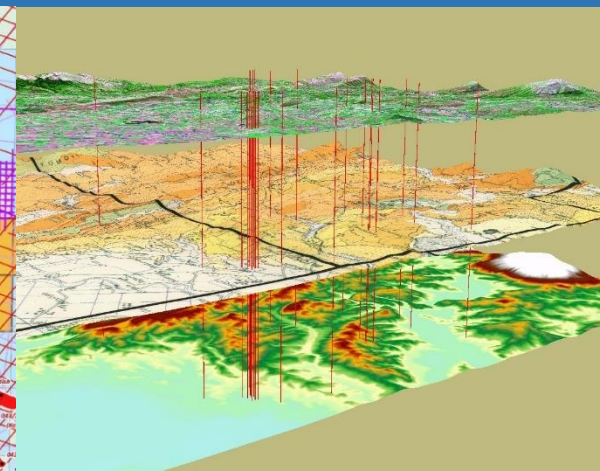
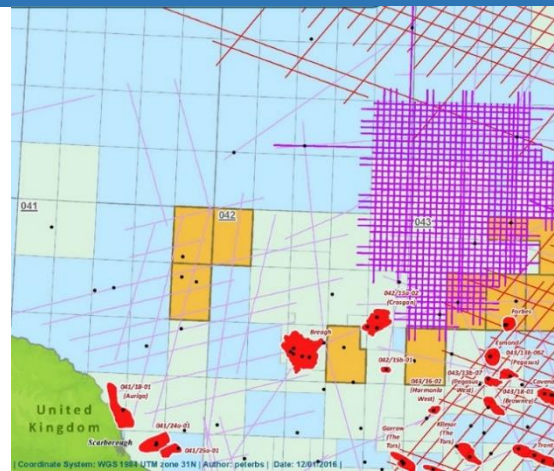
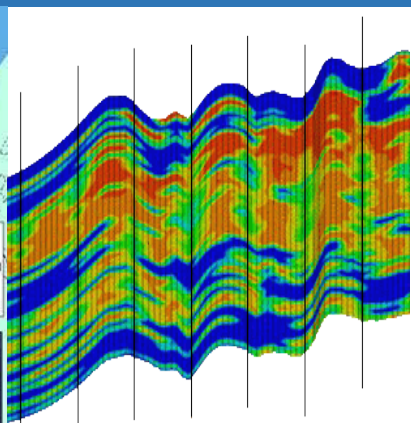
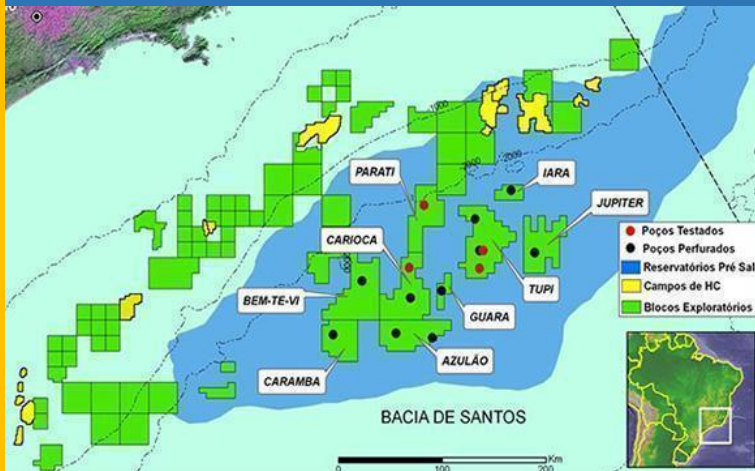


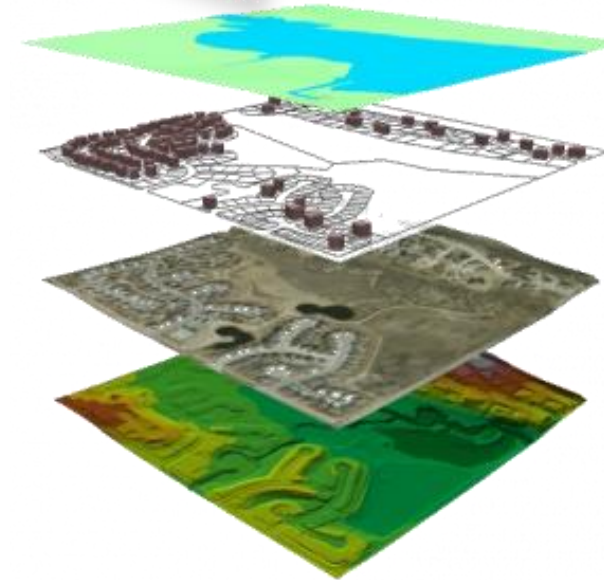
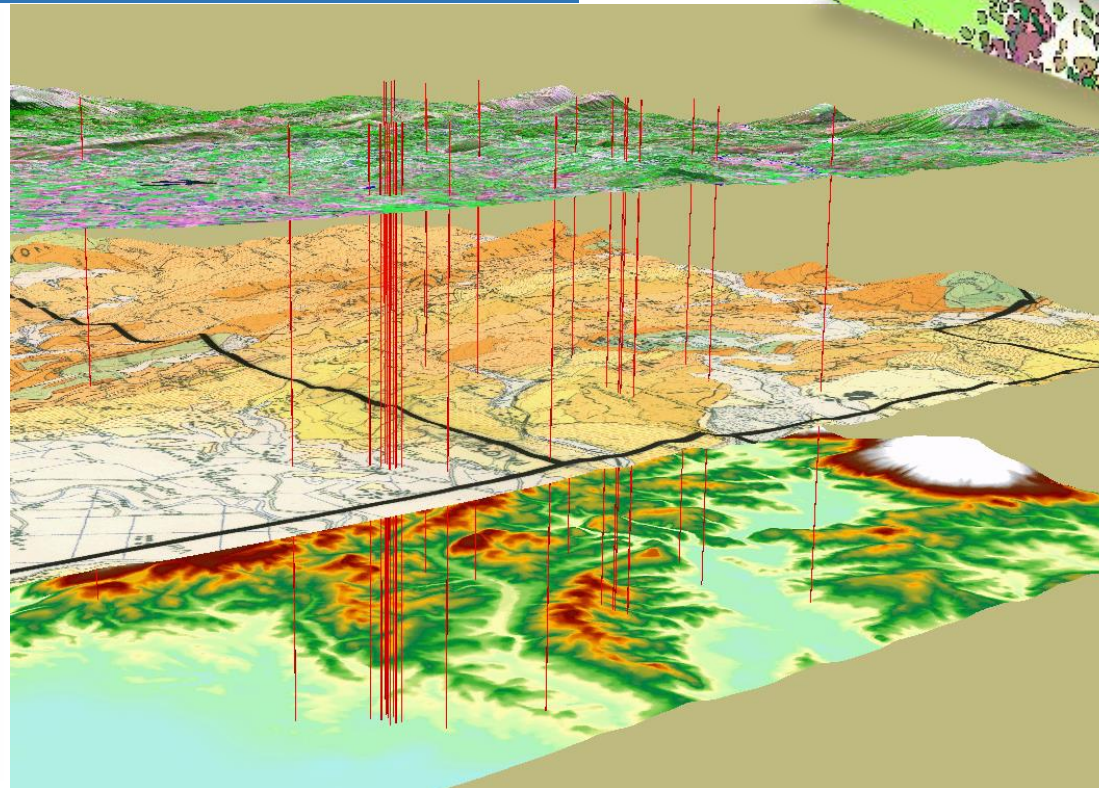
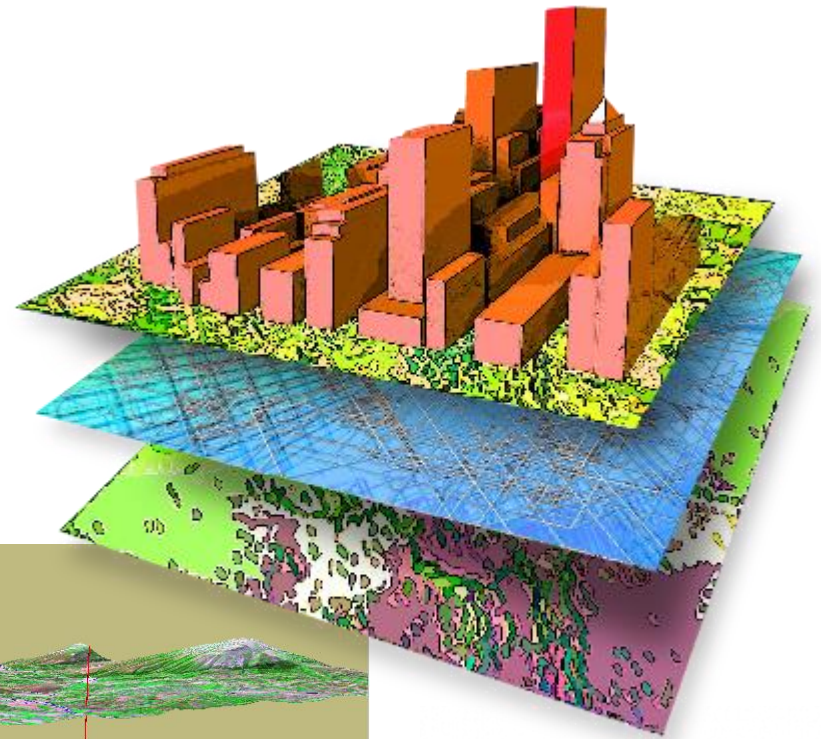


PMI 3331 – GEOMÁTICA APLICADA À ENGENHARIA DE PETRÓLEO





# SIG: OPERAÇÕES EM BANCOS DE DADOS





# Escala e Resolução

## Dados espaciais são especiais!

### Escala

- Um padrão espacial em uma escala pode ser simplesmente uma variação aleatória em outra escala.

