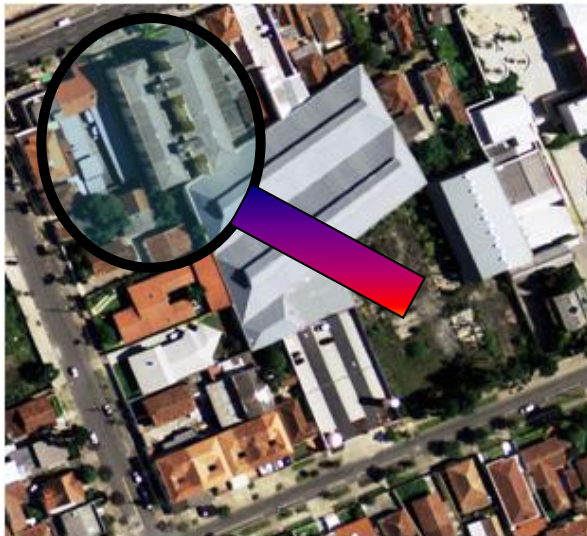


# Sensoriamento Remoto II

## Algoritmos de Segmentação Local

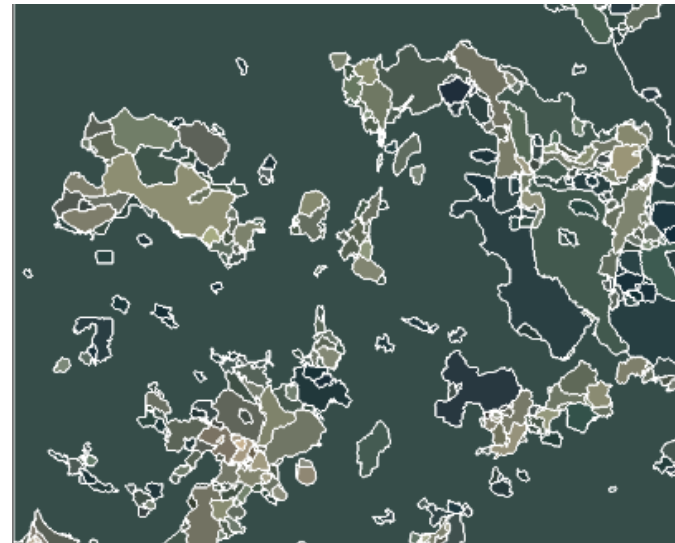


UFPR – Departamento de Geomática  
Prof. Jorge Centeno  
2020  
copyright@ centenet

- Ementa:
- Transformações espectrais: análise de componentes principais, IHS, Tasseled Cap.
- Fusão de imagens. Laser
- Técnicas de análise multitemporal.
- **Classificação orientada a regiões: métodos de segmentação e classificação.**
- **Scanning: princípios e aplicações.**

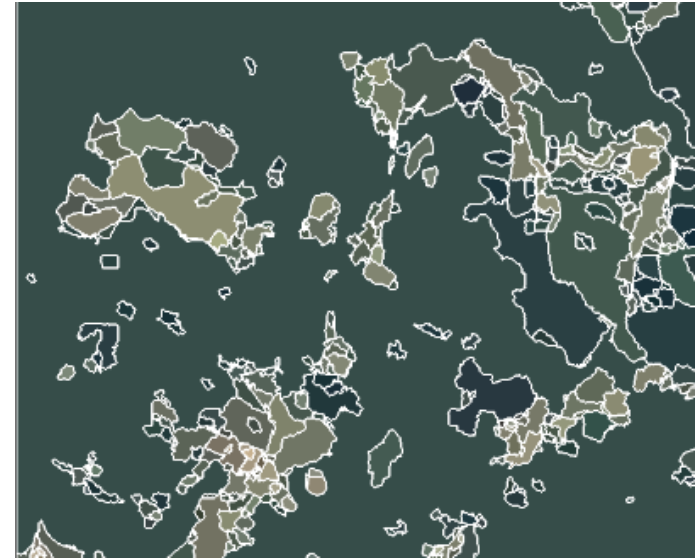
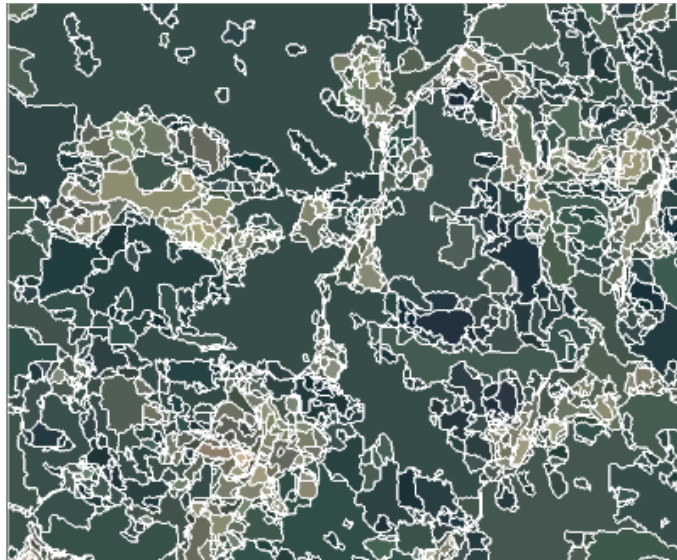
# segmentação

- Divisão da imagem em regiões, ou partes, compostas por pixels que de alguma maneira apresentam uma característica comum.
- O resultado ideal de uma segmentação seria, por exemplo, a demarcação dos limites espaciais dos objetos visíveis ou suas partes componentes.



