



**INTERIMAGE**<sup>®</sup>  
interpreting images freely

# Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto Baseada em Objetos com Uso do Sistema InterIMAGE

Gilson A. O. P. Costa  
*gilson@ele.puc-rio.br*

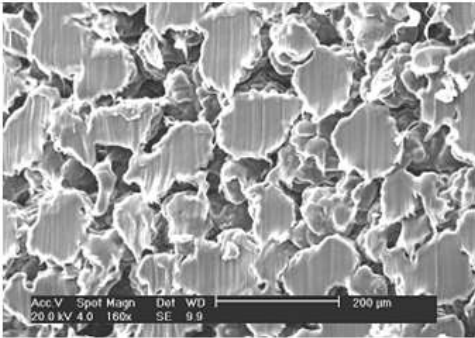
# Visão Computacional

*“Visão Computacional é a ciência que desenvolve a base teórica e algoritmos através dos quais informações sobre o mundo real podem ser extraídas e analisadas automaticamente a partir de uma imagem, conjunto de imagens ou seqüência de imagens através de cálculos realizados por um computador.”*

*“Computer Vision is the science that develops the theoretical and algorithmic basis by which useful information about the world can be automatically extracted and analyzed from an observed image, image set or image sequence from computations made by a computer.”*

*R. B. Haralick e L. G. Shapiro, 1992*

# Visão Computacional



Microscopia



Imagens Médicas



Inspeção Industrial



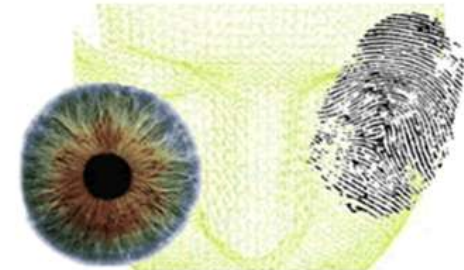
Sensoriamento Remoto



Segurança



Visão Robótica



Biometria

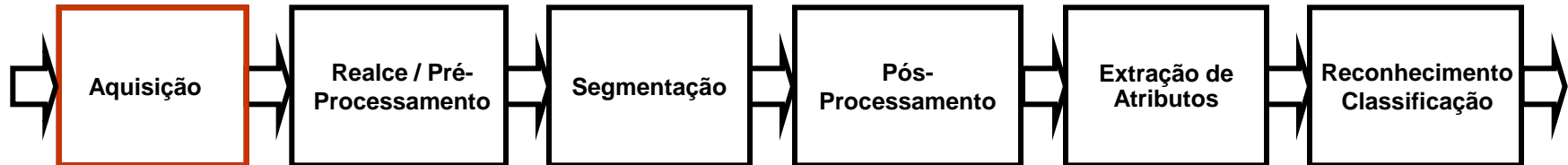
# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

### Aquisição da imagem digital:

- Características dos sensores
- Captura e digitalização de imagens



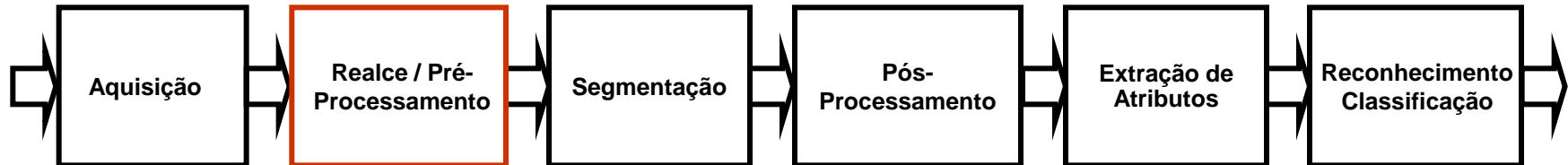
# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

### Realce / Pré-processamento:

- Correção geométrica, radiométrica, atmosférica
- Filtros digitais (realce, suavização)
- Eliminação de ruídos
- Fotogrametria digital



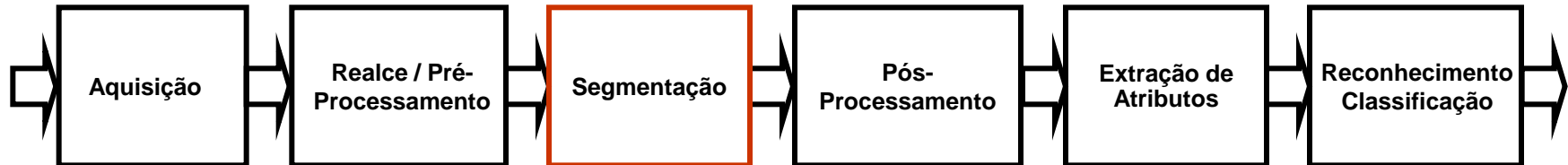
# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

### Segmentação:

- Subdivisão da imagem em suas regiões ou objetos constituintes.
- Identificação de descontinuidades na imagem (arestas ou limites de objetos)
- Delineação de regiões ou objetos visualmente homogêneos



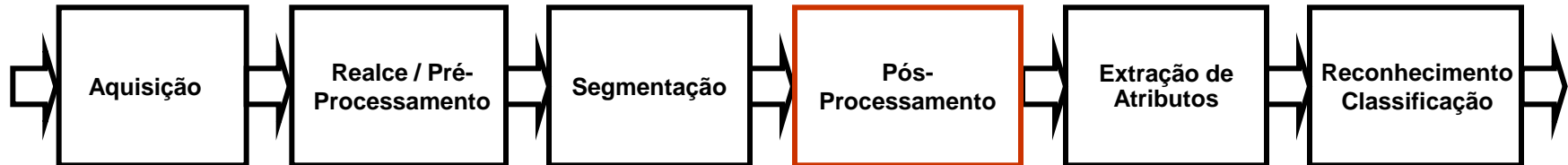
# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

### Pós-processamento:

- Re-segmentação
- Eliminação de segmentos pequenos
- Redefinição da fronteira entre os segmentos



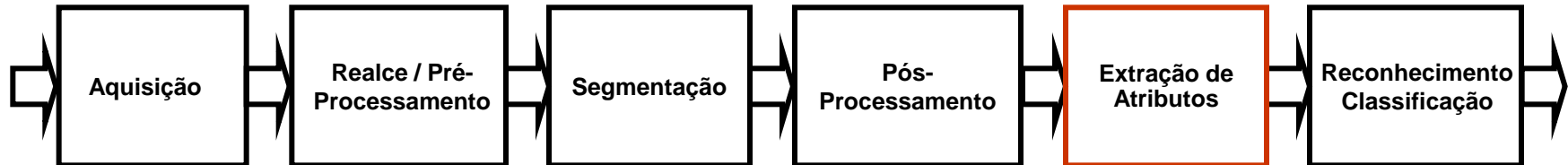
# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

### Extração de Atributos:

- Determinação das propriedades dos segmentos
- Cálculo de atributos espectrais (cor), de forma, textura, ...
- Cálculo de relacionamentos topológicos entre os segmentos.





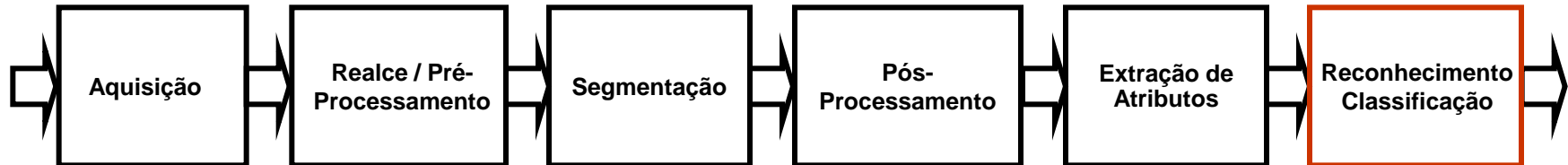
# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

### Reconhecimento / Classificação:

- Associação dos segmentos a classes de objetos
- Classificação baseada nos atributos dos segmentos, com ou sem a utilização de conhecimento contextual ou temporal
- Saída é uma descrição simbólica da cena

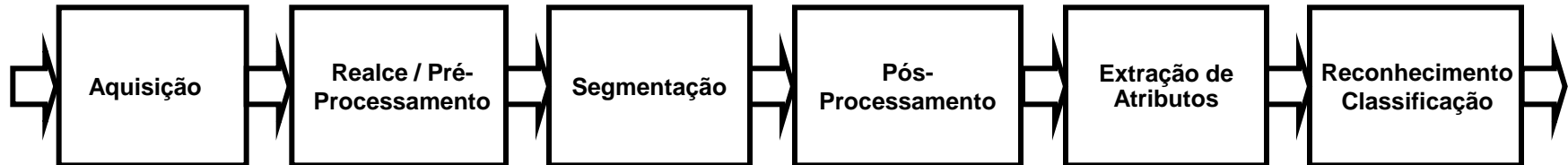


# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

Áreas de interesse específicas

Visão Computacional

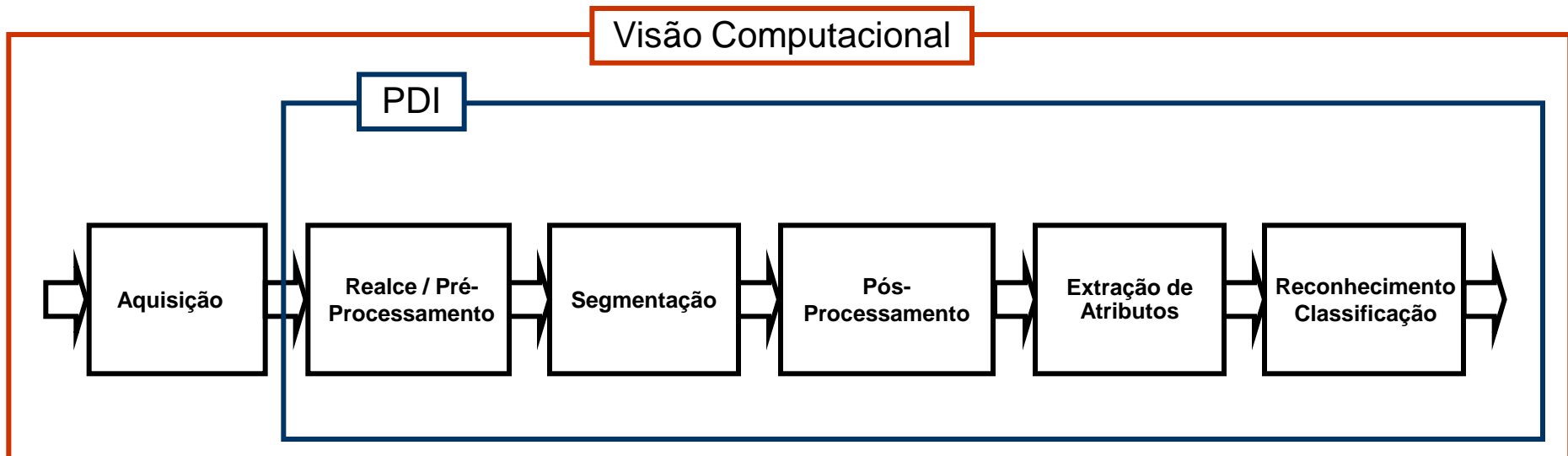


# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

### Áreas de interesse específicas

Processamento Digital de Imagens



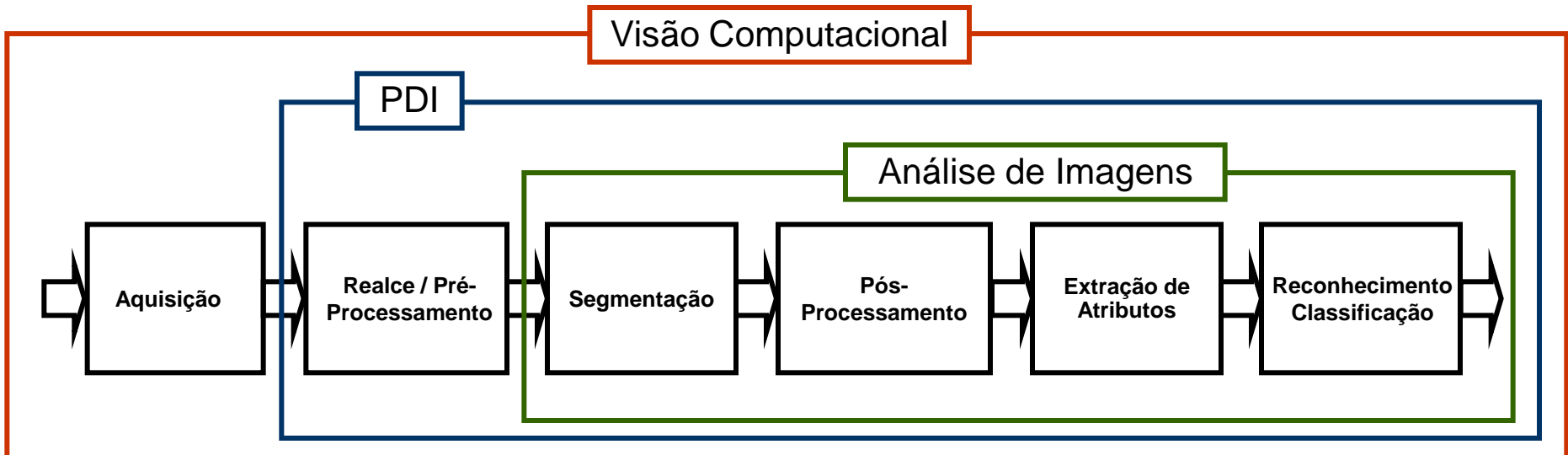
# Conceitos Básicos

## Visão Computacional

### Áreas de interesse específicas

Processamento Digital de Imagens

Análise de Imagens



# Conceitos Básicos

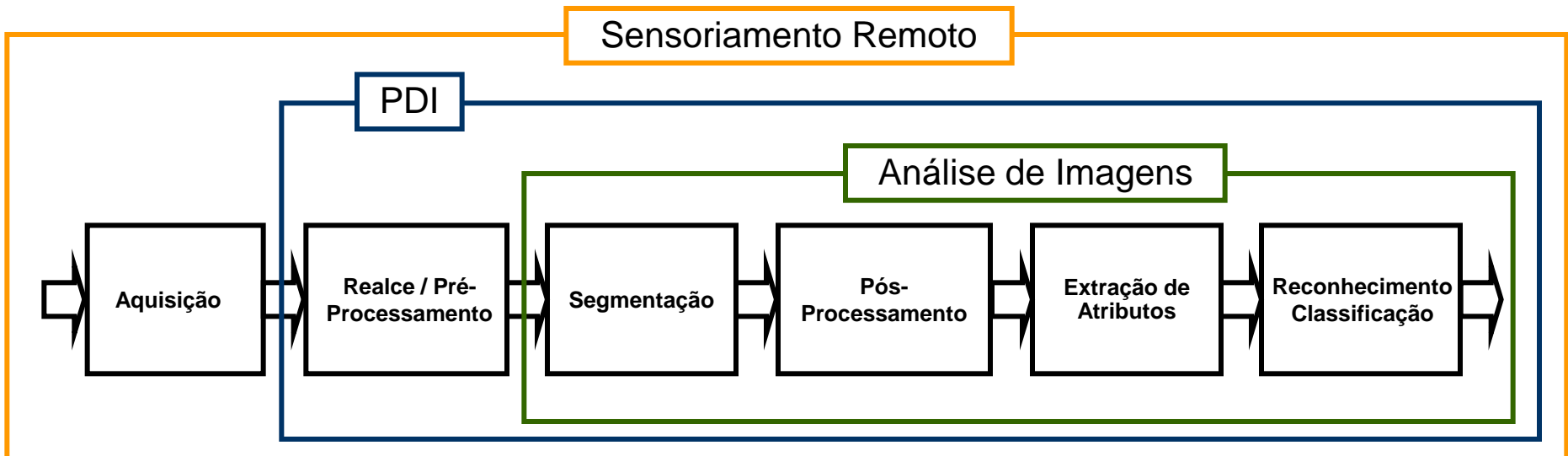
## Visão Computacional

### Áreas de interesse específicas

Processamento Digital de Imagens

Análise de Imagens

Sensoriamento Remoto



# Conceitos Básicos

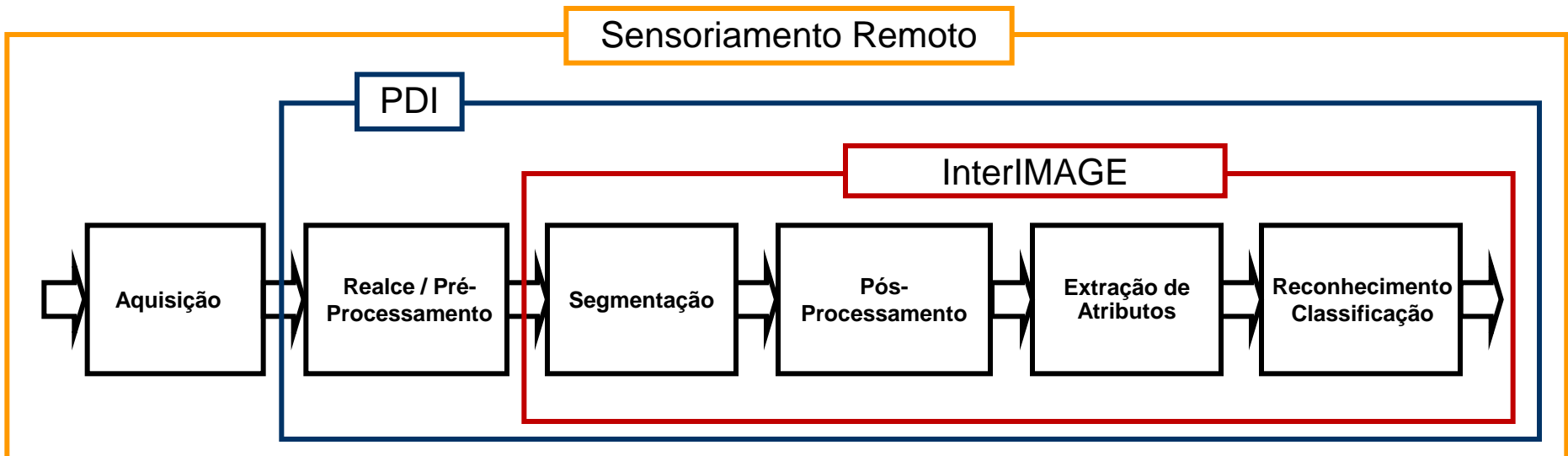
## Visão Computacional

### Áreas de interesse específicas

Processamento Digital de Imagens

Análise de Imagens

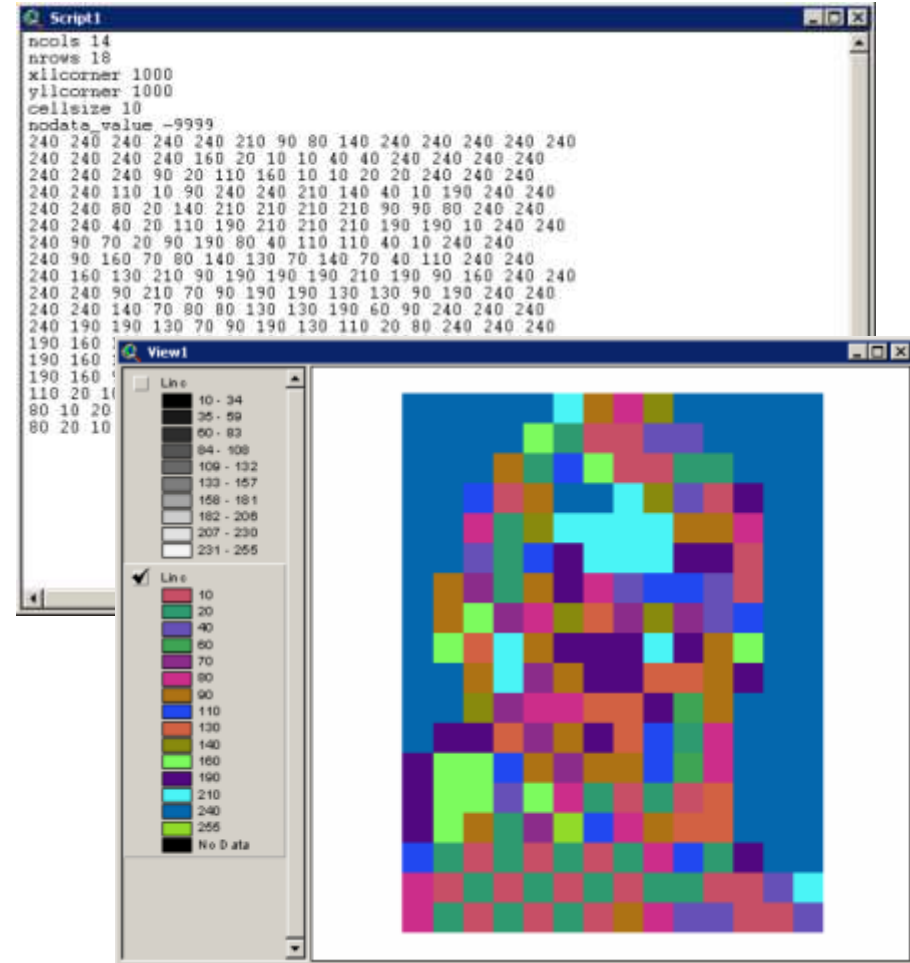
Sensoriamento Remoto



# Análise de Imagens

## Percepção visual humana

- Não percebemos sequências de números como uma imagem.
- Mesmo quando codificados pictoricamente (de forma arbitrária).
- Quando a codificação é coerente percebemos padrões complexos de cor e forma.
- Nosso cérebro **compreende imagens, não pixels!**

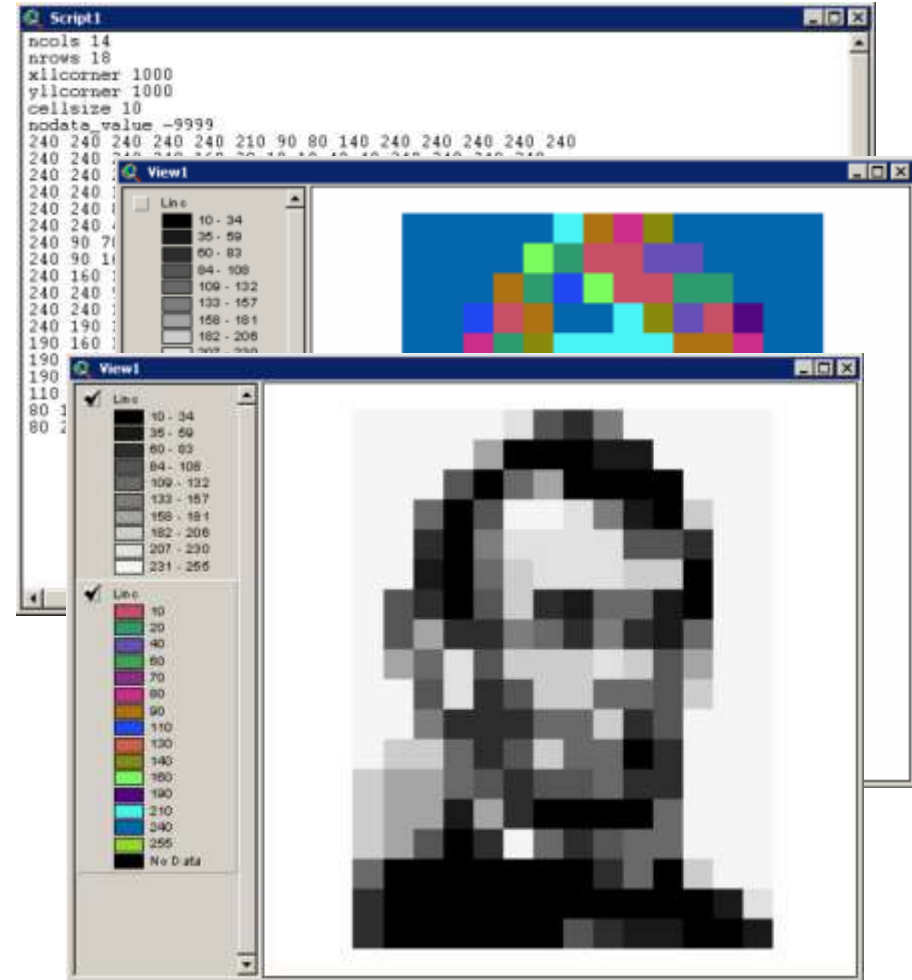


*S. Lang, F. Albrecht, T. Blaschke, 2006*

# Análise de Imagens

## Percepção visual humana

- Estruturas menores são agregadas simultaneamente.
- Estruturas grandes ajudam a compreender as menores.
- Conteúdo de informação aparece em várias escalas ao mesmo tempo.
- Percebemos **elementos diferentes em diferentes escalas** simultaneamente.



*S. Lang, F. Albrecht, T. Blaschke, 2006*



# Análise de Imagens

## Percepção visual humana

- Importância do **contexto** na interpretação de imagens.



*S. Lang, F. Albrecht, T. Blaschke, 2006*

# Análise de Imagens

## Percepção visual humana

- A visão humana é muito **eficiente em tarefas complexas de interpretação**.
- **Experiência acumulada** desde o nascimento.
- Sensoriamento remoto traz novos problemas:
  - Visão "de cima" - *bird's eye*.
  - Tratar escalas e resoluções não familiares.
  - Tratar de registros espectrais fora do espectro visual.

Images of the Fortress in Salzburg, Austria



Quickbird; bands 3,2,1



Quickbird; bands 4,3,2



Aster; green, red, infrared

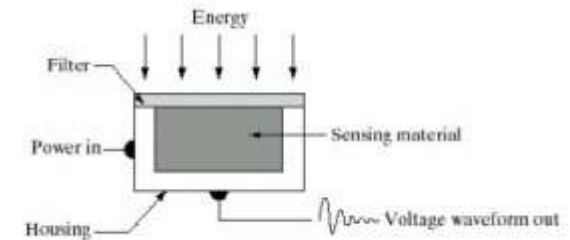
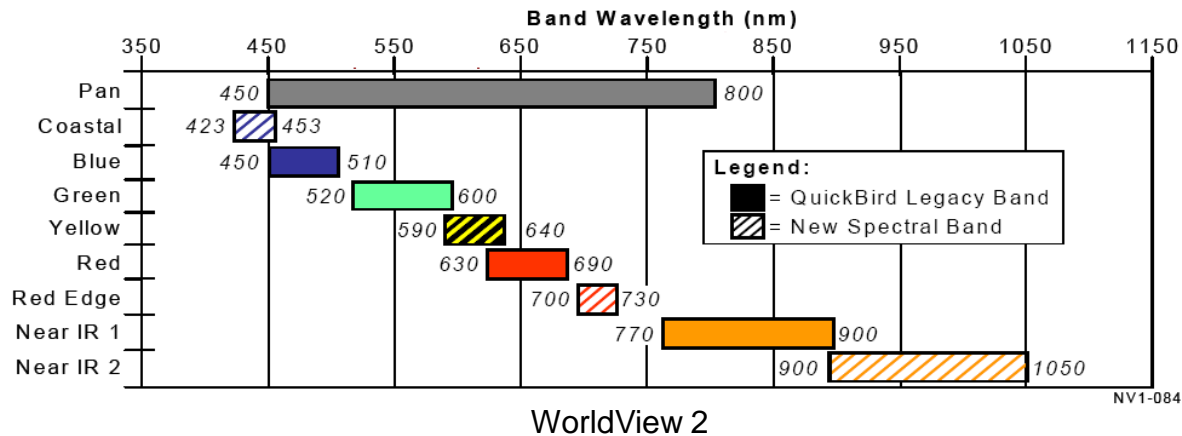


Color Photo

*S. Lang, F. Albrecht, T. Blaschke, 2006*

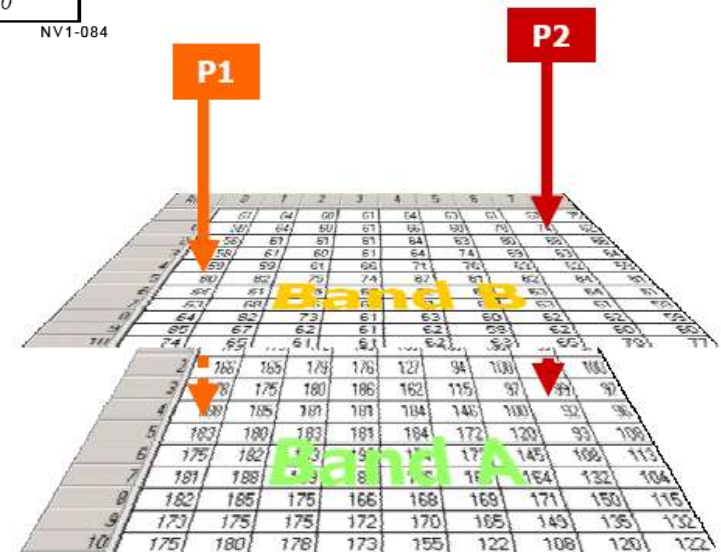
# Análise de Imagens

## Componente básico de imagens digitais: *pixel*



CCD (Charged Coupled Device)

- *Picture Element*
- Sinal integrado - *mixed pixel*
- Pixels vizinhos geralmente são parecidos
- Muito pequenos para serem percebidos individualmente



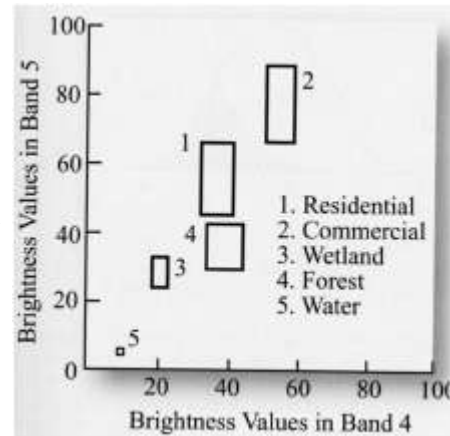
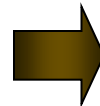
# Análise de Imagens

## Análise de imagens baseada em Pixel

### Processo de classificação baseado em pixel



Imagem de Entrada



Espaço de Atributos

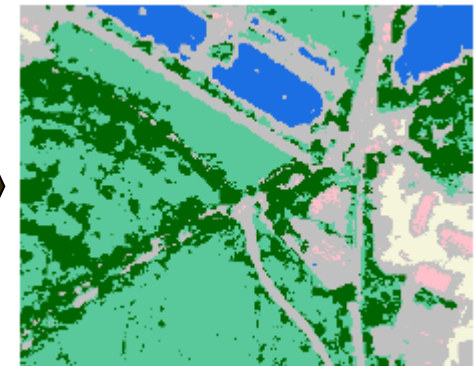
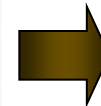


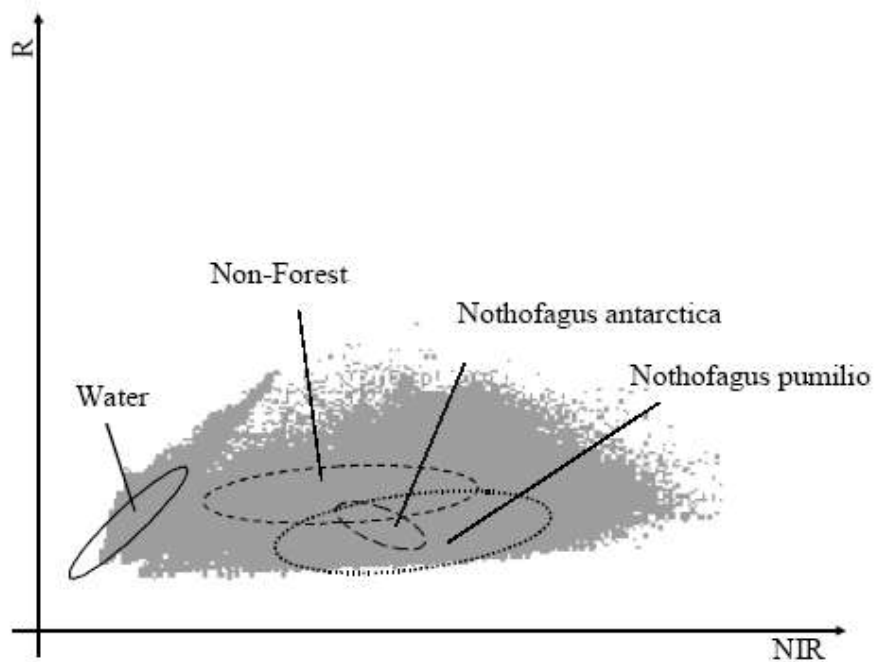
Imagem Rotulada

*S. Lang, F. Albrecht, T. Blaschke, 2006*

# Análise de Imagens

## Análise de imagens baseada em Pixel

### Processo de classificação baseado em pixel

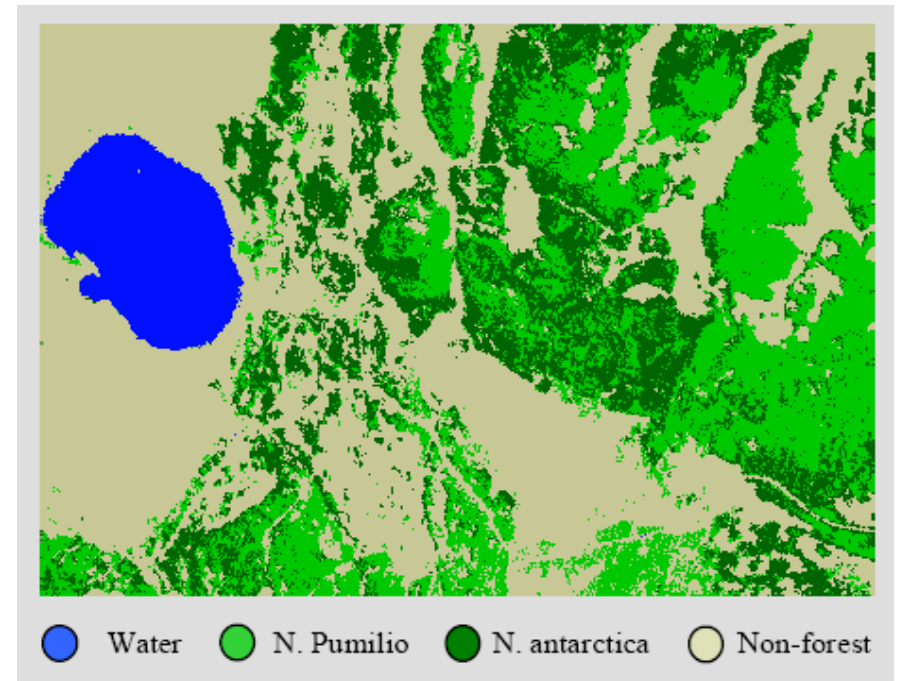
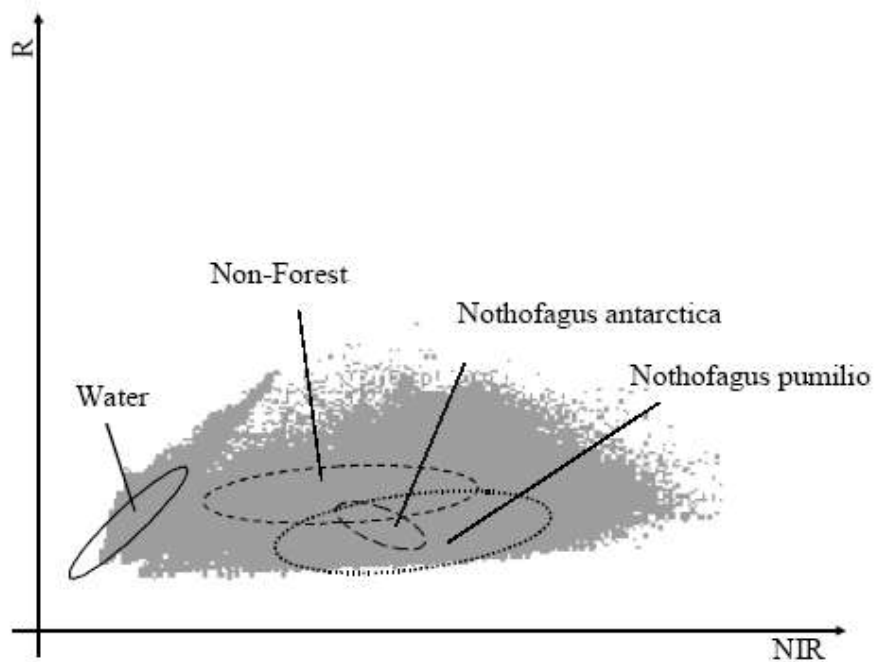


Class	Channel	Mean	Std dev
Non-forest	Green	72,5	4,76
	Red	52,9	5,12
	NIR	77,0	17,72
N. Pumilio	Green	60,7	5,92
	Red	34,9	4,65
	NIR	95,9	17,82
N. Antarctica	Green	62,4	3,43
	Red	37,9	3,27
	NIR	87,4	5,83
Water	Green	62,4	3,43
	red	37,9	3,27
	NIR	87,4	5,83

# Análise de Imagens

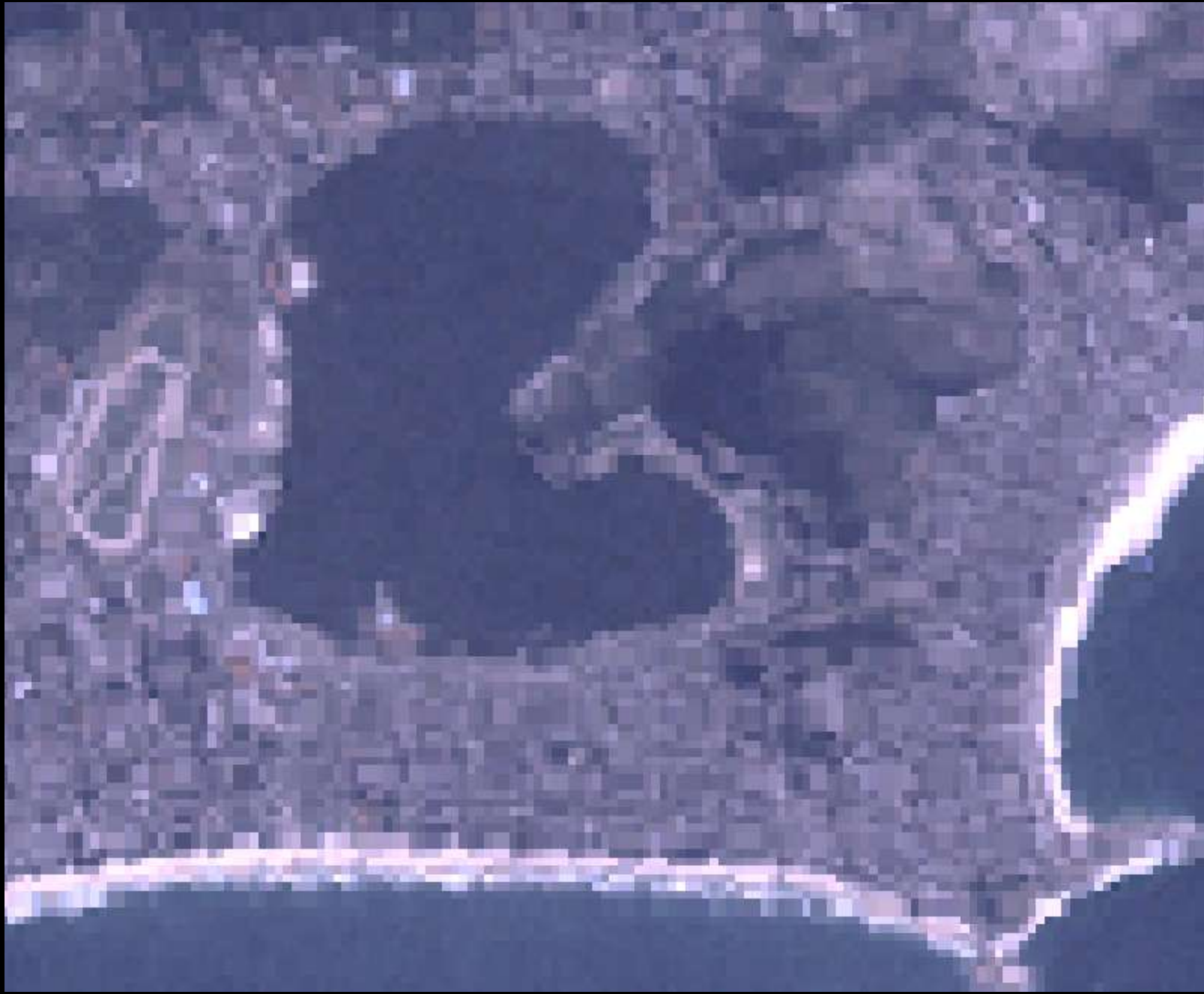
## Análise de imagens baseada em Pixel

### Processo de classificação baseado em pixel





Landsat 7 (30m)





