2	6	2	0	0
7	4	1	2	1
5	6	0	0	1
7	6	2	1	6

$T_2 = |f(x, y) - 7|$

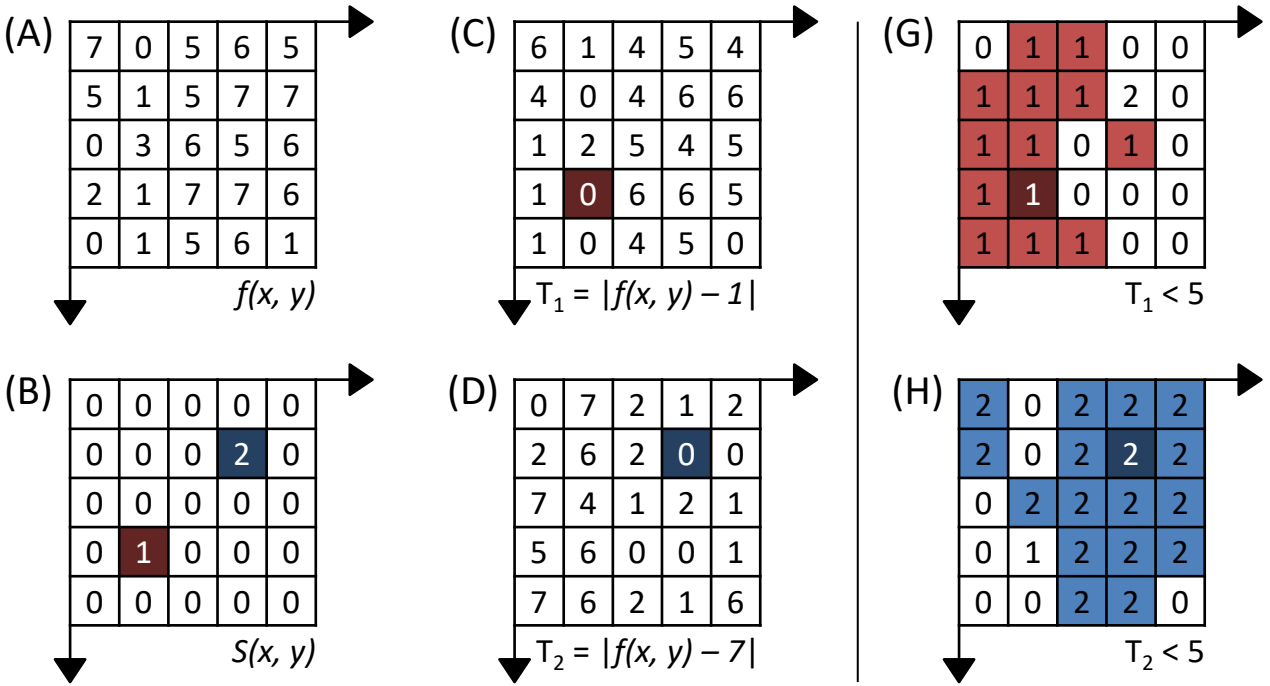
(G)

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

$T_1 < 5$

Crescimento de regiões

- (H) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 5.
  - Pixels em T_2 que satisfazem Q e possuem um caminho 8-conectado à semente.



Crescimento de regiões

- (I) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 5.
  - Em caso de conflito, o pixel é atribuído a região com o menor rótulo de forma arbitrária.

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

f(x, y)

(B)

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

S(x, y)

(C)

6	1	4	5	4
4	0	4	6	6
1	2	5	4	5
1	0	6	6	5
1	0	4	5	0

$T_1 = |f(x, y) - 1|$

(D)

0	7	2	1	2
2	6	2	0	0
7	4	1	2	1
5	6	0	0	1
7	6	2	1	6

$T_2 = |f(x, y) - 7|$

(G)

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

$T_1 < 5$

(H)