### Indexação Espacial

- Modelos de dados geográficos
- Topologia
- Medidas de proximidade
- Incerteza (“Borda” / “MAUP”)

*Fonte: Adaptado de Bailey e Gatrell, 1995*





# Escala e Resolução

- Superfície da terra é quase infinitamente complexa;  
Ex: Linha de Costa.
- **Resolução espacial** é um termo dado para um limite de distância abaixo do qual os detalhes são desnecessários, irrelevantes ou imperceptíveis;
- Escala, uma fração representativa, que é a razão das distâncias no mapa e suas distâncias correspondentes no mundo real.

*Fonte: Adaptado de Smith, Goodchild e Longley, 2013*







# Modelo de Dados

Modelo de Dados	Exemplo de aplicação
<b>Computer-aided design (CAD)</b>	Desenho ou projeto de engenharia automatizado
<b>Gráfico (não-topológico)</b>	Mapeamento comum
<b>Imagem</b>	Processamento de imagens e análises de <i>grids</i> simples
<b>Raster/grid</b>	Análise espacial e modelagem, especialmente em aplicações de recursos ambientais e naturais
<b>Vetor/Georreferenciado</b>	Operações sobre as feições geométricas dos dados vetoriais em cartografia, análise sócioeconômica e de recursos, e modelagem
<b>Redes</b>	Análise de redes aplicada ao transporte, hidrologia e utilitários
<b>Triangulated irregular network (TIN)</b>	Visualização de superfície/terreno
<b>Objeto</b>	Operações em todos os tipos de entidades (varredura / vetor / TIN etc) em diversos tipos de aplicações.

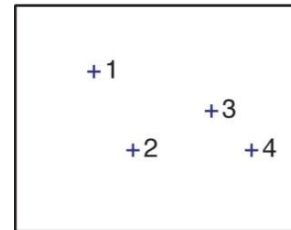
(Source: after ESRI 1997)



# Modelos de Dados Geográficos

## Vetor

Points

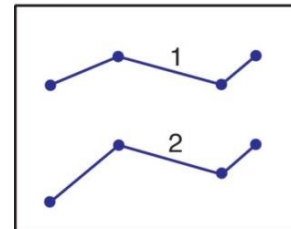


Point number

(x,y) coordinates

1	(2,4)
2	(3,2)
3	(5,3)
4	(6,2)

Polylines

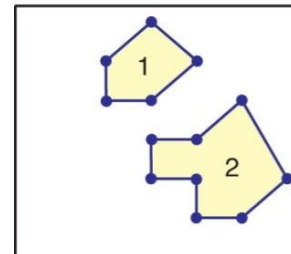


Polyline number

(x,y) coordinates

1	(1,5) (3,6) (6,5) (7,6)
2	(1,1) (3,3) (6,2) (7,3)

Areas



Area number

(x,y) coordinates

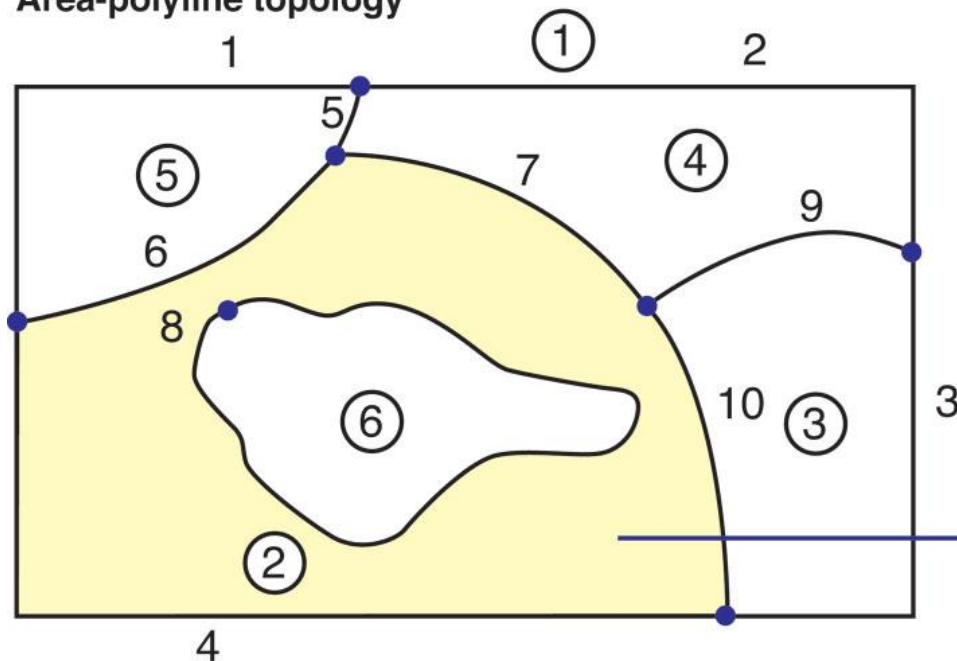
1	(2,4) (2,5) (3,6) (4,5) (3,4) (2,4)
2	(3,2) (3,3) (4,3) (5,4) (6,2) (5,1) (4,1) (4,2) (3,2)

(Source: after ESRI 1997)



# Vetores: estrutura topológica

Area-polyline topology



Area-polyline list

POLY	POLYLINE
1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
2	4,6,7,10,0,8
3	3,10,9
4	7,5,2,9
5	1,5,6
6	8

Polyline coordinate list

POLYLINE	(x,y) coordinates
1	(5,3) (5,5) (8,5)
2	(8,5) (20,5) ...
3	(20,4) (20,1) ...
4	(18,1) (5,1) (5,3)
5	(7,4) (8,5)
6	(7,4) (6,3) ...
7	
8	
9	
10	

The polygons are made up of the polylines shown in the area polyline list. The lines are made up of the coordinates shown in the line coordinate list.

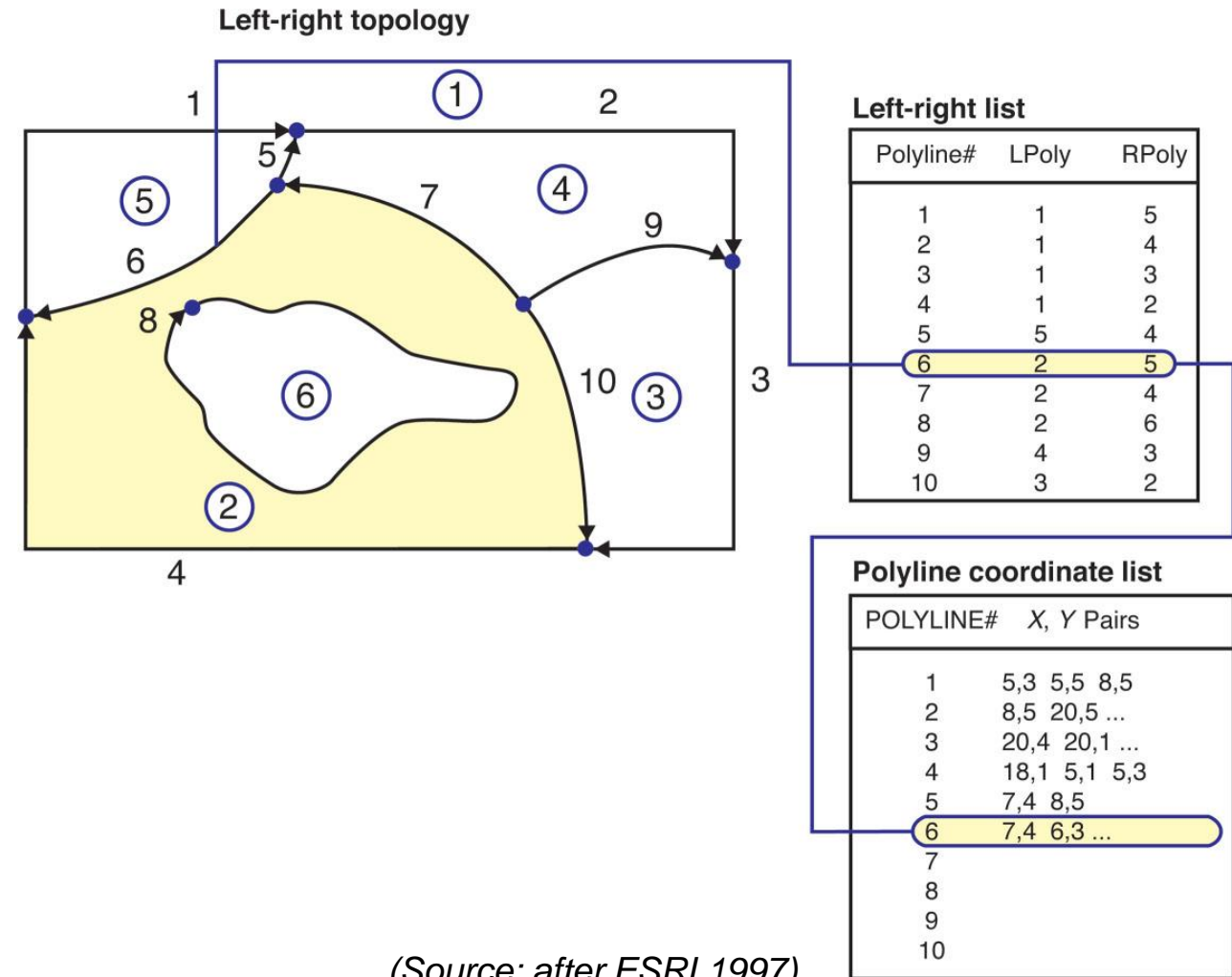
(Source: after ESRI 1997)