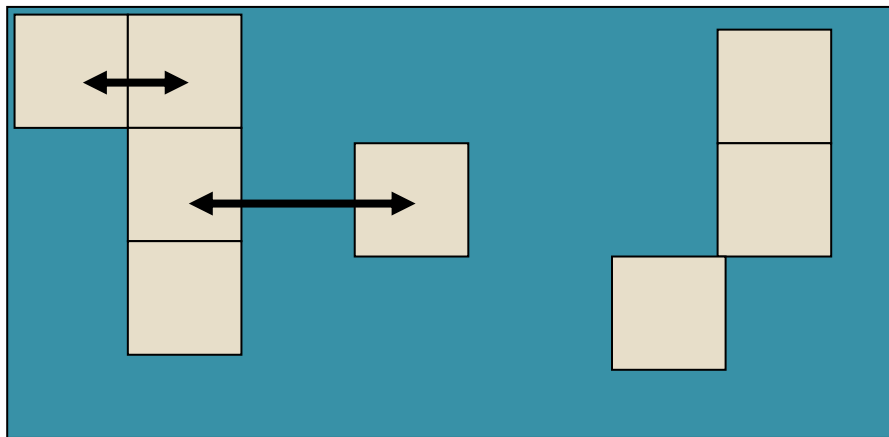
# segmentação

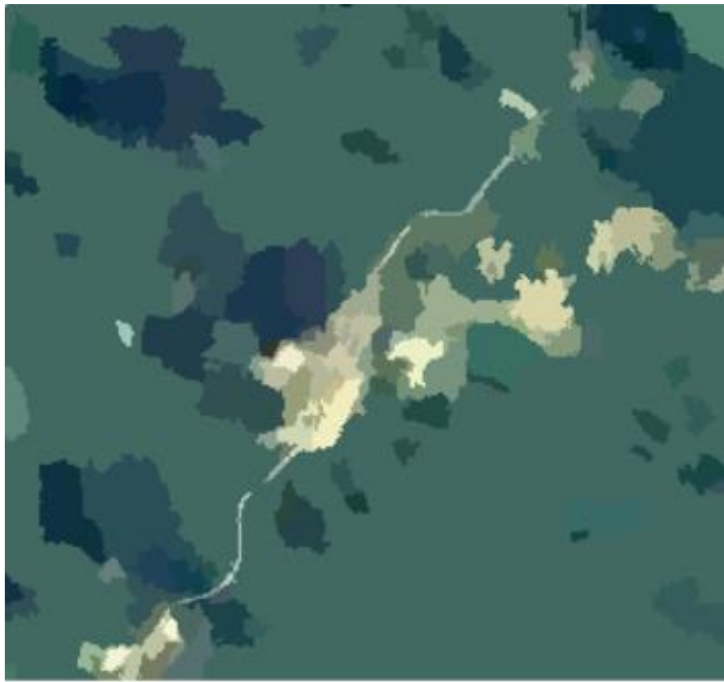
- O grau de fragmentação da imagem em segmentos depende da aplicação pretendida. Geralmente, a segmentação é um passo preliminar no processo de reconhecimento de padrões, pois permite simplificar o problema isolando partes da imagem para uma segunda etapa de análise.



# conectividade

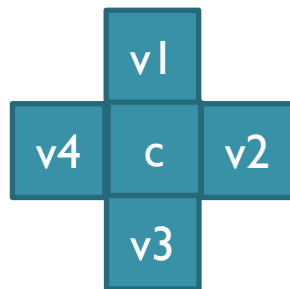
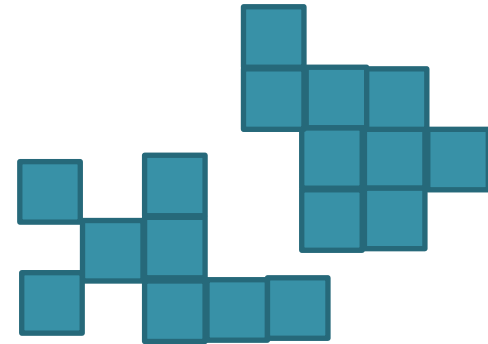
- Dois pixels estão conectados se eles satisfazem uma relação de adjacência e seus valores digitais satisfazem a um dado critério de similaridade.

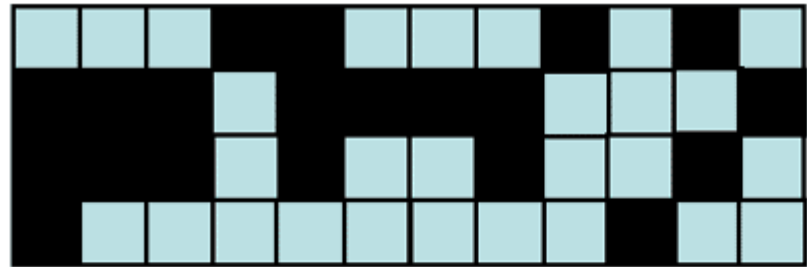




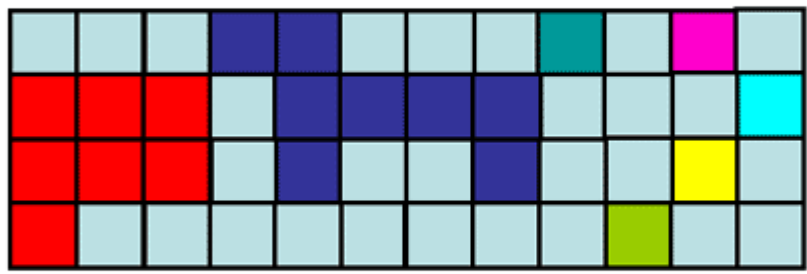
# conectividade

- como verificar se os pixels formam um grupo?
- Verificar a conectividade 4 ou 8 vizinhos

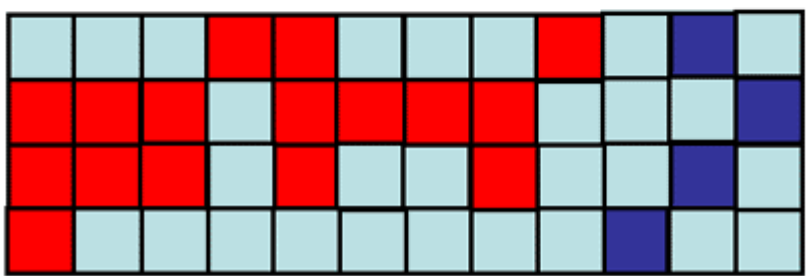




Binary image:  
0 - objects;  
1 -background



4-connected  
objects +  
8-connected  
background



8-connected  
objects +  
8-connected  
background

- <http://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci773s1c/lectures/ImageProcessing-html/topic3.htm>



# Algoritmo: Componentes conexos

Objetivo: identificar e numerar na imagem binária os agrupamentos de pixels conexos, considerando um critério de vizinhança.

```
BW = [0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 1 1 0 0 1 1 1;
      0 1 1 0 0 0 1 1;
      0 1 1 0 0 0 0 0;
      0 0 0 1 1 0 0 0;
      0 0 0 1 1 0 0 0;
      0 0 0 1 1 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0];
```

**Connected Components**

```
BW = [0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 1 1 0 0 0 3 3 3;
      0 1 1 0 0 0 0 3 3;
      0 1 1 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 2 2 0 0 0;
      0 0 0 0 2 2 0 0 0;
      0 0 0 0 2 2 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0];
```

**Labeled Connected Components**

# Algoritmo

Numerar todos os pixels “ativos” em ordem crescente de cima para baixo, de esquerda para direita.

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

0	0	0	0	0
0	1	0	2	0
0	3	4	5	0
0	0	0	0	0

Em um processo iterativo, para cada pixel:

- Verificar se existe um vizinho com valor menor ao do central. Caso isto ocorra, mudar o valor do central para este valor mínimo

Repetir até que não ocorram mais alterações.

0	3	0
0	4	0
0	5	6

0	3	0
0	3	0
0	5	6







# Analisar a vizinhança e adotar o menor valor da vizinhança

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	3	3	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	0	1	0	7	0	3	3	0
0	0	1	0	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

1ª. passada

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	3	3	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	1	1	0	7	0	3	0	0
0	0	1	0	1	0	3	3	0
0	0	1	0	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	0	3	0
0	0	1	1	1	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

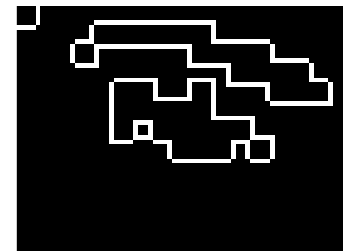
2ª. passada



# Segmentação local

Algoritmos geralmente baseados em análise de descontinuidade ou similaridade de valores digitais.