IKONOS (1m)



## Análise de imagens baseada em Pixel

Limitações:

- Pixel é uma unidade de espacial artificial
- Padrões espaciais não podem ser considerados na classificação
- Efeito “sal e pimenta”
- Dificuldade de discriminar classes com características espectrais semelhantes
- Problema aumenta com imagens de alta resolução espacial

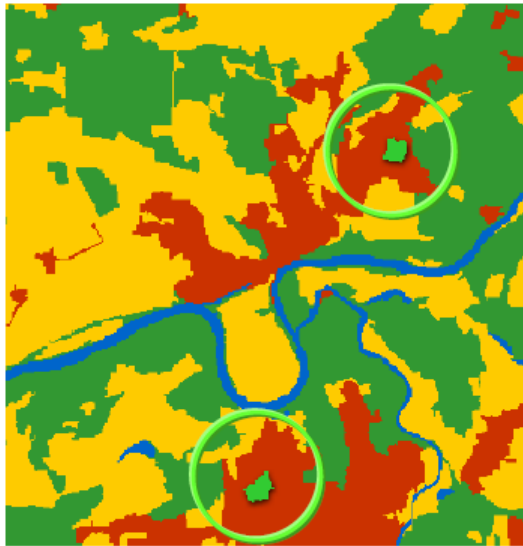


# Análise de Imagens

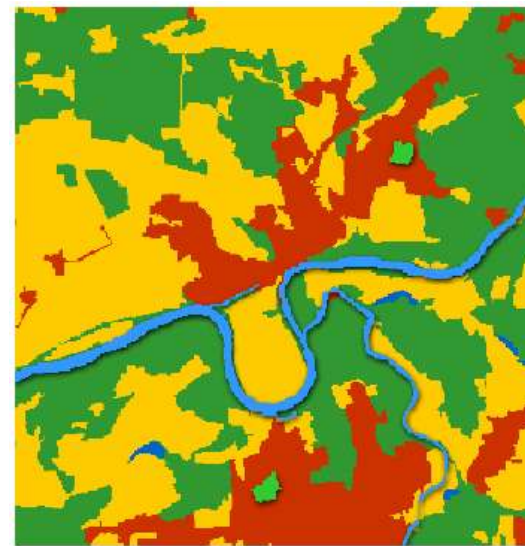
## Análise de imagens baseada em Pixel

Limitações:

- Relações espaciais não são consideradas na classificação



Parque: contexto específico



Rio: forma específica

# Análise de Imagens

## Análise de imagens baseada em Pixel

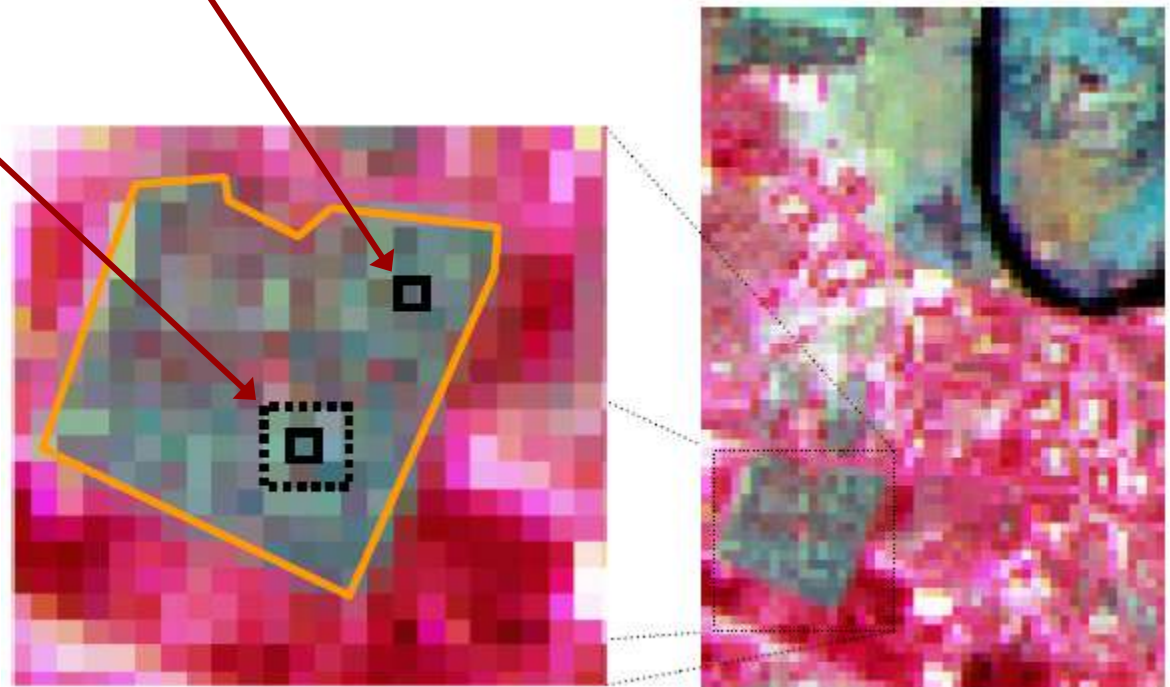
Atributos típicos:

- Cor (reflectância em  $n$  bandas)
- Textura (certa vizinhança, e.g. 3x3 pixels)

*S. Lang, F. Albrecht, T. Blaschke, 2006*

Não considera:

- Forma
- Vizinhança
- Contexto





# What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS

## ABSTRACT

While remote sensing made enormous progress over the last years in terms of improved resolution, data availability and public awareness, a vast majority of applications rely on basic image processing concepts developed in the 70s: per-pixel classification of in a multi-dimensional feature space. It is argued that this methodology does not make use of any spatial concepts. Especially in high-resolution images it is very likely that neighbouring pixels belong to the same land cover class as the pixel under consideration. The authors argue for classification of homogeneous groups of pixels reflecting our objects of interest in reality and use algorithms to delineate objects based on contextual information in an image on the basis of texture or fractal dimension.



Dr. Thomas Blaschke

## ZUSAMMENFASSUNG

### Was ist mit den Pixeln los? Neue Entwicklungen zur Integration von Fernerkundung und GIS.

Fernerkundung hat sich in den vergangenen Jahren bezüglich Bildauflösung, Datenverfügbarkeit und öffentlicher Präsenz enorm weiterentwickelt, trotzdem basieren nahezu alle Anwendungen auf den methodischen Grundlagen der Bildverarbeitung aus den 70er Jahren: individuelle Pixel werden im mehrdimensionalen Spektralraum klassifiziert, ohne irgendwelche räumlichen Konzepte zu berücksichtigen. Insbesondere bei hochauflösenden Bildern gehören benachbarte Pixel mit hoher Wahrscheinlichkeit zur selben Kategorie wie das aktuelle Pixel. Die Autoren argumentieren für Klassifikationsansätze homogener Gruppen von Pixeln, die realweltlichen Objekten entsprechen und aus kontextueller Bildinformation (Textur, fraktale Dimension) abgeleitet werden.



Prof. Josef Strobl

## 1 Patterns do matter, or: the need for change

We start our considerations of recent remote sensing practice from the user's point of view and, more precisely, from a geographical or landscape ecology point of view: The world in its complexity and manifold relationships cannot easily be grasped in full depth. Creating models of the world or computer-based representations of its surface poses a series of problems. In landscape ecology, there is a growing awareness about continuity of phenomena and discontinuities of scales. Forman (1995) described this ambiguity through the metaphor of a person gradually descending with a spaceship or balloon. Human perception abruptly starts to discover patterns and mosaics. Many mosaics are quasi-stable or persistent for a while, separated by rapid changes that represent the "domains of scale". Each domain exhibits certain spatial patterns, which in turn are produced by a certain causal mechanism or group of processes.

Back to remote sensing: The ultimate goal is to mirror, elucidate, quantify and to describe surface patterns in order to contribute to an understanding of the underlying phenomena and processes. Since the start of the first Landsat satellite in 1972, we achieve this in more or less the same way: We measure some reflectance at the Earth's surface. The smallest unit is called a 'pixel'. In this paper, we do not question the pixel as an important and necessary entity. Instead, we argue for a somewhat different handling of

## Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA)

*Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA) is a sub discipline of *Geographic Information Science* (GIScience) devoted to partitioning remote sensing imagery into meaningful image objects, and assessing their characteristics through spatial, spectral and temporal scales, so as to generate new geographic information in GIS-ready format.

*G. J. Hay and G. Castilla, 2008*

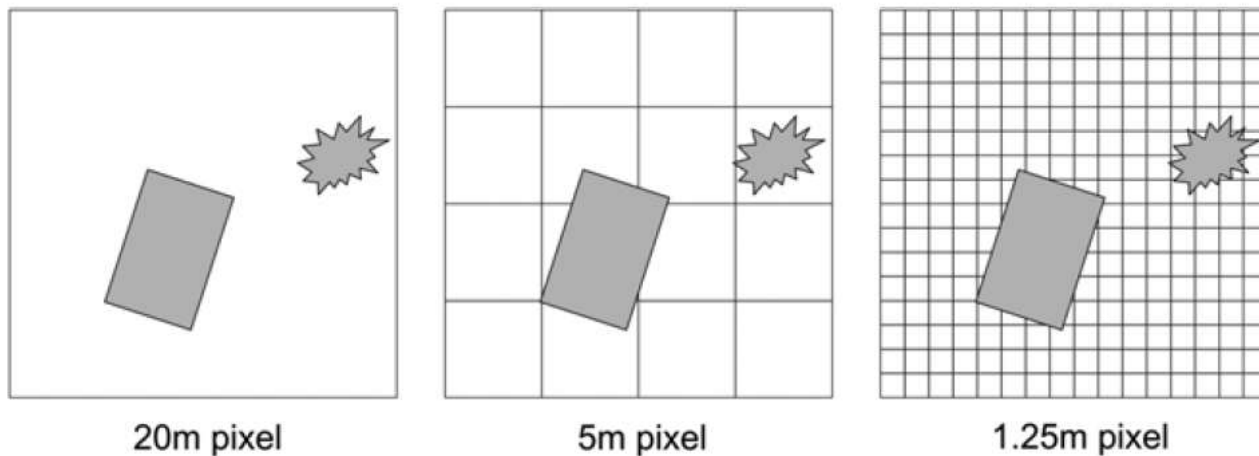
## Maiores *drivers* de GEOBIA

- Mudança na política espacial americana durante a década de 90: passou a dar ênfase à promoção de plataformas comerciais de Sensoriamento Remoto – Observação da Terra.
- Aumento expressivo da disponibilidade de imagens de alta resolução e a necessidade de criar mercado para o novo negócio.
- Geração diária de TBs de imagens, mais demanda por aplicações de segurança (pós 9/11): demanda por métodos de análise automáticos.
- Barateamento de plataformas computacionais
- Melhor integração com SIGs.

# Análise de Imagens

## Maiores *drivers* de GEOBIA

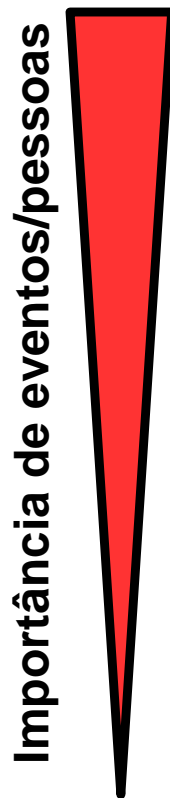
- Reconhecimento das limitações da análise baseada em pixels: elementos foto interpretativos negligenciados (textura; contexto; forma) e maior variabilidade intrínseca a imagens de alta resolução.



*T. Blaschke and J. Strobl, 2001*

# Análise de Imagens

## Histórico GEOBIA



1967	Koestler
1976	Kettig & Landgrebe
late 70ies	Segmentação
1999/2000	VHR Satélites
2000	eCognition
~2003/04	Competição/Experimentação
>2006	Fundamentos Científicos

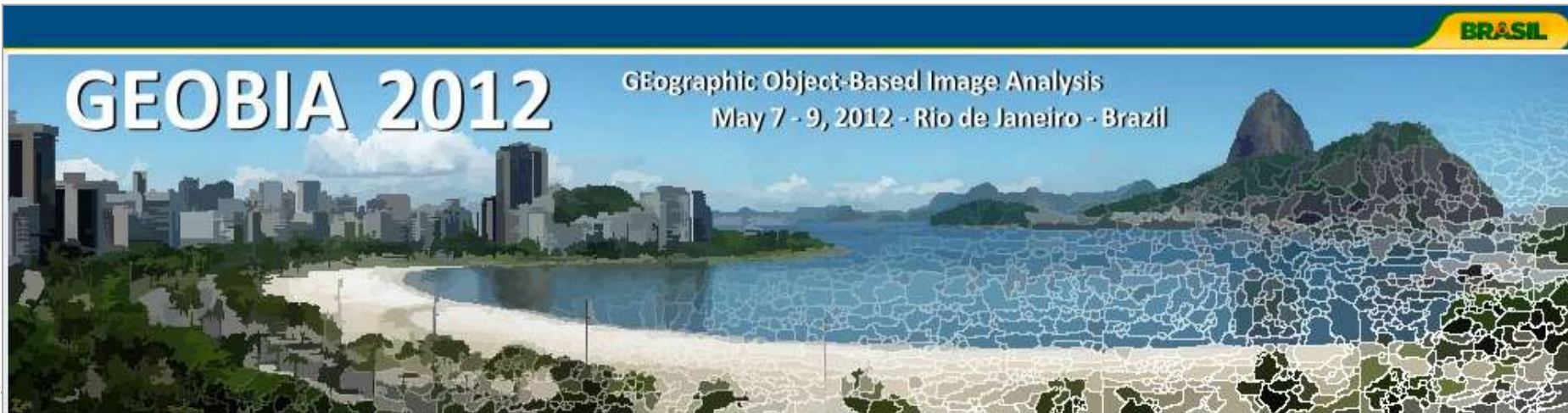
*Blaschke, 2010*



# Análise de Imagens

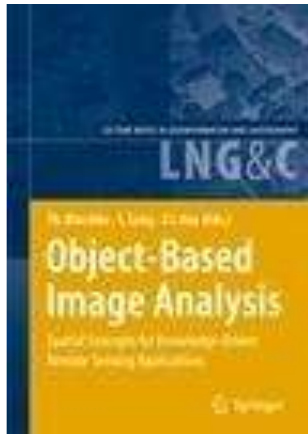
## Histórico GEOBIA - Conferências

- OBIA 2006 – Salzburg (Austria)
- OBIA Workshop 2007 – Berkeley (EUA)
- GEOBIA 2008 – Calgary (Canadá)
- OBLA 2009 – Londres (Inglaterra)
- GEOBIA 2010 – Gent (Bélgica)
- GEOBIA 2012 – Rio (Brasil)
- OBIA GIScience Workshop 2012 – Columbus (EUA)



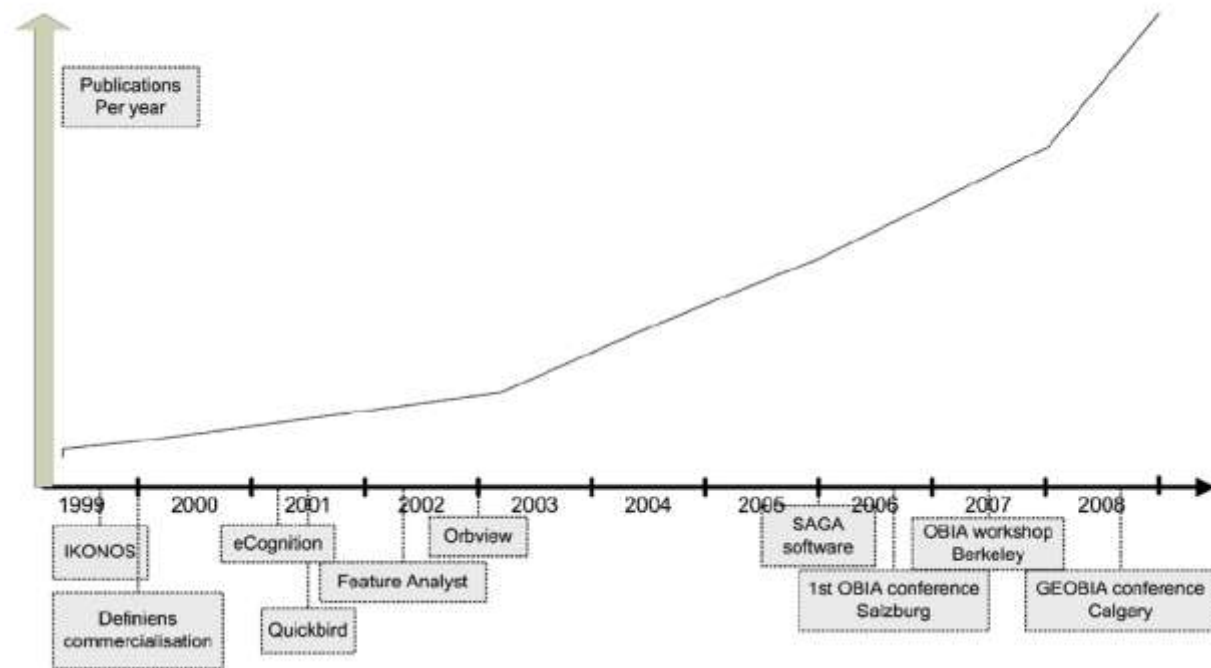
# Análise de Imagens

## Histórico GEOBIA - Publicações



Photogrammetric Engineering & Remote Sensing (PE&RS) – 2009  
Intl. Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (JAG) 2011  
IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters - 2013

*T. Blaschke / ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 (2010) 2-16*



# Object-Based Image Analysis

## Definition

*Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA)* is a sub discipline of *Geographic Information Science (GIScience)* devoted to partitioning remote sensing imagery into meaningful image objects, and assessing their characteristics through spatial, spectral and temporal scales, so as to generate new geographic information in GIS-ready format.

*G. J. Hay and G. Castilla, 2008*

# From image objects to geo-objects

## Image object:

*A discrete region of a digital image that is internally coherent and different from its surroundings.*

## Geo-object:

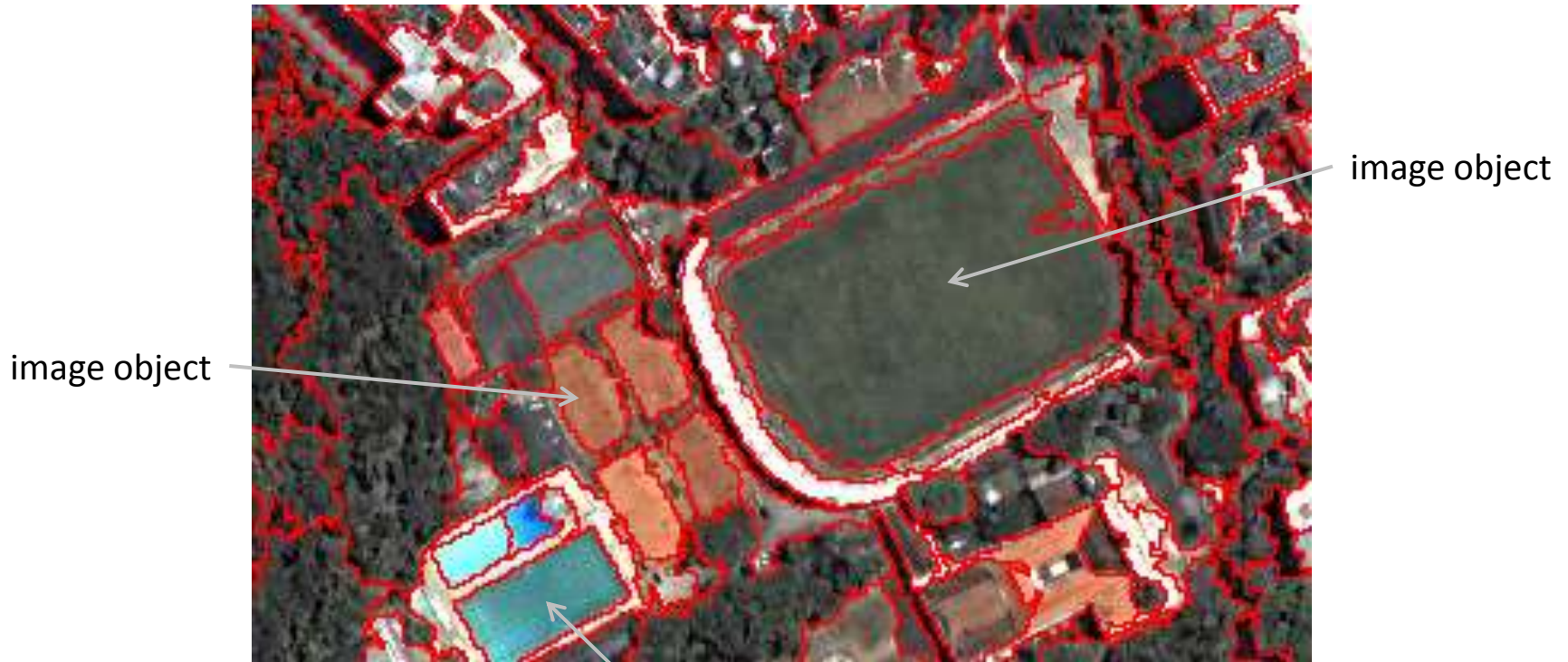
*A bounded geographic region that can be identified for a period of time as the referent of a geographical term.*

*G. Castilla and G. J. Hay, 2008*

# From image objects to geo-objects

## Image object:

*A discrete region of a digital image that is internally coherent and different from its surroundings.*





# From image objects to geo-objects

## Geo-object:

*A bounded geographic region that can be identified for a period of time as the referent of a geographical term.*



# From image objects to geo-objects

## Geo-object:

*A bounded geographic region that can be identified for a period of time as the referent of a geographical term.*



# From image objects to geo-objects

## Geo-object:

*A bounded geographic region that can be identified for a period of time as the referent of a geographical term.*

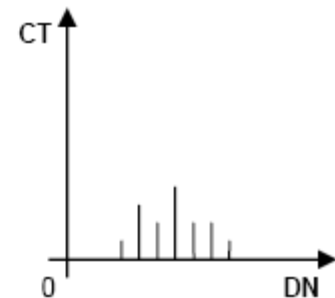
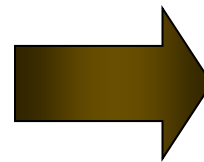
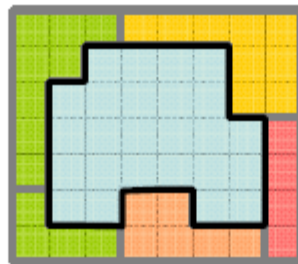
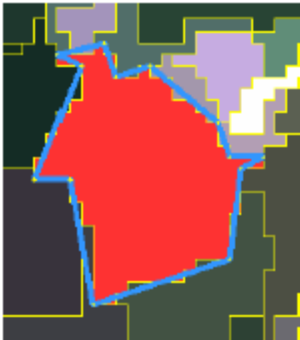




# Análise de Imagens

## Análise de imagens baseada em Objetos (GEOBIA)

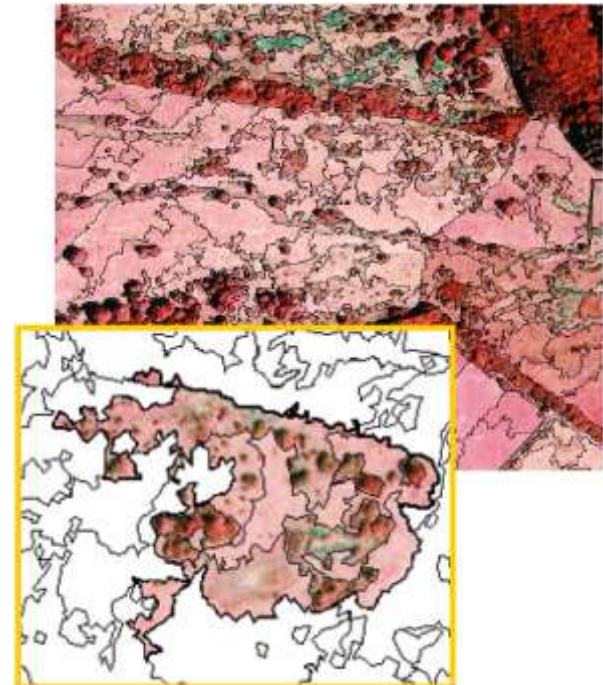
- Ampliação do espaço de atributos (textura, forma, vizinhança, inter-relacionamentos)
- Diminui potencialmente as correlações entre classes de objetos
- Permite descrições mais complexas sobre classes de objetos



# Análise de Imagens

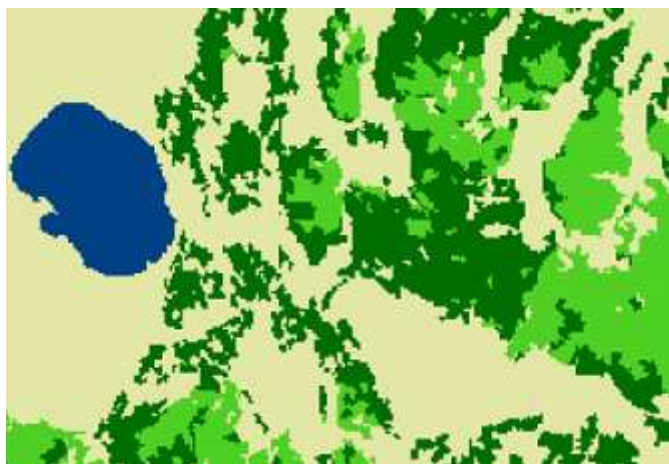
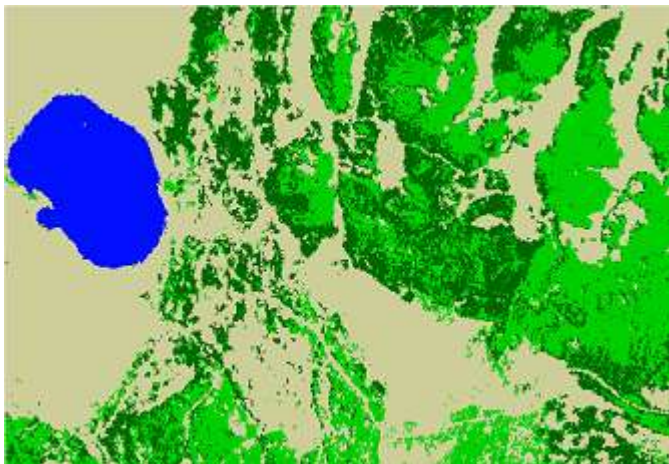
## Análise de imagens baseada em Objetos (GEOBIA)

- Objetos = unidades da paisagem?
  - Usualmente análise da paisagem é baseada em unidades da paisagem
- Facilita a integração de SR e GIS
  - Usuários de GIS estão acostumados com polígonos
- Mais próxima do nosso processo mental de interpretação



# Análise de Imagens

Classificação baseada em pixels



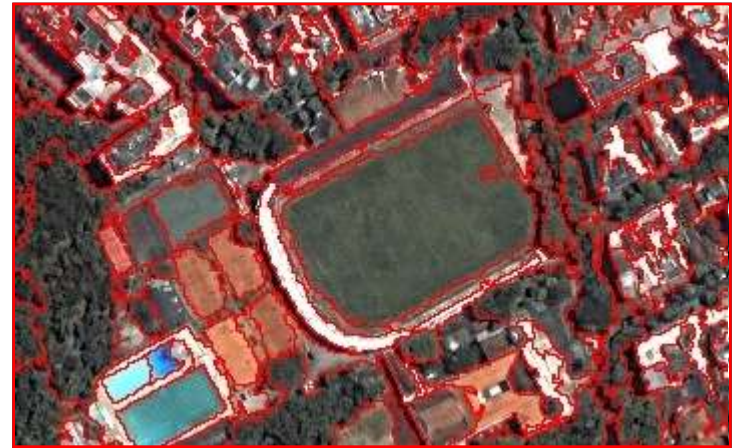
Classificação baseada em objetos



# Análise de Imagens

## Análise de imagens baseada em Objetos (GEOBIA)

- Como definir/criar os *image objects*?
- Em imagens de alta resolução: um objeto recobre diversos pixels ( $\neq$  *mixed-pixels*).
- Pixels pertencentes ao mesmo objeto: alta correlação espectral.



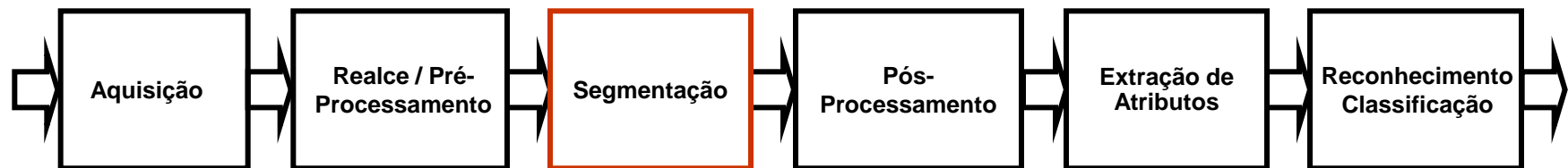
# Segmentação

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

### Segmentação:

- Subdivisão da imagem em suas regiões ou objetos constituintes.
- Processo chave em Visão Computacional e GEOBIA.



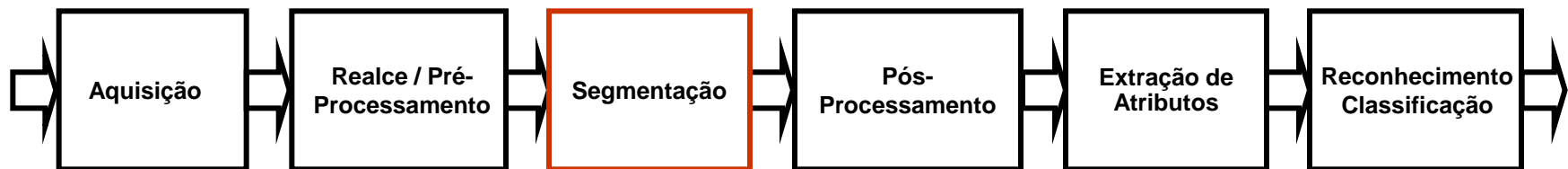
# Segmentação

## Visão Computacional

Seqüência básica de processos

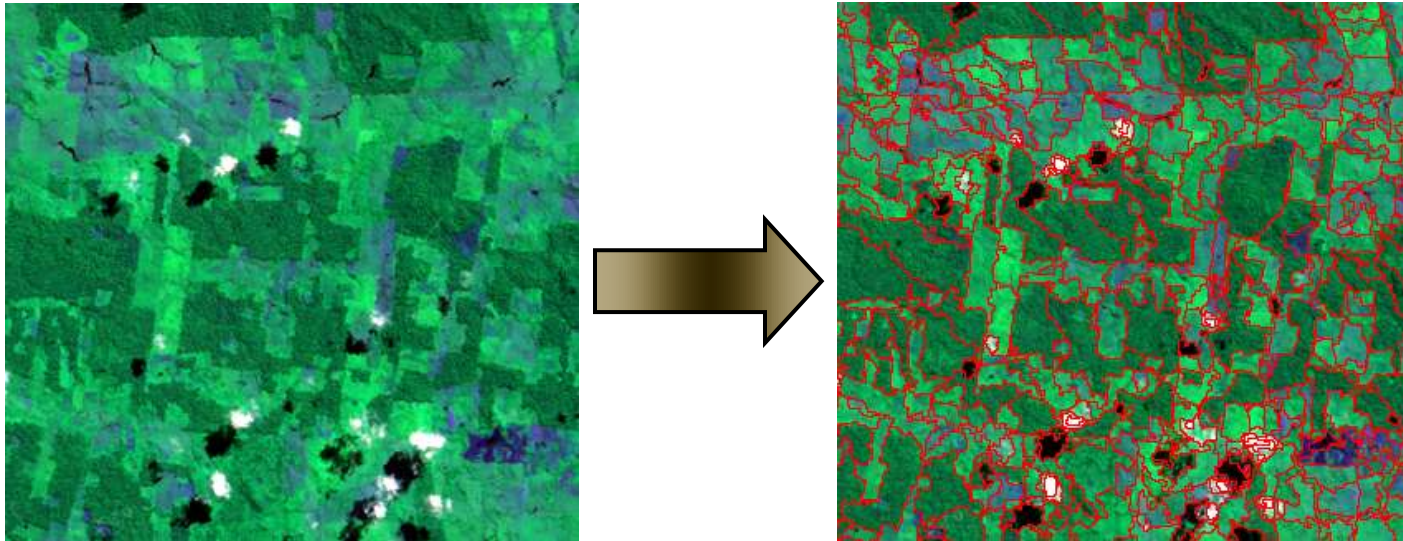
### Segmentação:

- Identificação de descontinuidades na imagem (arestas ou limites de objetos)
- Delineação de regiões ou objetos visualmente homogêneos



# Segmentação

Subdivisão da imagem em seus elementos (regiões) constituintes

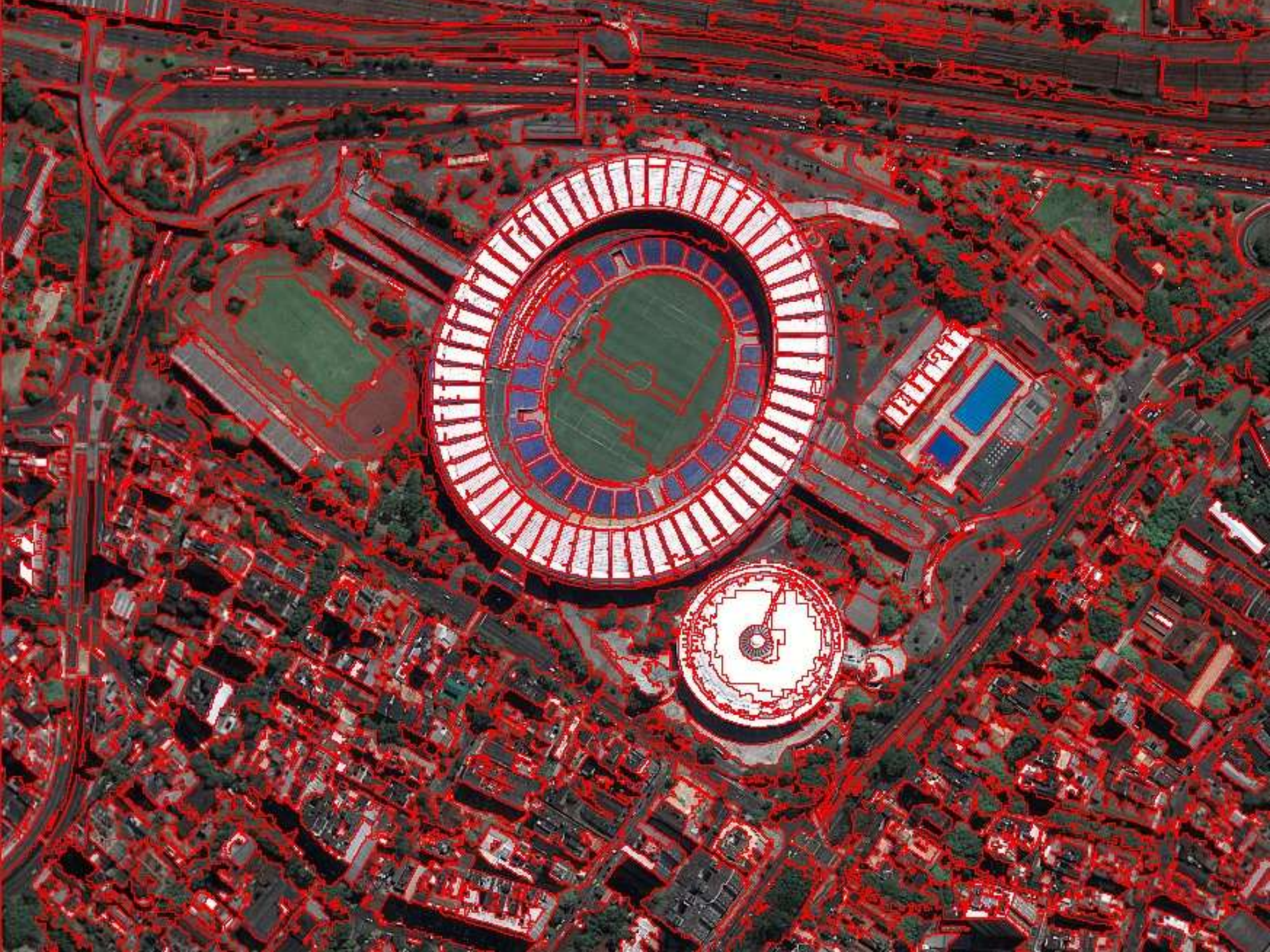


$$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_n$$











# Segmentação

## Formulação básica (Segmentação por Regiões)

Se  $R$  representa uma imagem, a segmentação pode ser entendida como o processo de particionamento de  $R$  em  $n$  sub-regiões  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ , de forma que:

$$\text{a) } \bigcup_{i=1}^n R_i = R$$

{ Cobre toda a imagem

b)  $R_n$  é uma região continua

{ Cada região é um componente conectado

c)  $R_i \cap R_j = \emptyset$  para todo  $i$  e  $j$ ,  $i \neq j$

{ Regiões são disjuntas

d)  $P(R_i) = \text{Verdadeiro}$  para  $i=1,2,\dots,n$

{  $P$  define uma condição de pertinência

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

{  $P$  diferencia regiões vizinhas

# Segmentação

## Histórico

- Anos 70/80: primeiros desenvolvimentos relacionados a segmentação de imagens

Maior *driver*: inspeção industrial, robótica

- Raramente usada em Sensoriamento Remoto até o final dos anos 90

Razão: pouco progresso em segmentação de imagens multi-banda, algoritmos não foram pensados para a dados de SR.