# Vetores: estrutura topológica

For each polyline the left and right polygons are stored with the geometry data



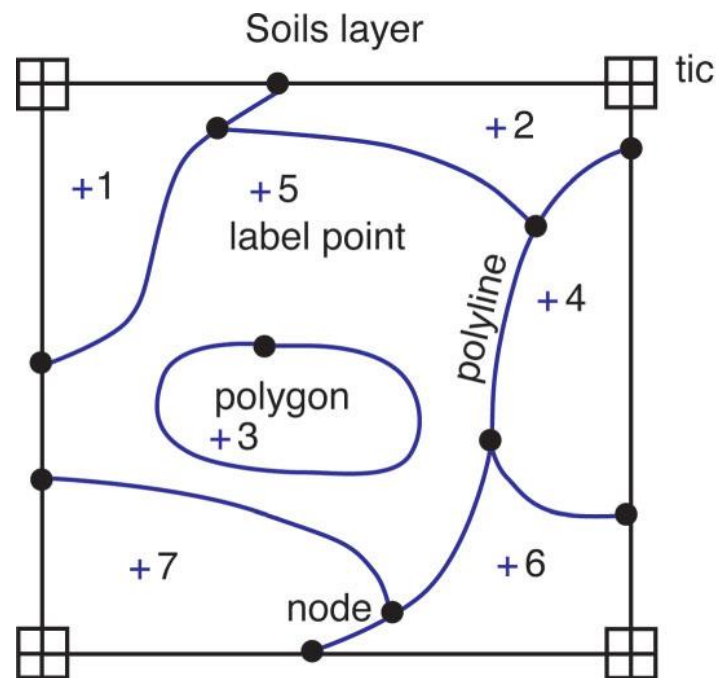
(Source: after ESRI 1997)



# Vetores: relação com atributos

## Relational DataBase Management System (RDBMS)

Each of the polygons is linked to a row in an RDBMS table. The table has multiple attributes, one in each column.



Soils attributes

ID	Soil	Class	Suitability
1	A3	113	HIGH
2	C6	95	LOW
3	B7	212	MODERATE
4	B13	201	MODERATE
5	Z22	86	LOW
6	A6	77	HIGH
7	A1	117	LOW

(Source: after ESRI 1997)



# Modelos de Dados Geográficos

Vetor: operações em um mapa, em dois mapas ou em múltiplos.

Em **um** mapa:

- Seleção por atributo
- Classificação por atributo
- Seleção por relação espacial: adjacência, continência, etc

Em **dois** mapas:

- Overlay

Em **múltiplos** mapas:

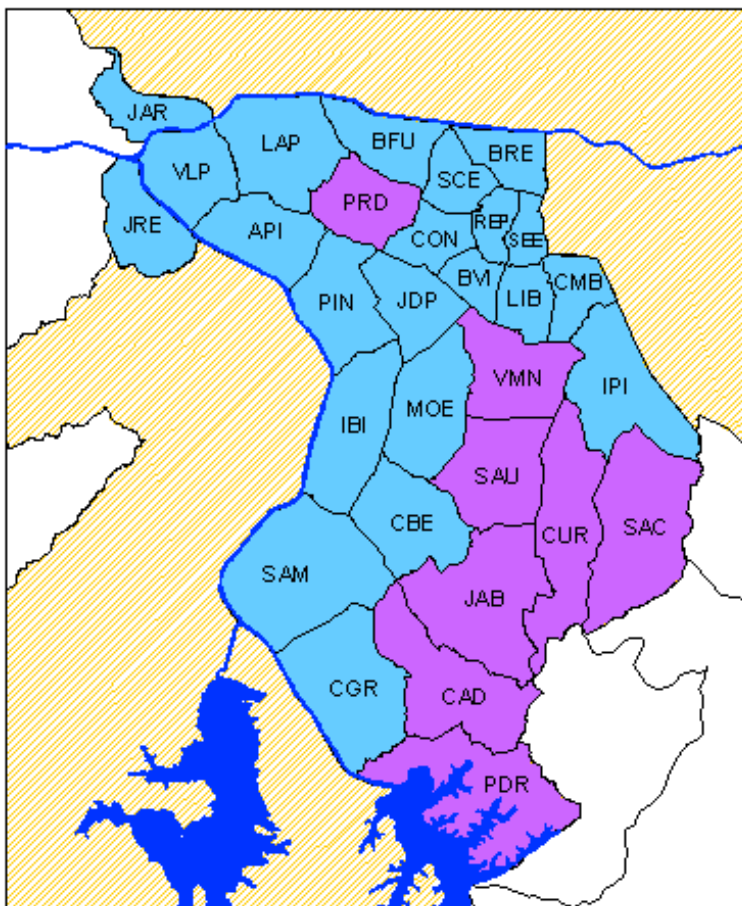
- Seleção por atributo







# Vetores: seleção por atributo



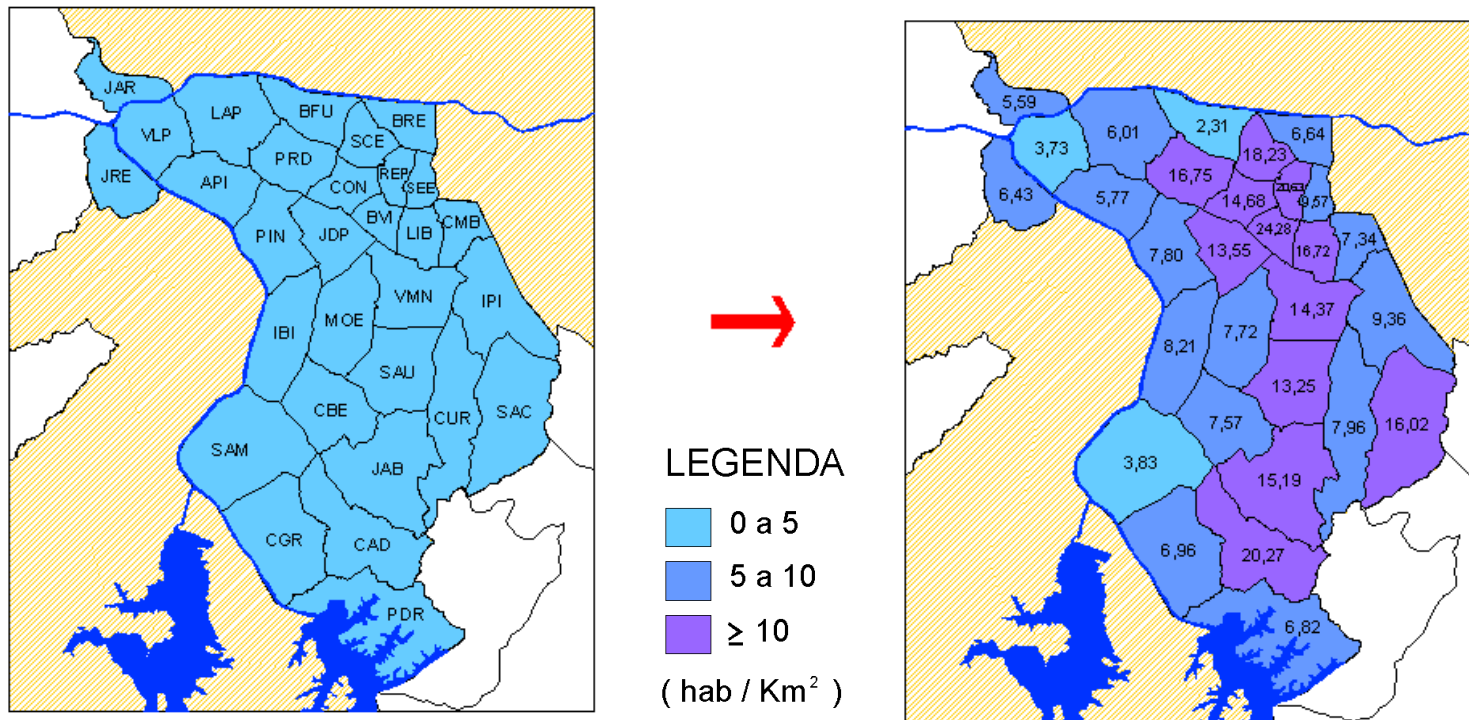
- condições de seleção são geralmente formalizadas com uso dos operadores:
  - “menor que” (<)
  - “maior que” (>)
  - “igual” (=)
  - “diferente” (<>)
  
- **exemplo:** seleção dos distritos municipais com: população > 100.000 hab.

Operação: classificação dos distritos municipais por classe de densidade populacional.