- descontinuidade : a abordagem é dividir a imagem baseando-se em mudanças bruscas dos valores digitais.
- Similaridade: pixels adjacentes com propriedades similares são agrupados para formar regiões uniformes. Exemplo: crescimento de regiões e divisão e fusão de regiões.





# Regras da Segmentação

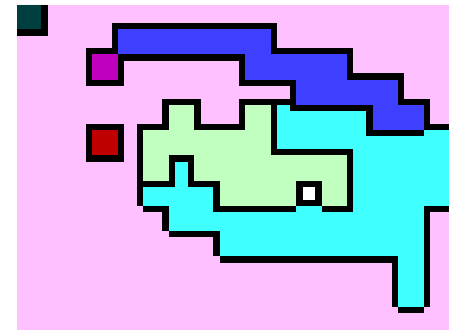
Sendo  $R$  a imagem completa, a segmentação é o processo de dividir  $R$  em  $n$  regiões  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , tal que:

- a)  $U(R_i)=R$
  - b)  $R_i$  é uma região conexa;
  - c)  $R_i \cap R_j = \phi$  (vazio) para todo  $i$  e  $j, i \neq j$ ;
  - d)  $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$  para  $i = 1, 2, \dots, n$ ;
  - e)  $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO}$  para  $i \neq j$ ,
- 
- $P(R_i)$  é o predicado lógico sobre os pontos do conjunto  $R_i$  e  $\phi$  é o conjunto vazio.



# Regras ...

- (a) indica que a segmentação deve ser completa;
- (b) fixa a existência de regiões conexas.
- (c) indica que as regiões devem ser disjuntas.
- d) todos os pixels de uma mesma região tem as mesmas características
- (e) indica que regiões diferentes são diferentes no sentido do predicado P.
  - *VENTURIERI e SANTOS (1998)*



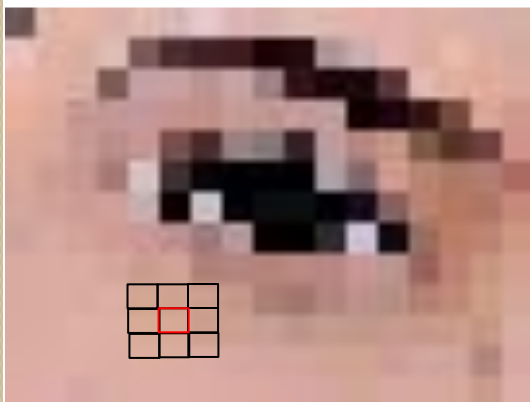
# Crescimento de regiões

- Dado um pixel qualquer, se esse pixel faz parte de um grupo, é esperado que pixels similares ocorram na sua vizinhança, ENTÃO:

Buscar pixels similares na vizinhança.

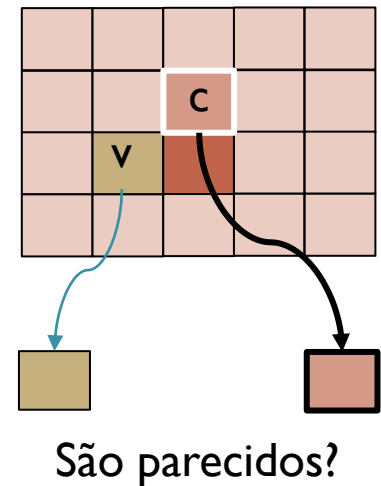
ATÉ

Que não encontremos mais pixels similares, ou seja, o objeto ou região acabar.



# Crescimento de regiões

1. Para iniciar o crescimento de regiões são necessários pixels semente.
2. A cada iteração, os pixels vizinhos à região são analisados. Se forem similares à região, então são anexados.
3. Para anexar novos pixels na fronteira da região é necessário definir um critério de similaridade. Por exemplo, distância Euclidiana entre o pixel semente e o pixel novo.



Considere a seguinte matriz (poderia ser uma pequena imagem)

99	87	78	83	98	83	87
99	87	78	83	98	83	87
67	99	9	89	71	89	99
69	87	10	83	77	83	87
92	13	11	12	98	92	13
89	87	13	83	78	83	87
09	77	78	73	98	73	77
99	87	10	83	77	83	87

A princípio não conhecemos os grupos espacialmente contínuos e uniformes, então vamos escolher um pixel aleatoriamente.

Por exemplo: linha 3 , coluna 3.


Este pixel tem valor  $v(3,3)=9$  e será considerado a “semente de uma região”. Então, o valor típico da região é 9.

A seguir, analisamos a vizinhança deste pixel (4,3). Neste exemplo consideraremos a vizinhança 8, ou seja, usando uma janela 3x3.

99	87	78	83	98	83	87
99	87	78	83	98	83	87
67	99	9	89	71	89	99
69	87	10	83	77	83	87
92	13	11	12	98	92	13
89	87	13	83	78	83	87
09	77	78	73	98	73	77
99	87	10	83	77	83	87

Devemos definir o grau de “similaridade” aceitável. Consideremos que se a diferença entre o valor do pixel e o valor da semente for menor que 20, o pixel pertence à região:

$$|v(i,j)-20| \leq 20$$

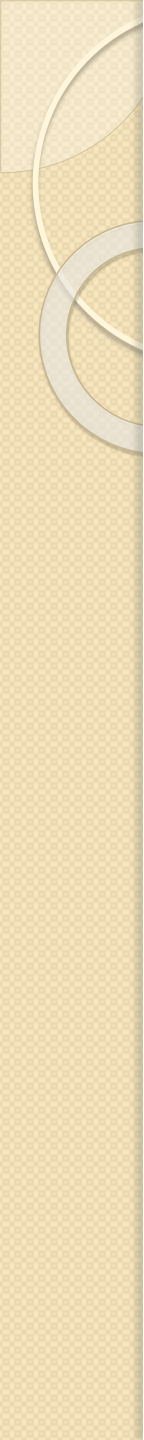


99	87	78	83	98	83	87
99	87	78	83	98	83	87
67	99	9	89	71	89	99
69	87	10	83	77	83	87
92	13	11	12	98	92	13
89	87	13	83	78	83	87
09	77	78	73	98	73	77
99	87	10	83	77	83	87

Analisando os 8 vizinhos, calculamos a diferença  $v(i,j)$  e constatamos que um vizinho pode ser aceito, aquele localizado na mesma coluna e na linha abaixo:

Linha\_v=linha+1  
Coluna\_v=coluna

Como foi incluído um vizinho, a região cresceu, logo suas fronteiras mudaram. Devemos repetir a análise, com os novos vizinhos.



99	87	78	83	98	83	87
99	87	78	83	98	83	87
67	99	9	89	71	89	99
69	87	10	83	77	83	87
92	13	11	12	98	92	13
89	87	13	83	78	83	87
09	77	78	73	98	73	77
99	87	10	83	77	83	87

Achamos novos vizinhos parecidos. Então a região continua crescendo.

Devemos repetir a análise.



99	87	78	83	98	83	87
99	87	78	83	98	83	87
67	99	9	89	71	89	99
69	87	10	83	77	83	87
92	13	11	12	98	92	13
89	87	13	83	78	83	87
09	77	78	73	98	73	77
99	87	10	83	77	83	87

Nenhum vizinho novo com valor similar a 20 foi encontrado. Então, a região parou de crescer.