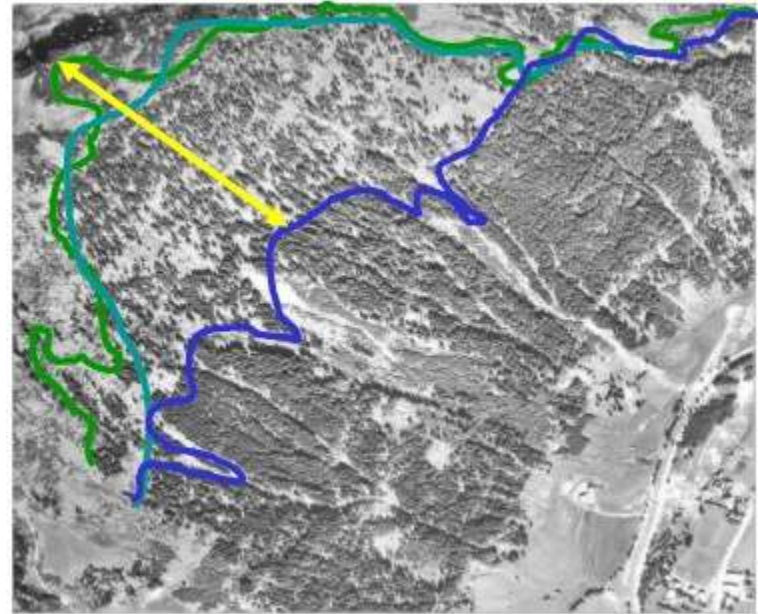
- Desde então um grande número de algoritmos de segmentação foram desenvolvidos.

Maior disponibilidade de produtos comerciais fez com que o uso de segmentação sobre dados de SR se tornasse mais comum.

# Segmentação

## Teoria

- Não há uma teoria geral sobre segmentação.
- *Ill-posed problem*
- Problema é *well posed* (Hadamard) se:
  - Solução existe.
  - Solução é única.
  - Solução robusta a pequenas mudanças nas condições iniciais.



# Segmentação

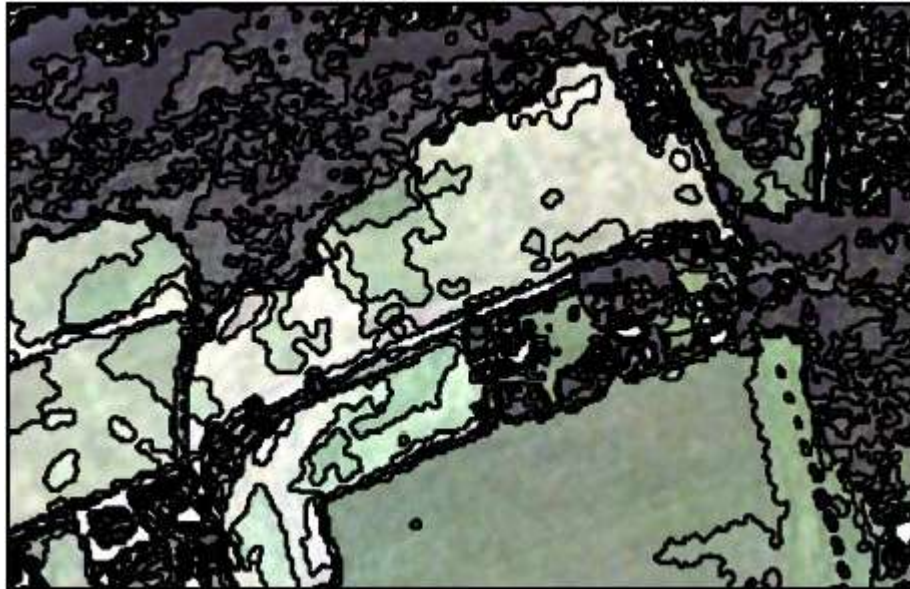
Diversas técnicas, todas possuem parâmetros definidos pelo usuário



Data Dissection Tools  
(Clusterização – 3 parâmetros)

# Segmentação

Diversas técnicas, todas possuem parâmetros definidos pelo usuário



**InfoPACK**  
(Simulated Annealing – 2 parâmetros)



# Segmentação

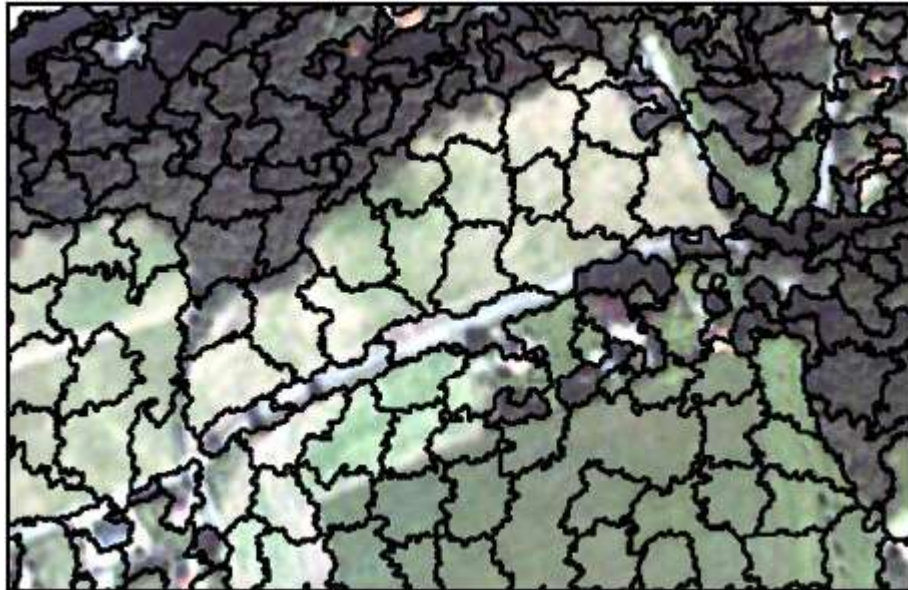
Diversas técnicas, todas possuem parâmetros definidos pelo usuário



Minimum Entropy Approach  
(Triangulação – 2 parâmetros)

# Segmentação

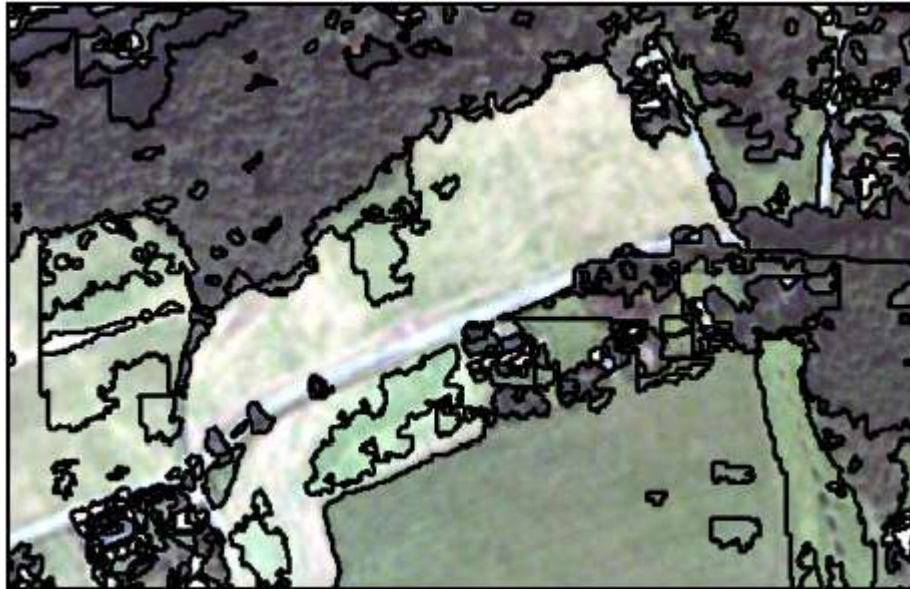
Diversas técnicas, todas possuem parâmetros definidos pelo usuário



**CAESAR**  
(Simulated Annealing – 6 parâmetros)

# Segmentação

Diversas técnicas, todas possuem parâmetros definidos pelo usuário



**ERDAS**  
(Crescimento de Regiões – 2 parâmetros)

# Segmentação

Diversas técnicas, todas possuem parâmetros definidos pelo usuário

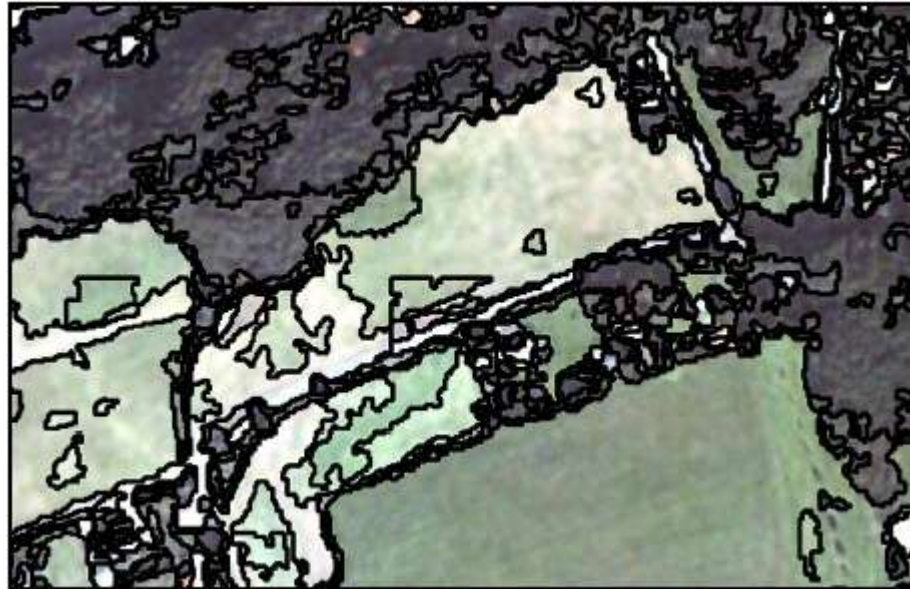


**eCognition**  
(Crescimento de Regiões – 3 parâmetros)



# Segmentação

Diversas técnicas, todas possuem parâmetros definidos pelo usuário



**SPRING**  
(Crescimento de Regiões – 2 parâmetros)

## Comparação/avaliação de diferentes técnicas

Segmentation program	eCognition 2.1	eCognition 3.0	Data Dissection Tools	CAESAR 3.1	InfoPACK 1.0	Image Segmentation (for Erdas Imagine)	Minimum Entropy Approach	SPRING 4.0
Number of reference areas	20	20	20	10 <sup>1</sup>	20	20	11 <sup>1</sup>	20
Average difference of area [%]	12,5	15,9	2100,3	75,1	11,1	107,0	13,6	8,2
Average difference of perimeter [%]	15,9	17,2	475,6	35,1	30,9	177,3	10,0	10,8
Average difference of Shape Index [%]	16,7	16,2	38,9	25,5	25,5	87,1	10,0	11,7
Average number of partial segments	1,9	1,8	134,6	10,4	17,1	5,9	9,0	6,2
Average quality, visual evaluated [0...2]	1,0	0,9	0,2	0,0	0,6	0,2	0,8	0,9

*M. Neubert, H. Herold, G. Meinel, 2008.*



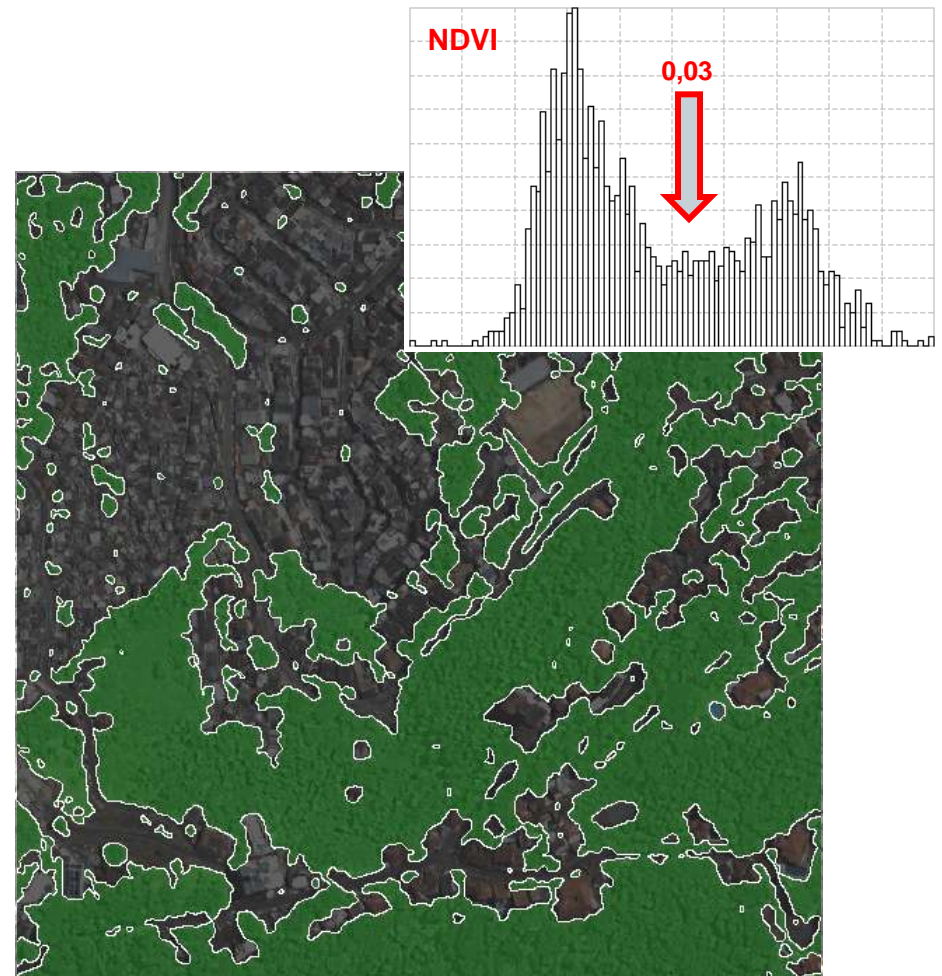
## Principais abordagens (segmentação por regiões)

- Baseada em pixel ou histograma
  - Limiarização de valores espectrais.
- Baseadas em arestas
  - Limiarização de gradiente ou laplaciano
  - Contornos deformáveis
- Baseada em regiões
  - *Split & Merge*
  - *Watershed*
  - Crescimento de regiões

# Segmentação

## Baseada em pixels/histograma

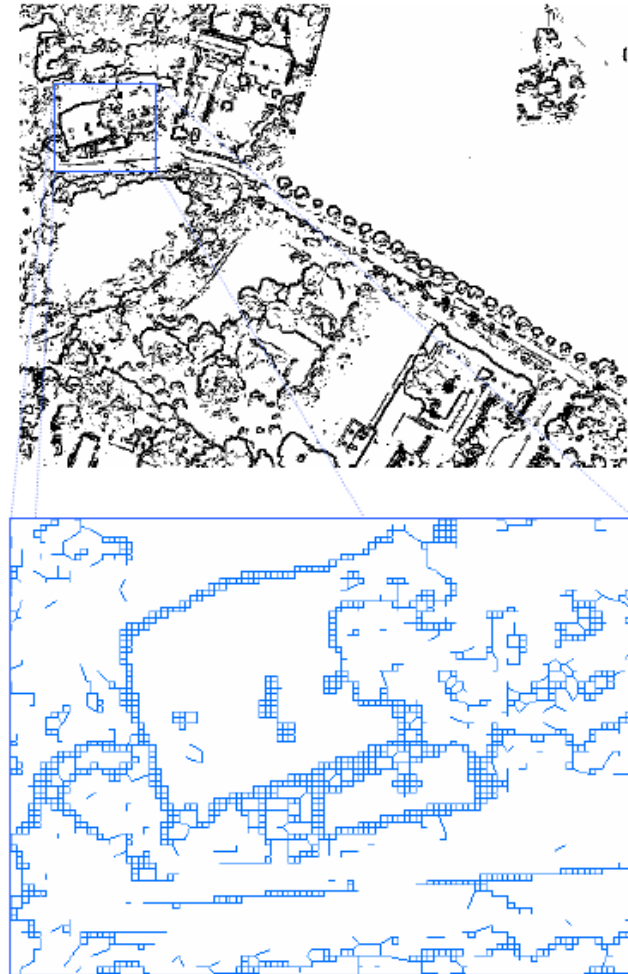
- Modo mais simples para segmentação de regiões
- Limiarização: diretamente sobre DN ou sobre valores derivados (índices, aritmética de bandas)
- Determinação dos limiares (?)
- Queijo Suíço



# Segmentação

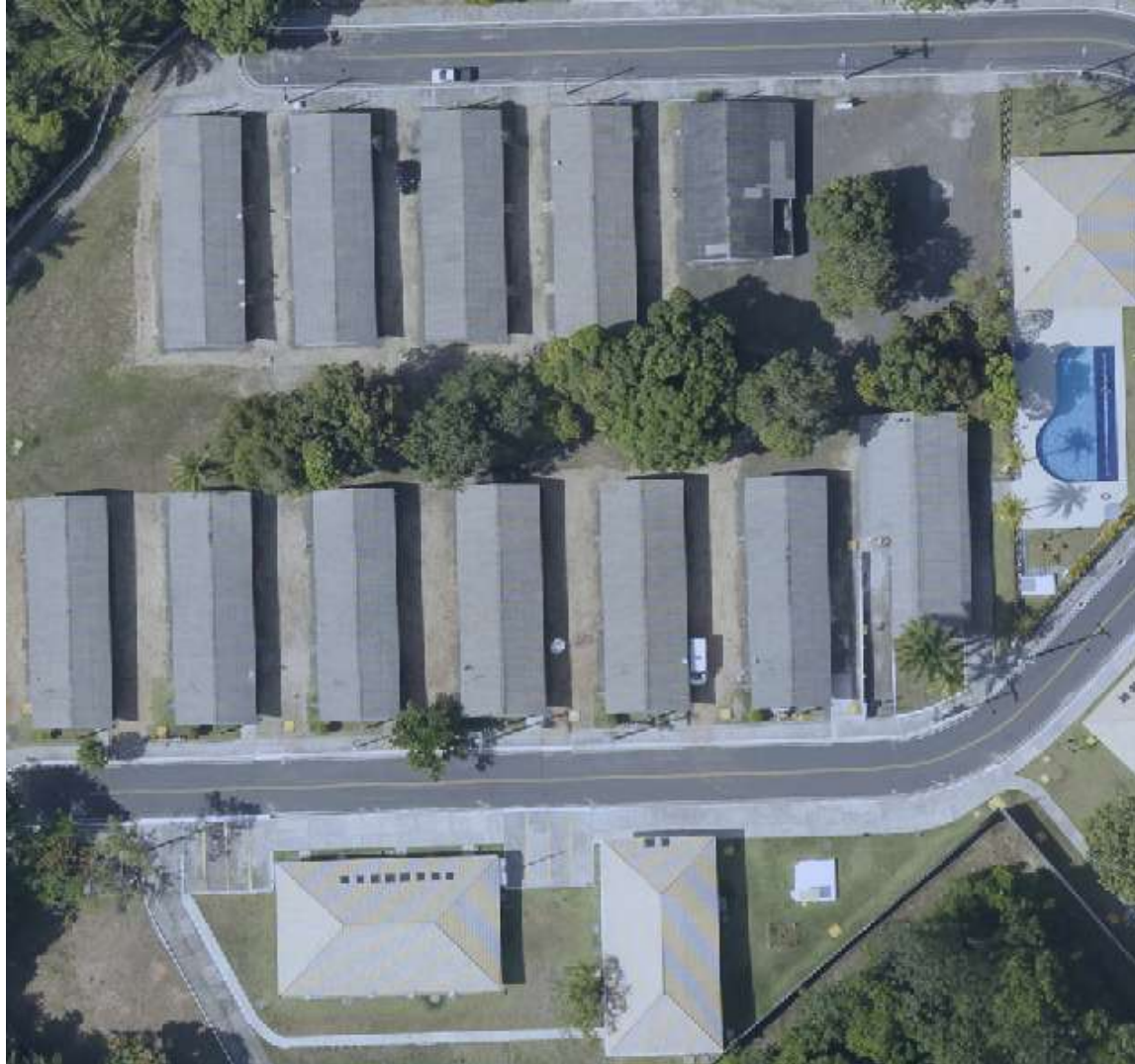
## Baseada em arestas

1. Detecção de arestas
  - Identificação de regiões onde há descontinuidade nos DN's: gradiente
2. Ligação de pixels de arestas para formar as fronteiras dos objetos.
  - Conexão de pixels de aresta
  - Eliminação de pixels de aresta fracos (*artifacts*)



# Segmentação

original image





# Segmentação

grayscale



# Segmentação

thresholded magnitude



$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Sobel masks

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\nabla f = \text{mag } \nabla f = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x| + |G_y|$$



# Segmentação

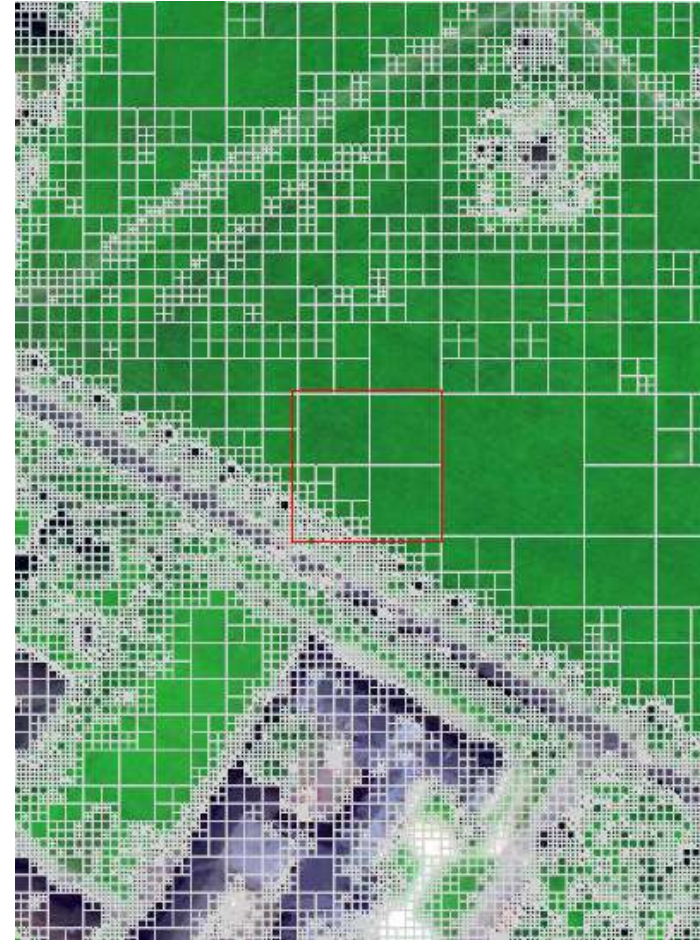
edges



# Segmentação

## Split & Merge

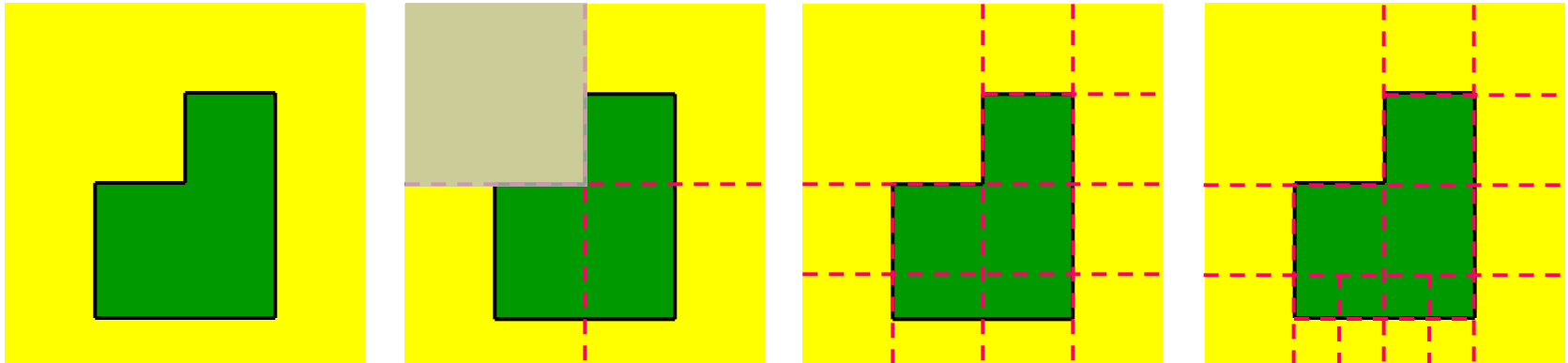
- Divisões sucessivas da imagem enquanto sub-regiões não atendem a certo critério ( $P$ )
- Quando para de dividir, tenta agrupar regiões vizinhas que atendam a  $P$



# Segmentação

## Split & Merge (Quadtree)

- Divide a região  $R_i$  quando  $P(R_i)=\text{FALSO}$  em quatro quadrantes disjuntos
- Para quando não é mais possível dividir
- Funde regiões adjacentes  $R_j$  e  $R_k$  quando  $P(R_j \cap R_k)=\text{VERDADEIRO}$
- Para quando não é mais possível fundir regiões

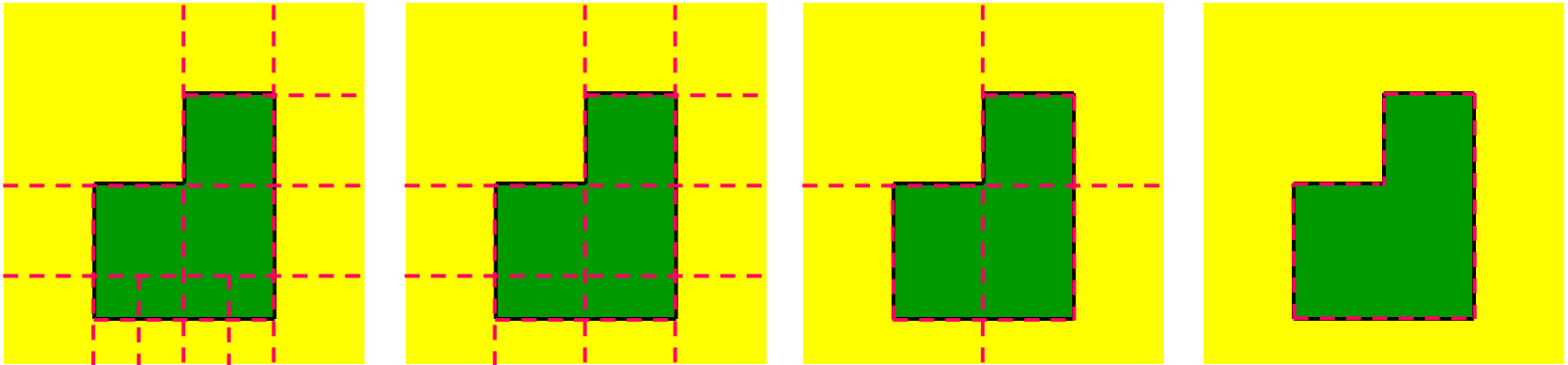


**Splitting...**

# Segmentação

## Split & Merge (Quadtree)

- Divide a região  $R_i$  quando  $P(R_i)=\text{FALSO}$  em quatro quadrantes disjuntos
- Para quando não é mais possível dividir
- Funde regiões adjacentes  $R_j$  e  $R_k$  quando  $P(R_j \cap R_k)=\text{VERDADEIRO}$
- Para quando não é mais possível fundir regiões

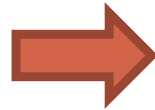


**Merging...**

# Segmentação

## Watershed

- Imagem (uma banda) é vista como uma superfície (3D)
- 3ª dimensão corresponde aos valores de intensidade dos pixels (DN)
- Geralmente é aplicado sobre o gradiente da imagem





# Segmentação

## Watershed

3 tipos de pontos:

**mínimos:** pontos que pertencem a um mínimo local.

**watershed de um mínimo:** pontos onde se deixar cair uma gota d'água, ela certamente cairia na direção de um mínimo local.

**linhas de watershed:** pontos onde a gota poderia cair para qualquer lado.

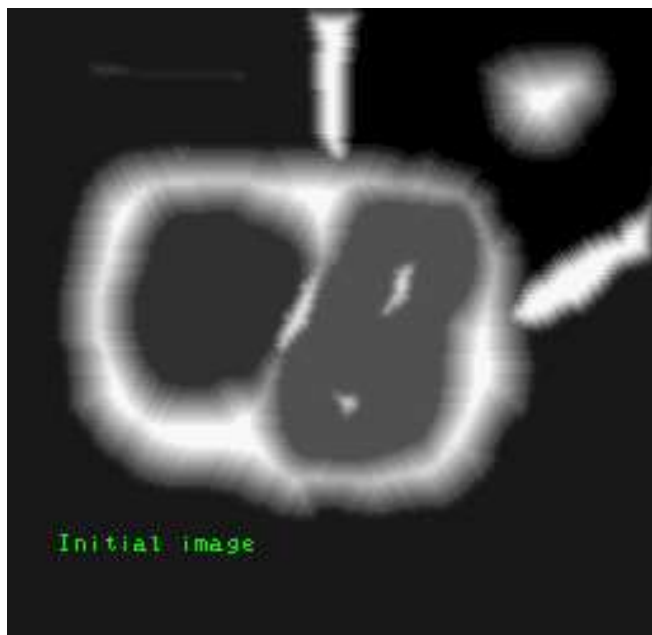


visão “topográfica”

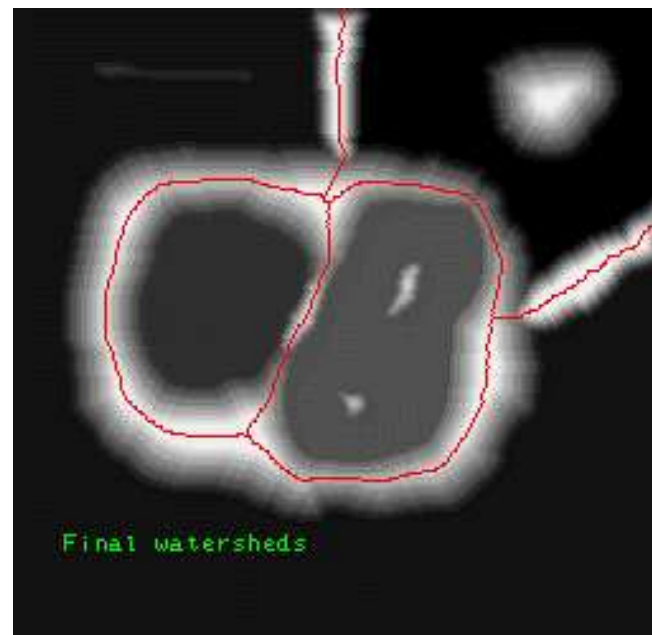
# Segmentação

## Watershed

Um buraco é furado num mínimo local e a topografia é inundada por baixo, de forma que a água sobe de uniformemente.

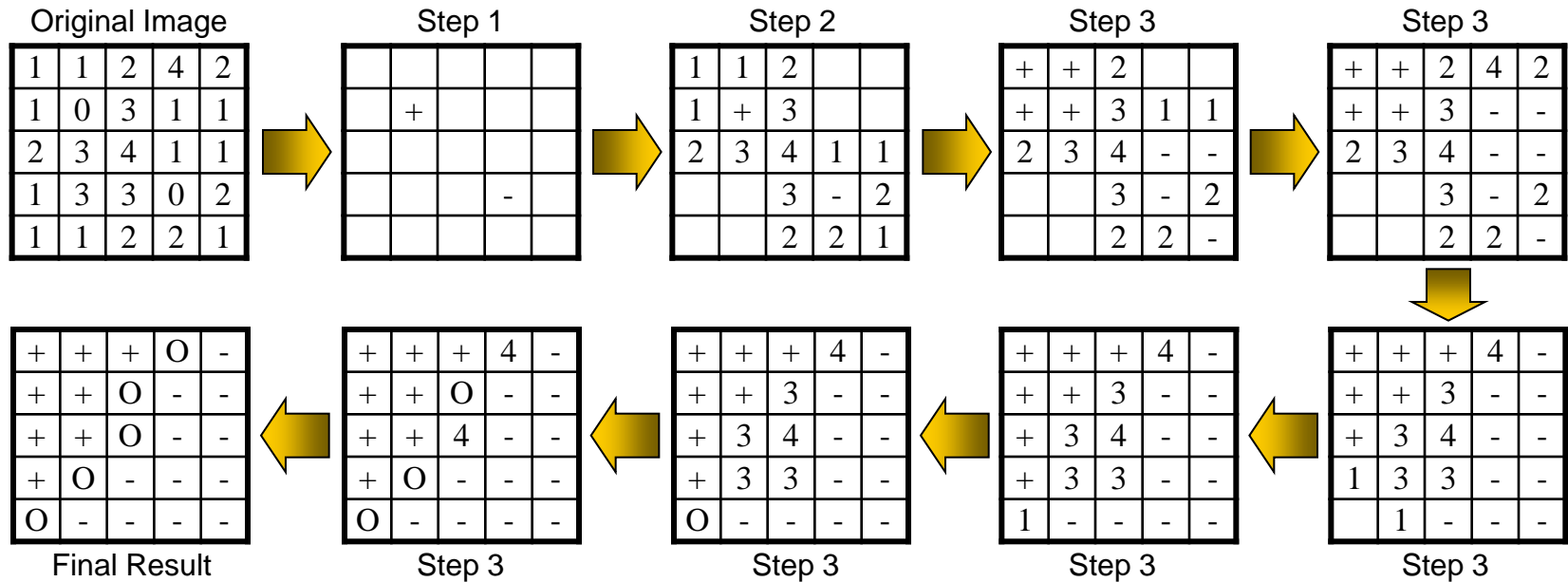


enchente



segmentação

# Segmentação (Watershed)



## Meyer's flooding algorithm (Watershed):

1. A set of markers, pixels where the flooding shall start, are chosen. Each is given a different label.
2. The neighbors of each marker are inserted into a priority queue with a priority level corresponding to the gray level of the pixel (low value = high priority).
3. The pixel with the highest priority level is extracted from the priority queue:
  - If all neighbors that have already been labeled have the same label, then mark the pixel with that label.
  - All non-labeled neighbors that are not yet in the priority queue are inserted into the priority queue.
4. Redo step 3 until the priority queue is empty.

The non-labeled pixels are the watershed lines.

## Spring Algorithm

- Region growing segmentation algorithm implemented in the software **Spring** (INPE).
- Initially every pixel is considered a segment.
- At each step, segments are merged to exactly one neighbor: the more “**similar**” neighbor.

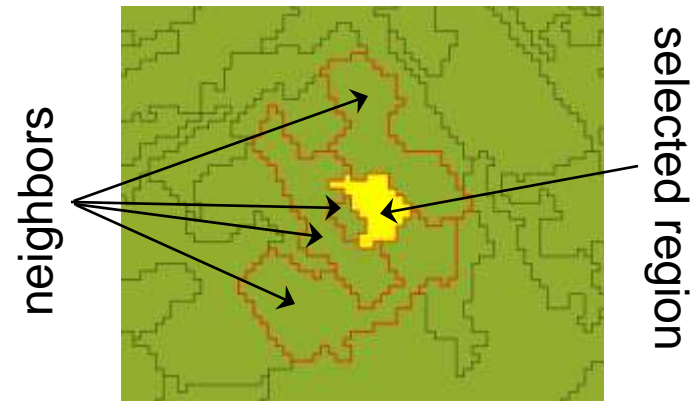
*G. Câmara et al. 1996*

# Segmentation - Spring Algorithm

- **Similarity** among regions is based on the **Euclidian distance** between their spectral mean values:

$$D(R_i, R_k) = \|M_i - M_k\|$$

- Two parameters:
  - Distance threshold ( $T$ )
  - Minimum segment area



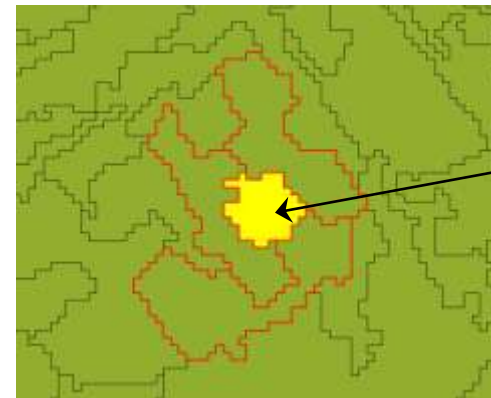


# Segmentation - Spring Algorithm

- **Similarity** among regions is based on the **Euclidian distance** between their spectral mean values:

$$D(R_i, R_k) = \|M_i - M_k\|$$

- Two parameters:
  - Distance threshold ( $T$ )
  - Minimum segment area



grown region

# Segmentation - Spring Algorithm

1. A list of regions  $\{R_i; i=1, \dots, n\}$  is created ( $n$  is the number of pixels in the image).
2. For each region  $R_i$  the mean value vector and neighboring regions are stored.
3. For each region  $R_i$  its neighboring regions  $N(R_i)$  are examined and:
  - the most similar neighboring region  $R_k \in N(R_i)$  is chosen.  
If  $D(R_i, R_k) < T$  then  $R_k$  is called “the best neighbor” of  $R_i$ .
  - If the best neighbor of  $R_k$  exists and is  $R_i$ , then both regions are merged.
4. When a region is merged to another, it is taken out of the list.
5. The mean value of the merged regions are updated.
6. Repeat from step 3 until no joinable regions remain.
7. Small regions are merged with larger adjacent regions, in accordance with an area threshold value defined by the user.

# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM

- Originally implemented in the software eCognition (Definiens).
- **Multiscale algorithm**: has specific parameter to define size of resulting regions.
- Region/segments are characterized by their **internal homogeneity**.



*M. Baatz and M. Schäpe, 2000*

- Initially every pixel is considered a segment.
- At each step, segments are merged to exactly one neighbor: the one that promotes the **lowest increase in global heterogeneity**.
- Selection of segments to grow may be “almost” random: **distributes subsequent merges as far as possible from each other** over the whole scene.

# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM



Step  $n+1$



Step  $n+2$



Step  $n+3$



Step  $n+4$



Step  $n+5$



- The homogeneity measure has a **spectral** (color) and a **spatial** (shape) component.

$$h_{total} = w \cdot h_{color} + (1 - w) \cdot h_{shape}$$

- Fusion of an segment (*Seg1*) with a neighbor (*Seg2*) considers the **increase in heterogeneity** of the resulting segment (*Seg3*).