# Vetores: classificação por atributo

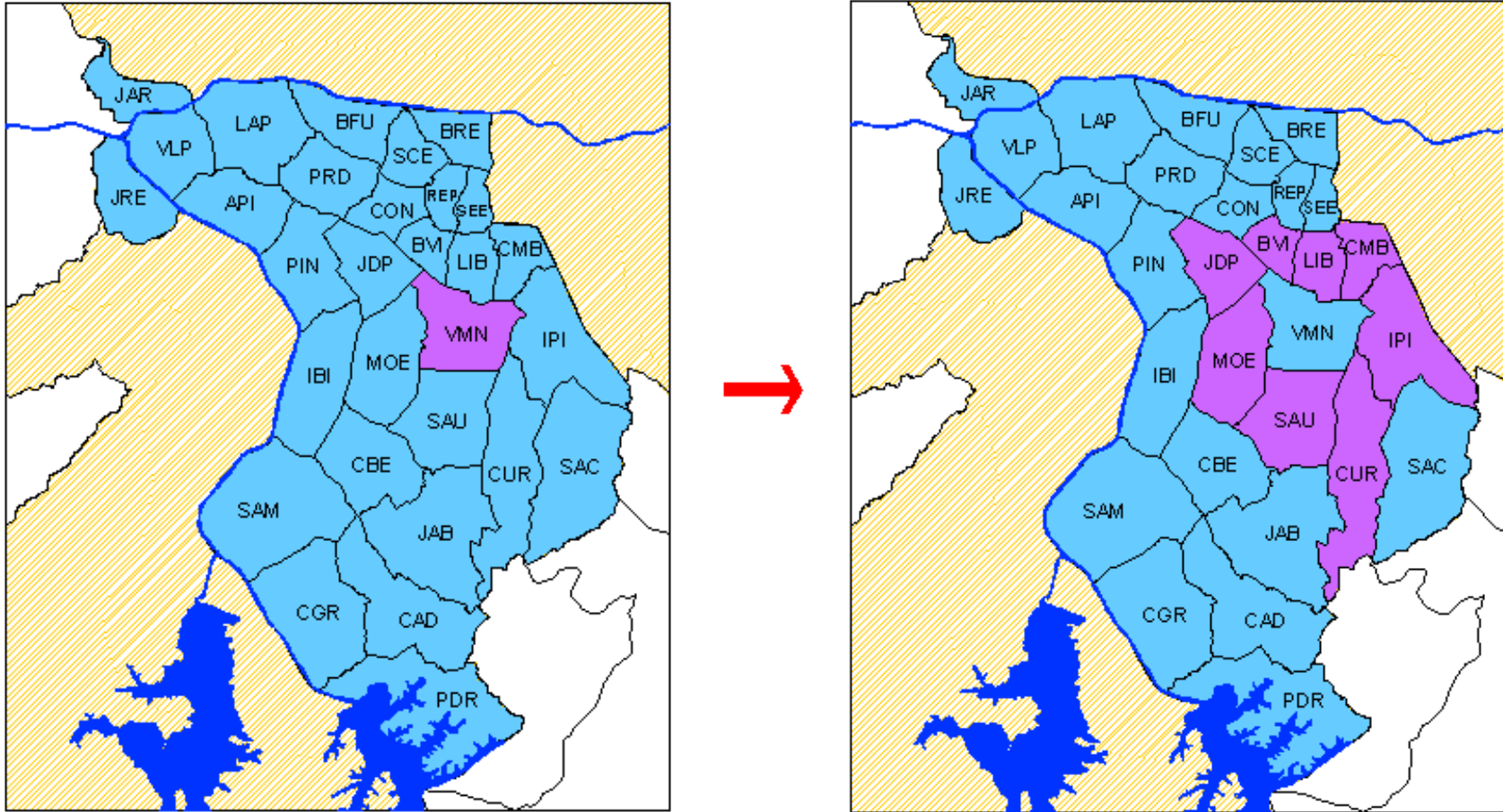
Divisão de objetos geográficos em categorias, segundo um conjunto de condições e critérios.



Operação: classificação dos distritos municipais por classe de densidade populacional.



# Vetores: seleção por atributo e adjacência

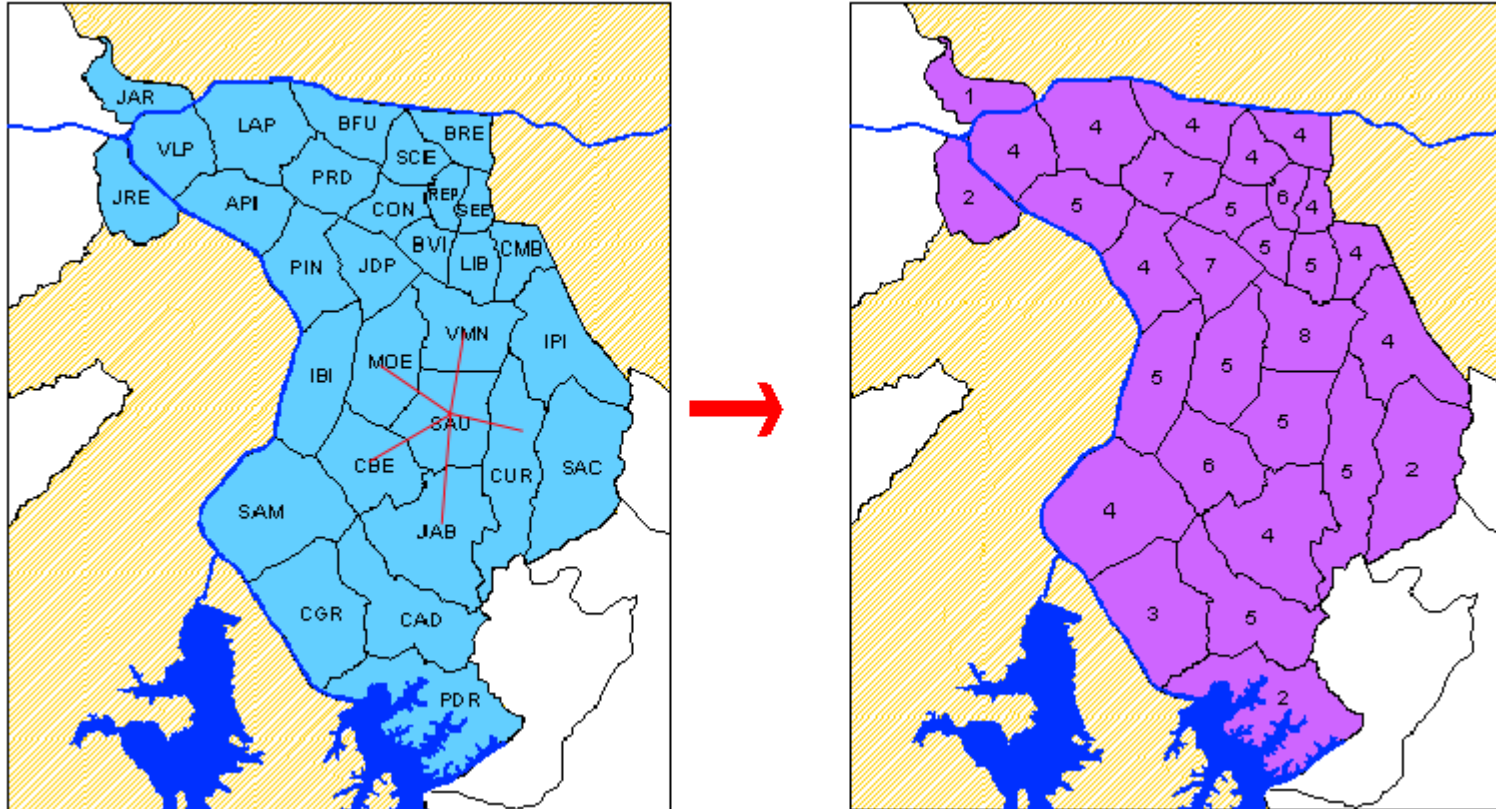


Operação: seleção de todos os distritos municipais adjacentes ao Distrito Vila Mariana.