Neste ponto, todos os pixels localizados são “similares” e formam uma região contínua no espaço.

# Split / Merge

Dividir e depois juntar

Neste caso se parte da imagem como uma grande região única.

1. Em cada iteração e se avalia se a(s) região(ões) é uniforme. Caso não seja uniforme, divide-se a região em 4 quadrantes e se repete a análise efetuando a divisão progressiva da imagem em quadrados cada vez menores.
2. Como a divisão é progressiva, sua evolução pode ser representada por uma árvore quaternária (quadtree)
3. Importante: definir critério de uniformidade.

# quadtree

“Uniformidade”: Região é uniforme se  $|\text{min-max}| < 20$

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

Considerando a imagem toda como uma região.

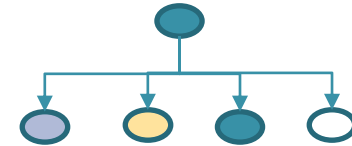
A região é uniforme?

Não. Min=1: max=91. dif=90.

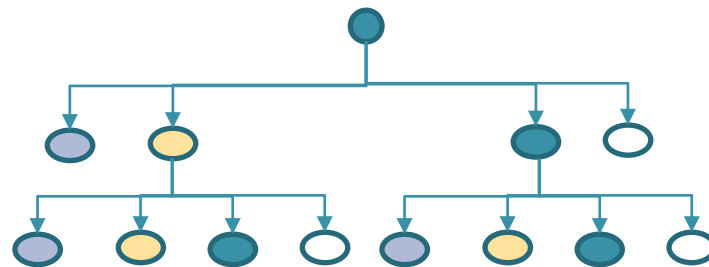
Como a região não é uniforme, dividimos ela em quatro partes.

- Agora repetimos a análise considerando estas novas regiões.  
As 4 regiões são uniformes?

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93



1	2	3	4	3	6	2	c 2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93



d- Todas são uniformes

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

Não é necessário dividir mais as regiões. Chegamos a obter somente regiões uniformes.

Porém:

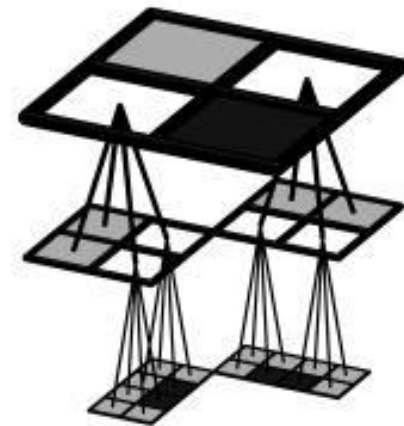
d)  $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$  para  $i = 1, 2, \dots, n$ ;      OK!

e)  $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO}$  para  $i \neq j$ ,      FALSO!

Existem regiões adjacentes que são similares.

e- Juntar similares/adjacentes

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

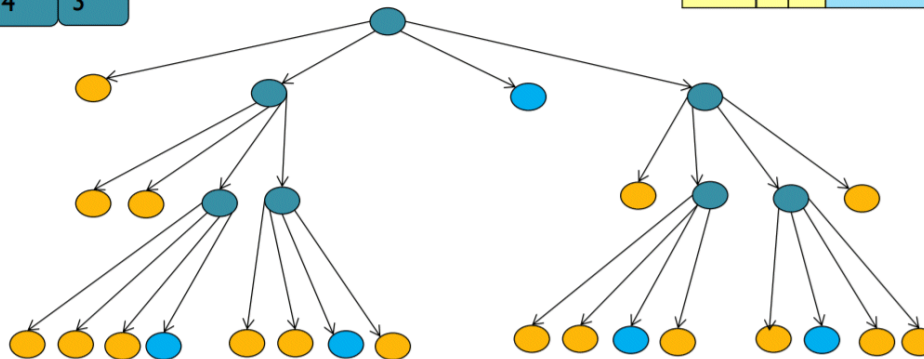
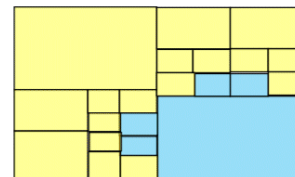
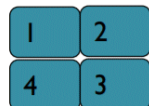


<http://graphics.cs.niu.edu/projects/reqview/index.html>

1	2	3	4	3	6	2	2
1	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2
1	2	8	2	3	91	90	1
1	2	2	1	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	91	91	82	92	93
1	2	2	1	91	82	92	93

# quadtrees

- não uniforme
- uniforme (A)
- uniforme (B)



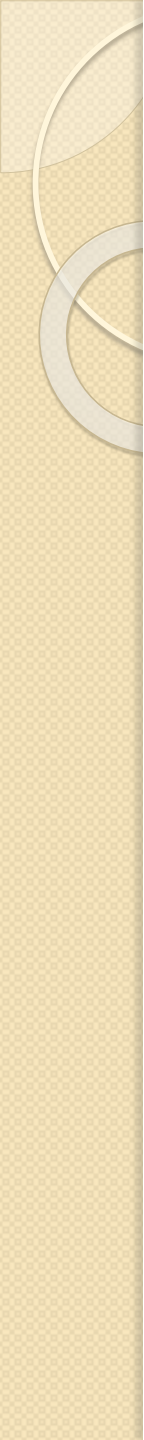




# Sensoriamento Remoto II

Segmentação FNEA (*eCognition*)

UFPR – Departamento de Geomática  
Prof. Jorge Centeno  
2016  
copyright@centenet

- 
- a segmentação de imagens baseada em dados espectrais tem por finalidade agrupar pixels adjacentes segundo um critério de similaridade puramente espectral.
  - Este método não leva em consideração a forma dos segmentos resultantes, sua uniformidade em termos espaciais.

# Fractal Net Evolution Approach

Um algoritmo que leva em consideração os dois aspectos é o método de segmentação conhecido como FNEA, disponível no software eCognitions de Definiens.

- Método baseado em crescimento de região.
- É similar ao método de crescimento de regiões por agregação de pixels tradicional. A diferença reside no critério usado para agregar ou não um pixel ou uma região

# Segmentação FNEA

Inicialmente, cada pixel da imagem é considerado como sendo uma região.