Measure of the increase in **spectral** heterogeneity:

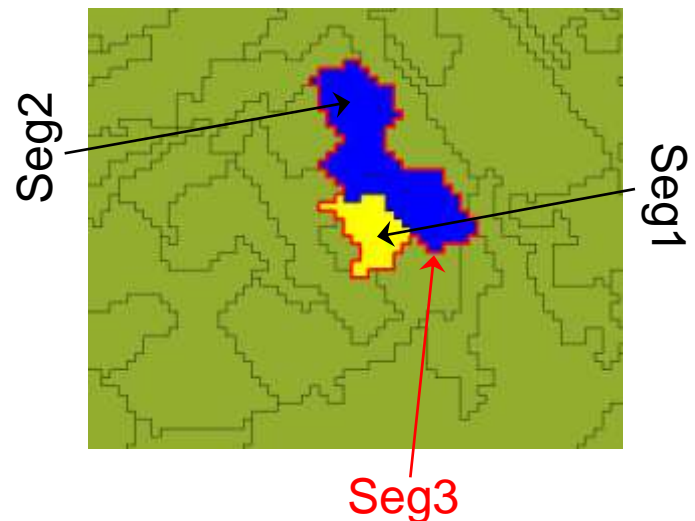
$$f_{color} = \sum_c w_c (n_{Seg3} \cdot \sigma_c^{Seg3} - n_{Seg1} \cdot \sigma_c^{Seg1} + n_{Seg2} \cdot \sigma_c^{Seg2})$$

$C$  = spectral band

$w_c$  = weight of band  $C$

$n$  = object area (pixels)

$\sigma_c$  = std deviation of pixel values



Measure of the increase in **shape** heterogeneity:

$$f_{shape} = w_{cmpct} \cdot f_{cmpct} + (1 - w_{cmpct}) \cdot f_{smooth}$$

$f_{cmpct}$  = compactness component

$f_{smooth}$  = smoothness component

$w_{cmpct}$  = weight of compactness against smoothness

**Compactness** component in **shape** heterogeneity:

$$f_{compact} = n_{Seg3} \cdot \frac{l_{Seg3}}{\sqrt{n_{Seg3}}} - \left( n_{Seg1} \cdot \frac{l_{Seg1}}{\sqrt{n_{Seg1}}} + n_{Seg2} \cdot \frac{l_{Seg2}}{\sqrt{n_{Seg2}}} \right)$$

**Smoothness** component in **shape** heterogeneity:

$$f_{smooth} = n_{Seg3} \cdot \frac{l_{Seg3}}{b_{Seg3}} - \left( n_{Seg1} \cdot \frac{l_{Seg1}}{b_{Seg1}} + n_{Seg2} \cdot \frac{l_{Seg2}}{b_{Seg2}} \right)$$

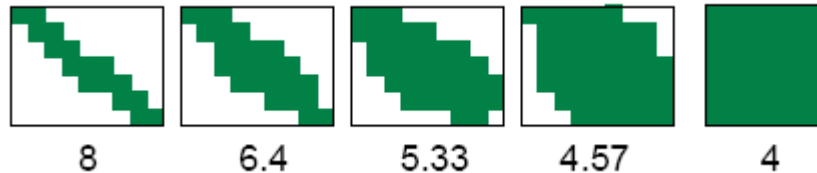
$n$  = object area

$l$  = object perimeter

$b$  = perimeter of the bounding box

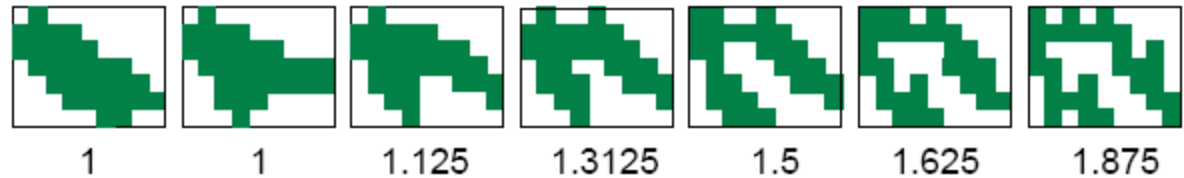
Compactness component in **shape** homogeneity:

$$h_{cmpct} = n \cdot \frac{l}{\sqrt{n}}$$



Smoothness component in **shape** homogeneity:

$$h_{smooth} = n \cdot \frac{l}{b}$$



$n$  = object area

$l$  = object perimeter

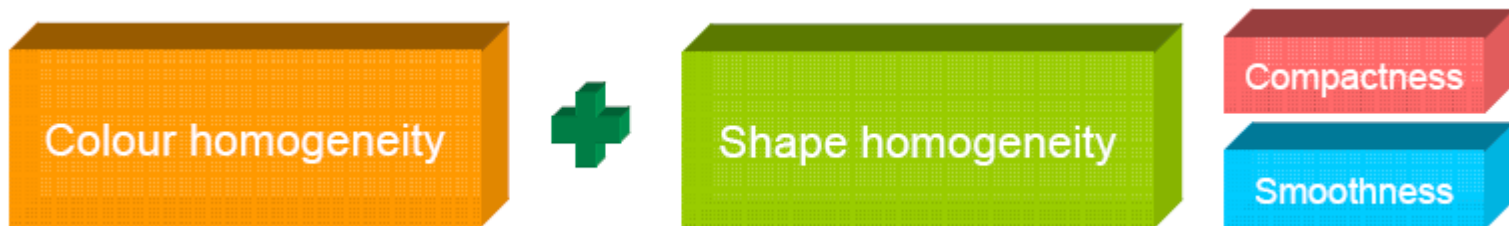
$b$  = perimeter of the bounding box



Combined increase in heterogeneity (**fusion factor**):

$$f = w_{color} \cdot f_{color} + (1 - w_{color}) \cdot f_{shape}$$

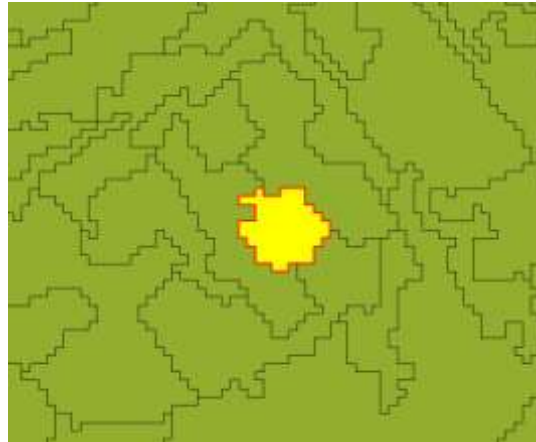
$w_{color}$  = weight of color against shape



Combined increase in heterogeneity (**fusion factor**):

$$f = w_{color} \cdot f_{color} + (1 - w_{color}) \cdot f_{shape}$$

$w_{color}$  = weight of color against shape



Combined increase in heterogeneity (**fusion factor**):

$$f = w_{color} \cdot f_{color} + (1 - w_{color}) \cdot f_{shape}$$

$w_{color}$  = weight of color against shape

For a merge to occur, fusion factor must be less than the square of the **scale parameter** ( $sp$ ).

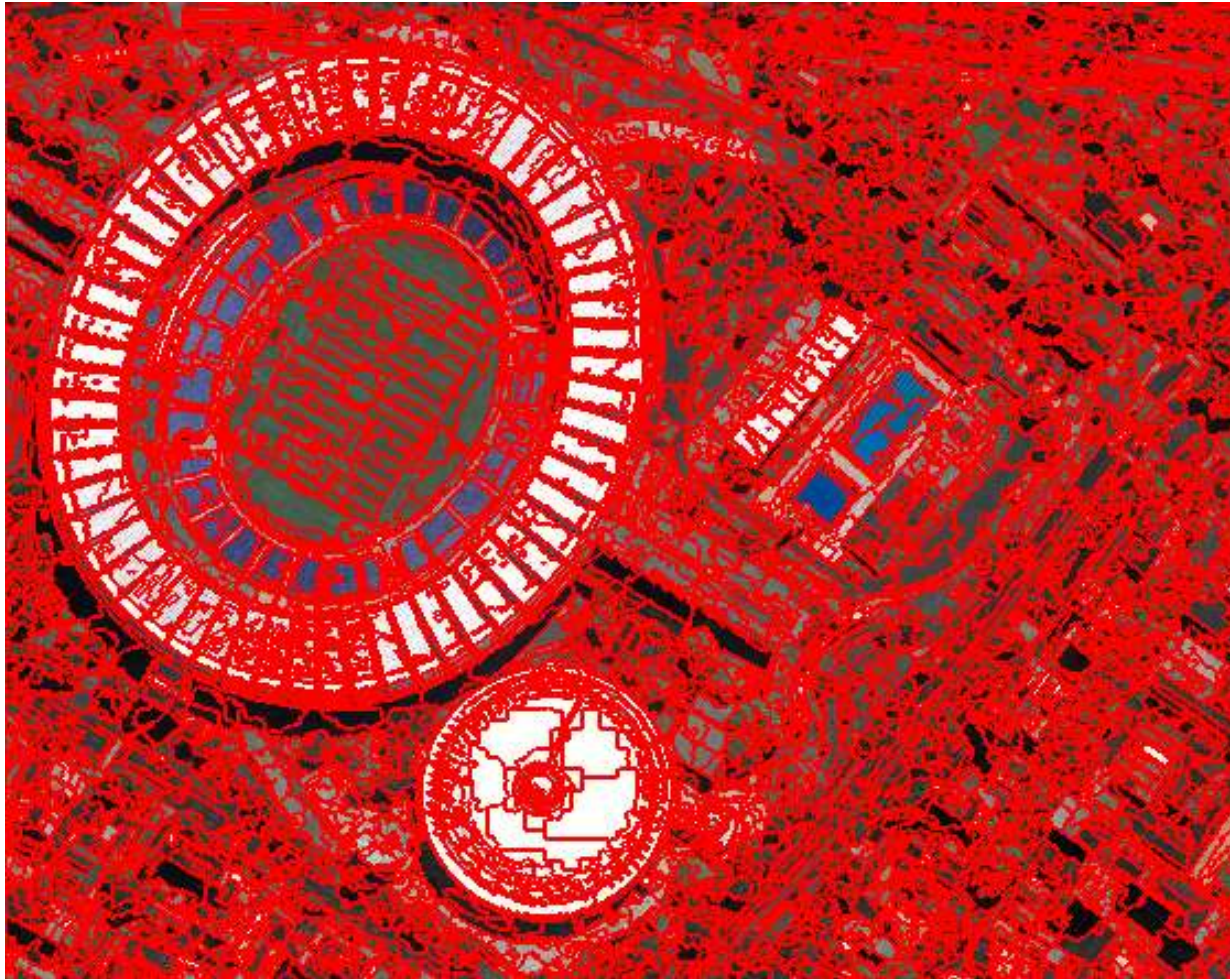
# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM



Original Image



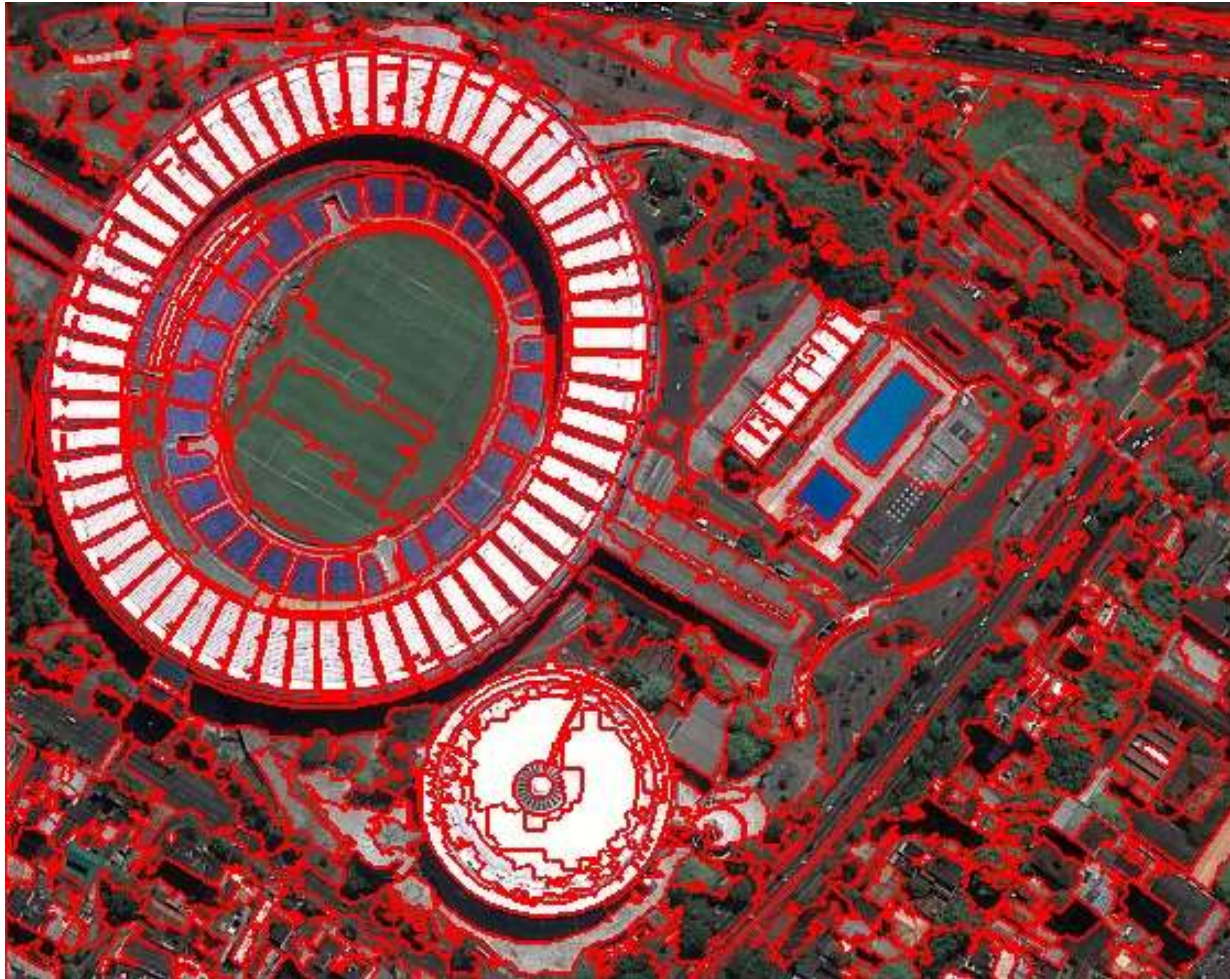
# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM



$sp = 10$       $w_{color} = 0.9$       $w_{cmpct} = 0.5$



# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM



$sp = 50$       $w_{color} = 0.9$       $w_{cmpct} = 0.5$



# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM



$sp = 100$      $w_{color} = 0.9$      $w_{cmpct} = 0.5$

# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM



$sp = 200$      $w_{color} = 0.9$      $w_{cmpct} = 0.5$



# BAATZ & SHÄPE ALGORITHM



$sp = 200$      $w_{color} = 0.5$      $w_{cmpct} = 0.8$

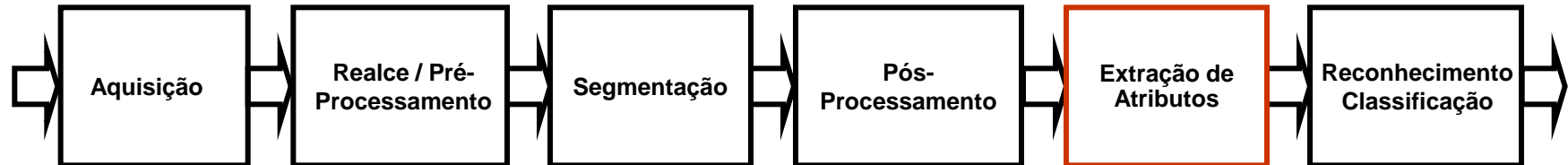
# Análise de Imagens Baseada em Objetos

## Visão Computacional

### Seqüência básica de processos

#### Extração de Atributos:

- Determinação das propriedades dos segmentos
- Cálculo de atributos espectrais (cor), de forma, textura, ...
- Cálculo de relacionamentos topológicos entre os segmentos.

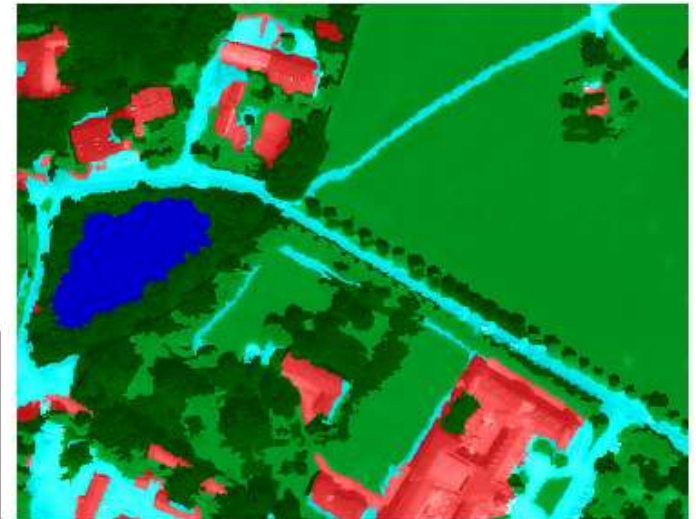
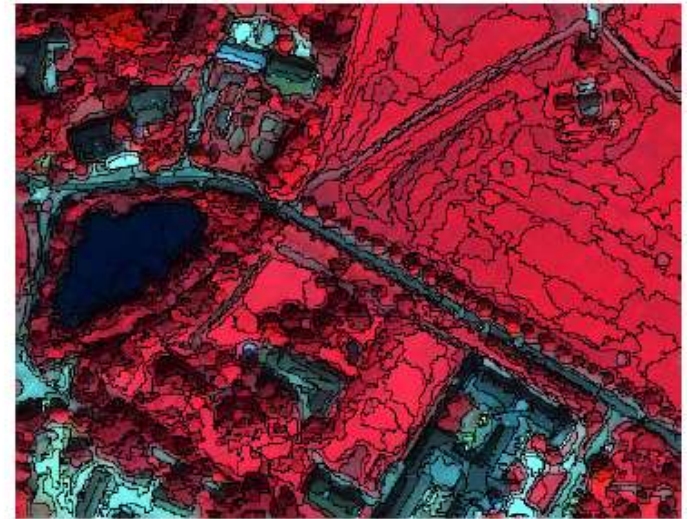




# Extração de Atributos

## Exemplos de atributos usados em OBIA:

- **Valores espectrais:**
  - média
  - desvio padrão
- **Propriedades geométricas:**
  - área, perímetro, forma
  - propriedades de textura
- **Relações topológicas:**
  - classe dos objetos vizinhos, sub- ou super-objetos
  - área relativa dos sub-objetos



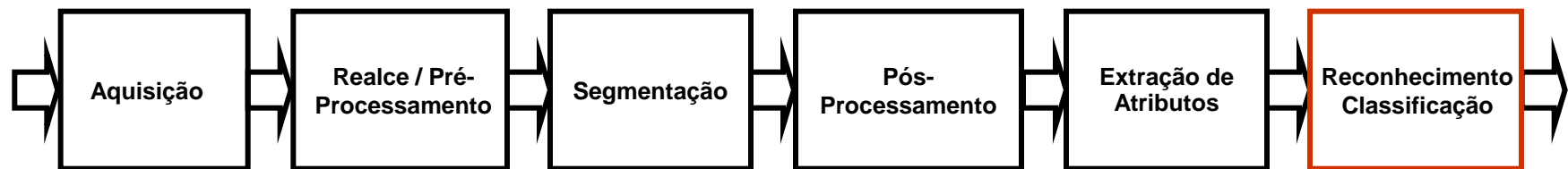
# Análise de Imagens Baseada em Objetos

## Visão Computacional

### Seqüência básica de processos

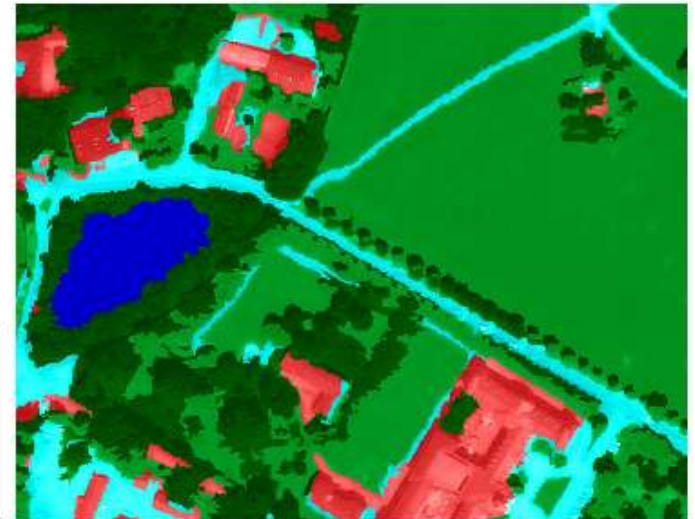
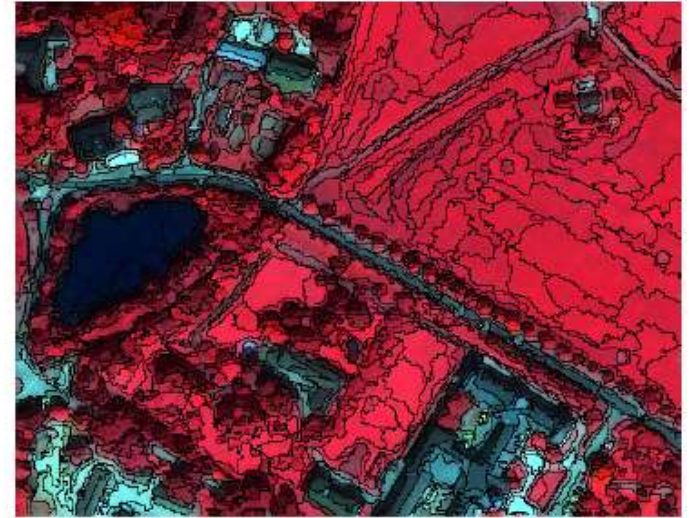
#### Reconhecimento / Classificação:

- Associação dos segmentos a classes de objetos
- Classificação baseada nos atributos dos segmentos, com ou sem a utilização de conhecimento contextual ou temporal
- Saída é uma descrição simbólica da cena



# Classificação

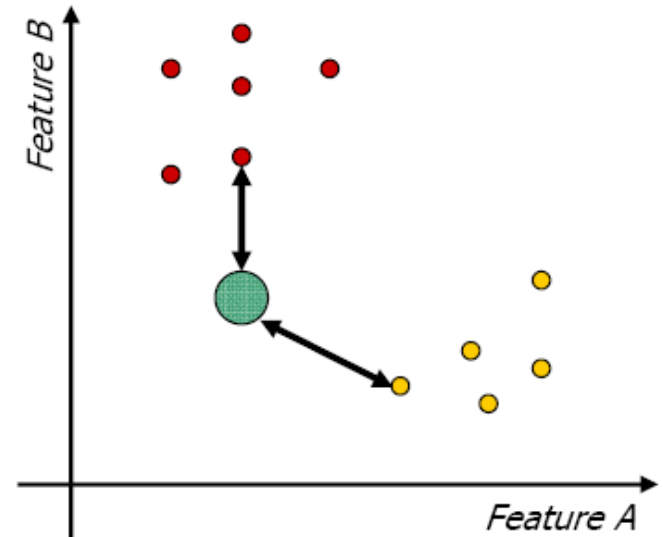
- **Atribuição dos segmentos a classes de objetos de acordo com uma descrição das características dos objetos que a elas pertencem.**
- **Descrição das classes baseada nos atributos dos segmentos disponíveis.**
- **Estratégia de classificação baseada em amostras ou baseada em conhecimento**



# Classificação

## Classificação baseada em Amostras (supervisionada)

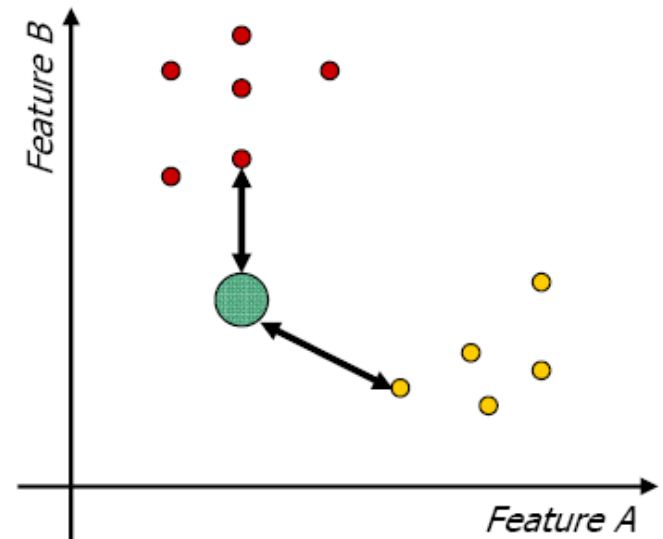
- **Atribuição de objeto à classe dependendo da similaridade do objeto às amostras selecionadas**
- **Amostras devem ser representativas: deve-se selecionar amostras que distinguem claramente a classe correspondente das outras classes**
- **Abordagem muito útil, se conhecimento sobre o conteúdo da cena é limitado**



# Classificação

## Classificação baseada em Amostras (supervisionada)

- **Classificador de mínima distância:** objeto será associado à classe cujas amostras são próximas no espaço de atributos
- Diversas técnicas de *machine learning* foram criadas para lidar com a multiplicidade de atributos:
  - Redes neurais
  - Support Vector Machines
  - Decision Trees
  - Random Forests
  - ...





## Classificação baseada em Conhecimento

- **Incorporação do conhecimento do especialista no processo de classificação automática**
- **Interpretação baseada em um modelo de conhecimento: descrições complexas das classes e seus interrelacionamentos**
- **Conhecimento explícito: descrito através de algum formalismo bem definido**
- **Representação do conhecimento:**
  - **Conhecimento declarativo**
  - **Conhecimento procedural**

# Classificação Baseada em Conhecimento

## Conhecimento

- **Fatos** e **heurísticas**.

## Conhecimento declarativo

- Descrição das **características** dos objetos de interesse.

## Conhecimento procedimental

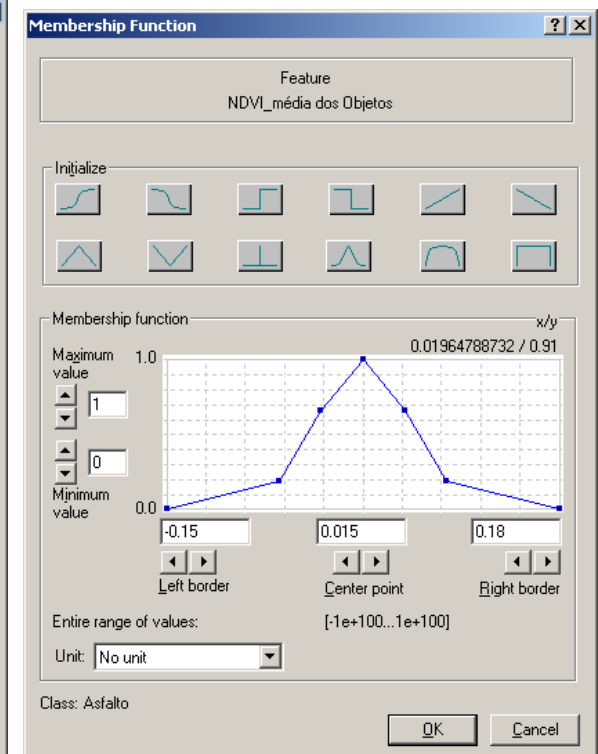
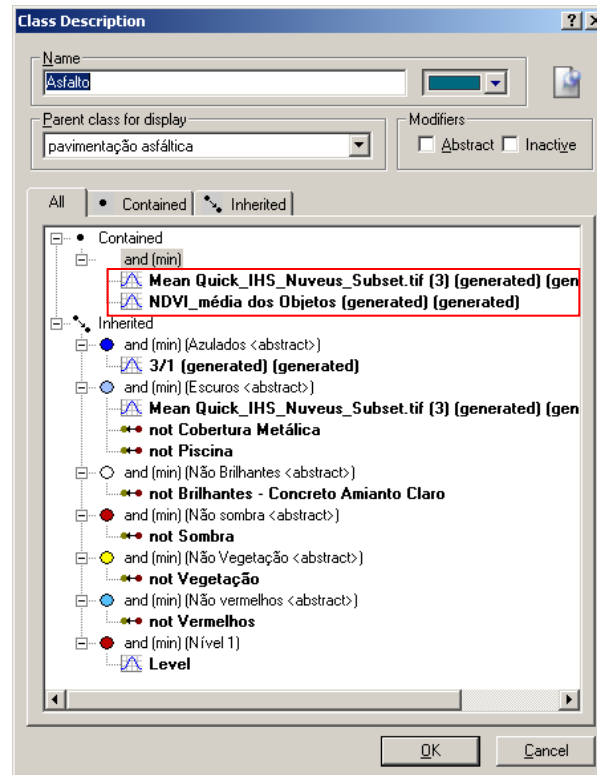
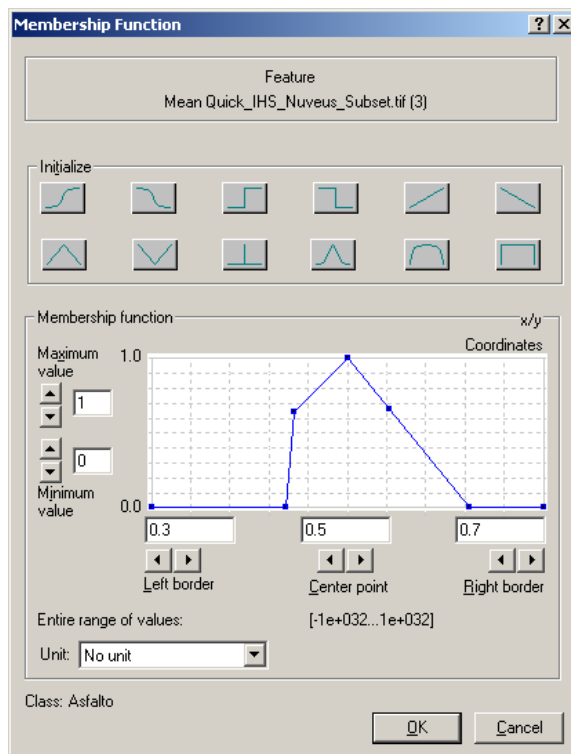
- Descrição dos **procedimentos** para encontrar/classificar os objetos de interesse.

# Representação de Conhecimento

- Formalismos para a representação de conhecimento em uma **base de conhecimento**:
  - Regras
  - Procedimentos
  - Redes Semânticas

# Representação de Conhecimento

**Regras:** conhecimento declarativo ou procedimental.

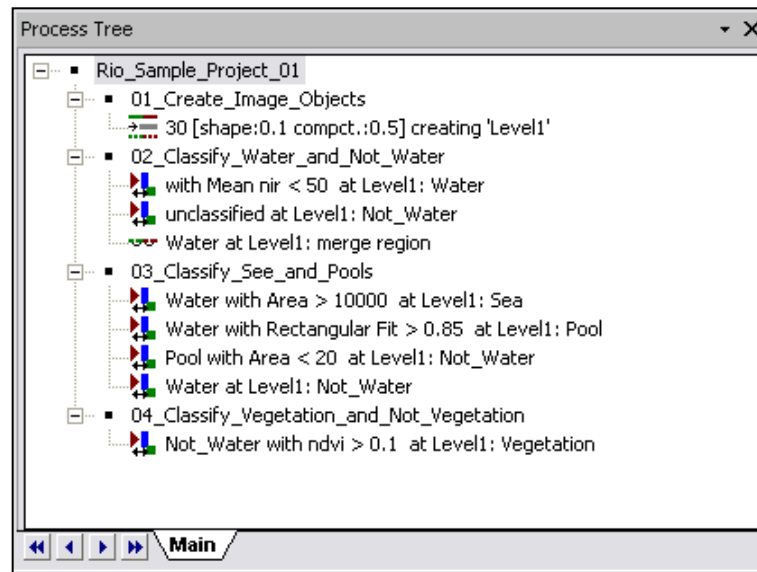


# Representação de Conhecimento

**Procedimentos:** representam conhecimento procedimental.

- Descrevem conjuntos de passos para a classificação (programa).

Definiens



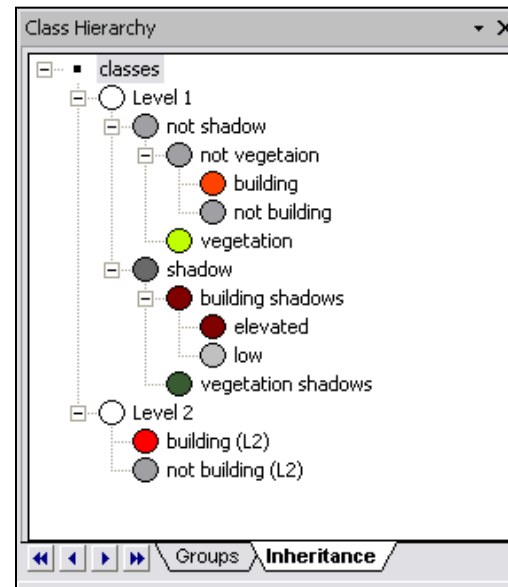
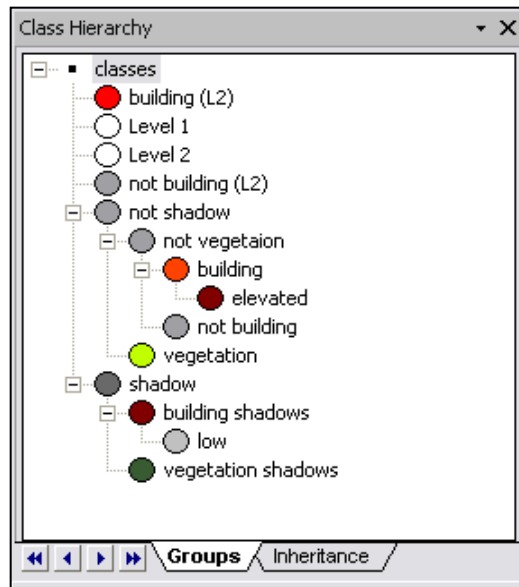


# Representação de Conhecimento

**Redes semânticas:** grafo orientado.

- **Nós** representam conceitos, idéias, fatos.
- **Arcos** representam relacionamentos entre os nós.

Definiens

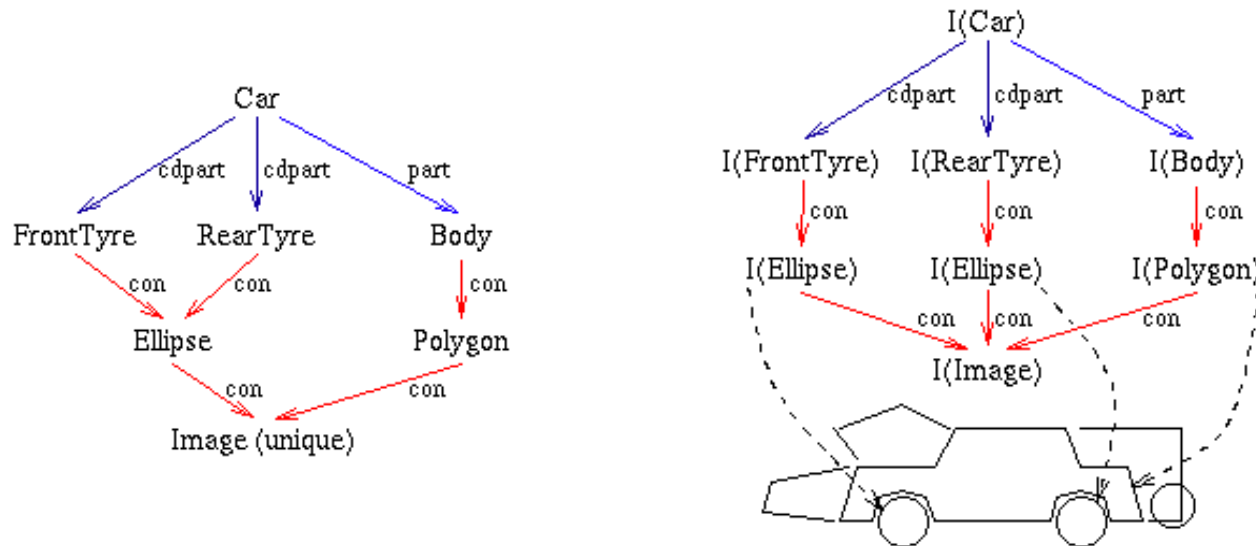


# Representação de Conhecimento

**Redes semânticas:** grafo orientado.

- **Nós** representam conceitos, idéias, fatos.
- **Arcos** representam relacionamentos entre os nós.

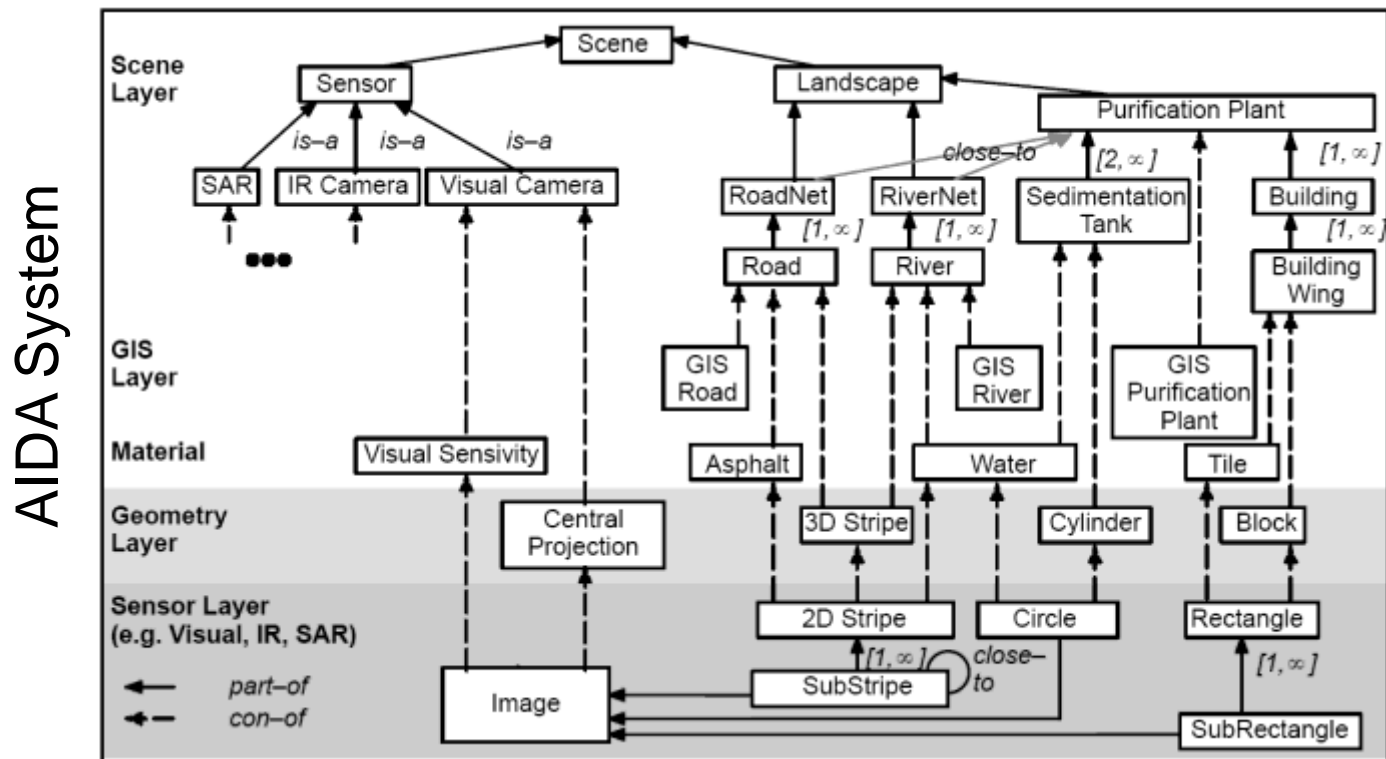
ERNEST System



# Representação de Conhecimento

**Redes semânticas:** grafo orientado.

- **Nós** representam conceitos, idéias, fatos.
- **Arcos** representam relacionamentos entre os nós.