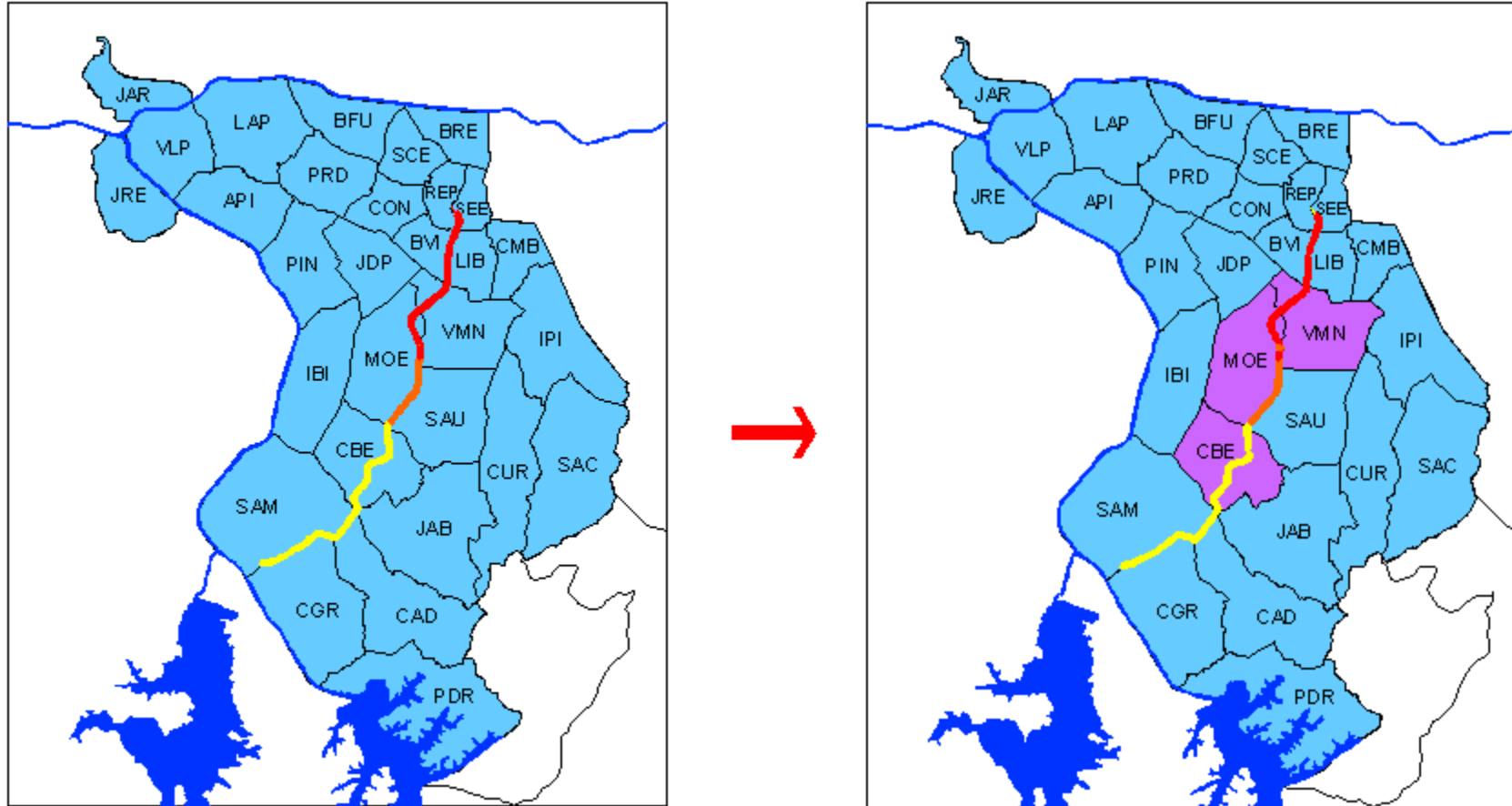
# Vetores: seleção por adjacência



Determinação do número de distritos vizinhos para cada distrito municipal  
SAL=5



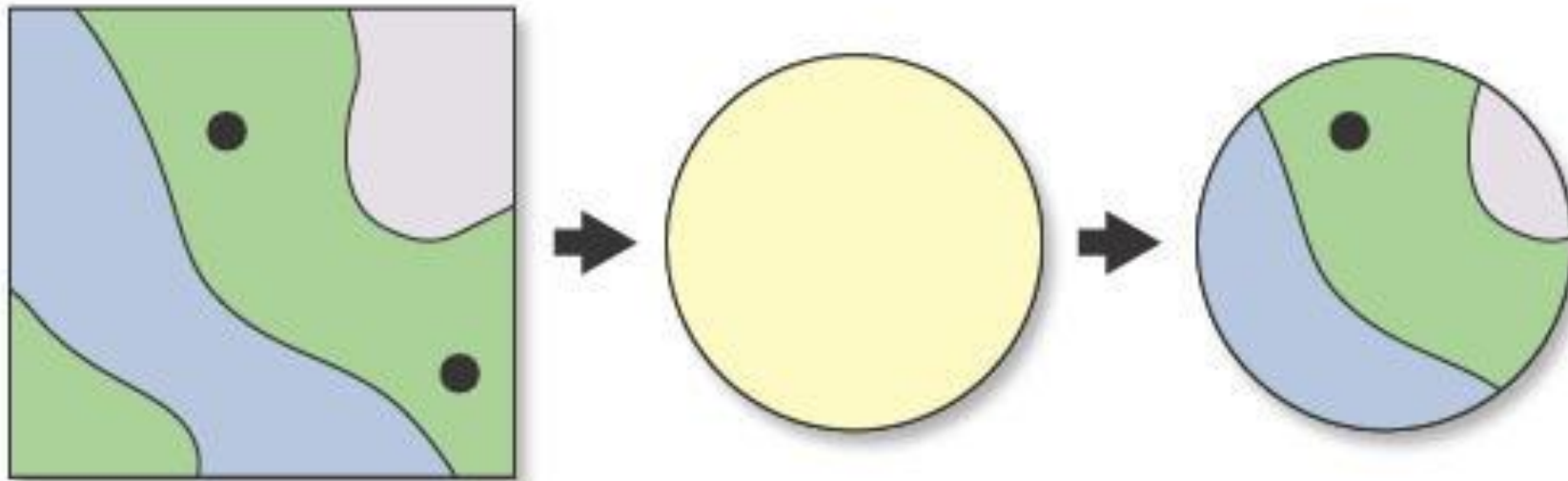
# Vetores: seleção por atributo e continência



**Operação:** seleção de todos os distritos municipais que contêm trechos do eixo viário formado pelas Avenidas 23 de Maio/Rubem Berta/ Washington Luís.