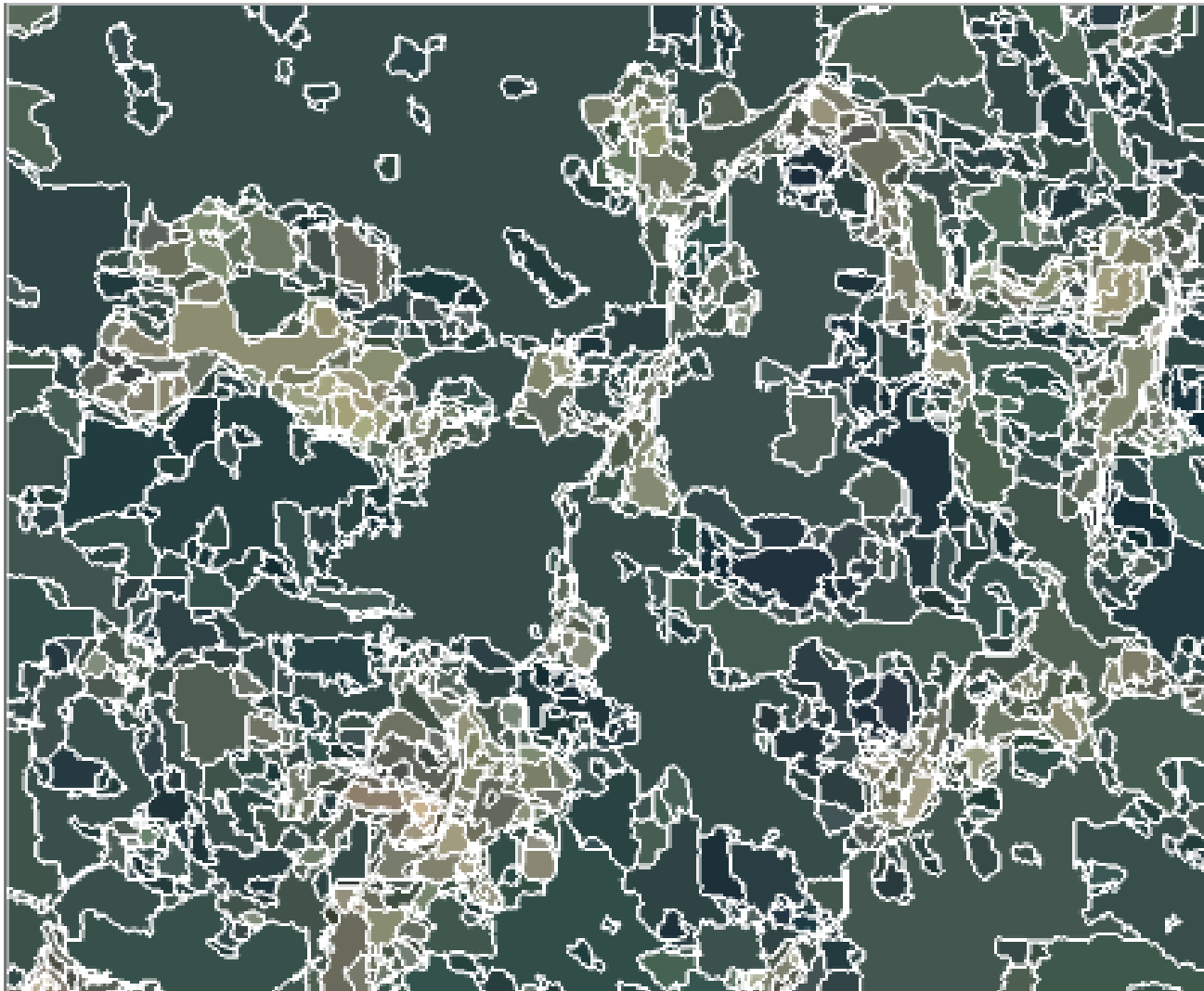
A cada passo, as duas regiões que geram um novo segmento mais uniforme em termos espectrais e espaciais são fundidas.

Para isto, cada região e suas regiões vizinhas são analisadas.

○ O par de vizinhos que mais se assemelham é escolhido para a fusão

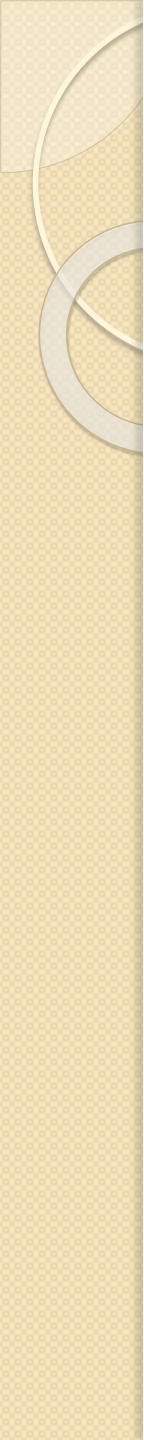
Caso exista mais de um vizinho semelhante, é escolhido o que possui menor fator de heterogeneidade

○ O processo continua até que um número de iterações seja atingido ou não haja mais fusões



Quais regiões devemos fundir?

Devem ser parecidas em cor e se possível gerar uma nova região compacta...

- 
- Para iniciar a segmentação é necessário definir o grau de uniformidade espacial e espectral desejado.
  - A cada iteração é então necessário analisar o custo de cada possível fusão e escolher aquela mais adequada para a finalidade, descartando as fusões mais heterogêneas, segundo o critério fixado.

# Heterogeneidade espectral

A heterogeneidade espectral pode ser descrita pela variância ou desvio padrão dos pixels (do segmento) em cada banda. É adotado o somatório dos desvios padrão ( $\sigma$ ) dos valores espectrais em cada banda ( $c$ ) ponderados com o peso ( $w$ ) atribuído para cada banda:

$$h_{\text{espectral}} = \sum_c w_c \cdot \sigma_c$$

# uniformidade espacial

- A uniformidade espacial pode ser medida em termos de:
  - Compacidade
  - Suavidade (dos contornos)

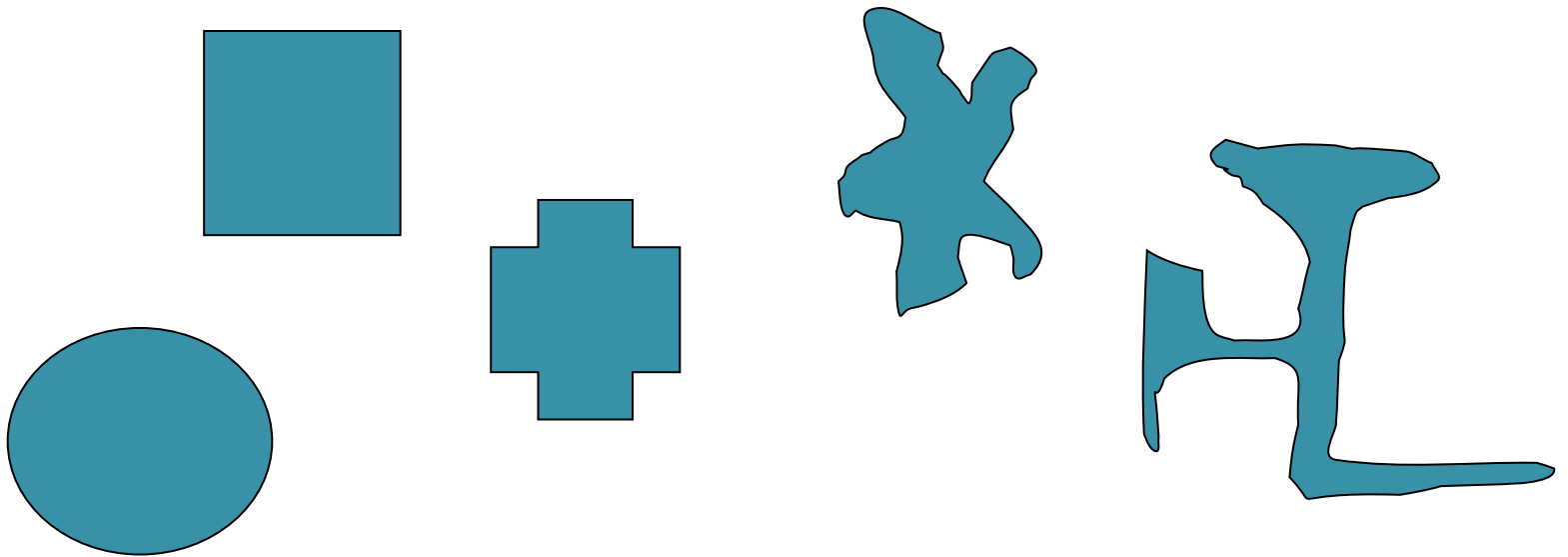


# compacidade

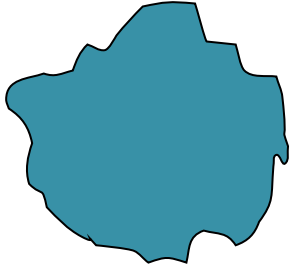
- A forma: compacidade
- Uma região numa imagem digital é dita compacta, se existe grande concentração de seus pixels em torno de um ponto, por exemplo seu centróide.