# Representação de Conhecimento

**Redes semânticas:** grafo orientado.

- **Nós** representam conceitos, idéias, fatos.
- **Arcos** representam relacionamentos entre os nós.

GeoAIDA System

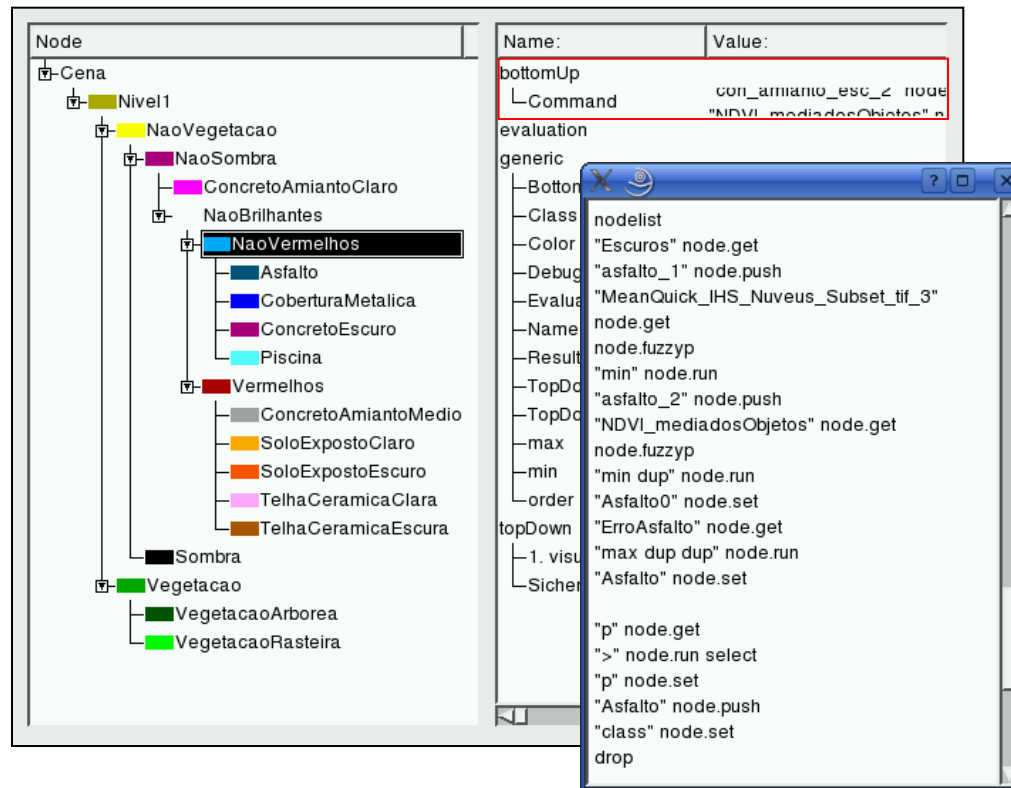


# Representação de Conhecimento

**Redes semânticas:** grafo orientado.

- **Nós** representam conceitos, idéias, fatos.
- **Arcos** representam relacionamentos entre os nós.

GeoAIDA System





# Projeto InterIMAGE

## ■ Objetivo do Projeto InterIMAGE

- Desenvolvimento de um sistema de código aberto, baseado em conhecimento para a **interpretação automática de dados de sensoriamento remoto**

## ■ Instituições Envolvidas

- PUC-Rio (LVC), INPE (DPI e DSR) e Leibniz Universität Hannover (TNT)



## ■ Financiamento

- FINEP, SEBRAE e FAPERJ
- Linhas de financiamento para **inovação tecnológica**



## ■ Estado do Projeto

- Version 1.35 (Windows)
- Version 1.28 (LINUX)

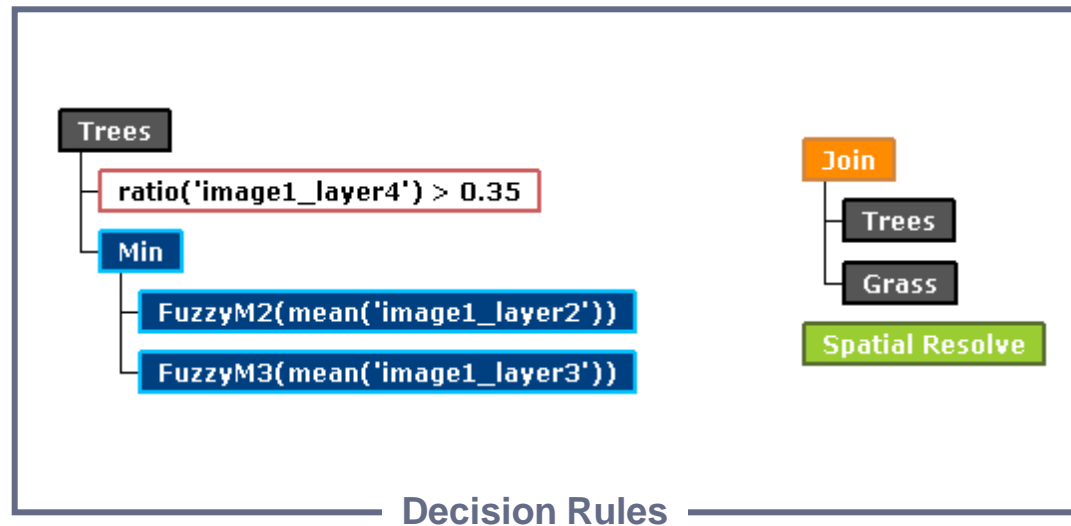
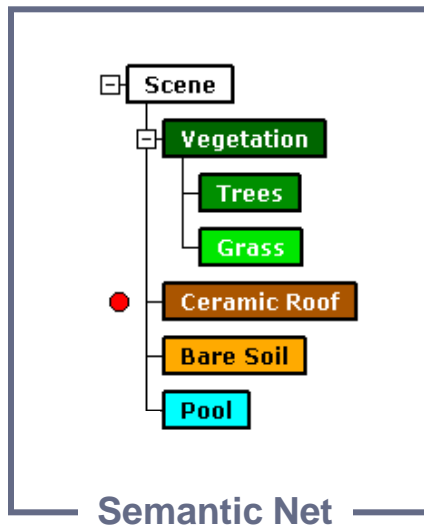


# Projeto InterIMAGE

- Baseado no sistema **GeoAIDA**, desenvolvido no TNT (Institut für Informationsverarbeitung) da Leibniz Universität Hannover.
- Concebido para a interpretação automática de cenas complexas: permite a **integração de dados de diferentes sensores** e de bases vetoriais.
- Arquitetura modular: permite a **inclusão de novos operadores** para extração de objetos, segmentação de imagens e decisão entre interpretações alternativas.
- Multi-plataforma: Linux (64bits) e Windows (32bits).
- Código aberto: desenvolvido com C++, Qt4 e TerraLib.

# Modelo de Conhecimento no InterIMAGE

- A interpretação de uma cena se baseia em um modelo de conhecimento definido pelo usuário: **rede semântica**; **regras de decisão** e **operadores**.
- Para cada **nó da rede semântica** o usuário pode associar um **operador** e definir **regras de decisão**.



# Modelo de Conhecimento no InterIMAGE

- Operadores implementam **procedimentos de segmentação** genéricos ou algoritmos complexos para a **extração/reconhecimento de classes de objetos** específicas.
- Operadores são programas executáveis, externos ao núcleo do sistema: **novos operadores podem ser integrados ao sistema.**
- Conjunto básico de operadores – **TerraAIDA**:
  - Segmentação: region growing, checkerboard e limiarização (aritmética de bandas + limiares)
  - Importação e intercessão de shapefiles
  - Classificação supervisionada (C4.5)

# Semantic Network

laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help

Semantic Net

X: 324335.199509 Y: 7387519.234518

Node Editor

Layers [Selection:TreesBU]

Project loaded.

Scene

- ROI
  - Vegetation
    - Trees
    - Grass
  - RedObjects
    - CeramicTileRoofs
    - BareSoil
  - Shadow
  - OtherClasses
    - BlueRoofs
    - GrayAsbestosRoofs
    - DarkAsbestosRoofs
    - ClearAsbestosRoof
    - BrightRoofs
    - SwimmingPools

Node Editor

Name	Value
<b>Generic</b>	
BottomUp Decision Rule	...
BottomUp Operator	Dummy BottomUp
Breakpoint	None
Class	Trees
Color	
Max	0
Min	0
Order	0
Result node	<input type="checkbox"/>
Temporal node	<input type="checkbox"/>
TopDown Decision Rule	...
TopDown Multi-Class	<input type="checkbox"/>
TopDown Operator	TerraAIDA_Baatz_Segmter
<b>BottomUp</b>	
<b>TopDown</b>	
a) Input Image	imgvis
a1) Input Bands (com...	0,1,2,3
a2) Input Weights (c...	0.245916, 0.076442, 0.417624

Layers [Selection:TreesBU]

Image	Shape	Selection	Result
Class:	Trees	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Step:	Bottom Up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keyname:	TreesBU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Color:		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Opacity:	<input type="text" value="100"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Border	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Type	Keyname	Enabled
1 Selection	TreesBU	<input type="checkbox"/>
2 Selection	TreesTD	<input type="checkbox"/>
3 Result	result	<input type="checkbox"/>
4 Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>



# Top-down operators

laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help

Semantic Net

X: 324647.500474 Y: 7387287.382282

Node Editor

Layers [Selection:TreesBU]

Project loaded.

The screenshot displays the InterIMAGE software interface. On the left, a 'Semantic Net' tree shows a hierarchy starting with 'Scene', followed by 'ROI', 'Vegetation', and 'RedObjects'. Under 'Vegetation', there are 'Trees' and 'Grass'. Under 'RedObjects', there are 'CeramicTileRoofs', 'BareSoil', and 'Shadow'. Under 'OtherClasses', there are 'BlueRoofs', 'GrayAsbestosRoofs', 'DarkAsbestosRoofs', 'ClearAsbestosRoof', 'BrightRoofs', and 'SwimmingPools'. The central window shows an aerial photograph of a residential area with a red bounding box around a specific region. The 'Node Editor' on the right is configured for a 'Trees' class. It shows a 'BottomUp' operator set to 'Dummy BottomUp' and a 'TopDown' operator set to 'TerraAIDA\_Baatz\_Segmenter'. The 'Layers' panel at the bottom right shows a table with columns for Type, Keyname, and Enabled.

Type	Keyname	Enabled
1 Selection	TreesBU	<input type="checkbox"/>
2 Selection	TreesTD	<input type="checkbox"/>
3 Result	result	<input type="checkbox"/>
4 Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>

# Top-down decision rule

The screenshot displays the InterIMAGE software interface for creating a top-down decision rule. The main window is titled "Decision Rule for Trees - TopDown" and contains a "Decision Tree" editor. The tree structure is as follows:

- Decision Tree
  - Trees
    - ratio('imgvis\_layer4') > 0.2988
    - Min
      - Trees\_MeanL2(mean('imgvis\_layer4'))
      - Trees\_MeanL2(mean('imgvis\_layer4'))

The "Edit Selection" dialog box is open, allowing the user to define the logic for the selection. It includes the following fields and options:

- Expression 1: ratio('imgvis\_layer4')
- Operator: >
- Expression 2: (empty)
- Fuzzy set: Trees\_MeanL2
- Choose a type: (Three membership function icons)
- Membership function: (Graph showing a triangular function with a peak at 20.409744)
- Number of points: 7
- Maximum value: 1.00
- Minimum value: 0.00
- Left border: 19.748603
- Right border: 99.416103
- xOffset: 0.000000

The Semantic Net on the left shows a hierarchy of classes: Scene, ROI, Vegetation (Trees, Grass), RedObjects (CeramicTileRoofs, BareSoil), Shadow, OtherClasses (BlueRoofs, GrayAsbestosRoofs, DarkAsbestosRoofs, ClearAsbestosRoof, BrightRoofs, SwimmingPools).

# Bottom-up decision rule

The screenshot displays the InterIMAGE software interface. On the left, the **Semantic Net** shows a hierarchical tree structure:

- Scene
  - ROI
    - Vegetation
      - Trees
      - Grass
    - RedObjects
      - CeramicTileRoofs
      - BareSoil
    - Shadow
    - OtherClasses
      - BlueRoofs
      - GrayAsbestosRoofs
      - DarkAsbestosRoofs
      - ClearAsbestosRoof
      - BrightRoofs
      - SwimmingPools

The main window shows a **Decision Rule for Vegetation - BottomUp** dialog. It has three tabs: **Decision Tree**, **Source Code**, and **Attributes**. The **Decision Tree** tab is active, showing a tree structure with a root node **All** and a child node **Spatial Resolve**. A toolbar on the left of the dialog includes buttons for **Join**, **Class**, **Selection**, **And**, **Or**, **Expression**, **Membership**, **Aggregation**, and **Classify**. Below the toolbar are sections for **General** (with icons for a folder, image, and lightning bolt), **Element** (with navigation and editing icons), and **Upper-level Rule** (with radio buttons for **Merge All**, **Merge Connected**, and **No Merge**). The **Node Editor** on the right shows a table with columns **Name** and **Value**, containing a row for **Generic**. At the bottom, a status bar indicates **Layers [Selection: TreesBU] | 484 objects.** and a control bar shows **4 Image default** with a checked checkbox.



# Interpretation results

laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help

Semantic Net

X: 324647.500474 Y: 7387280.386740

Node Editor

Layers [Result:result]

Project loaded.

**Semantic Net**

- Scene
  - ROI
    - Vegetation
      - Trees
      - Grass
    - RedObjects
      - CeramicTileRoofs
      - BareSoil
    - Shadow
    - OtherClasses
      - BlueRoofs
      - GrayAsbestosRoofs
      - DarkAsbestosRoofs
      - ClearAsbestosRoof
      - BrightRoofs
      - SwimmingPools

**Node Editor**

Name	Value
<b>Generic</b>	
BottomUp Decision Rule	...
BottomUp Operator	Generic BottomUp
Breakpoint	None
Class	Vegetation
Color	■
Max	0
Min	0
Order	0
Result node	<input type="checkbox"/>
Temporal node	<input type="checkbox"/>
TopDown Decision Rule	...
TopDown Multi-Class	<input type="checkbox"/>
TopDown Operator	Dummy TopDown
<b>BottomUp</b>	
<b>TopDown</b>	
Image file:	imgvis
Reliability:	1.0

**Layers [Result:result]**

Image Shape Selection Result

Opacity:

Border

	Type	Keyname	Enabled
1	Selection	TreesBU	<input type="checkbox"/>
2	Selection	TreesTD	<input type="checkbox"/>
3	Result	result	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>

Estratégia de controle: define **como a base de conhecimento é usada** no problema de interpretação.

- **Controle hierárquico Bottom-up**
  - Controle hierárquico se refere a um ordenamento pré-definido de procedimentos que realizam uma tarefa específica.
  - Controle bottom-up: ***data driven***
    - Criação de objetos primitivos (segmentos);
    - Cálculo de atributos dos segmentos;
    - Classificação baseada nos atributos.

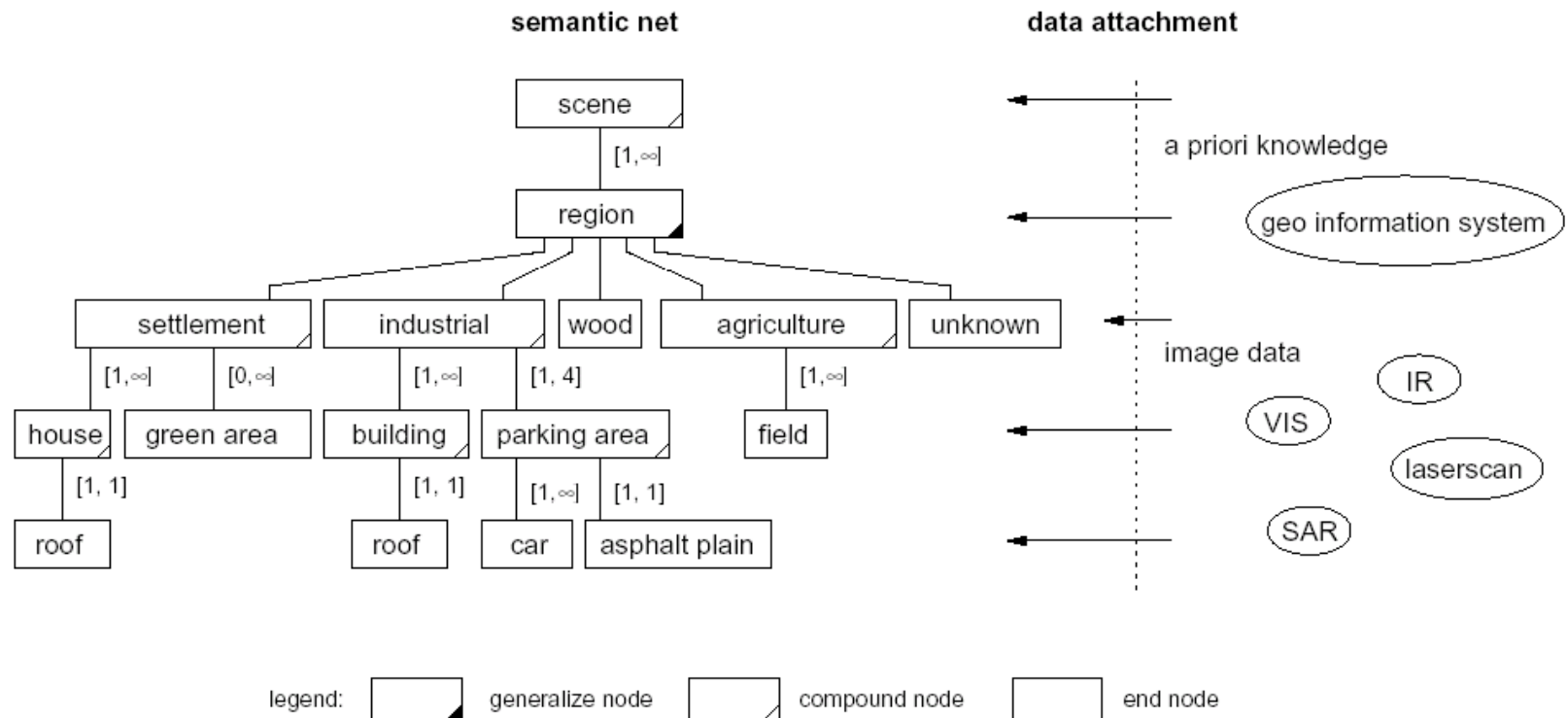


Estratégia de controle: define **como a base de conhecimento é usada** no problema de interpretação.

- **Controle hierárquico Top-down: *model driven***
  - Inicia com a criação de hipóteses de que a imagem contém certos objetos.
  - A partir das hipóteses iniciais, novas hipóteses são geradas (e.g. sobre objetos componentes).
  - Terminada a geração de hipóteses o sistema procura encontrar na imagem primitivas, que permitam validar algumas hipóteses.
- **Controle hierárquico híbrido**
  - Combinação das abordagens top-down e bottom-up.

# Estratégia de Controle no InterIMAGE

O **processo de interpretação** do InterIMAGE é **híbrido** (*model driven e data driven*)



# Processo de Interpretação

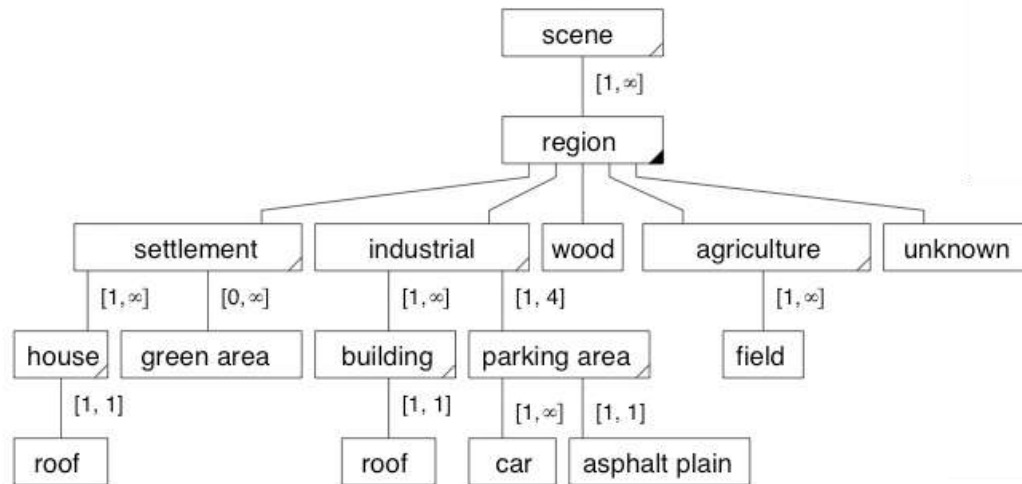
O processo de interpretação é **dirigido/guido pela rede semântica** e tem dois passos:

- **Top-down**: gera hipóteses de objetos através da execução dos operadores top-down e regras de decisão.
- **Bottom-up**: valida ou descarta hipóteses de objetos através das regras de decisão bottom-up – cria instâncias de objetos.

Conceitos

Top-down

Hipóteses

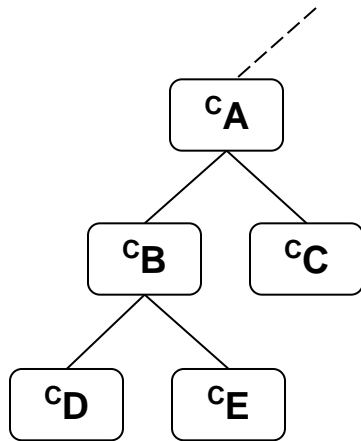


Instâncias

Bottom-up

Hipóteses

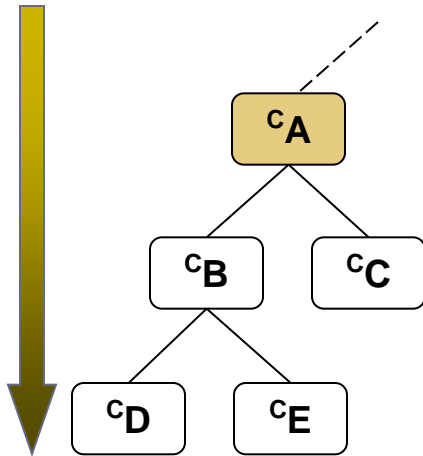
# Processo de Interpretação



## *Rede semântica*

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira

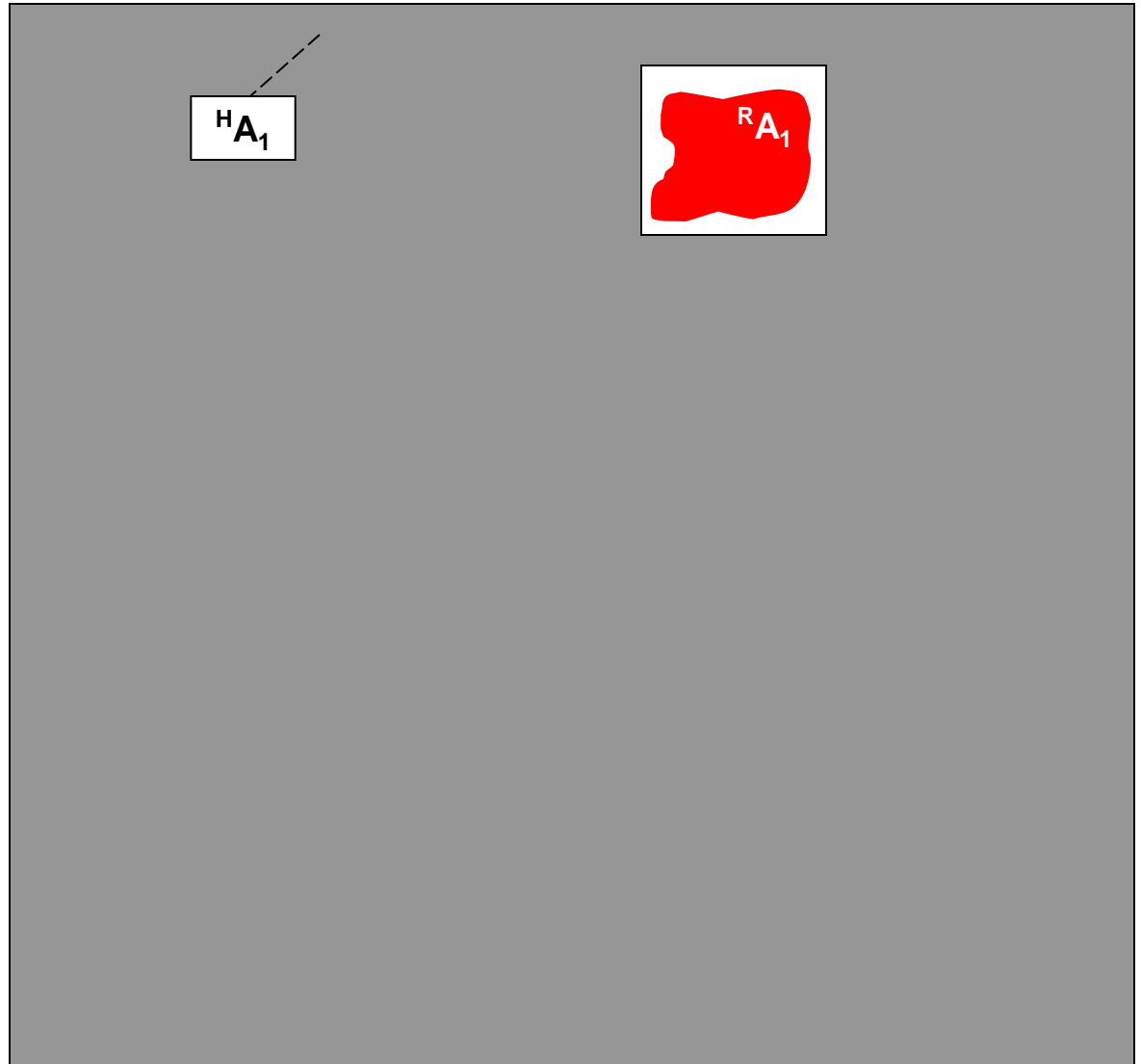
# Processo de Interpretação



*top-down*

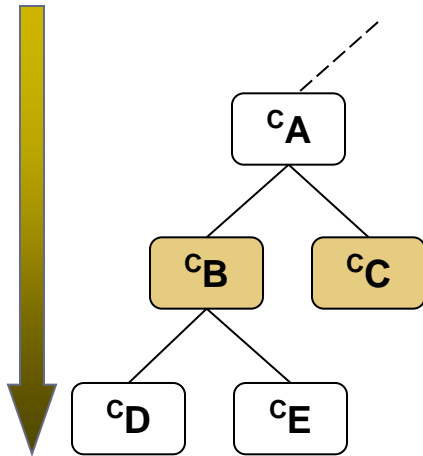
**Executa operador** associado ao conceito **A**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira





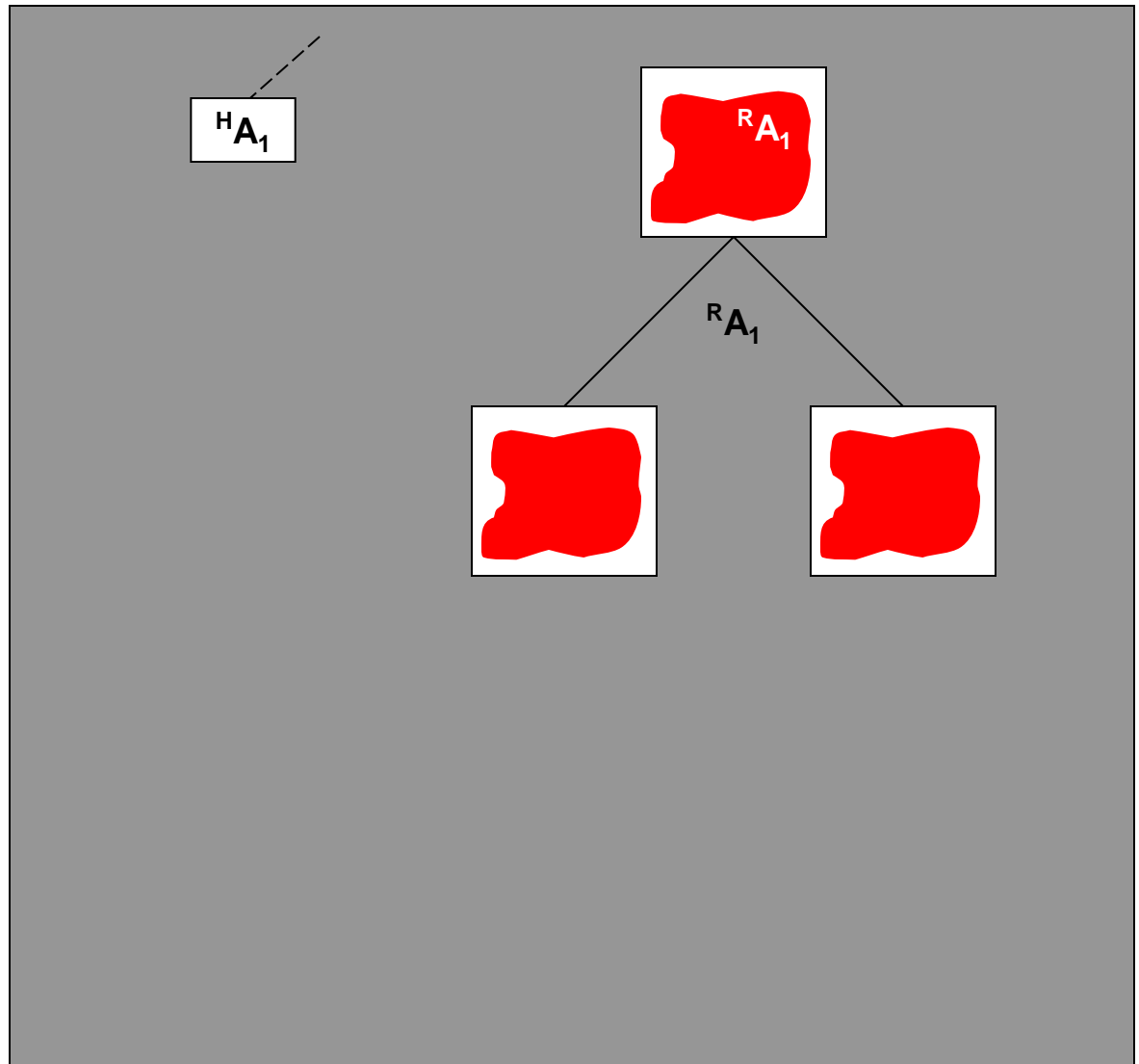
# Processo de Interpretação



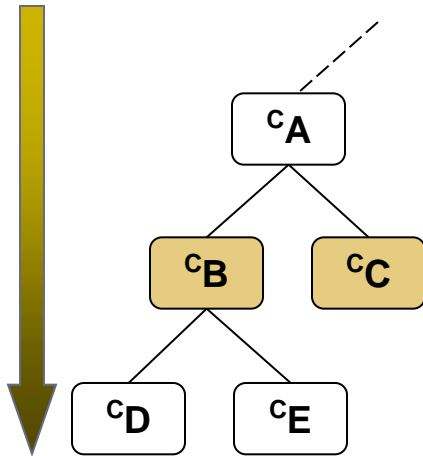
*top-down*

**Cria máscaras** para os operadores associados aos conceitos **B** e **C**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



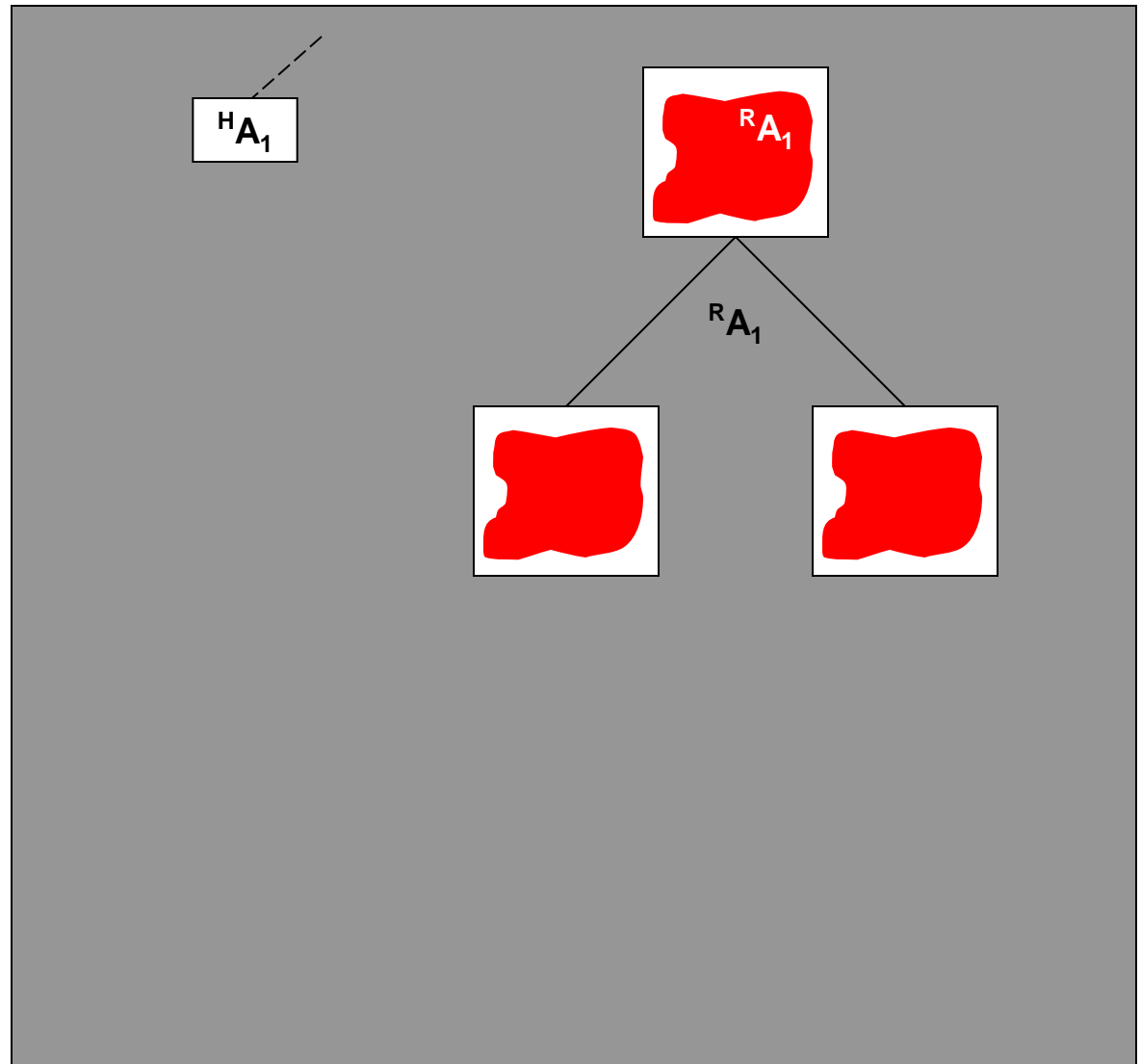
# Processo de Interpretação



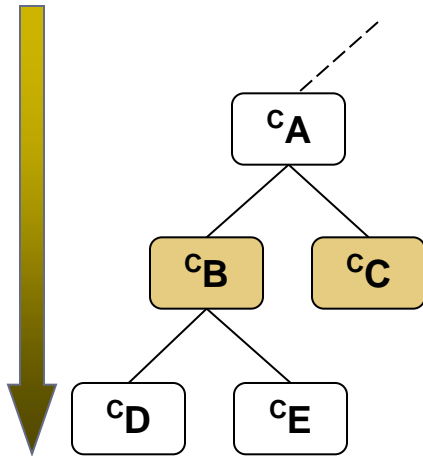
*top-down*

Executa operadores  
associados aos  
conceitos **B** e **C**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