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

$T_2 < 5$

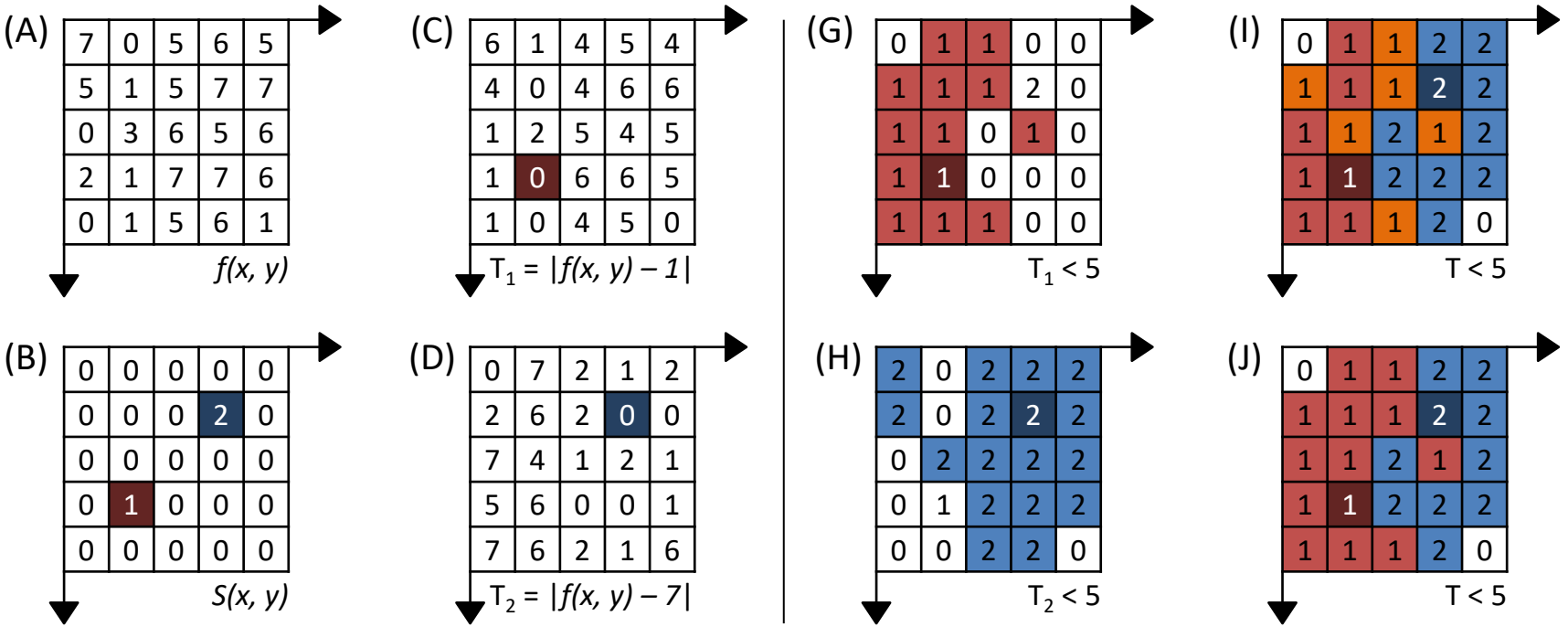
(I)

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

$T < 5$

Crescimento de regiões

- (J) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 5.



Crescimento de regiões

- (K) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 8.
  - Pixels em T_1 que satisfazem Q e possuem um caminho 8-conectado à semente.

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

f(x, y)

(B)

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

S(x, y)

(C)

6	1	4	5	4
4	0	4	6	6
1	2	5	4	5
1	0	6	6	5
1	0	4	5	0

$T_1 = |f(x, y) - 1|$

(D)