# compacidade

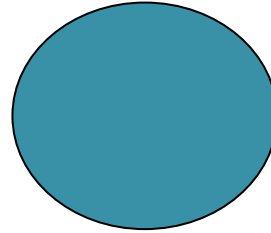
- Para uma mesma área: a compacidade decresce na medida em que os pixels se afastam do centro da região.



# Coeficiente de compacidade



Área = N pixels  
Perímetro = L



Área = N pixels  
Perímetro =  $P_c$

- $A = N = \pi * R^2$
- $R = (N / \pi)^{1/2}$
- Perímetro :  $P_c = 2 * \pi * R$
- ou
- $P_c = 2 * \pi * (N / \pi)^{1/2} = 2 * (\pi * N)^{1/2}$

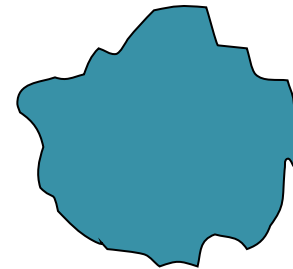
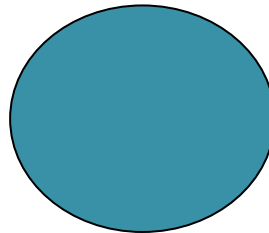
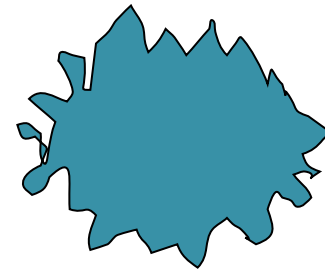
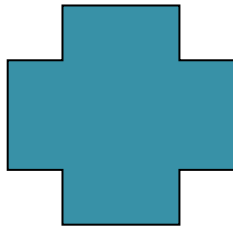
$$C_c = L / P_o = L / (2 * \pi * N)^{1/2}$$

$$C_c = (1 / (2\pi)^{1/2}) * L / (N)^{1/2}$$

$$C_c = L / (N)^{1/2}$$

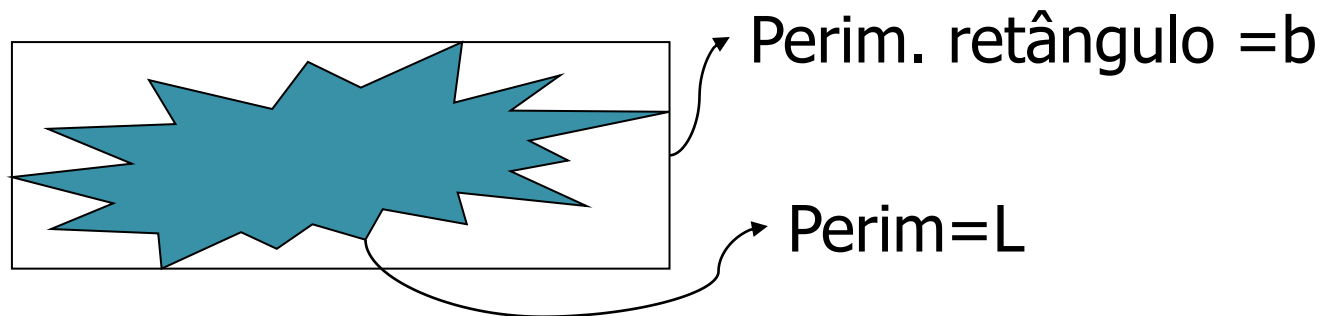
# suavidade

- **suavidade** do contorno
- O contorno de uma forma é suave não apresenta variações bruscas.



# suavidade

- A suavidade do contorno de uma região é obtida comparando o perímetro da região com o perímetro do menor retângulo envolvente, paralelo ao raster.

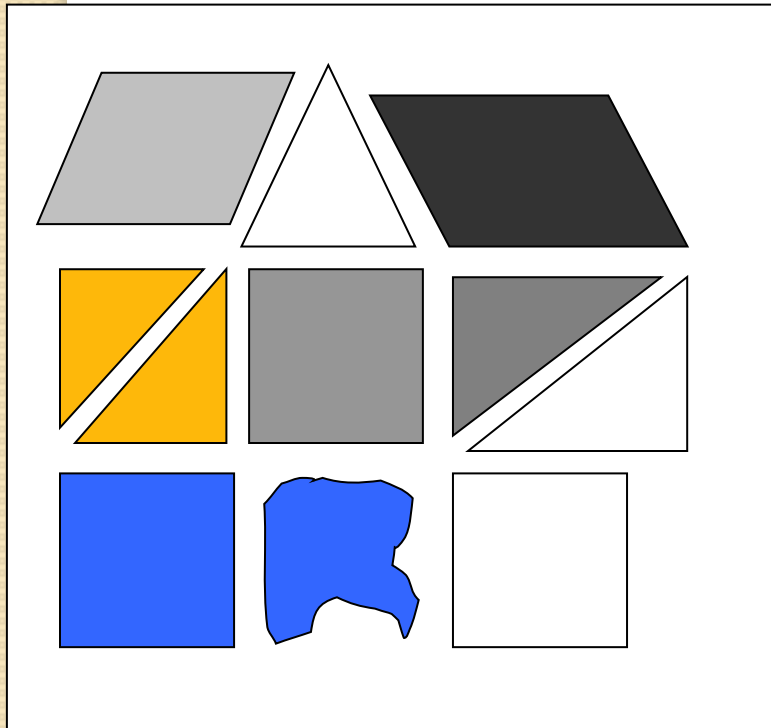


$$h_{\text{forma\_suavidade}} = L / b$$

# Heterogeneidade espacial

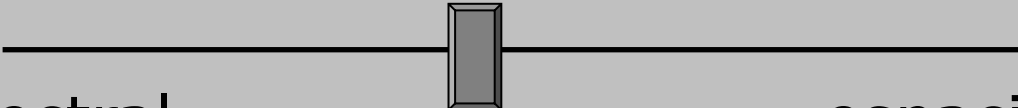
- a) compacidade
- B) suavidade

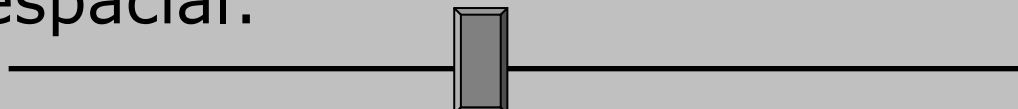
# similaridade



- A cada iteração, a fusão que gera o segmento mais uniforme é escolhida.
- Quais segmentos deveriam ser fundidos para gerar uma imagem mais uniforme em termos:
  - A) espectrais?
  - B) espectrais e espaciais?
  - C) espaciais?