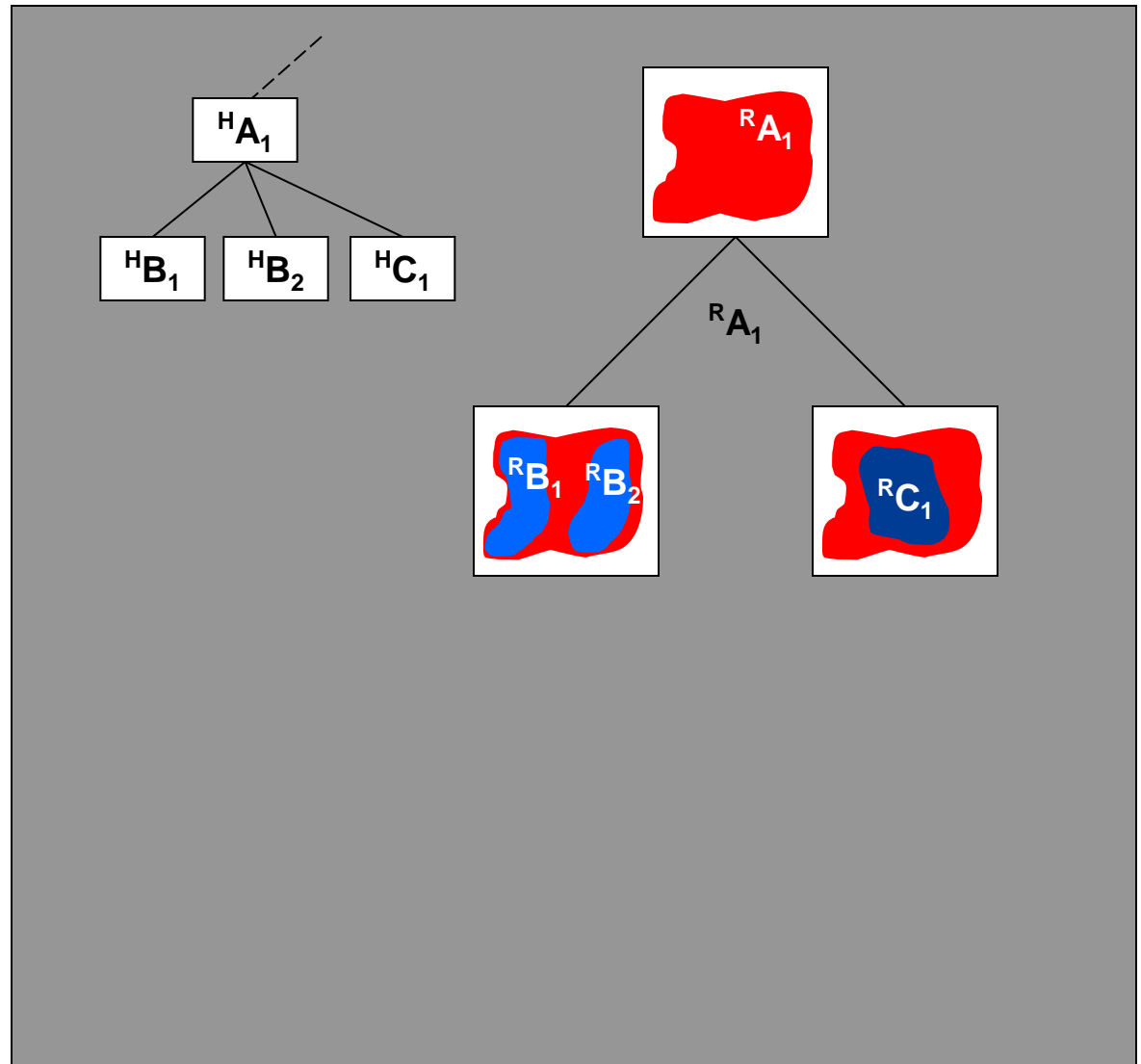
# Processo de Interpretação



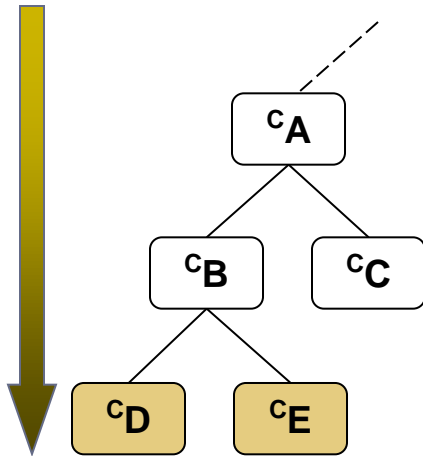
*top-down*

Executa operadores  
associados aos  
conceitos **B** e **C**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



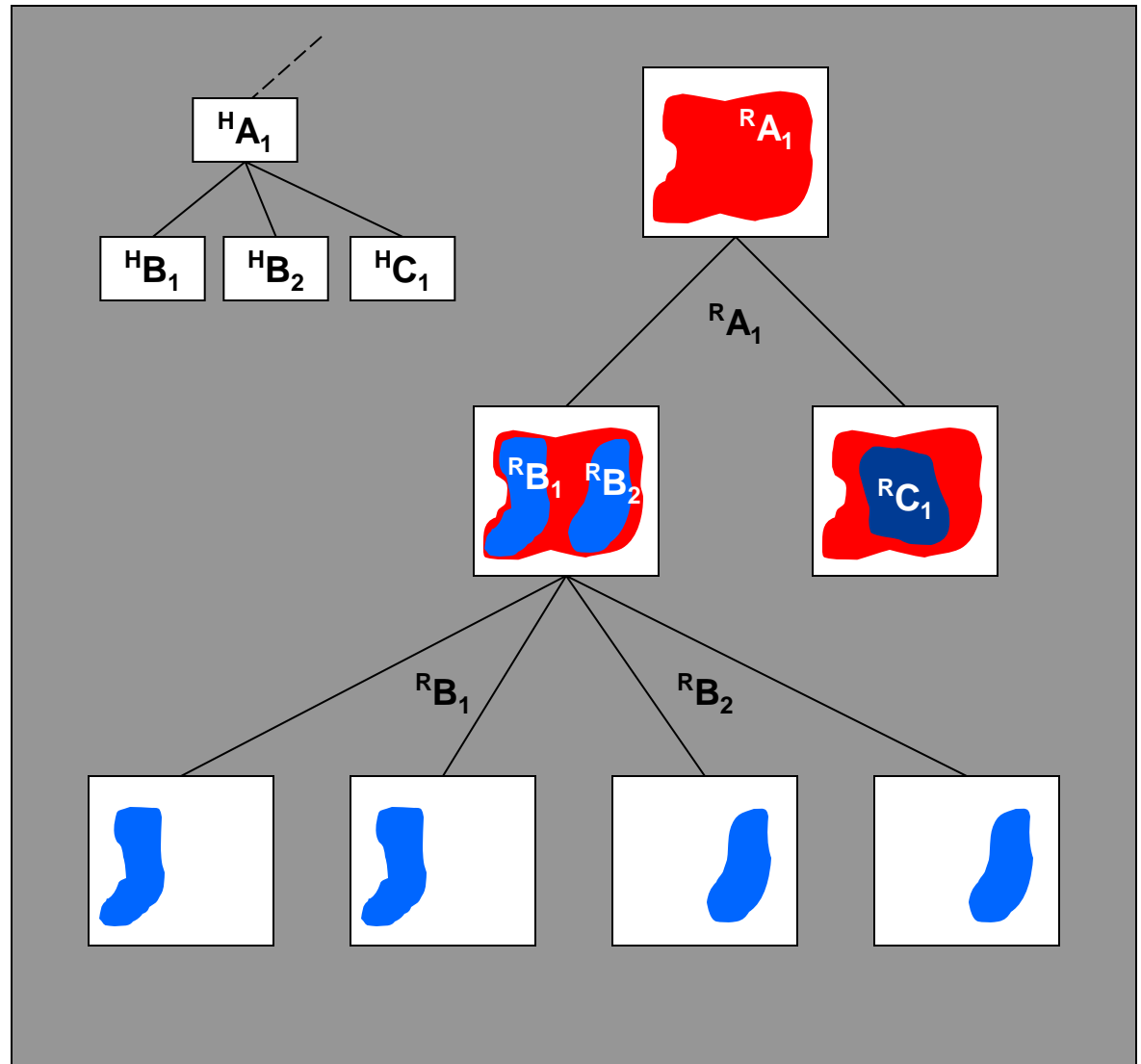
# Processo de Interpretação



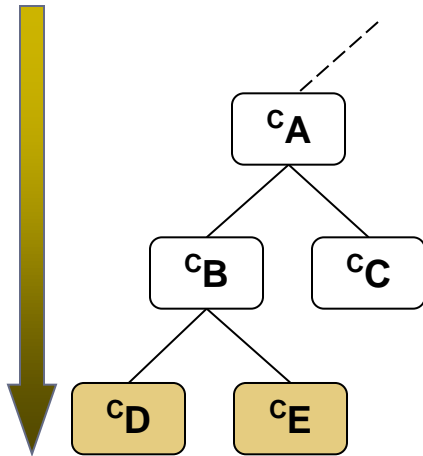
*top-down*

**Cria máscaras** para os operadores associados aos conceitos **D** e **E**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- E - telhado de madeira



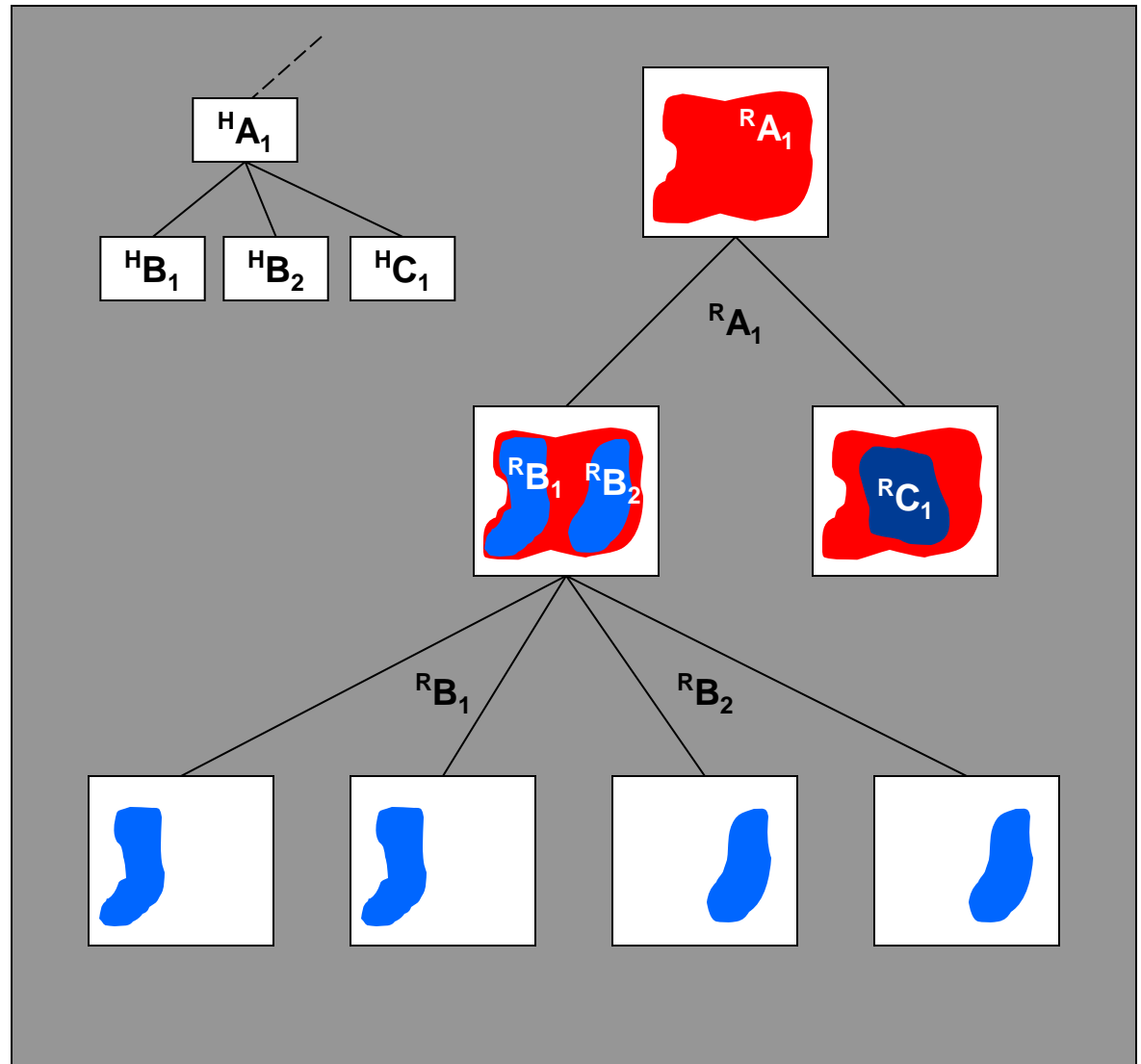
# Processo de Interpretação



*top-down*

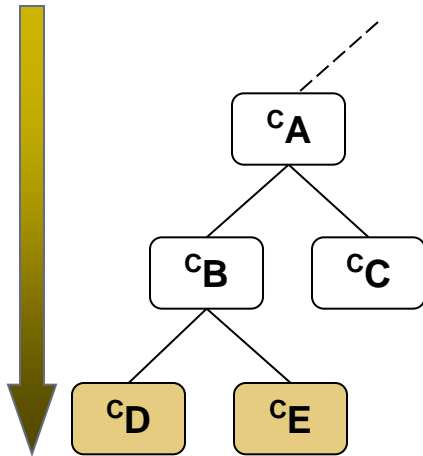
Executa operadores  
associados aos  
conceitos **D** e **E**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira





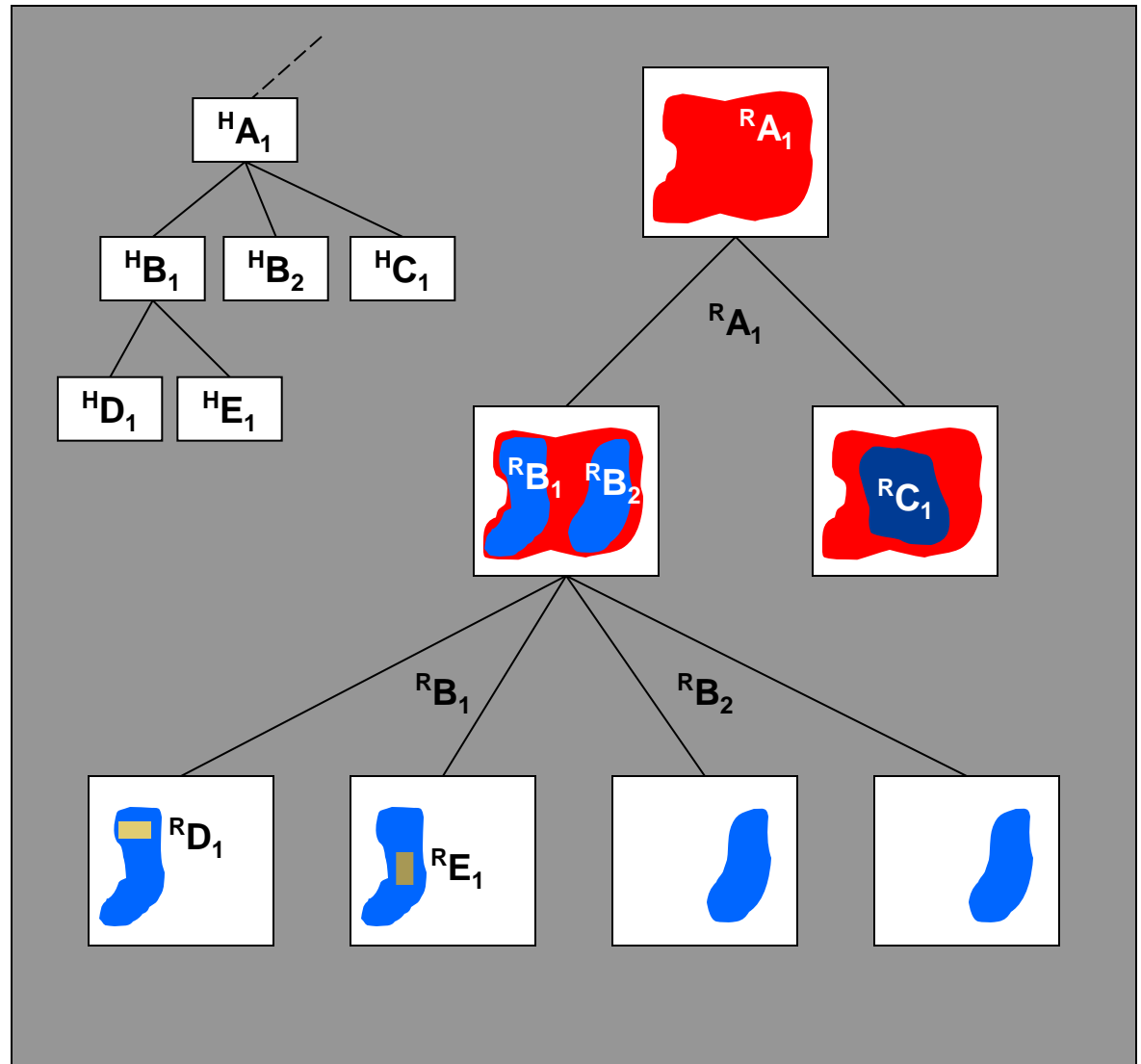
# Processo de Interpretação



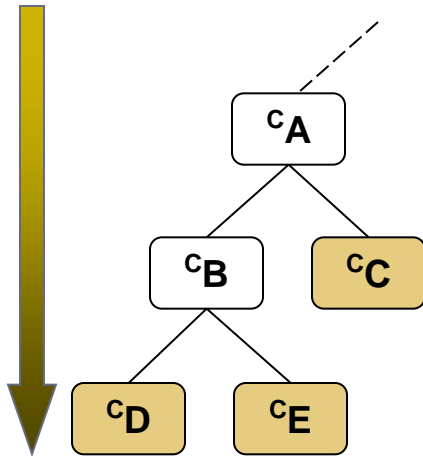
*top-down*

**Executa operadores**  
associados aos  
conceitos **D** e **E**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



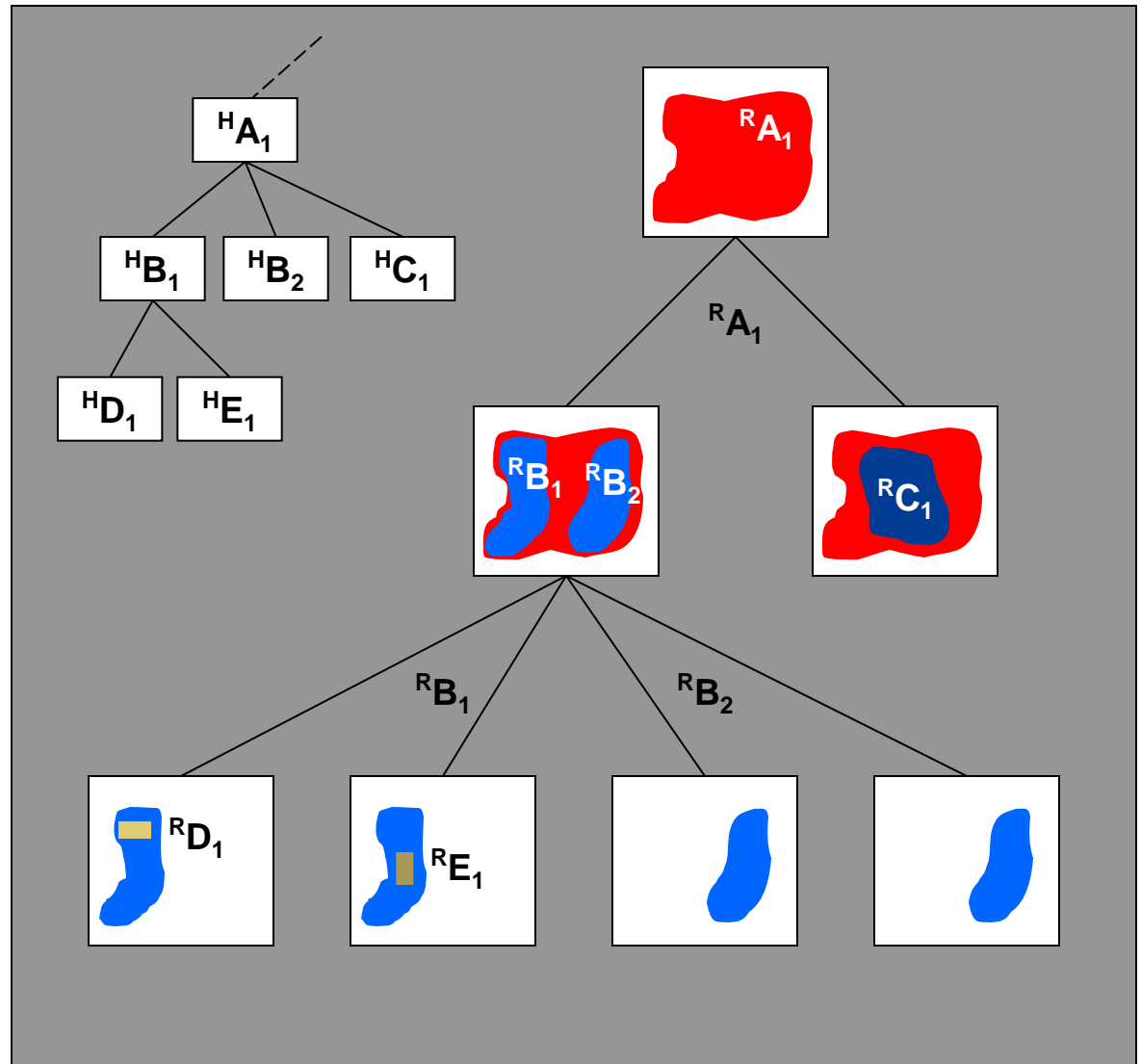
# Processo de Interpretação



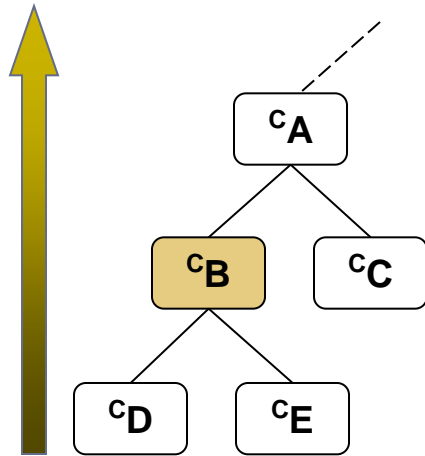
*top-down*

Quando o processamento nos nós folha é concluído, a fase bottom-up tem início

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



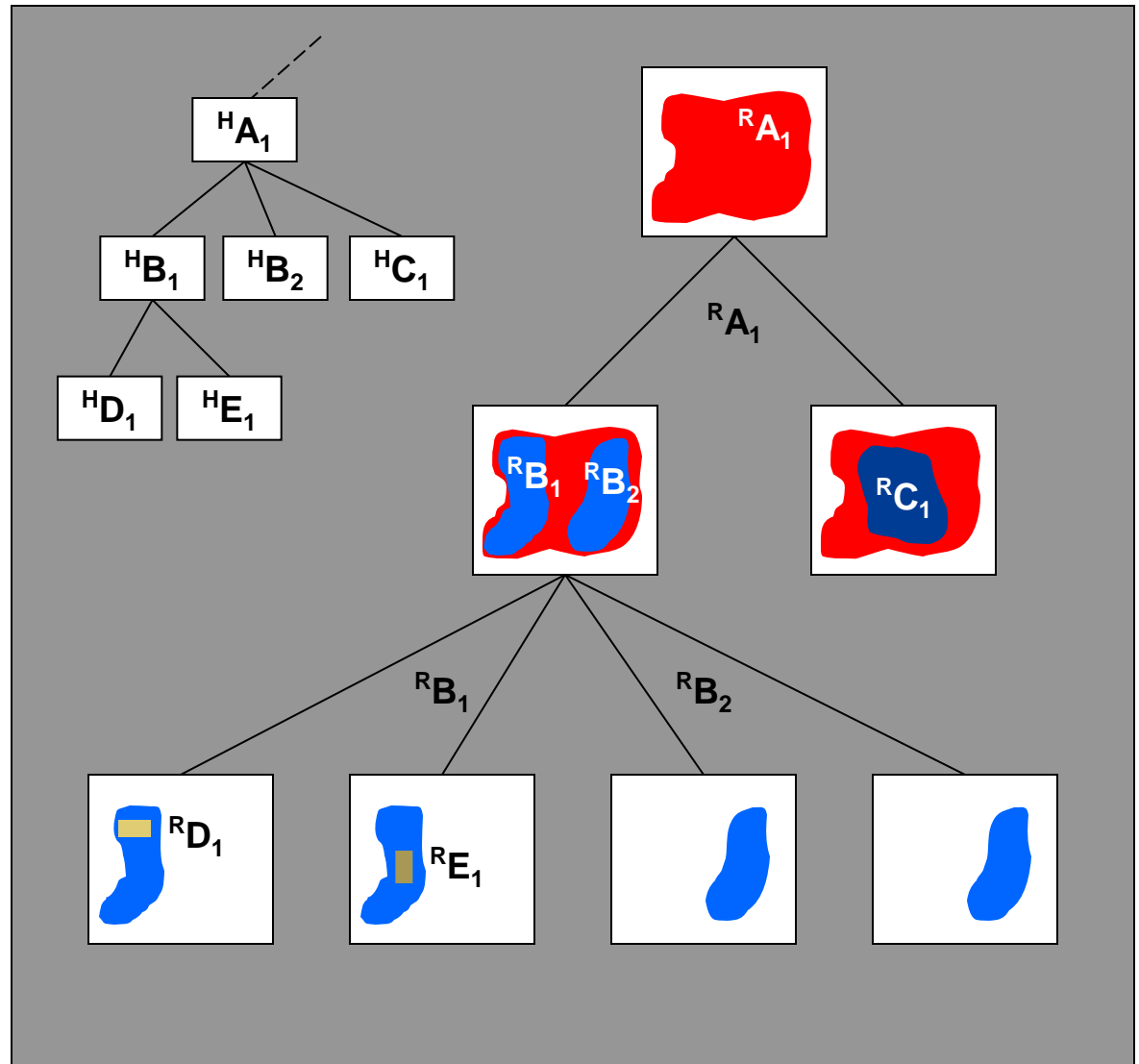
# Processo de Interpretação



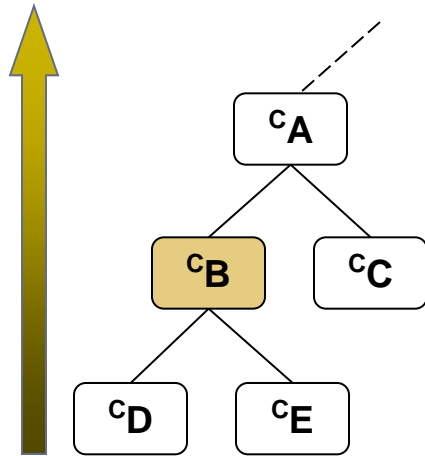
*bottom-up*

**Executa as regras de decisão para avaliar as hipóteses dos filhos de B**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



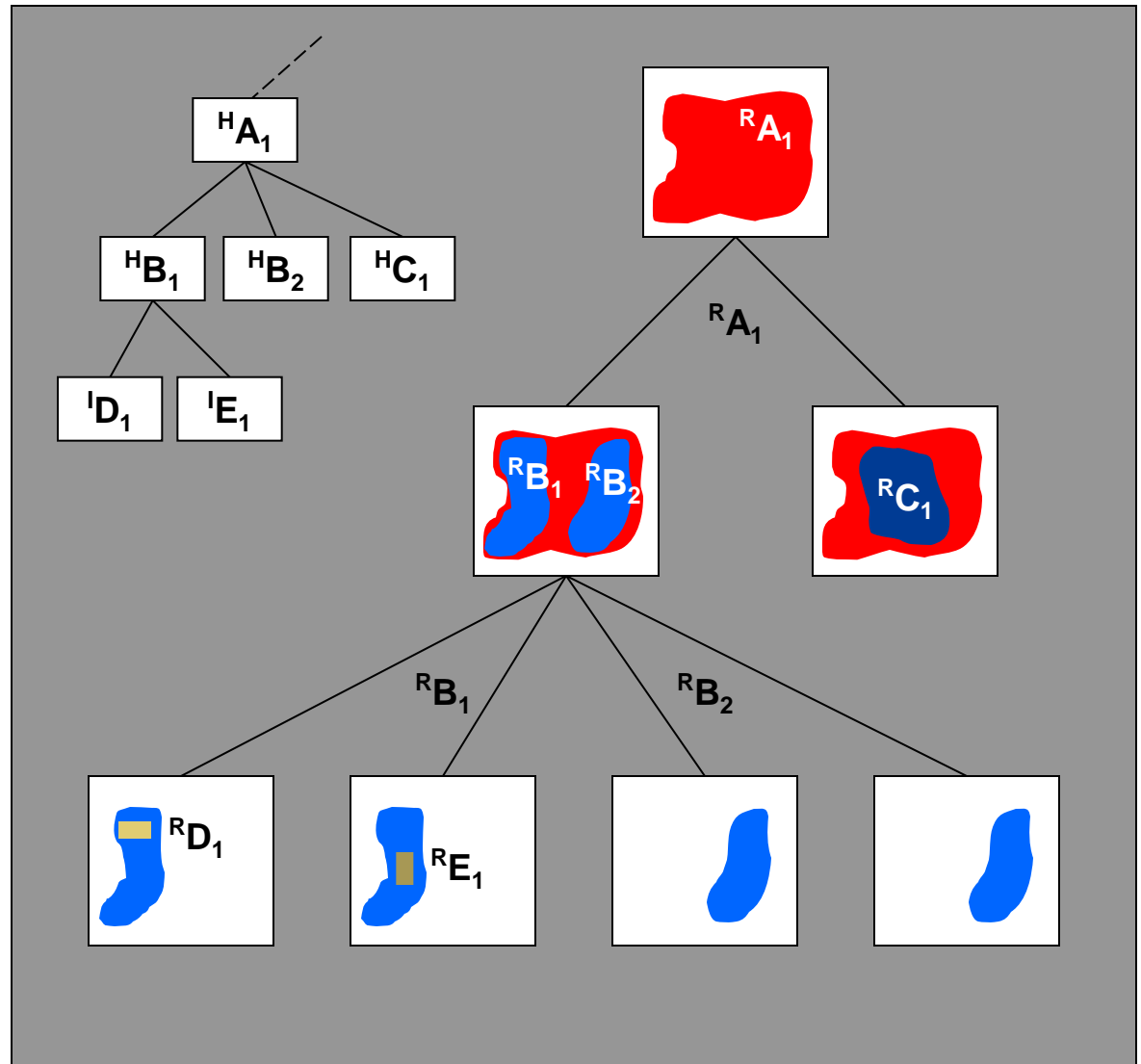
# Processo de Interpretação



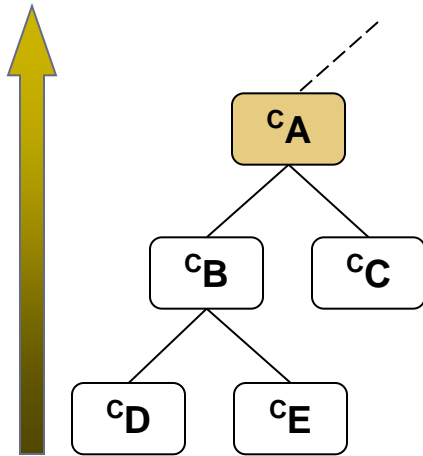
*bottom-up*

**Executa as regras de decisão para avaliar as hipóteses dos filhos de B**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



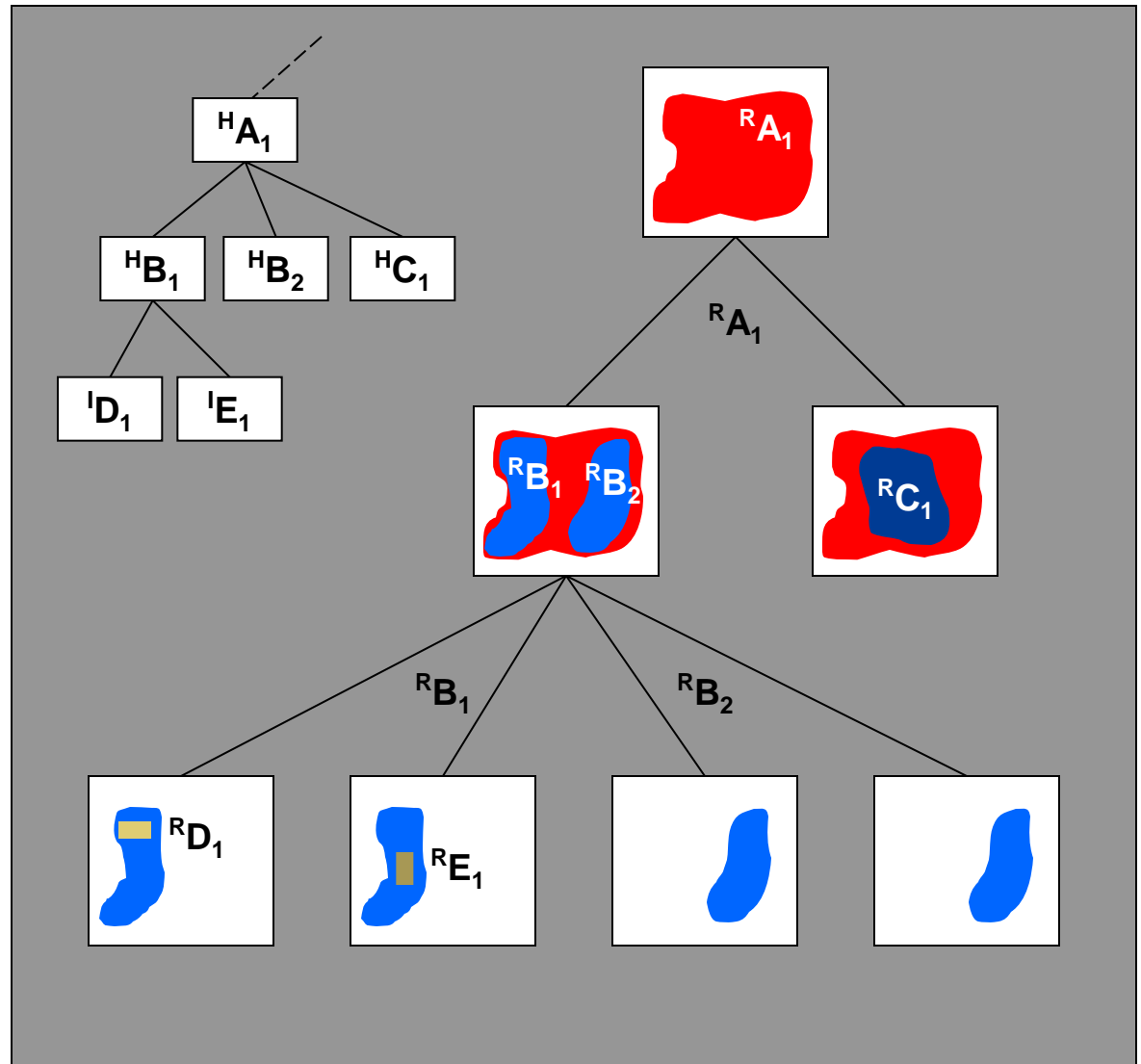
# Processo de Interpretação



*bottom-up*

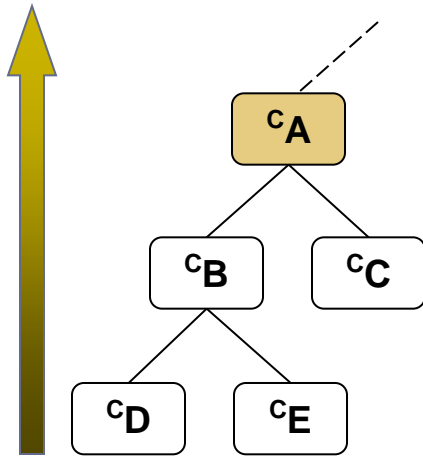
**Executa as regras de decisão para avaliar as hipóteses dos filhos de A**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira





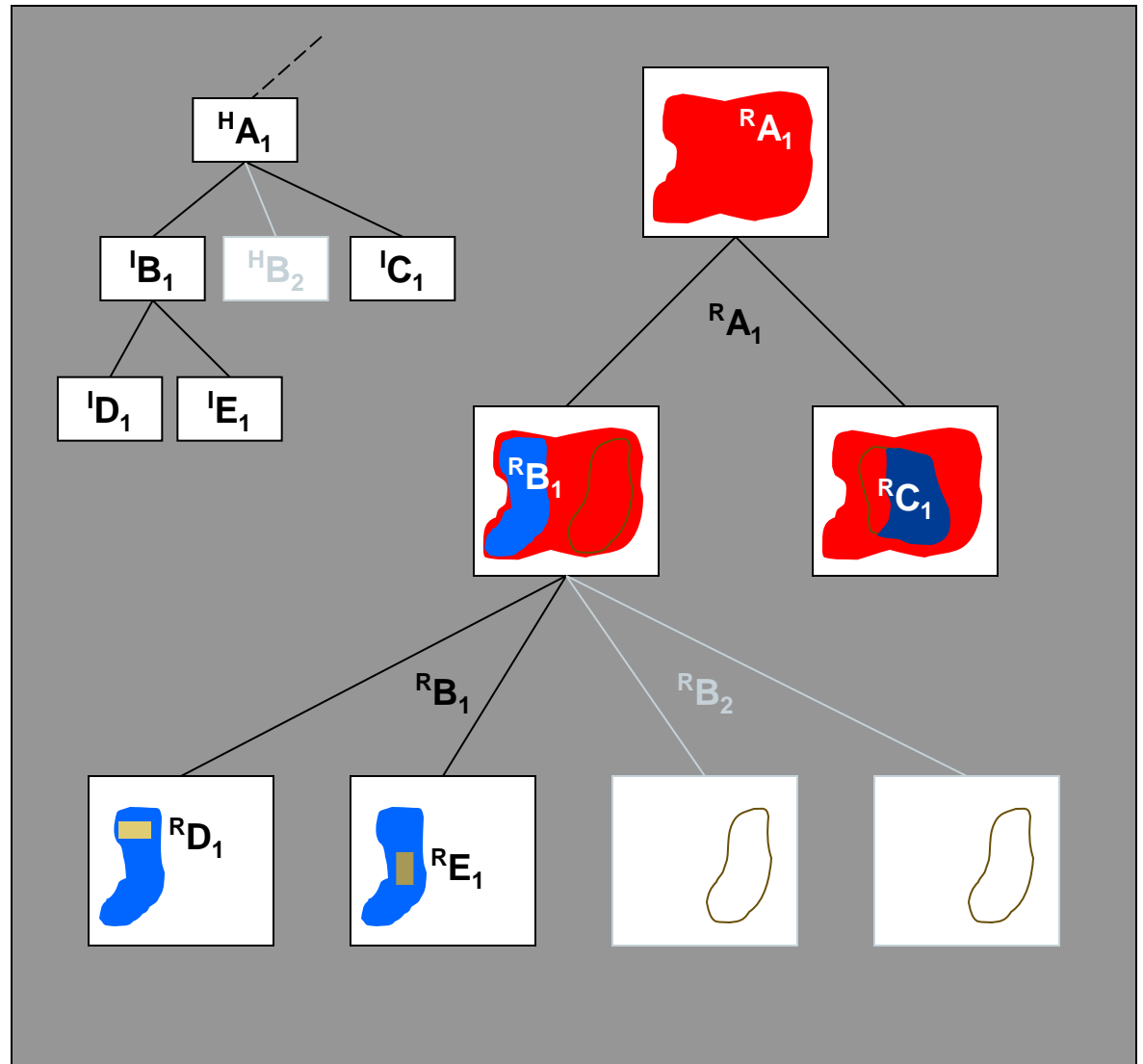
# Processo de Interpretação



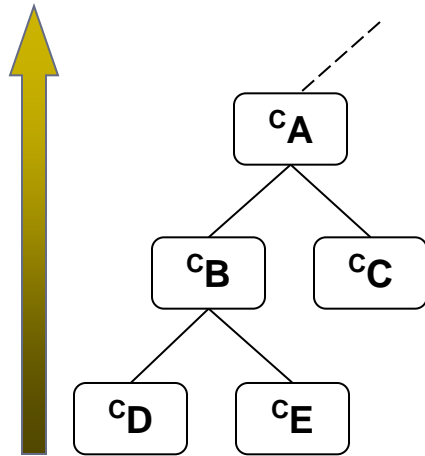
*bottom-up*

**Executa as regras de decisão para avaliar as hipóteses dos filhos de A**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