0	7	2	1	2
2	6	2	0	0
7	4	1	2	1
5	6	0	0	1
7	6	2	1	6

$T_2 = |f(x, y) - 7|$

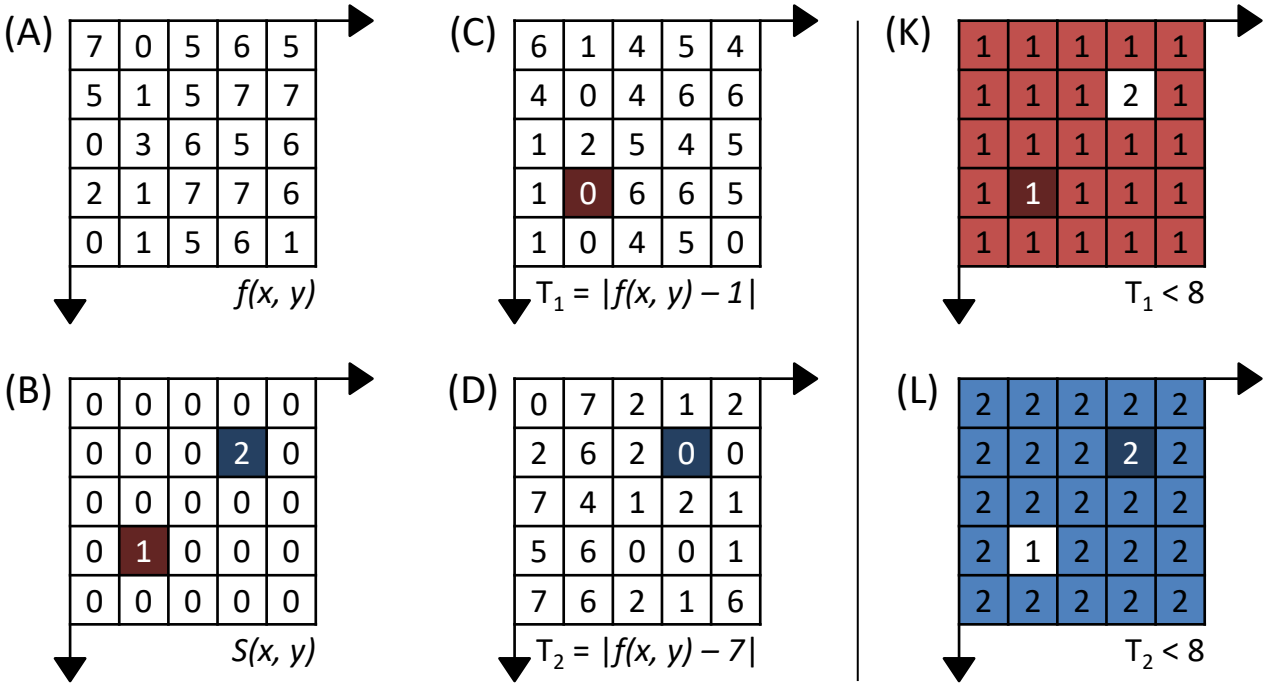
(K)