# Vetores: Overlay & Clip



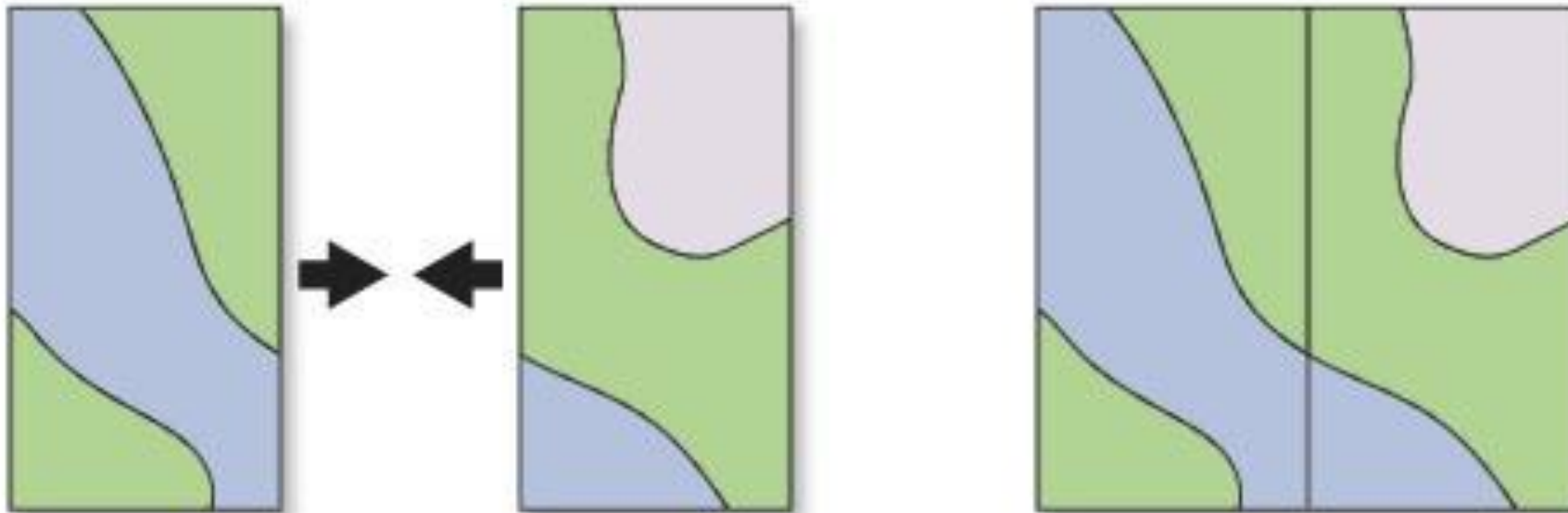
Fonte: ArcGIS, 2014







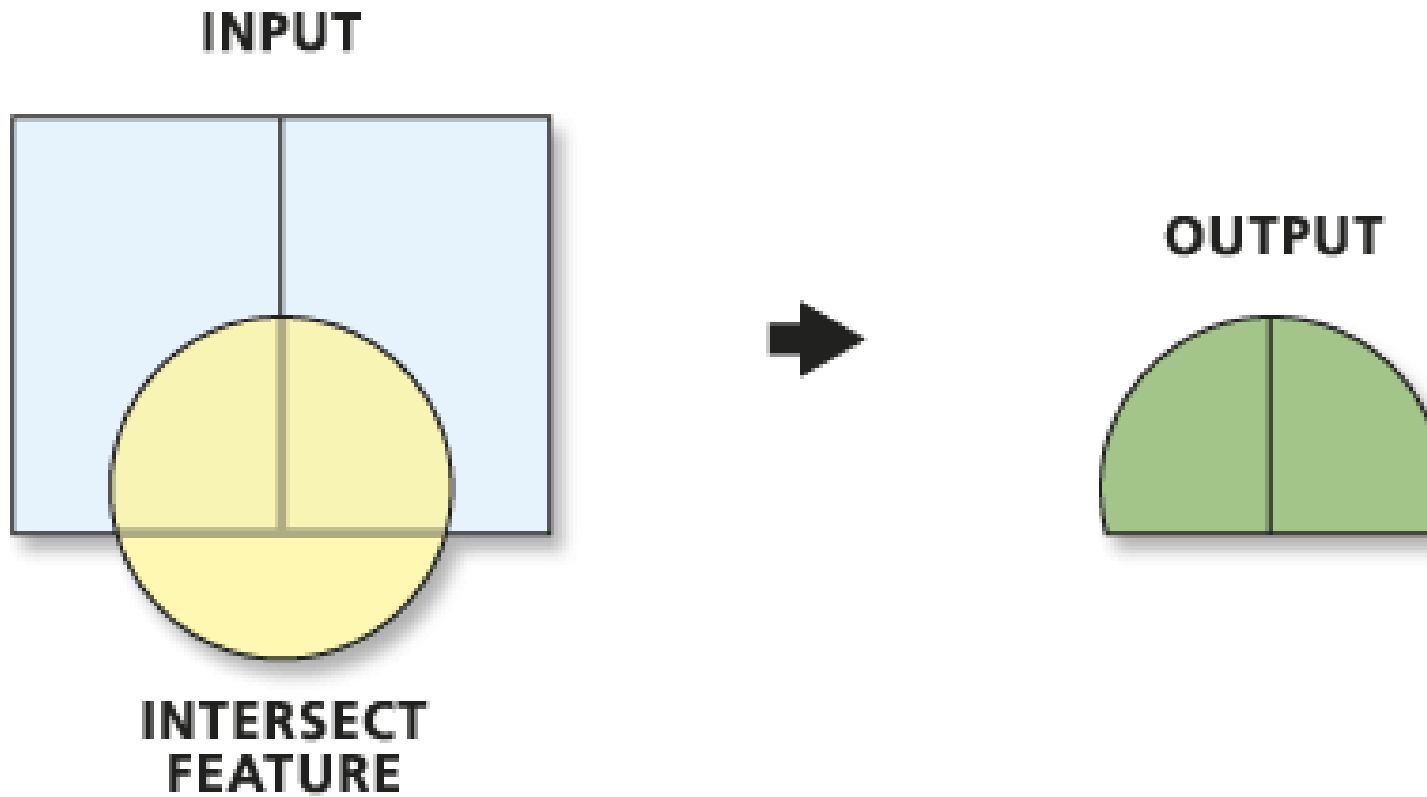
# Vetores: Overlay & Marge



Fonte: ArcGIS, 2014



# Vetores: Overlay & Intersect



Fonte: ArcGIS, 2014



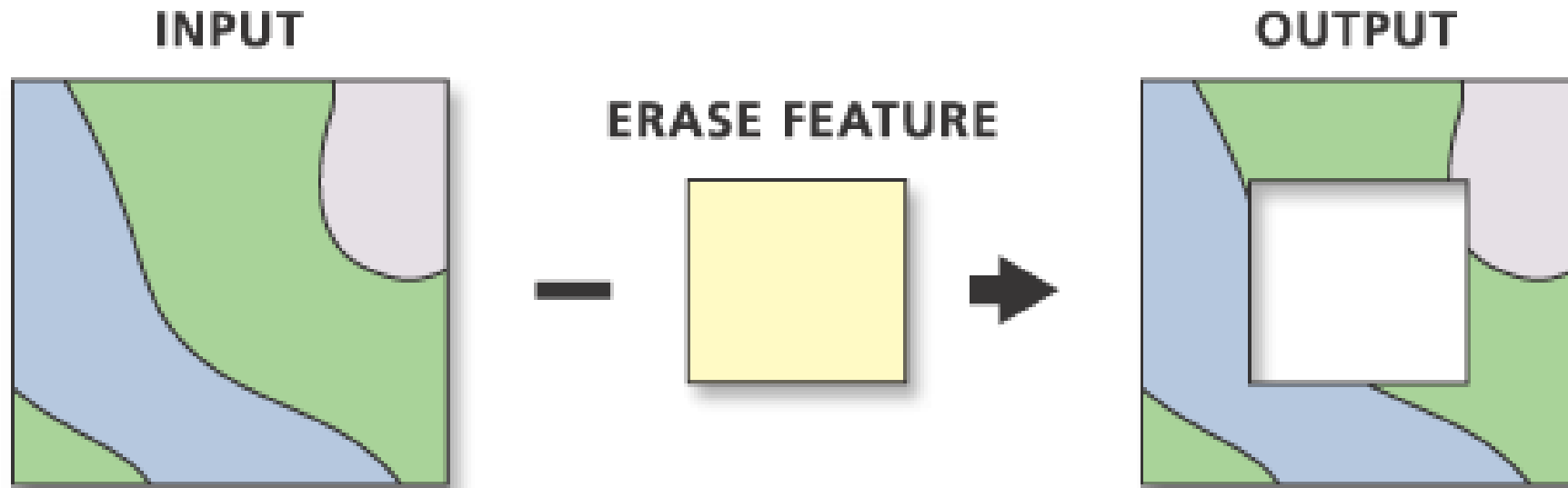
# Vetores: Overlay & Union



Fonte: ArcGIS, 2014



# Vetores: Overlay & Erase

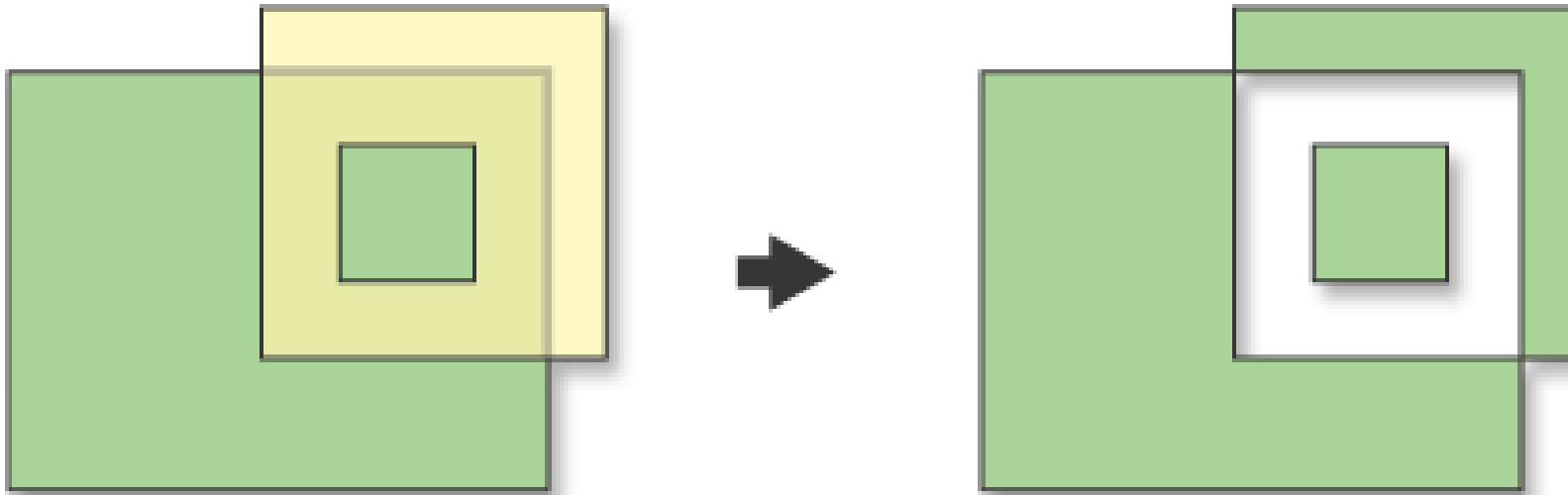


Fonte: ArcGIS, 2014





# Vetores: Overlay & Symmetrical Difference



Fonte: ArcGIS, 2014



# Modelos de Dados Geográficos

**Matriz:** tipicamente tem um único atributo associado a cada célula (x, y, z).

- Operações em um **única** matriz ou em **múltiplas**.

**Álgebra de Mapas** (Tomlin, 1983):

- Processo de combinação de mapas para matrizes de tamanhos idênticos co-registradas.
- Combinação: operações booleanas ou aritméticas.

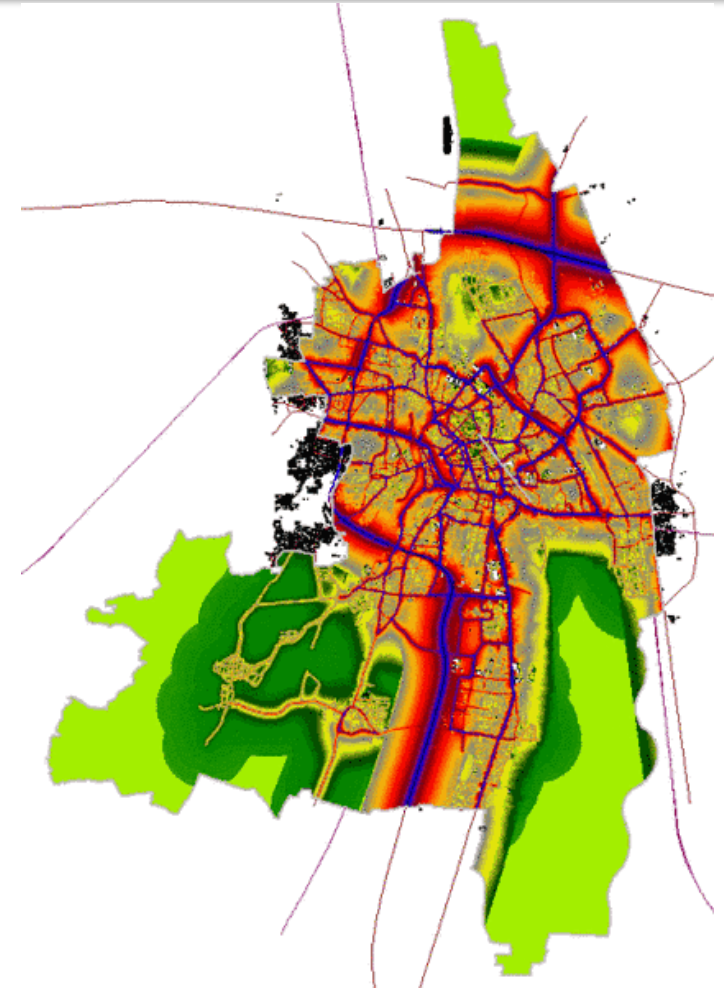
**Operações:** locais, focais, zonais e globais.