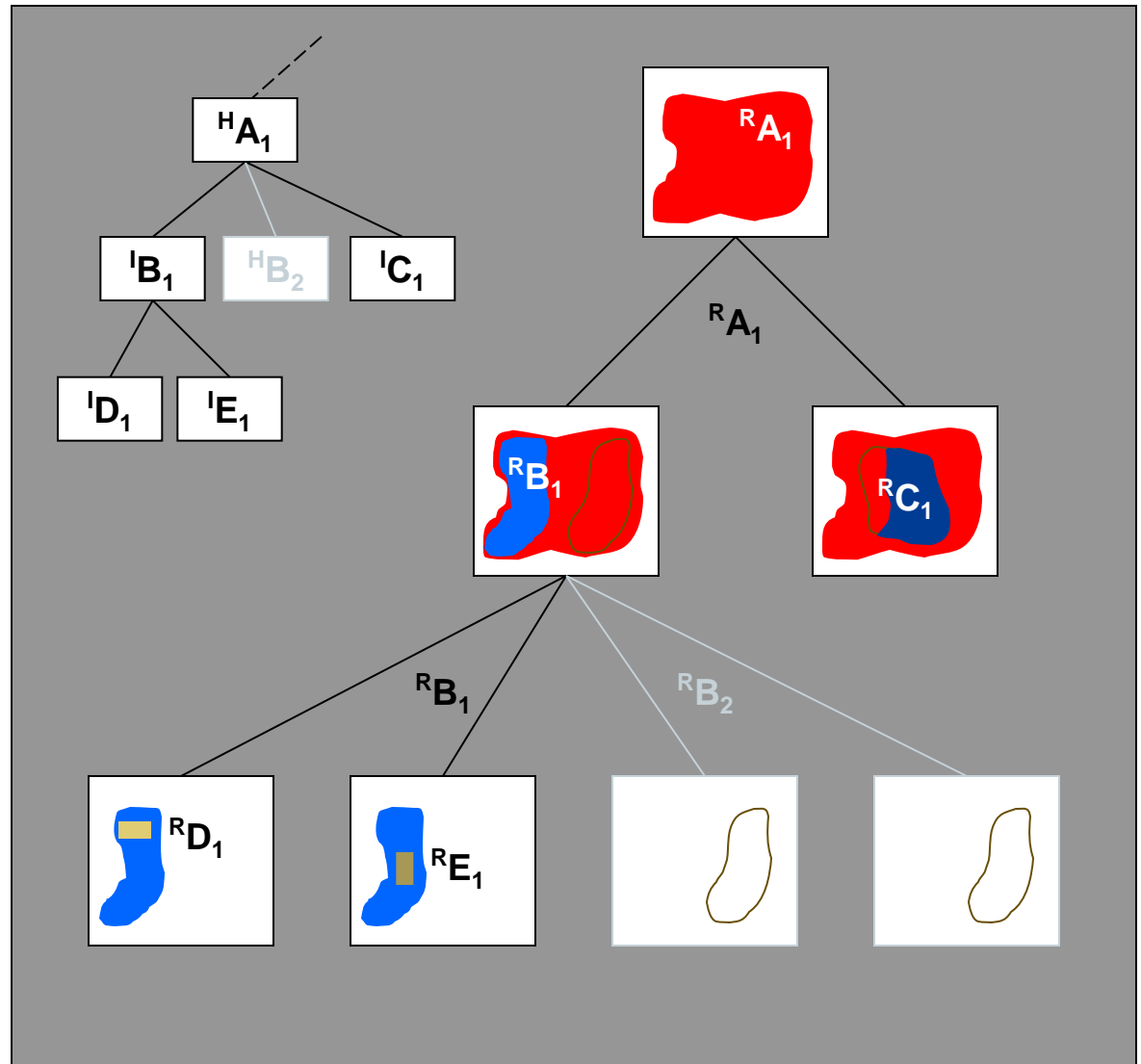
# Processo de Interpretação



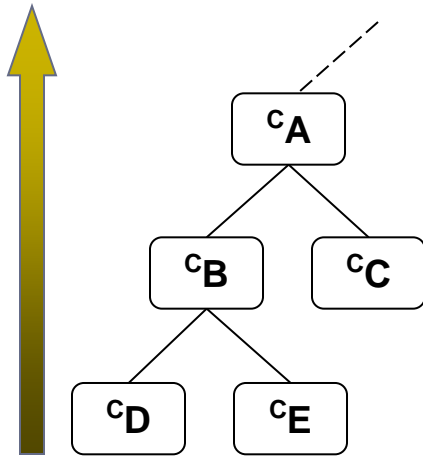
*bottom-up*

Executa as regras de decisão para avaliar as hipóteses dos irmãos de A

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



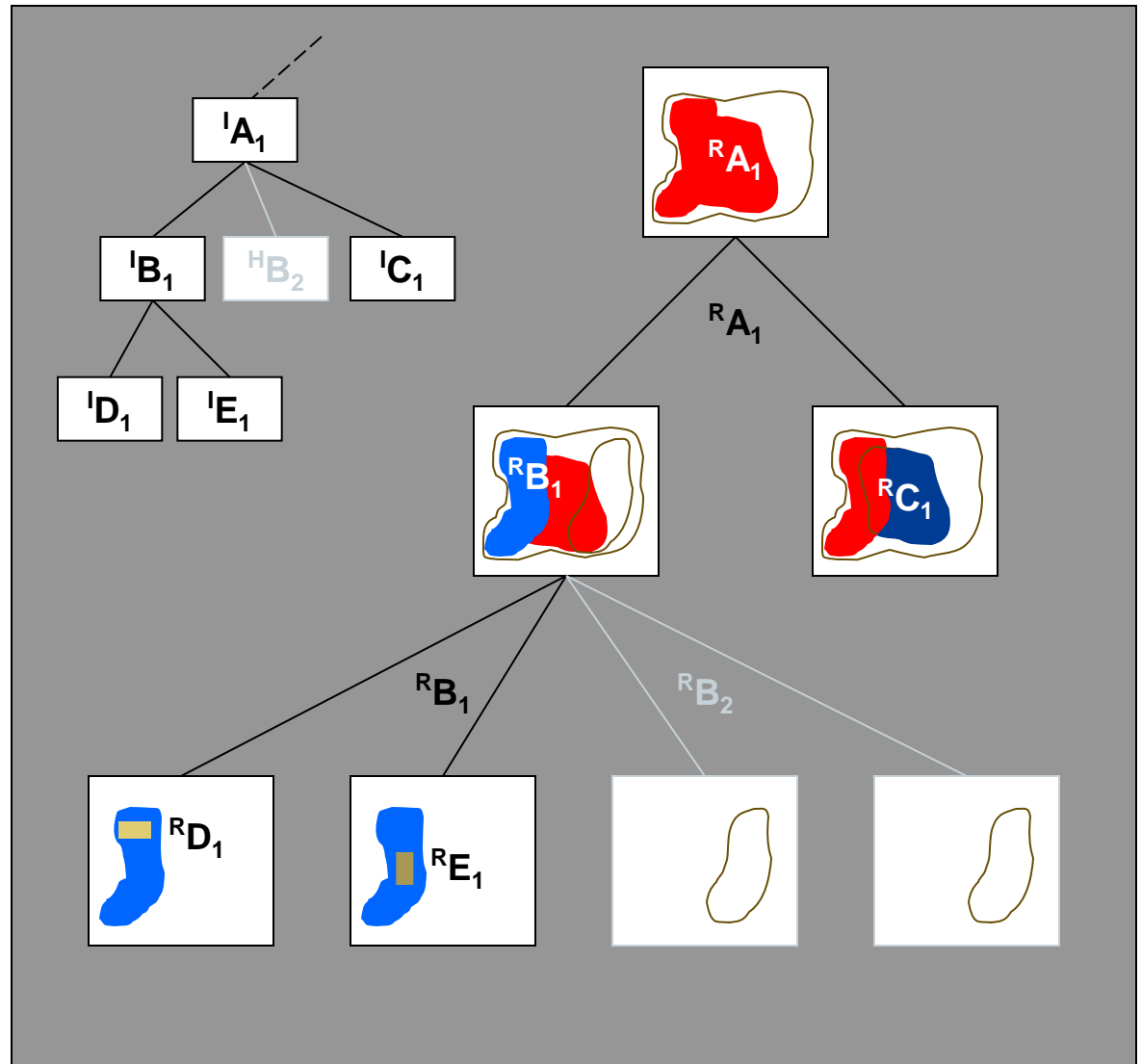
# Processo de Interpretação



*bottom-up*

**Executa as regras de decisão para avaliar as hipóteses dos irmãos de A**

- A - área rural
- B - urbanização esparsa
- C - campo/vegetação
- D - telhado cerâmico
- C - telhado de madeira



# Interpretation results

laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help

Semantic Net

X: 324647.500474 Y: 7387280.386740

Node Editor

Layers [Result:result]

Project loaded.

**Semantic Net**

- Scene
  - ROI
    - Vegetation
      - Trees
      - Grass
    - RedObjects
      - CeramicTileRoofs
      - BareSoil
    - Shadow
    - OtherClasses
      - BlueRoofs
      - GrayAsbestosRoofs
      - DarkAsbestosRoofs
      - ClearAsbestosRoof
      - BrightRoofs
      - SwimmingPools

**Node Editor**

Name	Value
<b>Generic</b>	
BottomUp Decision Rule	...
BottomUp Operator	Generic BottomUp
Breakpoint	None
Class	Vegetation
Color	█
Max	0
Min	0
Order	0
Result node	<input type="checkbox"/>
Temporal node	<input type="checkbox"/>
TopDown Decision Rule	...
TopDown Multi-Class	<input type="checkbox"/>
TopDown Operator	Dummy TopDown
<b>BottomUp</b>	
<b>TopDown</b>	
Image file:	imgvis
Reliability:	1.0

**Layers [Result:result]**

Image Shape Selection Result

Opacity:

Border

	Type	Keyname	Enabled
1	Selection	TreesBU	<input type="checkbox"/>
2	Selection	TreesTD	<input type="checkbox"/>
3	Result	result	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>

# Partial result (*Trees top-down*)


laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help


Semantic Net

- Scene
  - ROI
    - Vegetation
      - Trees
      - Grass
    - RedObjects
      - CeramicTileRoofs
      - BareSoil
    - Shadow
    - OtherClasses
      - BlueRoofs
      - GrayAsbestosRoofs
      - DarkAsbestosRoofs
      - ClearAsbestosRoof
      - BrightRoofs
      - SwimmingPools


X: 324610.524040 Y: 7387320.361264



Node Editor

Name	Value
<b>Generic</b>	
BottomUp Decision Rule	...
BottomUp Operator	Generic BottomUp
Breakpoint	None
Class	Vegetation
Color	
Max	0
Min	0
Order	0
Result node	<input type="checkbox"/>
Temporal node	<input type="checkbox"/>
TopDown Decision Rule	...
TopDown Multi-Class	<input type="checkbox"/>
TopDown Operator	Dummy TopDown
<b>BottomUp</b>	
<b>TopDown</b>	
Image file:	imgvis
Reliability:	1.0

Layers [Selection:TreesTD]

Image	Shape	Selection	Result
Class:	Trees	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Step:	Top Down	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keyname:	TreesTD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Color:		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Opacity:	<input type="text" value="100"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Border	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Type	Keyname	Enabled
1 Selection	TreesBU	<input type="checkbox"/>
2 Selection	TreesTD	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Result	result	<input type="checkbox"/>
4 Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>

Layers [Selection:TreesTD] | 690 objects.

Project loaded.



# Partial result (*Trees* bottom-up)

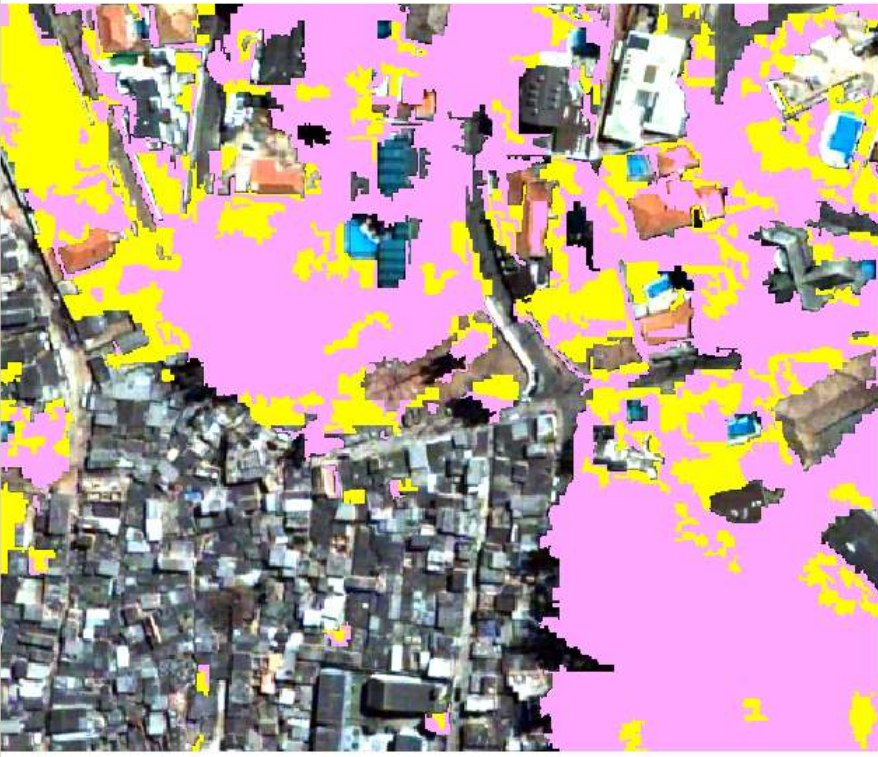
laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help


Semantic Net

- Scene
  - ROI
    - Vegetation
      - Trees
      - Grass
    - RedObjects
      - CeramicTileRoofs
      - BareSoil
    - Shadow
    - OtherClasses
      - BlueRoofs
      - GrayAsbestosRoofs
      - DarkAsbestosRoofs
      - ClearAsbestosRoof
      - BrightRoofs
      - SwimmingPools


X: 324569.550154 Y: 7387259.400115



Node Editor

Name	Value
<b>Generic</b>	
BottomUp Decision Rule	...
BottomUp Operator	Generic BottomUp
Breakpoint	None
Class	Vegetation
Color	
Max	0
Min	0
Order	0
Result node	<input type="checkbox"/>
Temporal node	<input type="checkbox"/>
TopDown Decision Rule	...
TopDown Multi-Class	<input type="checkbox"/>
TopDown Operator	Dummy TopDown
<b>BottomUp</b>	
<b>TopDown</b>	
Image file:	imgvis
Reliability:	1.0

Layers [Selection:TreesBU]

Image	Shape	Selection	Result
Class:		Trees	<input type="checkbox"/>
Step:		Bottom Up	<input type="checkbox"/>
Keyname:		TreesBU	<input type="checkbox"/>
Color:			<input type="checkbox"/>
Opacity:		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Border		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Type	Keyname	Enabled
1 Selection	TreesBU	<input checked="" type="checkbox"/>
2 Selection	TreesTD	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Result	result	<input type="checkbox"/>
4 Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>

Layers [Selection:TreesBU] | 484 objects.

Project loaded.



# Shapefile (ROI) editor

laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help

Semantic Net


X: 324647.500474 Y: 7387280.386740

Node Editor

Shapefile Editor

Scene

- ROI
- Vegetation
  - Trees
  - Grass
- RedObject
  - Ceram
  - BareS
- Shadow
- OtherClass
  - BlueRo
  - GrayA
  - DarkA
  - ClearA
  - Bright
- Swimmin



Layers [Result:result] | 1353 objects.

3	Result	result	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>

Project loaded.



# Samples editor

laudo\_tessio\_landcover\* - InterIMAGE

File View Actions Help

Semantic Net

X: 324647.500474 Y: 7387280.386740

Node Editor

Scene

- ROI
  - Vegetation
    - Trees
    - Grass
  - RedObjects
    - CeramicTileRoo...
    - BareSoil
  - Shadow
  - OtherClasses
    - BlueRoofs
    - GrayAsbestosR...
    - DarkAsbestosR...
    - ClearAsbestosR...
    - BrightRoofs
    - SwimmingPools

Samples Editor

Mask File: samples1

Samples Collector

Background Image: default

Name	Value
Generic	
TopDown Oper...	TerraAIDA_Ba...
BottomUp	*** N...r ***
TopDown	Dumm...Down
a) Input Image	Generi...enter
a1) Input Band...	Generi...II-CSV
a2) Input Weig...	Regio...aster
b) Compactnes...	TerraA...hmeti...
c) Color Weight	Terra...enter
d) Scale Param...	Terra...enter
e) Use Optimiz...	TerraAI...ssifier
f) Training Set ...	Terra...enter
g) Node Weight	Terra...enter
h) Euclidean Di...	

Segmentation

Border


Segment

Sampler

Class: Trees

Collect Samples

Export



X: 324324.471637 Y: 7387574.511777

Class: Trees | 0 samples collected out of 0 objects.



laudo\_tessio\_landcover [Debug Mode] - InterIMAGE


File View Actions Help

Semantic Net

X: 324497.182346 Y: 7387615.067824

Node Editor


Layers



**Semantic Net**

- Scene
  - ROI
    - Vegetation
      - Trees (paused)
      - Grass
    - RedObjects
      - CeramicTileRoofs
      - BareSoil
    - Shadow
    - OtherClasses
      - BlueRoofs
      - GrayAsbestosRoofs
      - DarkAsbestosRoofs
      - ClearAsbestosRoof
      - BrightRoofs
      - SwimmingPools

**Node Editor**

Name	Value
<b>Generic</b>	
BottomUp Decision Rule	...
BottomUp Operator	Dummy BottomUp
Breakpoint	TopDown
Class	Trees
Color	
Max	0
Min	0
Order	0
Result node	<input type="checkbox"/>
Temporal node	<input type="checkbox"/>
TopDown Decision Rule	...
TopDown Multi-Class	<input type="checkbox"/>
TopDown Operator	TerraAIDA_Baatz_Seg
<b>BottomUp</b>	
<b>TopDown</b>	
a) Input Image	imgvis
a1) Input Bands (com...	0,1,2,3
	0.245916,

**Layers**

Type	Keyname	Enabled
1 Image	default	<input checked="" type="checkbox"/>



# Analysis explorer

Analysis Manager - Decision Rule for Trees - TopDown

X: 324394.095790 Y: 7387587.601551



Decision Tree | Source Code | Attributes

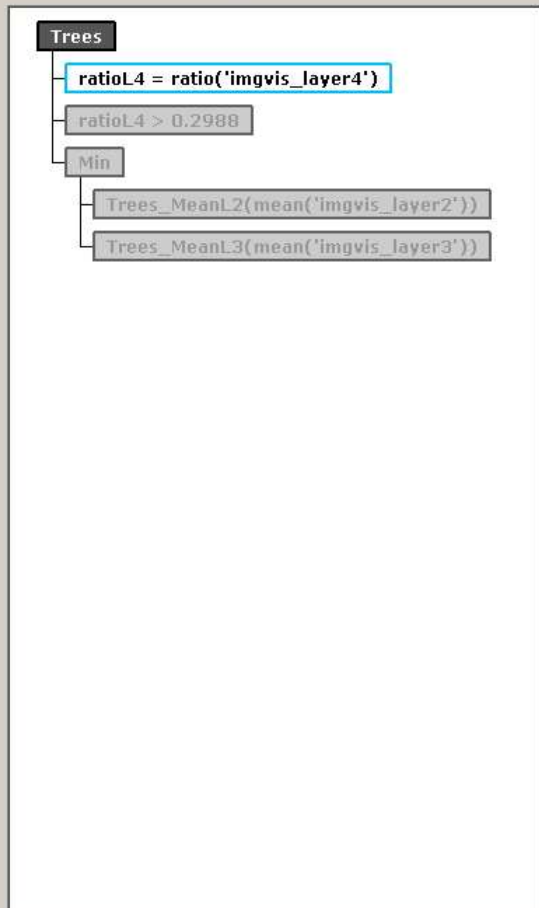
Join  
Class  
Selection  
And Or  
Expression  
Membership  
Aggregation  
Classify

General

Element



Input: 1640 objects | Output: 1640 objects.



Lower-level Rule

Merge All  
 Merge Connected  
 No Merge

Control Panel

Views:

Input Class: Trees

Background Image: default

Input Layer  
 Border

Output Layer  
 Border

Show

OK Cancel

# Analysis explorer (feature view)

X: 324334.433347 Y: 7387513.975558

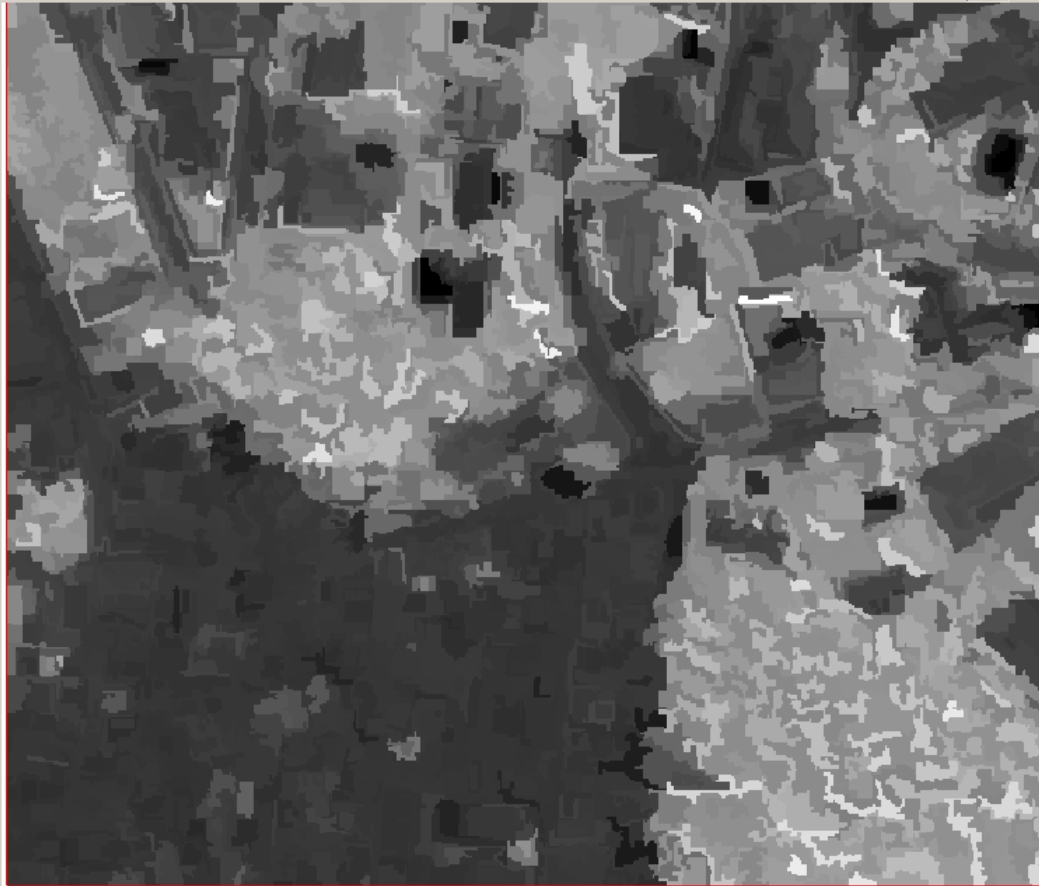


Decision Tree | Source Code | Attributes

Join  
Class  
Selection  
And Or  
Expression  
Membership  
Aggregation  
Classify

General

Element



Input: 1640 objects | Output: 1640 objects.



Lower-level Rule

Merge All  
 Merge Connected  
 No Merge

Control Panel

Views:

ratioL4

Min.: 0.000000  
Max.: 0.878161 Show

General

Input Class: Trees

Background Image: default

Input Layer  
 Border

Output Layer  
 Border

OK Cancel

# Analysis explorer (decision rule simulation)

Analysis Manager - Decision Rule for Trees - TopDown

X: 324650.094213 Y: 7387587.601551

Decision Tree Source Code Attributes

```
Trees
├── ratioL4 = ratio('imgvis_layer4')
│   ├── ratioL4 > 0.2988
│   │   └── Min
│   │       ├── Trees_MeanL2(mean('imgvis_layer2'))
│   │       └── Trees_MeanL3(mean('imgvis_layer3'))
```

Join  
Class  
Selection  
And Or  
Expression  
Membership  
Aggregation  
Classify

General  
Element

Control Panel

Views:

ratioL4

Show

General

Input Class: Trees

Background Image: default

Input Layer

Border

Output Layer

Border

Analysis Tools

Attribute X: ratioL4 Bins: 100

Attribute Y: ratioL4 Generate

0.508174 / 124.000000

124.000000

0.000000

0.000000 0.878161

ratioL4

Selection Threshold Preview

Criteria: ratioL4 >= 0.363300

Rejected: 1069 objects. Selected: 571 objects.

Input: 164



# Analysis explorer (decision rule simulation)

Analysis Manager - Decision Rule for Trees - TopDown

X: 324647.978524 Y: 7387588.870965

Decision Tree Source Code Attributes

```
Trees
├── ratioL4 = ratio('imgvis_layer4')
│   ├── ratioL4 > 0.2988
│   │   └── Min
│   │       ├── Trees_MeanL2(mean('imgvis_layer2'))
│   │       └── Trees_MeanL3(mean('imgvis_layer3'))
```

Join  
Class  
Selection  
And Or  
Expression  
Membership  
Aggregation  
Classify

General  
Element

Control Panel

Views:

General

Input Class:

Background Image:

Input Layer

Border

Output Layer

Border

Lower-level Rule

Merge All

Merge Connected

No Merge

Analysis Tools

Attribute X:  Bins:

Attribute Y:

0.131501 / 124.000000

124.000000

0.000000

0.000000 0.878161

Selection Threshold

Criteria: ratioL4 >= 0.612930

Rejected: 1550 objects. Selected: 90 objects.

# Documentation

- Project's site:

<http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/>

- Wiki:

<http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=interimage>

- Operation Guide

# Remarks

- Many **applications already developed** (basically in INPE).
- Still **working on support for large images** (a few bugs are expected).
- Current phase of the Project focuses on the development of **functionality to deal with Radar data**.
- **New partners are welcome!**

# Aplicações Recentes

- Classificação de feições intra-urbanas (INPE) - *Worldview 2*
- Classificação de padrões de urbanização (INPE) - *Quickbird 2*
- Classificação de unidades geomorfológicas (INPE) - *Terra/ASTER*
- Classificação de culturas agrícolas (INPE) - *Landsat*
- Mapeamento de risco de incêndios florestais (UFRRJ) - *Landsat, ALOS/AVNIR 2, GeoEye*
- Monitoramento de supressão de vegetação urbana (NIMA, INEA) - *IKONOS 2*
- Mapeamento temático a partir de imagens SAR (OrbiSat) - *OrbiSAR RFP Bandas X e P*

# Algumas Aplicações

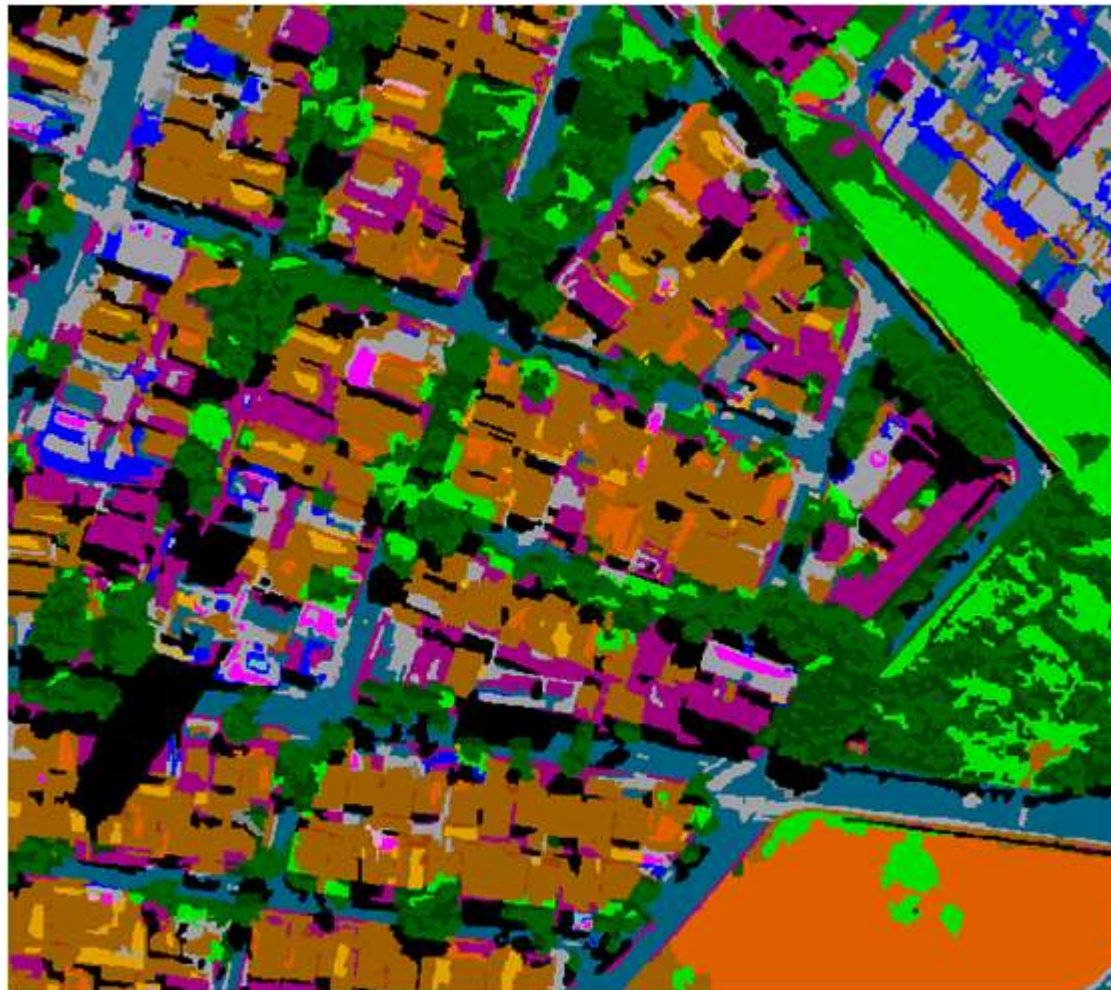
- Classificação de feições intra-urbanas (INPE) - *Worldview 2*





# Algumas Aplicações

- Classificação de feições intra-urbanas (INPE) - *Worldview 2*



- Sombra
- VegetacaoArborea
- VegetacaoRasteira
- Asfalto
- CoberturaMetalica
- ConcretoEscuro
- Piscina
- ConcretoAmiantoClaro
- ConcretoAmiantoMedio
- SoloExpostoClaro
- SoloExpostoEscuro
- TelhaCeramicaClara
- TelhaCeramicaEscura

# Algumas Aplicações

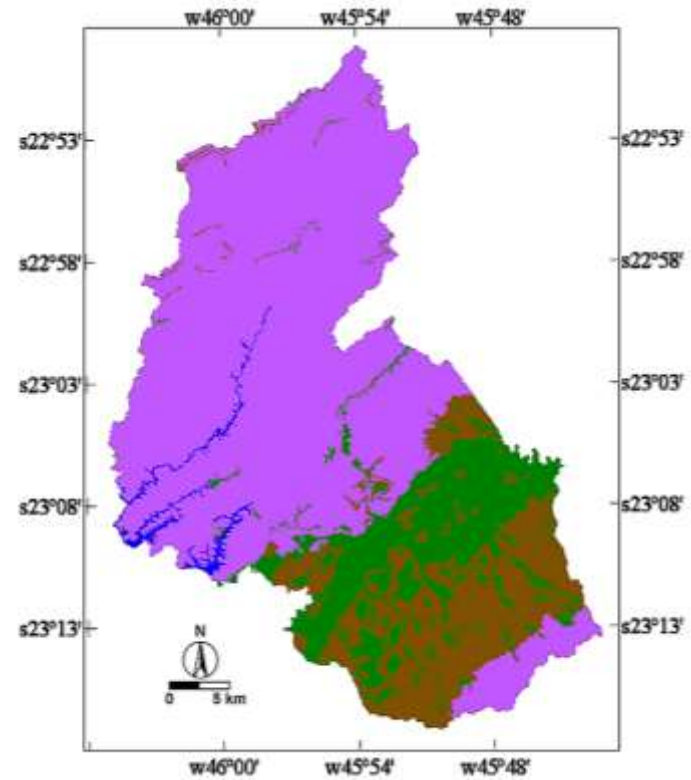
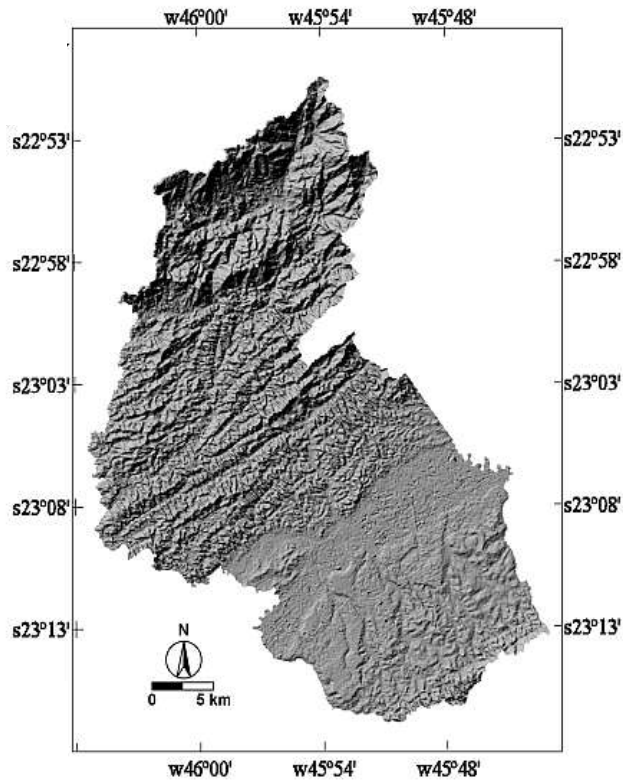
- Classificação de padrões de urbanização (INPE) - *Quickbird 2*



- Residencial horizontal (alto nível)
- Residencial horizontal (alto nível)
- Residencial e serviço horizontal
- Residencial vertical (alto nível)
- Área industrial
- Serviço vertical

# Algumas Aplicações

- Classificação de unidades geomorfológicas (INPE) - *Terra/ASTER*



Mountains

Sedimentary Hills

Alluvial Plains

Reservoirs

**Global Accuracy: 0,9533**

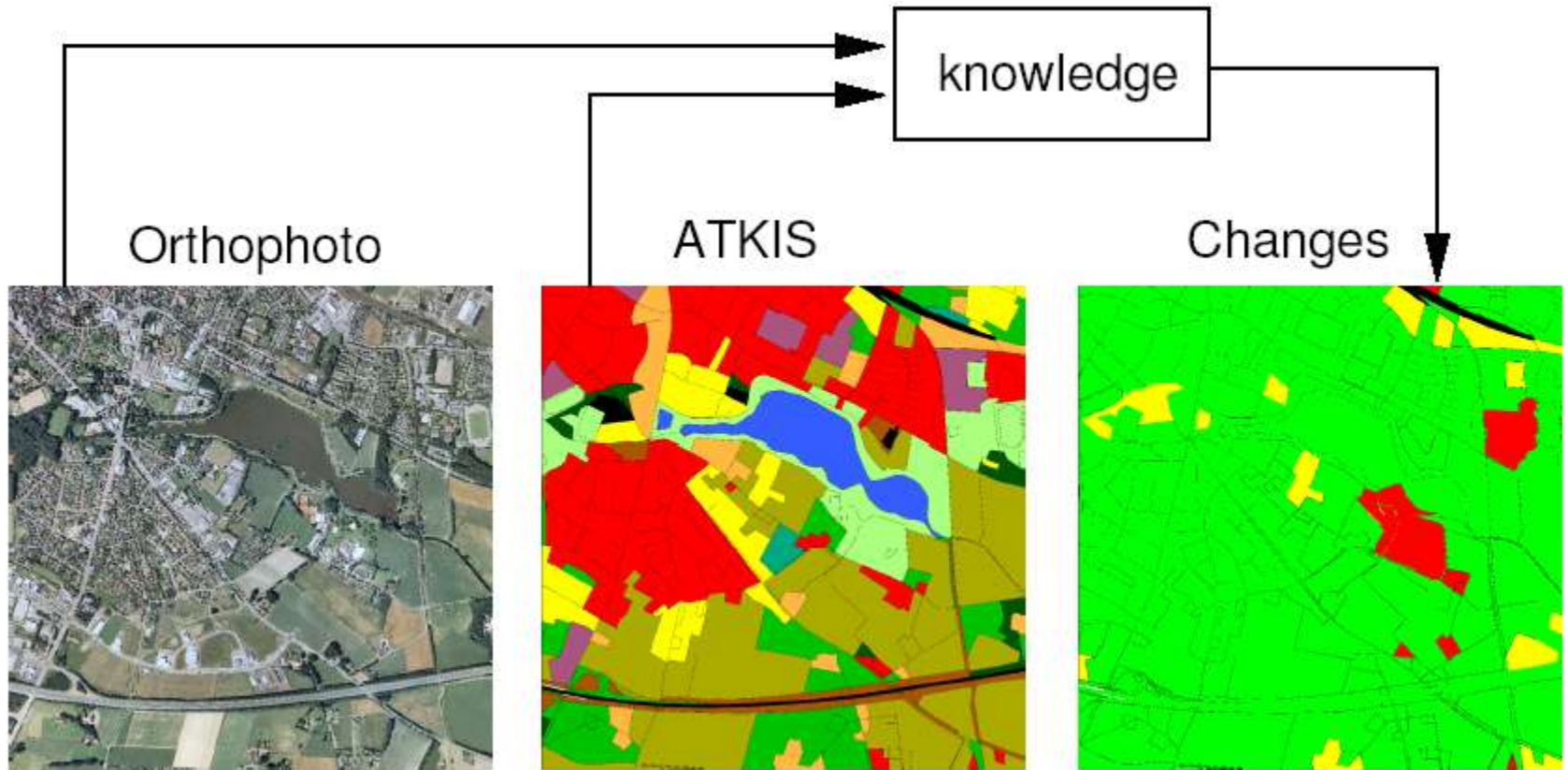
**Kappa Index: 0,8802**

# Exemplo de Aplicação (WiPKA Project)

- **WiPKA**: Automated Quality Control and Update of Geodata using Aerial Imagery.
- Quality surveillance of the **ATKIS** Database (Authoritative Topographic-Cartographic Information System).
- Official German cartographic database maintained by the **BKG** (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie).