1	1	1	1	1
1	1	1	2	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

$T_1 < 8$

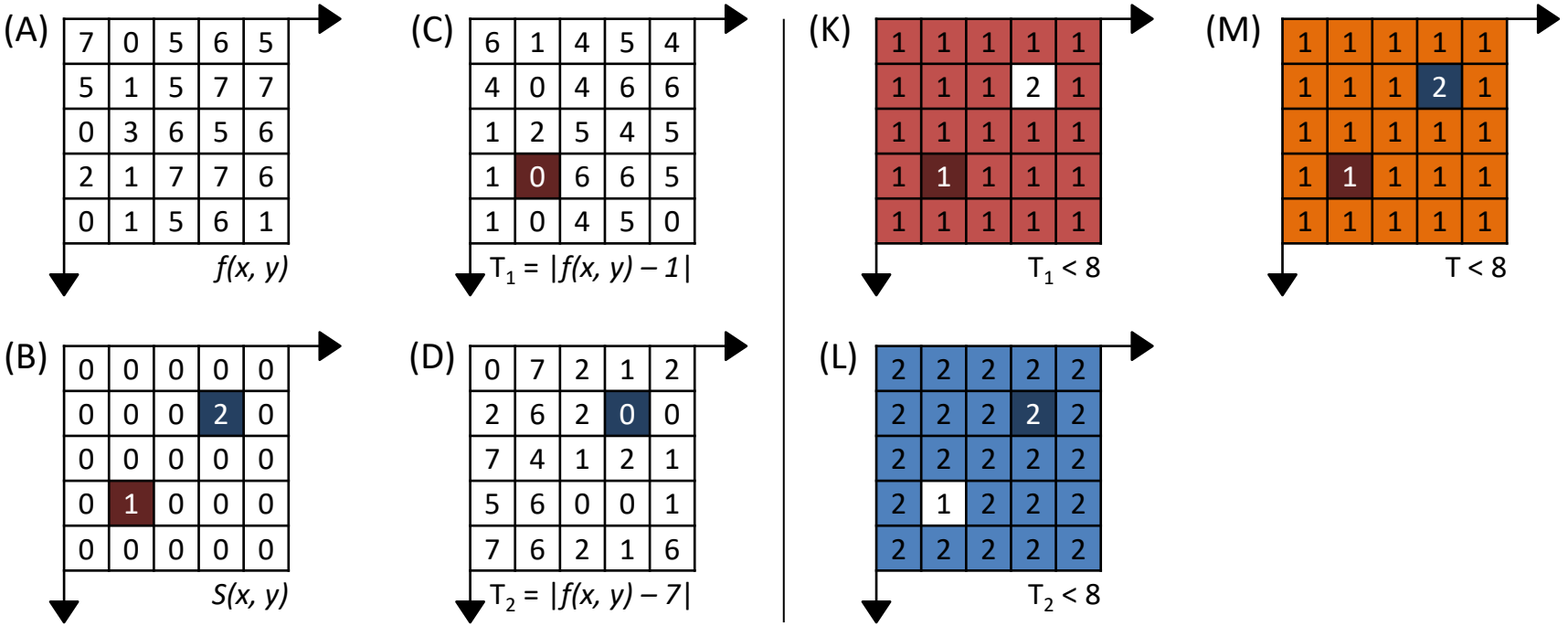
Crescimento de regiões

- (L) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 8.
  - Pixels em T_2 que satisfazem Q e possuem um caminho 8-conectado à semente.



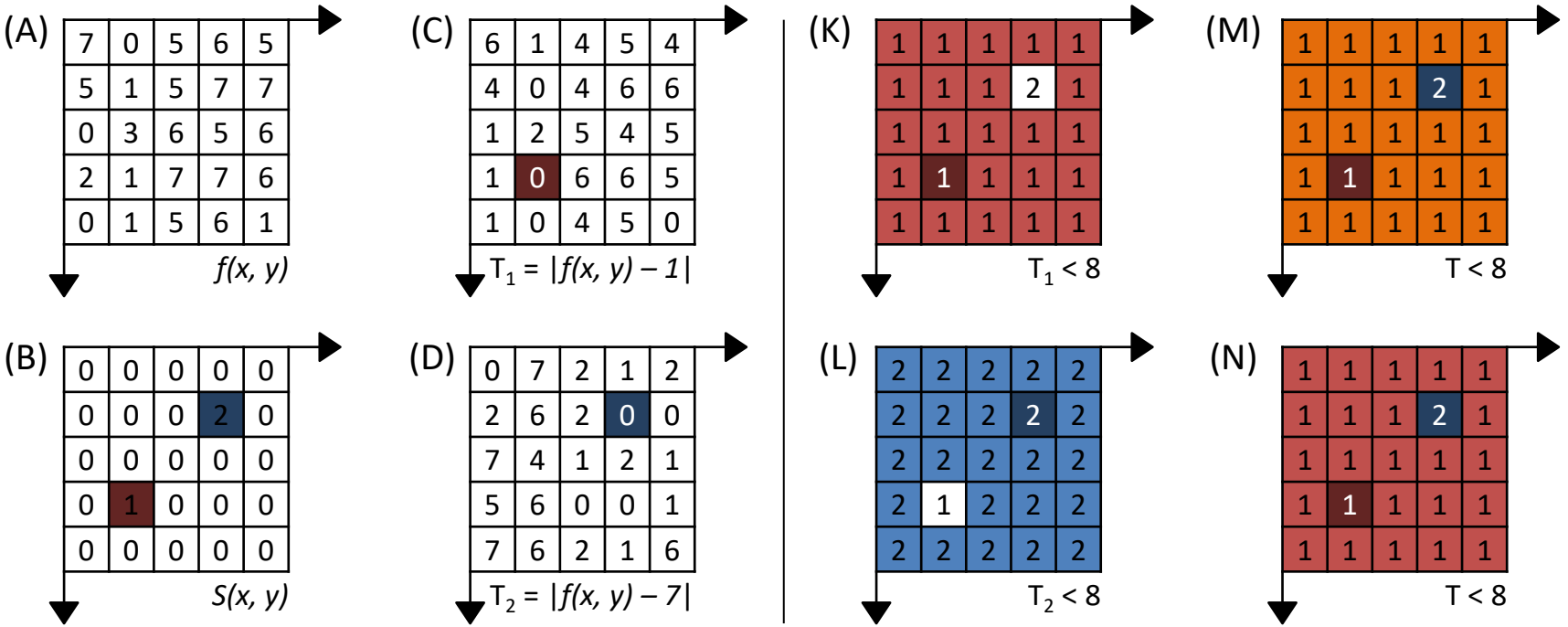
Crescimento de regiões

- (M) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 8.
  - Em caso de conflito, o pixel é atribuído a região com o menor rótulo de forma arbitrária.