# Algebra de Mapas

## Álgebra de Mapas (Tomlin, 1983):

- Combinação: operações booleanas ou aritméticas.
- Adição de matrizes: cada célula representa o nível de ruído (L) devido a uma fonte particular, como por ex: A: estradas, B: aviões. O nível total de ruído:
  - $L = A+B+C+\dots$
- Extensão: álgebras de mapas multidimensionais (tempo), restrição: processamento.



Noise map, Augsburg

Source: Smith et al. 2015: Accon & DataKustnik GmbH, Germany



# Operações

Operações: locais, focais, zonais e globais.

- **Locais:** estatística univariada (média, máx, min, etc.), incluindo operações de reclassificação e seleção.
- **Focais:** análise de vizinhos imediatos em células regulares.
- **Zonais:** análise de vizinhos a partir de zonas irregulares pré-definidas.
- **Globais:** envolve toda a matriz, ex: matriz de custo de distância.

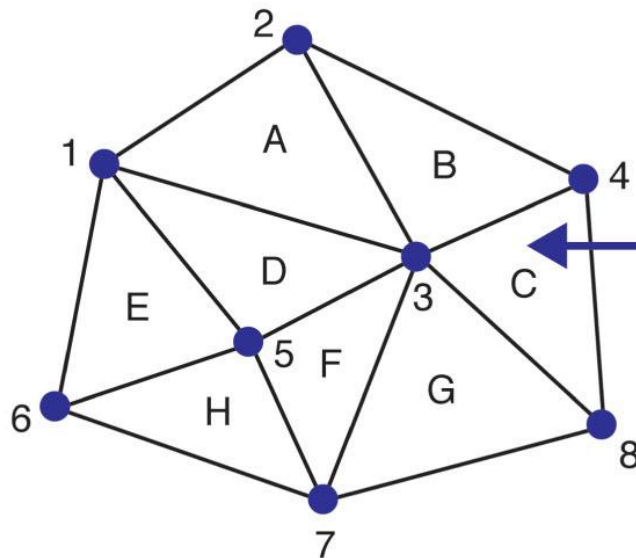






# TIN: Triangular Irregular Network

A TIN is a topologic data structure that manages information about the nodes that comprise each triangle and the neighbors to each triangle

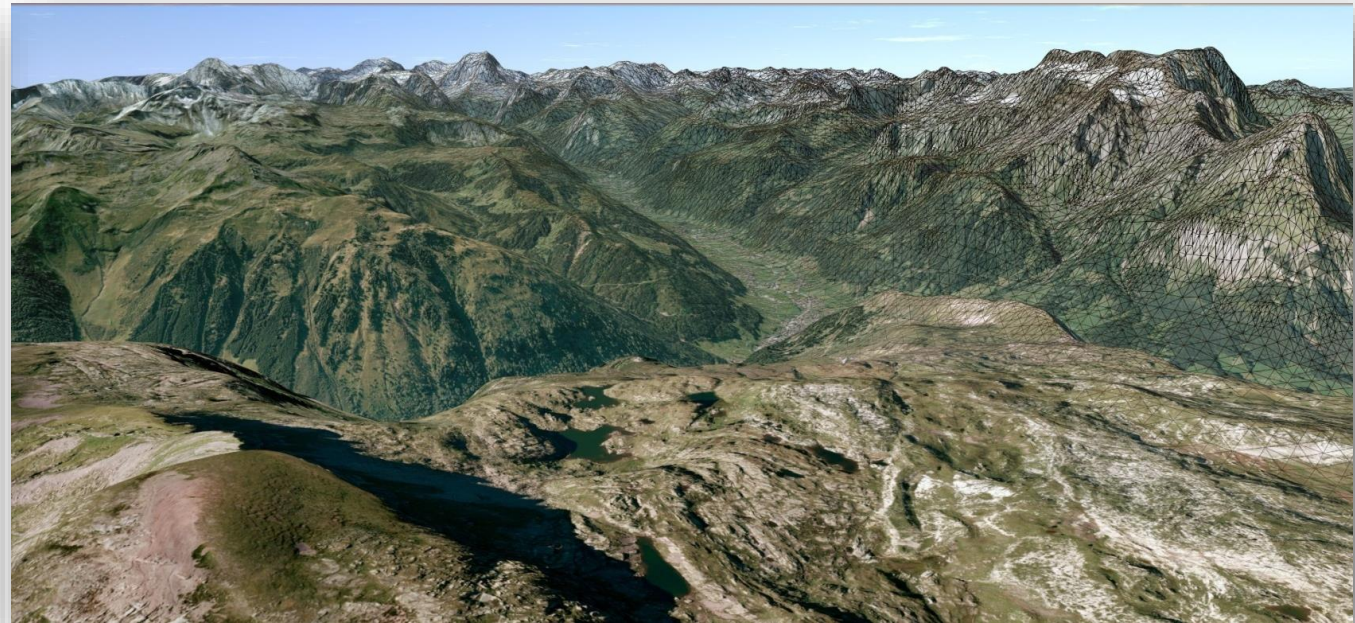
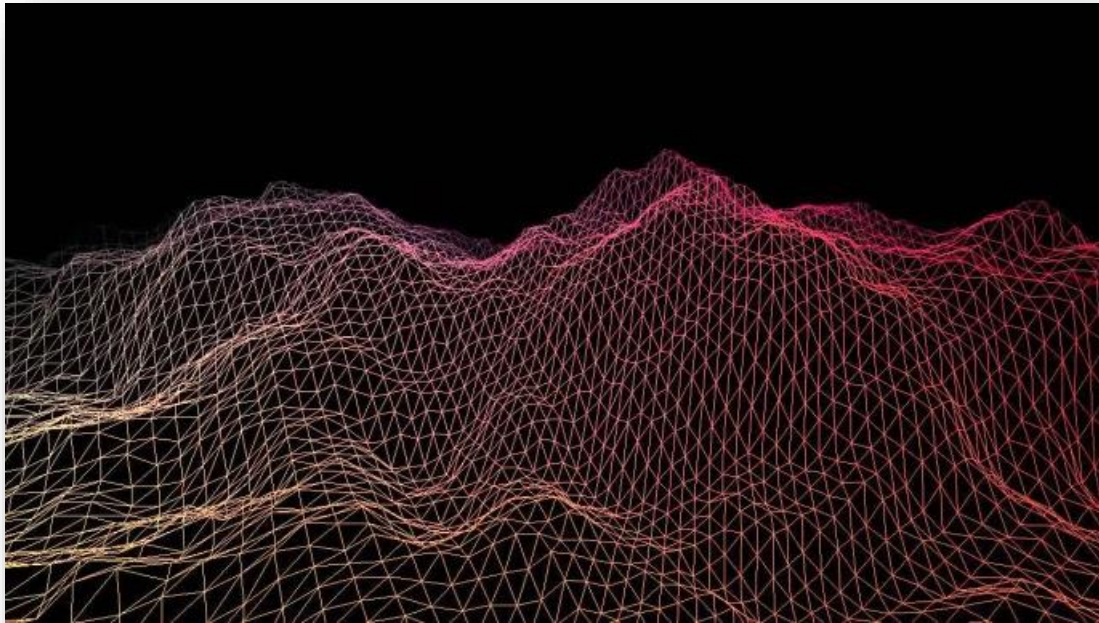


Triangle	Node list	Neighbors
A	1, 2, 3	-, B, D
B	2, 4, 3	-, C, A
C	4, 8, 3	-, G, B
D	1, 3, 5	A, F, E
E	1, 5, 6	D, H, -
F	3, 7, 5	G, H, D
G	3, 8, 7	C, -, F
H	5, 7, 6	F, -, E

Triangles always have three nodes and usually have three neighboring triangles. Triangles on the periphery of the TIN can have one or two neighbors.



# TIN: Triangular Irregular Network



*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER/GDEM)*



# Topologia

Em matemática, uma propriedade é dita como topológica se resiste à “distorções”:

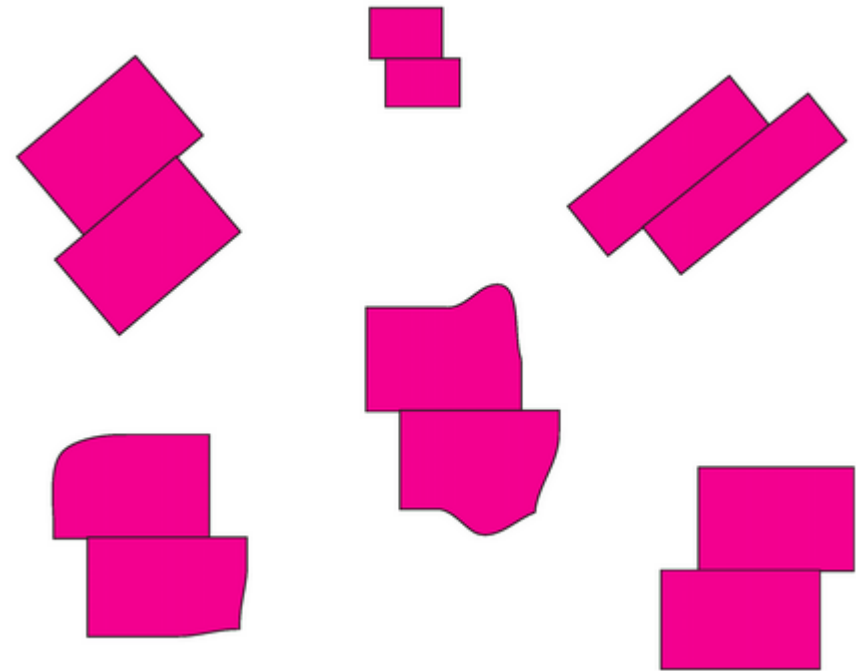
- Dimensionalidade: a distinção entre pontos, linhas, áreas e volume
- Adjacência: tocar
- Conectividade: ligação entre ruas
- Continência: ponto dentro de uma área





# Topologia

- Duas áreas com fronteiras em comum, ainda que ocorram distorções na forma das áreas, estas continuarão em contato.