# Uniformidade

Espectral  espacial

Se espacial:  
Compacta  suave



```
graph TD; A[análise] --- B[Espacial]; A --- C[Espectral]; B --- D[Compacidade?]; C --- E[Suavidade?];
```

análise

Espacial

Espectral

Compacidade?

Suavidade?

# Segmentação eCognition

- O custo de fusão  $f$  de dois objetos é dado por

$$f = p \cdot h_{espectral} + (1 - p) \cdot h_{forma}$$

sendo  $p$  um peso para o critério espectral no intervalo de 0 a 1

$h_{espectral}$  é a heterogeneidade espectral

$h_{forma}$  é a heterogeneidade da forma

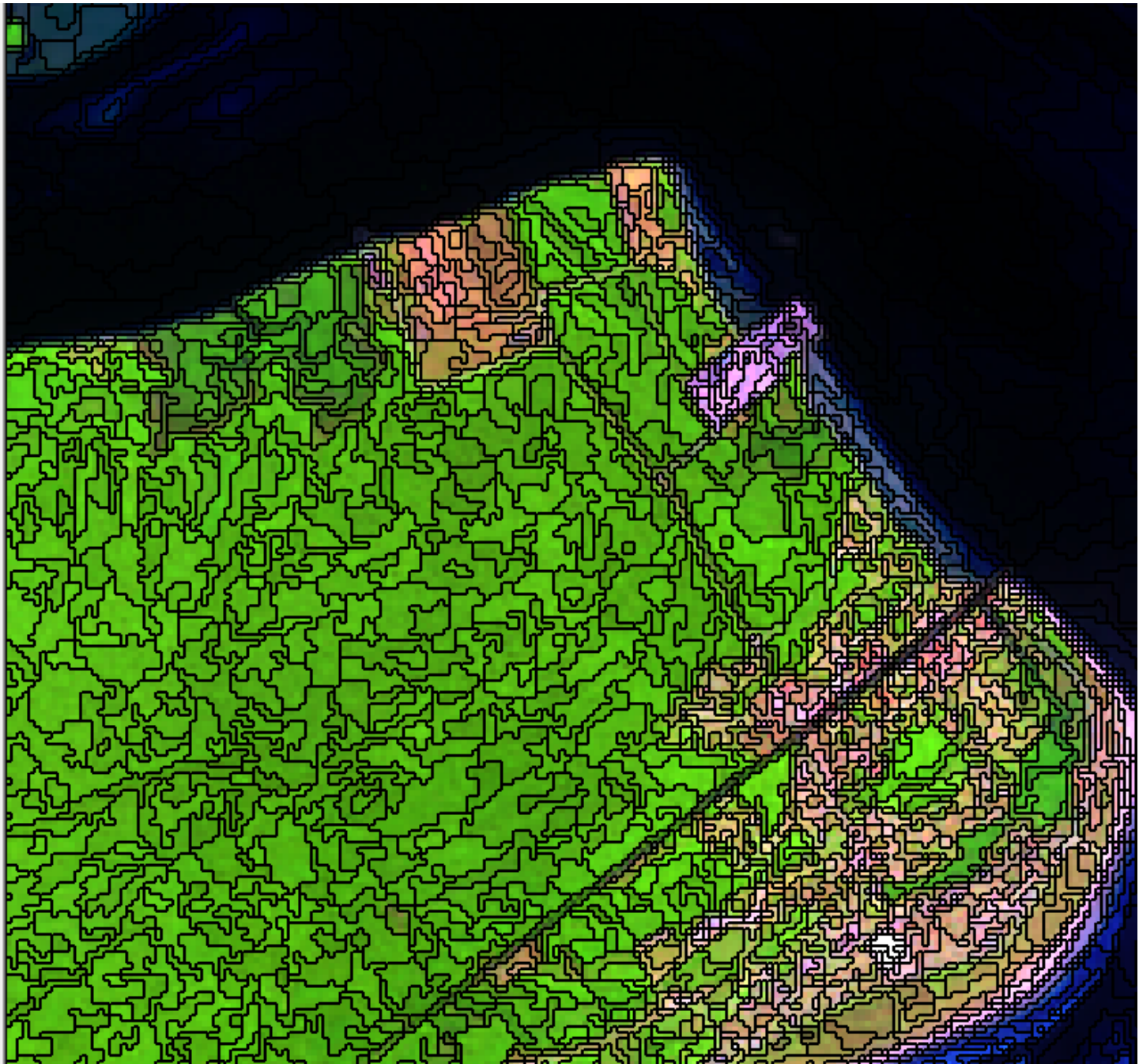
- Haverá fusão entre os objetos se o custo de fusão for menor que um critério definido como escala

# Segmentação eCognition

- Heterogeneidade da forma:

$$f = w_{comp} \cdot \textit{Compacidade} + (1 - w_{comp}) \cdot \textit{Suavidade}$$

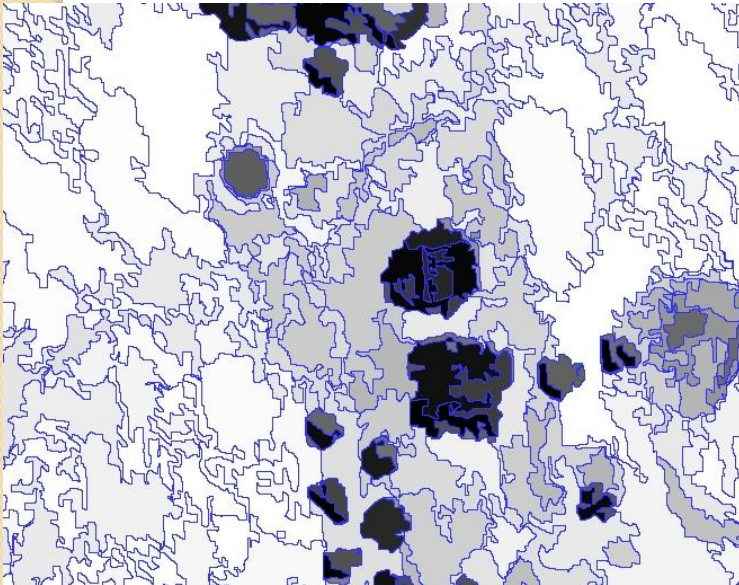
- Com:  $1 = w_{compacidade} + w_{suavidade}$
- sendo  $w_{comp}$  um peso para o critério de compacidade no intervalo de 0 a 1