Crescimento de regiões

- (N) Segmentação da imagem f considerando Q = T < 8.
  - Com T < 8, todos os pixels atribuídos à semente 1.



Crescimento de regiões

- Segmentações da imagem f considerando (G) Q = T < 3; (J) Q = T < 5; (N) Q = T < 8.

(A)

7	0	5	6	5
5	1	5	7	7
0	3	6	5	6
2	1	7	7	6
0	1	5	6	1

f(x, y)

(B)

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

S(x, y)

(C)

6	1	4	5	4
4	0	4	6	6
1	2	5	4	5
1	0	6	6	5
1	0	4	5	0

$T_1 = |f(x, y) - 1|$

(D)

0	7	2	1	2
2	6	2	0	0
7	4	1	2	1
5	6	0	0	1
7	6	2	1	6

$T_2 = |f(x, y) - 7|$

(G)

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

T < 3

(J)

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

T < 5

(N)

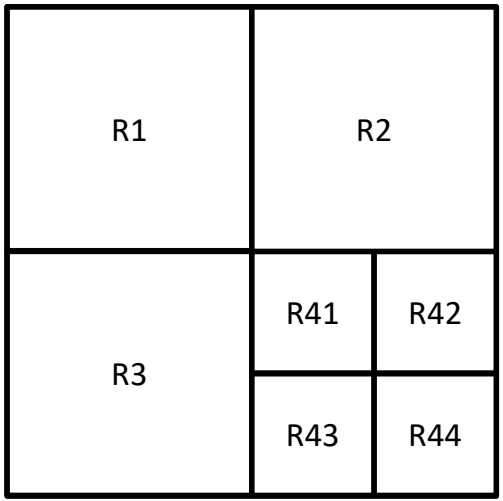
1	1	1	1	1
1	1	1	2	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

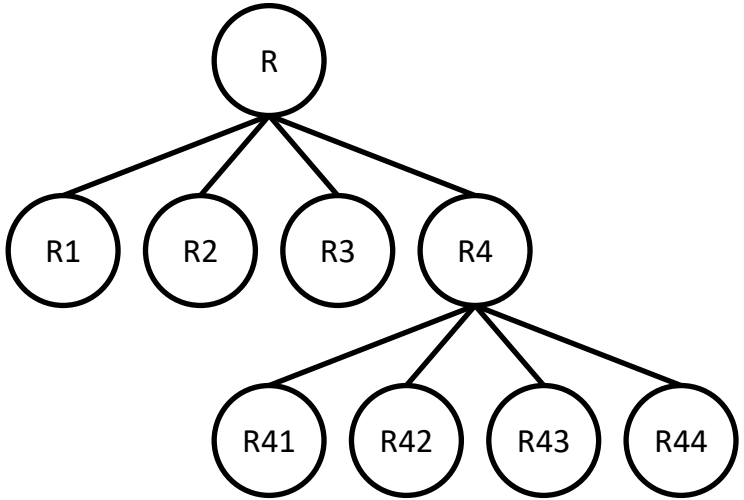
T < 8

DIVISÃO E FUSÃO DE REGIÕES

Divisão e fusão de regiões

- Algoritmo de divisão e fusão de regiões.
  1. Dividir em quatro quadrantes qualquer região R_i em que $Q(R_i)$=Falso.
  2. Quando não for possível dividir um região, fundir as regiões adjacentes R_j e R_k em que $Q(R_j \cup R_k)$ = Verdade.
  3. Parar quando a fusão não for mais possível.