# Exemplo de Aplicação (WiPKA Project)





# Exemplo de Aplicação (WiPKA Project)

Application on land use changes



# Exemplo de Aplicação (WiPKA Project)

## Application on land use changes



GeoAIDA result



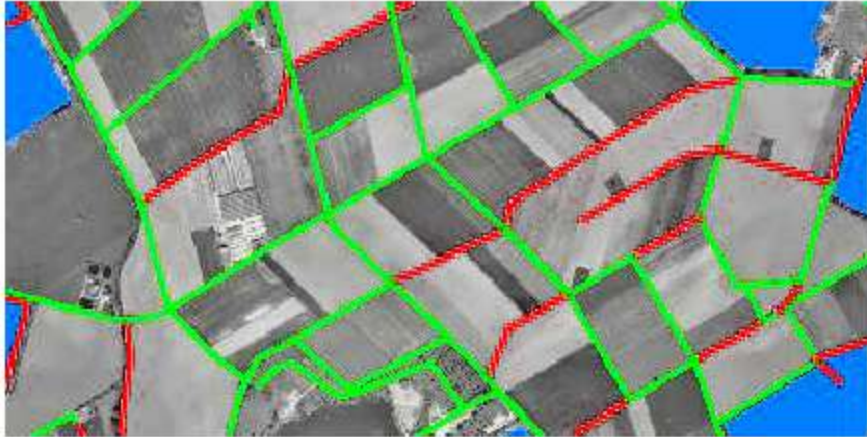
found changes



wrong decision



# Exemplo de Aplicação (WiPKA Project)



Results for road verification in rural area.

Road objects:	TOTAL: 2356 objects	Accepted by the system	Rejected by the system
Human operator	Accepted	65%	32%
	Rejected	1%	2%

~200% performance increase at 1% false acceptance rate.



Analysis of suburban area incl. not yet acquired construction sites.

Area objects:	TOTAL: 1163 objects	Accepted by the system	Rejected by the system
Human operator	Accepted	69%	22%
	Rejected	5%	4%

~300% performance increase at 5% false acceptance rate.

**Overall result:  $\geq 200\%$  performance increase at ~1..5% false acceptance rate.**

# Exemplo de Aplicação (PIMAR)

- Programa Integrado de Monitoramento Arbóreo Remoto - PIMAR (NIMA, INEA)  
*IKONOS 2*

**Mapa Índice das Folhas atendidas pelo Projeto PIMAR na área de acervo**





# Folha 287C23 - Ortoimagem Ikonos 2008



ESCALA 1:2.000



Sistema de Projeção UTM Z 22  
Datum: Maritim 1984 (de  
Brasil)

Imagem aérea 2008 - Fotogrametria  
Resolução espacial: 1,10 m  
Formato: GeoTIFF

© 2008 - A reprodução ou utilização não autorizada  
deste documento é proibida sem o consentimento  
escrito da INEA.

Este documento contém informações de caráter  
confidencial e pode ser utilizado apenas para fins  
relacionados ao projeto em andamento.

**Legenda**

Imagem ortofotométrica	Limite da Folha de 1:2.000
Áreas de interesse para o estudo	Limite do Município de Rio de Janeiro
Áreas de preservação ambiental	Área de Montecarlo
0-20 0-5 metros	
20-30 0-5 metros	
30-40 0-5 metros	

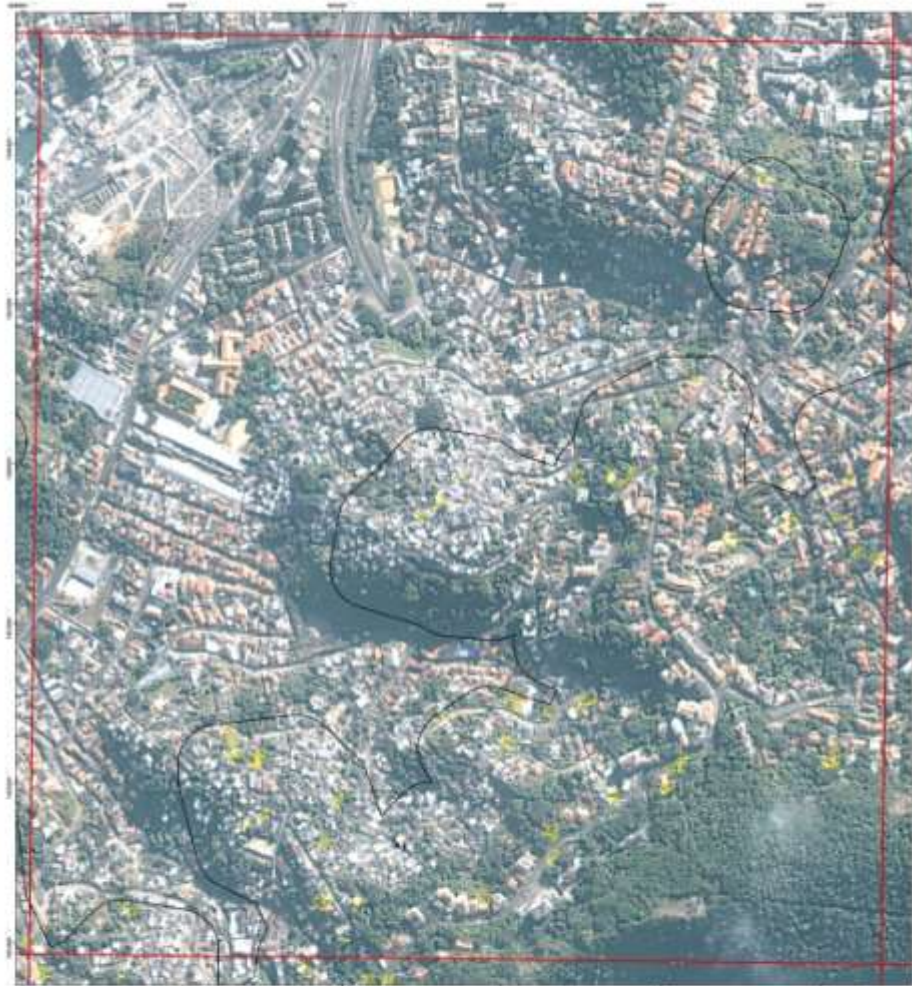
Banco Geográfico Rio de Janeiro de Altimetria e Magnetometria  
elaborado pelo Laboratório de Geoprocessamento do  
Instituto Universidade Católica de Rio de Janeiro.

Resolução vertical a partir de alturas diferenciadas cada 10  
metros em classificações das áreas de 2000 + 2000'

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007)  
Instituto Nacional de Pesquisas - INPE



# Folha 287C23 - Ortoimagem Ikonos 2009



ESCALA 1:2.000



Sistema de Projeção UTM Z 22  
Datum: Maritim 1984 (de  
Brasil)

Imagem aérea 2009 - Fotogrametria  
Resolução espacial: 1,10 m  
Formato: GeoTIFF

© 2009 - A reprodução ou utilização não autorizada  
deste documento é proibida sem o consentimento  
escrito da INEA.

Este documento contém informações de caráter  
confidencial e pode ser utilizado apenas para fins  
relacionados ao projeto em andamento.

**Legenda**

Imagem ortofotométrica	Limite da Folha de 1:2.000
Áreas de interesse para o estudo	Limite do Município de Rio de Janeiro
Áreas de preservação ambiental	Área de Montecarlo
0-20 0-5 metros	
20-30 0-5 metros	
30-40 0-5 metros	

Banco Geográfico Rio de Janeiro de Altimetria e Magnetometria  
elaborado pelo Laboratório de Geoprocessamento do  
Instituto Universidade Católica de Rio de Janeiro.

Resolução vertical a partir de alturas diferenciadas cada 10  
metros em classificações das áreas de 2000 + 2000'

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007)  
Instituto Nacional de Pesquisas - INPE

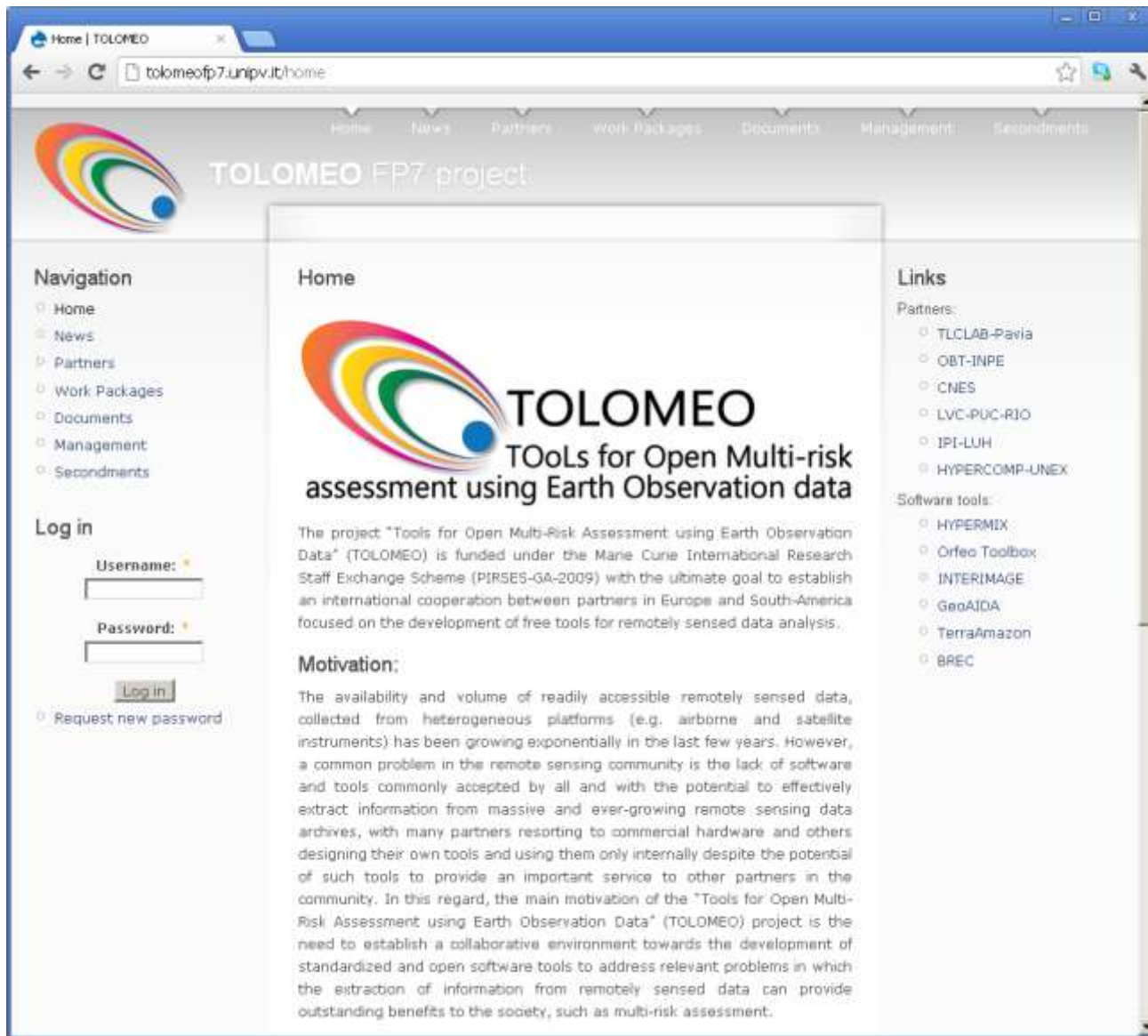




# Funding Projects

- Basic framework for the **TOLOMEO Project**: TOoLs for Open Multi-risk assessment using Earth Observation data (2011-2015).
- Founded by the **European Commission for Research and Innovation** – Marie Curie Program.
- Research centers:
  - Università di Pavia (Italy)
  - Hannover Universität (Germany)
  - Universidad de Extremadura (Spain)
  - Centre National d'Études Spatiales – CNES (France)
  - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Brazil)
  - Pontifícia Universidade Católica – PUC-Rio (Brazil)


# Funding Projects



Home | TOLOMEO

tolomeofp7.unipv.it/home

Home News Partners Work Packages Documents Management Secondments

 TOLOMEO FP7 project

**Navigation**

- Home
- News
- Partners
- Work Packages
- Documents
- Management
- Secondments


**Log in**

Username:

Password:

[Request new password](#)

**Home**

 **TOLOMEO**  
TOOLs for Open Multi-risk  
assessment using Earth Observation data

The project "Tools for Open Multi-Risk Assessment using Earth Observation Data" (TOLOMEO) is funded under the Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme (PIRSES-GA-2009) with the ultimate goal to establish an international cooperation between partners in Europe and South-America focused on the development of free tools for remotely sensed data analysis.

**Motivation:**

The availability and volume of readily accessible remotely sensed data, collected from heterogeneous platforms (e.g. airborne and satellite instruments) has been growing exponentially in the last few years. However, a common problem in the remote sensing community is the lack of software and tools commonly accepted by all and with the potential to effectively extract information from massive and ever-growing remote sensing data archives, with many partners resorting to commercial hardware and others designing their own tools and using them only internally despite the potential of such tools to provide an important service to other partners in the community. In this regard, the main motivation of the "Tools for Open Multi-Risk Assessment using Earth Observation Data" (TOLOMEO) project is the need to establish a collaborative environment towards the development of standardized and open software tools to address relevant problems in which the extraction of information from remotely sensed data can provide outstanding benefits to the society, such as multi-risk assessment.

**Links**

Partners:

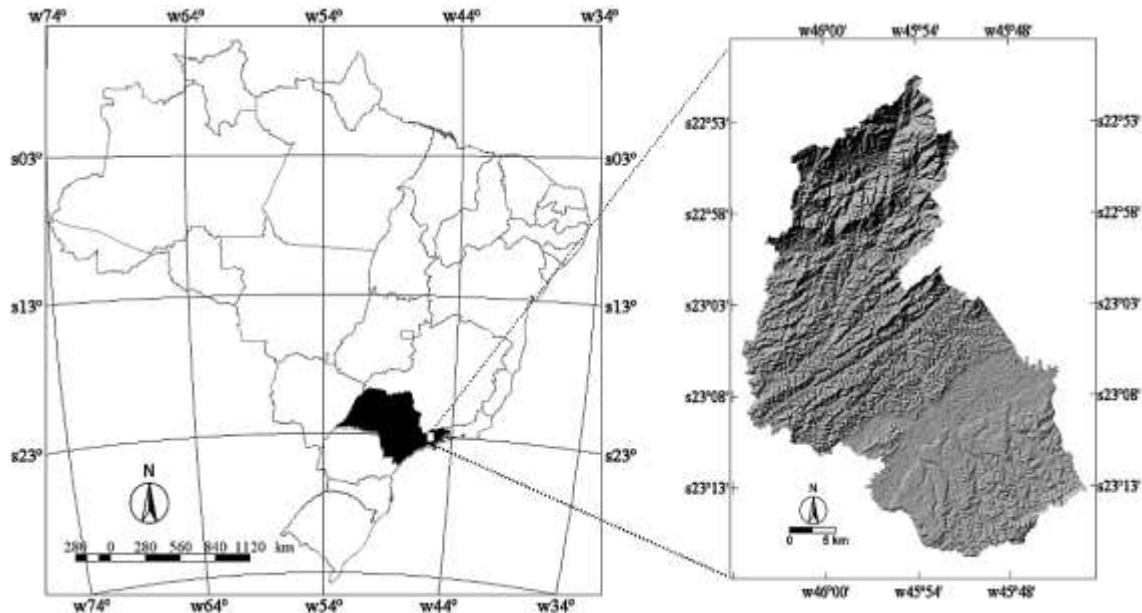
- TCLAB-Pavia
- OBT-INPE
- CNES
- LVC-PUC-RIO
- IPI-LUH
- HYPERCOMP-UNEX

Software tools:

- HYPERMIX
- Orfeo Toolbox
- INTERIMAGE
- GeoAIDA
- TerraAmazon
- BREC

# Exemplo de Aplicação

- Área de estudo: **Município de São José dos Campos** (1.098 km<sup>2</sup>), localizado no médio vale do Rio Paraíba do Sul.
  - **Relevo** é formado por serras, montanhas, planícies aluviais, terraços e colinas sedimentares.
  - **Litologia** é composta de gnaisses, suítes graníticas sin e pós-tectônicas, rochas sedimentares e depósitos quaternários.

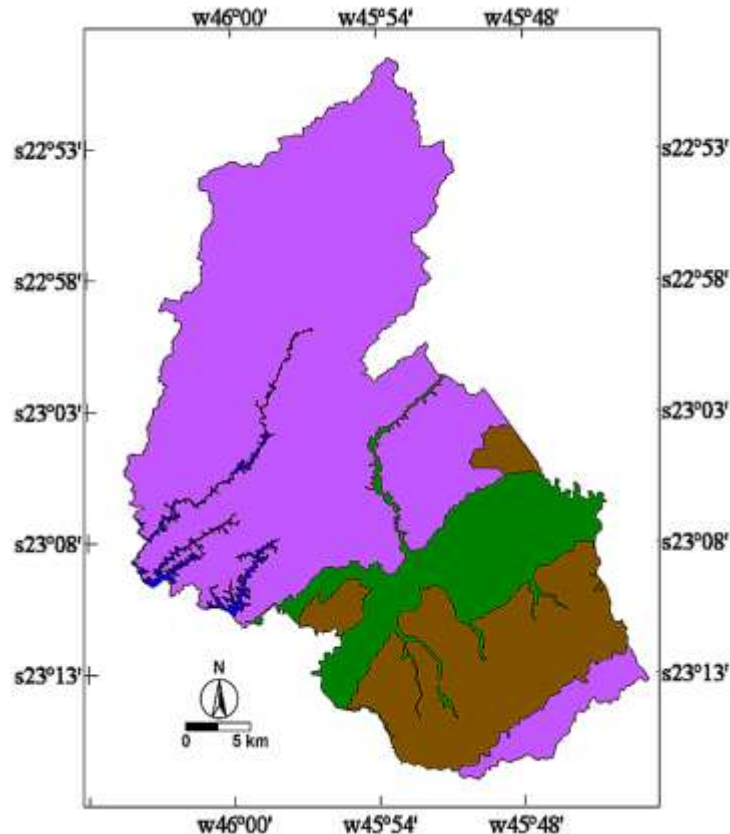


# Exemplo de Aplicação

- Dados de entrada:
  - Gerados a partir do software PCI Geomática
    - Modelo digital de elevação gerado a partir de um **par estereoscópico ASTER/Terra**.
    - Variáveis geomorfológicas (**elevação e declividade**) e textural (**entropia**) extraídas do MDE.
  - **Rede de drenagem** (vetorial).

# Exemplo de Aplicação

- Dados de referência:
  - **Interpretação visual** 3D do par ASTER/Terra em estação fotogramétrica digital.





# Exemplo de Aplicação

- Resumo do modelo de conhecimento :

<b>Unidades Geomorfológicas</b>	<b>Atributos</b>
Serras/Montanhas/Morros	alta densidade de drenagem média da altimetria entre 572 e 2100m média da declividade entre 4,9° e 34,9°
Colinas sedimentares	média da altimetria entre 560 e 688m média da entropia entre 1,2 e 2,2 média da declividade entre 2,5° e 12°
Planícies Aluviais	média da entropia entre -0,01 e 1,5 média da declividade entre 1,4° e 10°

# Exemplo de Aplicação

- Rede Semântica no InterIMAGE:



# Exemplo de Aplicação

- Rede Semântica no InterIMAGE:



- Operador top-down:
  - Cria hipóteses a partir da **segmentação do Modelo Digital de Elevação**.
  - Segmentador baseado em **crescimento de regiões** proposto por Baatz e Schäpe (Definiens/eCognition).
    - Parâmetro de **escala**: 50
    - Fator de **cor/forma**: 0,7 / 0,3
    - Fator de **compacidade/suavidade**: 0,3 / 0,7

# Exemplo de Aplicação

- Rede Semântica no InterIMAGE:



- Operador top-down:
  - Cria hipóteses a partir da **segmentação do Modelo Digital de Elevação**.
  - Cada segmento do MDE é transformado em uma hipótese das três classes – **hipóteses coincidentes espacialmente**.

# Exemplo de Aplicação

- Rede Semântica no InterIMAGE:



- Operador top-down:
  - Para **cada lago/reservatório** da presente na rede de drenagem **foi criada uma hipótese** da classe/nó *Lagos\_Reservatorios*.



# Exemplo de Aplicação

- Rede Semântica no InterIMAGE:

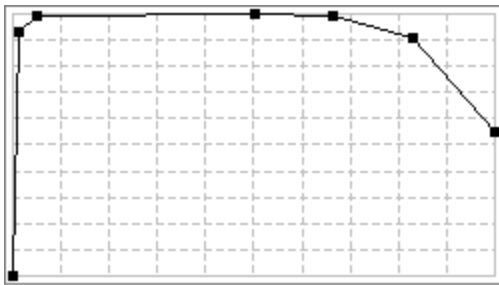
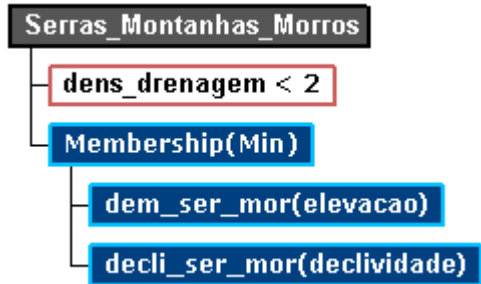


- Operador top-down:

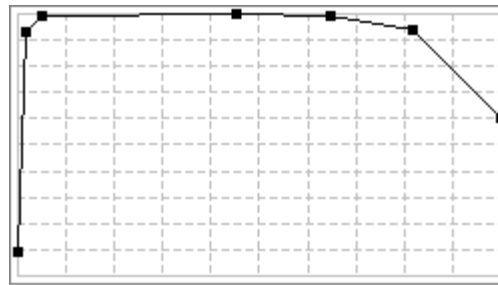
- Toda a região **fora do limite do Município** de São José dos Campos.

# Exemplo de Aplicação

- Regra de decisão (associadas ao nó *Regiao*):



572 elevacao 2100



4.9 declividade 34.9

# Exemplo de Aplicação

- Regra de decisão (associadas ao nó Região):

Serras\_Montanhas\_Morros

$\text{dens\_drenagem} < 2$

Membership(Min)

$\text{dem\_ser\_mor}(\text{elevacao})$

$\text{decli\_ser\_mor}(\text{declividade})$

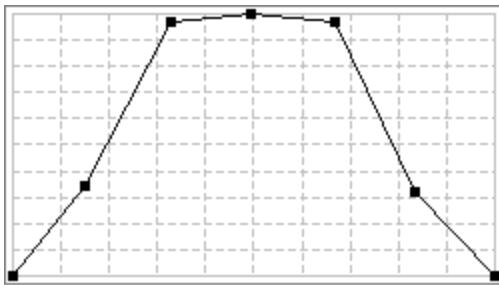
ColinasSedimentares

Membership(Min)

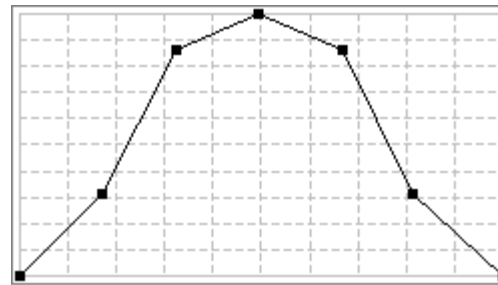
$\text{dem\_col}(\text{elevacao})$

$\text{entro\_col}(\text{entropia})$

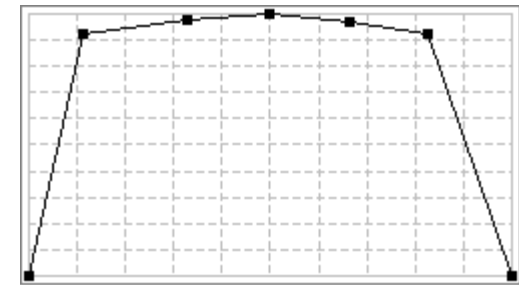
$\text{decli\_col}(\text{declividade})$



560      elevacao      688



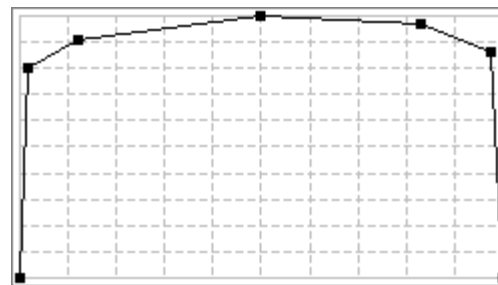
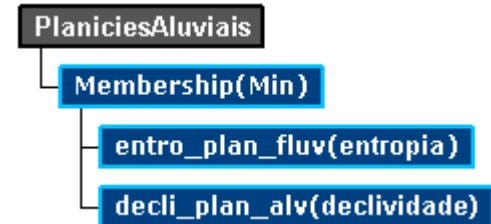
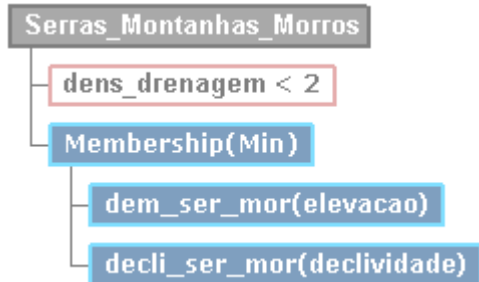
2.5      declividade      12



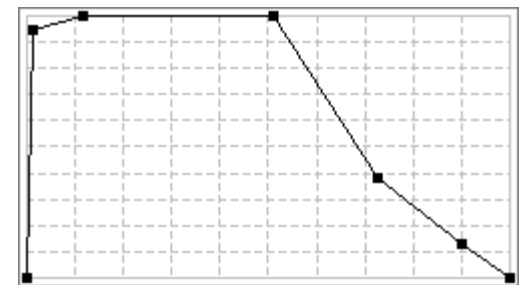
1.2      entropia      2.2

# Exemplo de Aplicação

- Regra de decisão (associadas ao nó Região):



1.4 declividade 10



-0.01 entropia 1.5

# Exemplo de Aplicação

- Regra de decisão (associadas ao nó Região):

Serras\_Montanhas\_Morros

$\text{dens\_drenagem} < 2$

Membership(Min)

$\text{dem\_ser\_mor}(\text{elevacao})$

$\text{decli\_ser\_mor}(\text{declividade})$

ColinasSedimentares

Membership(Min)

$\text{dem\_col}(\text{elevacao})$

$\text{entro\_col}(\text{entropia})$

$\text{decli\_col}(\text{declividade})$

PlaniciesAluviais

Membership(Min)

$\text{entro\_plan\_fluv}(\text{entropia})$

$\text{decli\_plan\_alv}(\text{declividade})$

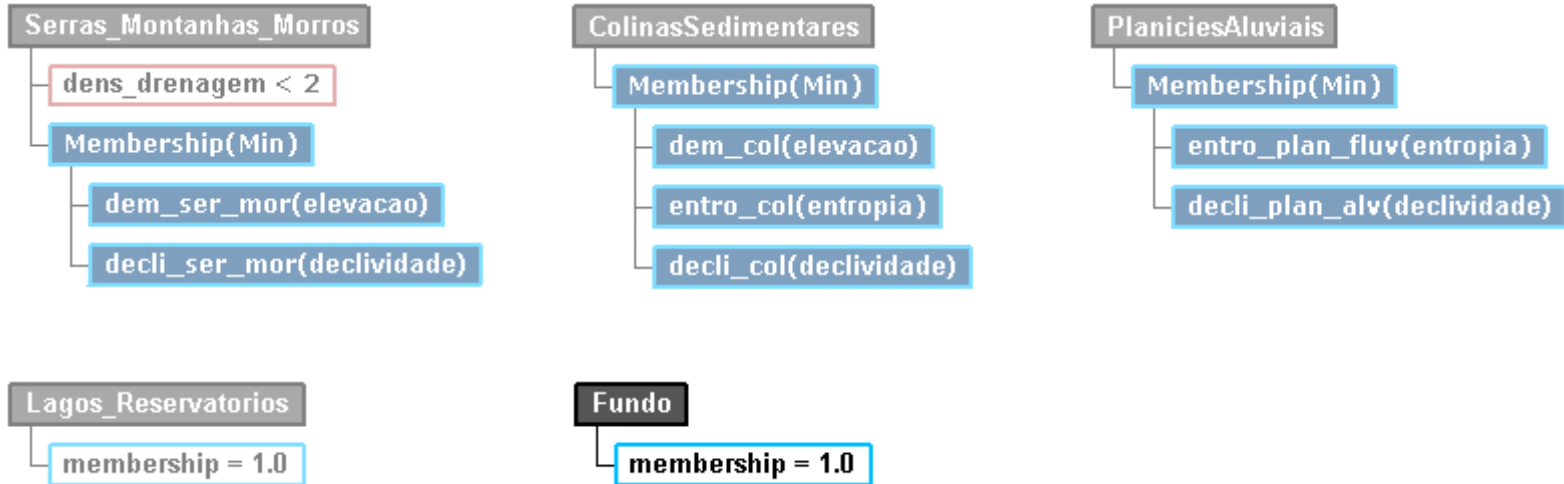
Lagos\_Reservatorios

$\text{membership} = 1.0$



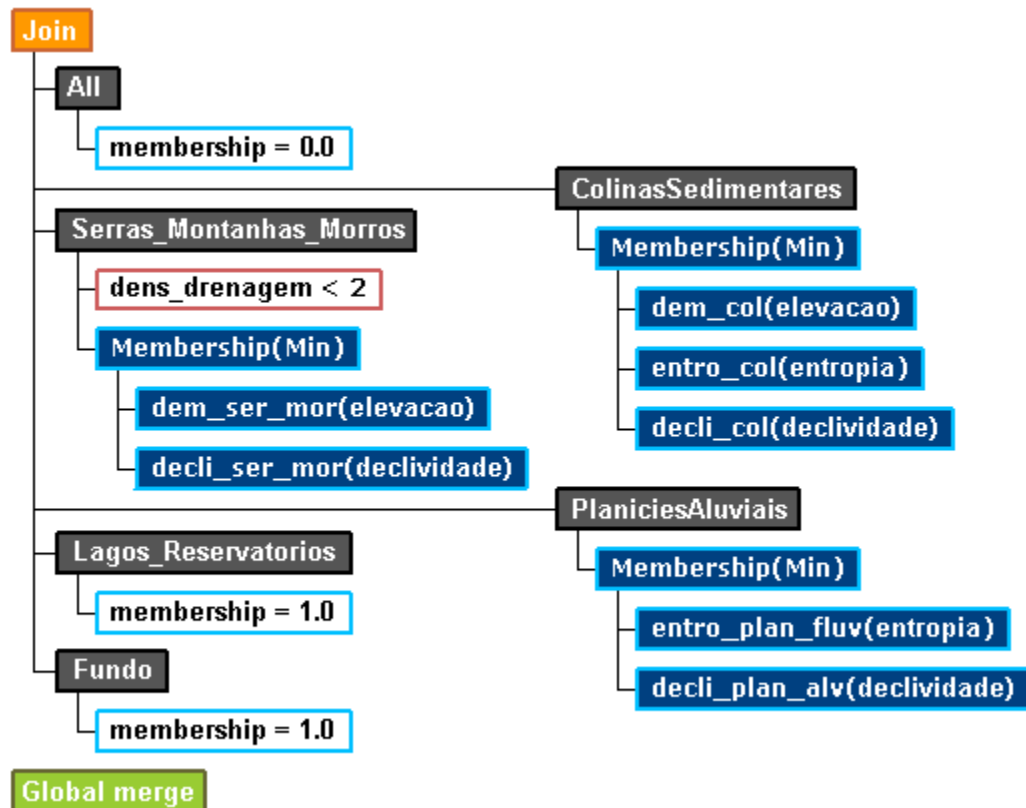
# Exemplo de Aplicação

- Regra de decisão (associadas ao nó Região):



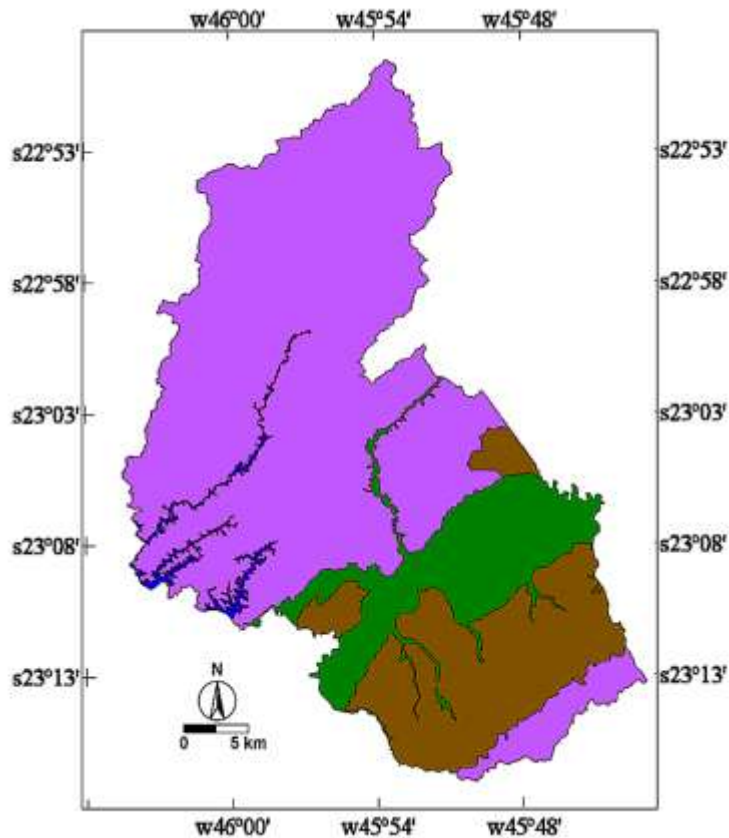
# Exemplo de Aplicação

- Regra de decisão (associadas ao nó Região):

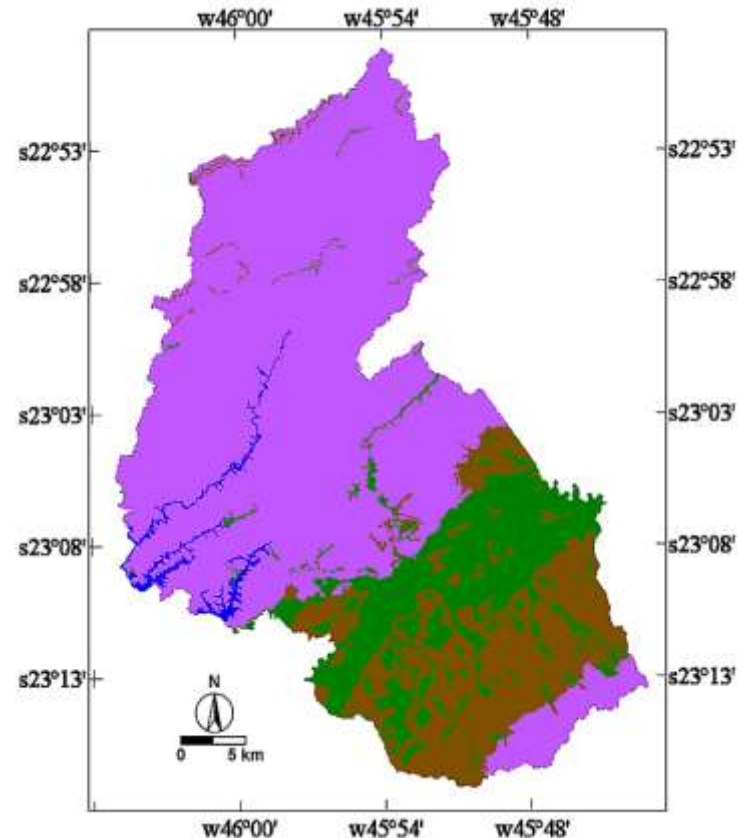


# Exemplo de Aplicação

Mapa de referência



Interpretação automática



■ Serras/Montanhas/Morros   ■ Colinas Sedimentares   ■ Planícies Aluviais   ■ Reservatórios

# Exemplo de Aplicação

		Mapa de Referência			
		Serras e Montanhas	Colinas Sedimentares	Planícies Aluviais	Lagos e Reservatórios
Classificação	Serras e Montanhas	<b>4290</b>	11	10	0
	Colinas Sedimentares	70	<b>597</b>	36	0
	Planícies Aluviais	41	97	<b>298</b>	0
	Lagos e Reservatórios	0	0	0	<b>227</b>

**Acurácia Global:** 0,9533

**Índice Kappa:** 0,8802

	Acurácia do Produtor	Acurácia do Usuário
Serras e Montanhas	0,975	0,995
Colinas Sedimentares	0,847	0,849
Planícies Aluviais	0,866	0,683
Lagos e Reservatórios	1,000	1,000

# Referências

M. Baatz, M. Schäpe, 2000

Multiresolution segmentation - An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation

In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds.), *Angewandte Geographische Informations- Verarbeitung XII*. Wichmann Verlag, Karlsruhe, pp.12-23.

T. Blaschke, 2010

Object based image analysis for remote sensing

*ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65, pp.2-16

T. Blaschke, 2005

A framework for change detection based on image objects

In: Erasmi, S., Cyffka, B., Kappas, M. (Eds.), *Göttinger Geographische Abhandlungen* 113. Göttingen, pp. 1-9.

T. Blaschke, J. Strobl, 2001

What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS

*GIS Zeitschrift für Geoinformationssysteme* 14 (6), pp.12-17.

G. Câmara, R.C.M. Souza, U. M. Freitas. J. C. P. Garrido, 1996

Spring: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling

*Computers and Graphics* 15 (6), pp.13-22.

G. Castilla, G. J. Hay, 2008

Image objects and geographic objects

In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. J. (eds) *Object Based Image Analysis - Spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications.*, Chapter 1.5. pp. 97-112 Springer. 700 p.



# Referências

R. Gamanya, P. De Maeyer, M. De Dapper, 2009

Object-oriented change detection for the city of Harare, Zimbabwe  
Expert Systems with Applications 36 (1), pp. 571-588.

R.M. Haralick, L.G. Shapiro, 1992

Computer and Robot Vision. Addison-Wesley Publishing Company, Volume I, 1992.

G.J. Hay and G. Castilla, 2008

Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline

In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. (Eds.), Object Based Image Analysis. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 93-112.

K. Johansen, L.A. Arroyo, S. Phinn, 2009

Comparison of geo-object based and pixel-based change detection of riparian environments using high spatial resolution multi-spectral imagery

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 75 (10)

E. F. Lambin, 1996

Change detection at multiple temporal scales: Seasonal and annual variations in landscape variables

Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 62 (8), pp. 931-938.

S. Lang, F. Albrecht, T. Blaschke, 2006

OBIA-Tutorial – Introduction to Object-Based Image Analysis, V 1.0 – Salzburg.

# Referências

M. Neubert, H. Herold, G. Meinel, 2008

Assessing image segmentation quality - Concepts, methods and application.

In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G.J. (Eds.), Object Based Image Analysis. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 760-784.

A. Raza, W. Kainz, 2002

An object-oriented approach for modeling urban land use changes.

Journal of the Urban and Regional Information Systems Association (URISA) 14 (1), pp 37-55.

E. Schöpfer, S. Lang and F. Albrecht, 2008

Object-fate analysis - Spatial relationships for the assessment of object transition and correspondence

In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G.J. (Eds.), Object Based Image Analysis. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 785-801.

X. Zhang et al., 2003

Monitoring vegetation phenology using MODIS

Remote Sensing of Environment 84, pp. 471- 475



**INTERIMAGE**<sup>®</sup>  
interpreting images freely

# Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto Baseada em Objetos com Uso do Sistema InterIMAGE

**Gilson A. O. P. Costa**  
*[gilson@ele.puc-rio.br](mailto:gilson@ele.puc-rio.br)*