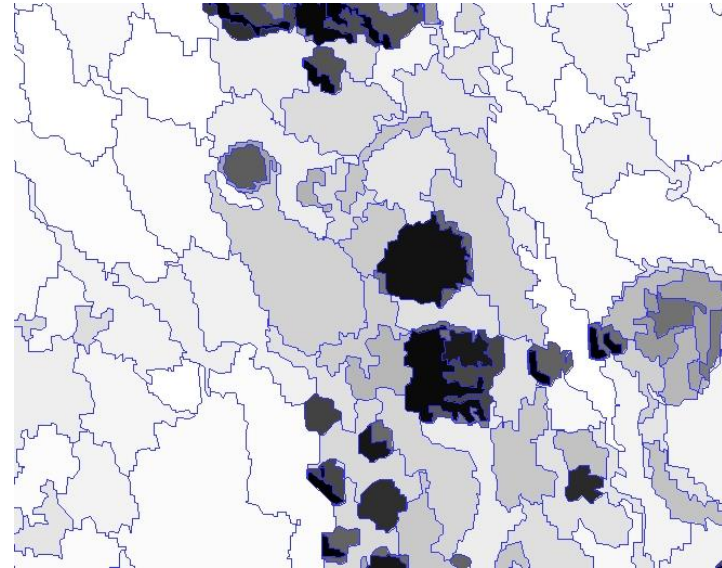


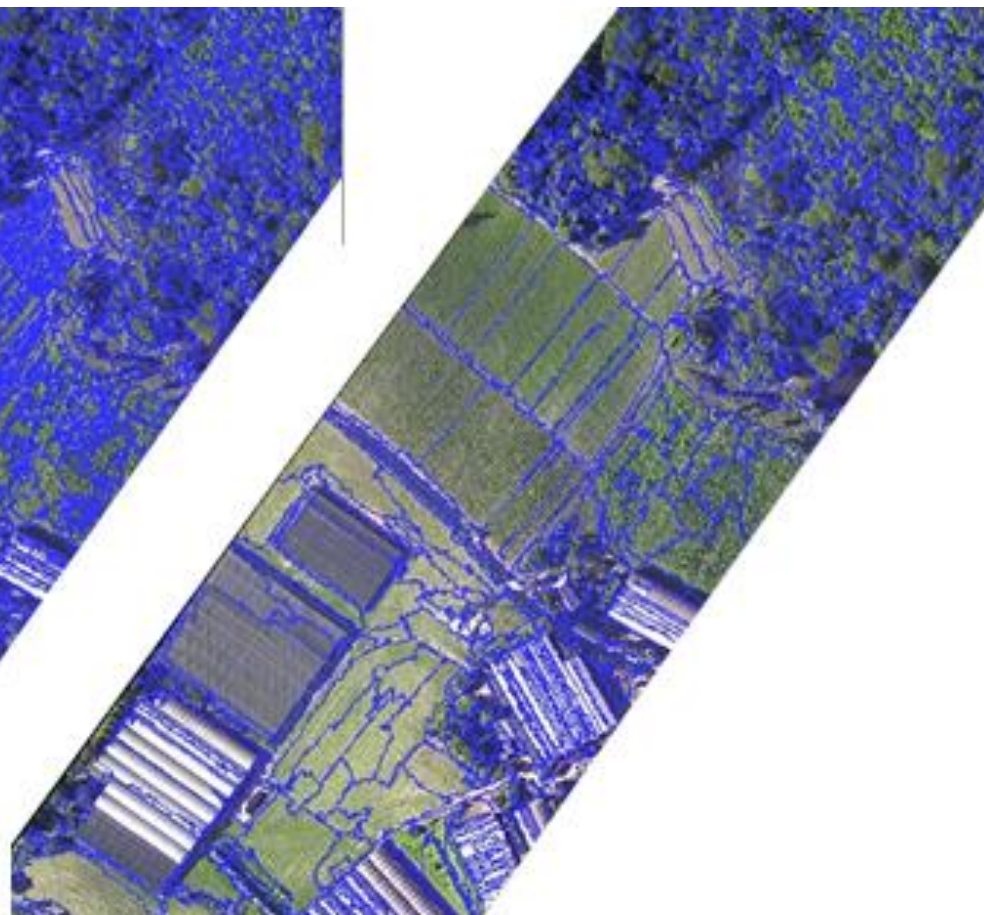
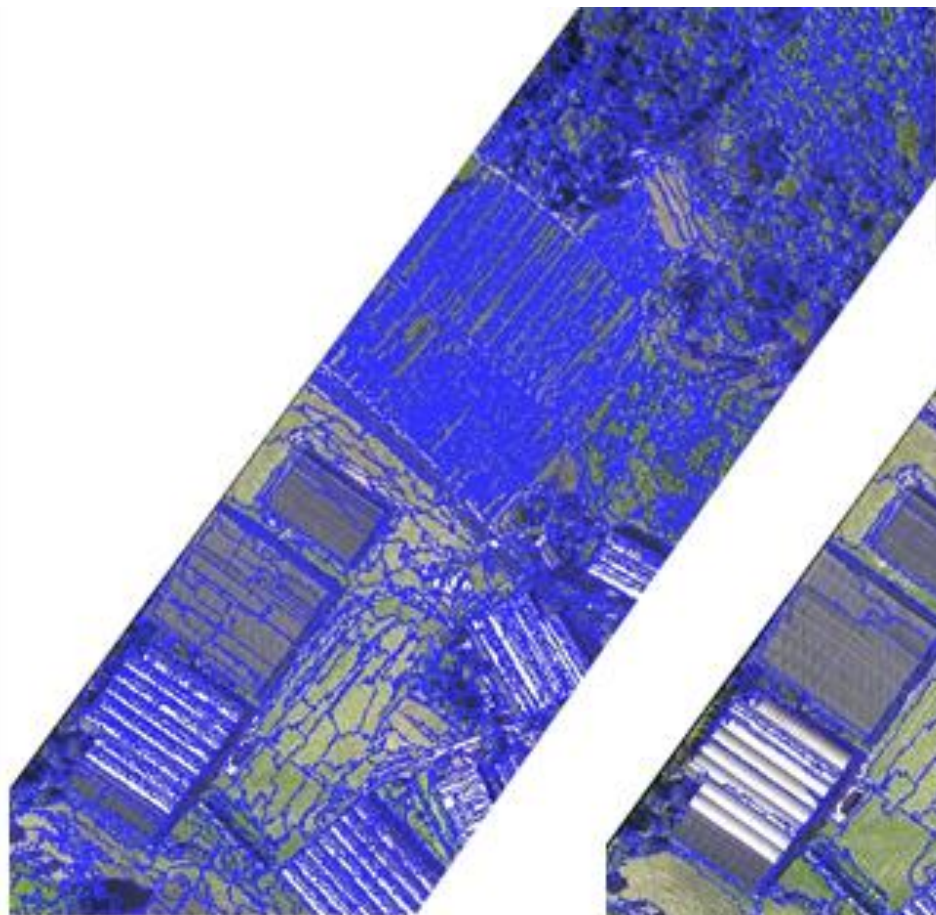
(A) FATOR DE FORMA IGUAL A 0,1. (B) FATOR DE FORMA IGUAL A 0,4.

(a)



(b)





# observação

A grande variedade de imagens, com a correspondente variação das propriedades dos objetos nelas visíveis, torna difícil a obtenção de uma solução geral para todos os problemas de segmentação. Por isso, existe, na atualidade, uma grande variedade de métodos de segmentação desenvolvidos para finalidades específicas.