Divisão e fusão de regiões

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

Q: $\mu > 2.5$ e $\sigma > 1.0$

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: $\mu > 2.5$ e $\sigma > 1.0$

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

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

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

μ=2.81
σ=2.48

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

μ=1.38
σ=0.99

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

μ=1.44
σ=2.09

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

μ=1.88
σ=2.69

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

μ=2.81
σ=2.48

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

μ=1.38
σ=0.99

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

μ=1.44
σ=2.09

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

μ=1.88
σ=2.69

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

μ=2.81
σ=2.48

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

μ=1.38
σ=0.99

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

μ=1.44
σ=2.09

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

μ=1.88
σ=2.69

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

0	0
0	5

0	0
5	5

0	5
0	5

5	5
5	5

0	0
0	0

6	4
3	6

0	0
0	0

2	0
4	0

0	1
0	0

2	1
0	0

7	7
0	0

1	7
0	2

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

μ=2.81
σ=2.48

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

μ=1.38
σ=0.99

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

μ=1.44
σ=2.09

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

μ=1.88
σ=2.69

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

μ=1.25
σ=2.17

0	0
0	5

μ=2.50
σ=2.50

0	0
5	5

μ=2.50
σ=2.50

0	5
0	5

μ=5.00
σ=0.00

5	5
5	5

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

μ=4.75
σ=1.30

6	4
3	6

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

μ=1.50
σ=1.66

2	0
4	0

μ=0.25
σ=0.43

0	1
0	0

μ=0.75
σ=0.83

2	1
0	0

μ=3.50
σ=3.50

7	7
0	0

μ=2.50
σ=2.69

1	7
0	2

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

μ=2.81
σ=2.48

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

μ=1.38
σ=0.99

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

μ=1.44
σ=2.09

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

μ=1.88
σ=2.69

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

0	0
0	5

0	0
5	5

μ=5.00
σ=0.00

5	5
5	5

0	5
0	5

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

6	4
3	6

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

2	0
4	0

μ=0.25
σ=0.43

0	1
0	0

μ=0.75
σ=0.83

2	1
0	0

7	7
0	0

1	7
0	2

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

μ=2.81
σ=2.48

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

μ=1.38
σ=0.99

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

μ=1.44
σ=2.09

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

μ=1.88
σ=2.69

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

0	0
0	5

0	0
5	5

μ=5.00
σ=0.00

0	5
0	5

5	5
5	5

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

6	4
3	6

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

2	0
4	0

μ=0.25
σ=0.43

0	1
0	0

μ=0.75
σ=0.83

2	1
0	0

7	7
0	0

1	7
0	2

Divisão e fusão de regiões

μ=1.88
σ=2.24

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

Q: μ > 2.5 e σ > 1.0

μ=2.81
σ=2.48

0	0	0	0
0	5	5	5
0	5	5	5
0	5	5	5

μ=1.38
σ=0.99

0	0	0	0
1	1	2	2
1	1	2	2
3	3	2	2

μ=1.44
σ=2.09

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

μ=1.88
σ=2.69

0	0	2	0
0	0	4	0
7	7	1	7
0	0	0	2

0	0
0	5

0	0
5	5

μ=5.00
σ=0.00

0	5
0	5

5	5
5	5

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

6	4
3	6

μ=0.00
σ=0.00

0	0
0	0

2	0
4	0

μ=0.25
σ=0.43

0	1
0	0

μ=0.75
σ=0.83

2	1
0	0

7	7
0	0

1	7
0	2

Bibliography

- GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. **Digital Image Processing**. 3rd ed. Pearson, 2007.

- MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Brasport, 1999.
  - (*in Brazilian Portuguese*)
  - Available on the author's website (for personal use only)
  - http://dainf.ct.utfpr.edu.br/~hvieir/pub.html

- J. E. R. Queiroz, H. M. Gomes. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. RITA. v. 13, 2006.
  - (*in Brazilian Portuguese*)
  - http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2016.2/Rita-Tutorial-PDI.pdf

```
@misc{mari_im_proc_2023,
       author = {João Fernando Mari},
       title = {Image segmentation III - Regions},
       year = {2023},
       publisher = {GitHub},
       journal = {Introduction to digital image processing - UFV},
       howpublished = {\url{https://github.com/joaofmari/SIN392_Introduction-to-digital-image-processing_2023}}
}
```

THE END