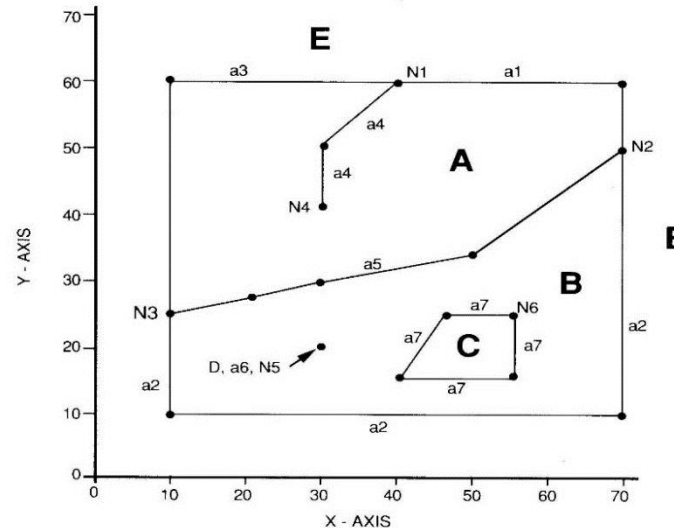






# Topologia

- O computador depende de **definições explícitas** de como as feições estão **relacionadas** entre si;
- Estudo das **propriedades geométricas** que **não variam** mediante uma **deformação** (proximidade, vizinhança)



## SPATIAL DATA ENCODING

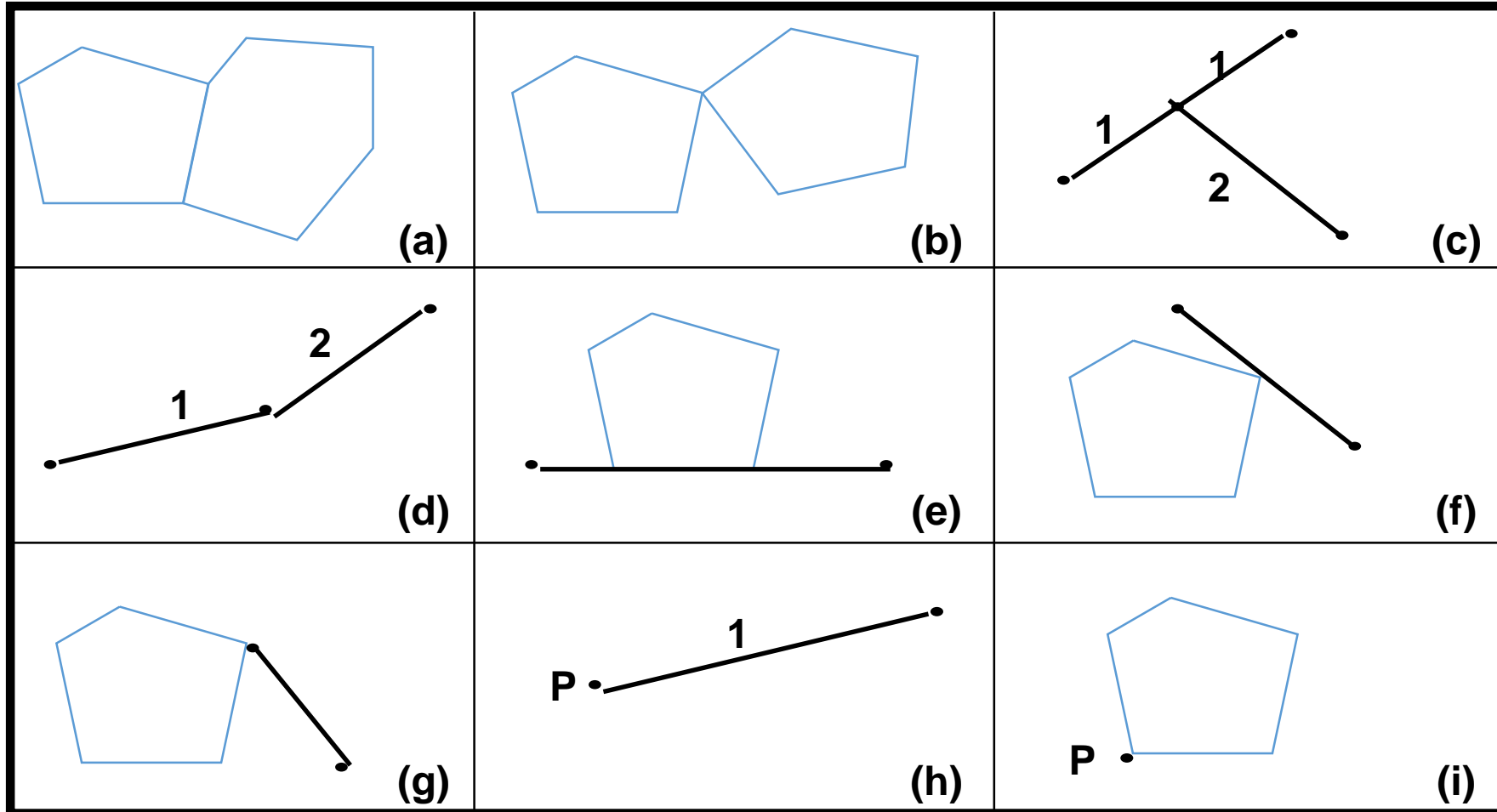
POLYGON TOPOLOGY		NODE TOPOLOGY		ARC TOPOLOGY				
POLYGON	ARCS	NODE	ARCS	ARC	START NODE	END NODE	LEFT POLYGON	RIGHT POLYGON
A	a1, a5, a3	N1	a1, a3, a4	a1	N1	N2	E	A
B	a2, a5, 0, a6, 0, a7	N2	a1, a2, a5	a2	N2	N3	E	B
C	a7	N3	a2, a3, a5	a3	N3	N1	E	A
D	a6	N4	a4	a4	N4	N1	A	A
E	area outside map coverage	N5	a6	a5	N3	N2	A	B
		N6	a7	a6	N5	N5	B	B
				a7	N6	N6	B	C

ARC COORDINATE DATA			
ARC	START X, Y	INTERMEDIATE X, Y	END X, Y
a1	40, 60	70, 60	70, 50
a2	70, 50	70,10; 10,10	10, 25
a3	10, 25	10,60	40, 60
a4	40, 60	30,50	30, 40
a5	10, 25	20,27; 30,30; 50,32	70, 50
a6	30, 20		30, 20
a7	55, 27	55,15; 40,15; 45,27	55, 27

Fonte: JONES, C.B. Geographical information systems and computer cartography  
 Fonte: LabGEO / EPUSP

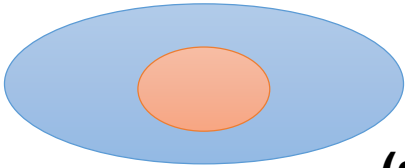
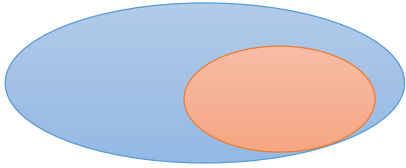
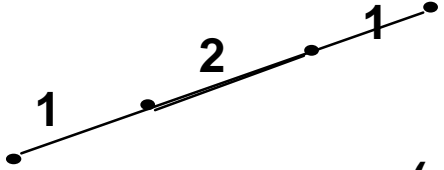
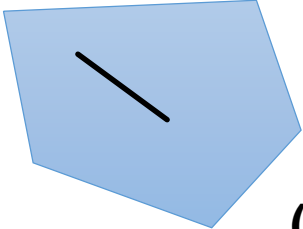
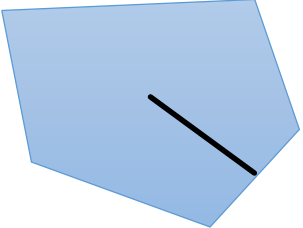
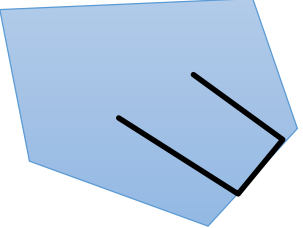
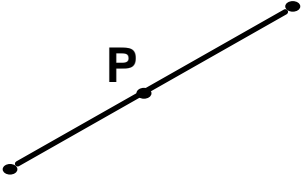
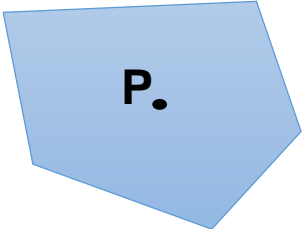



# Relações Topológicas - Adjacência





# Relações Topológicas – Pertinência

 <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>	 <p>(c)</p>
 <p>(d)</p>	 <p>(e)</p>	 <p>(f)</p>
 <p>(g)</p>	 <p>(h)</p>	 <p>(i)</p>



# Relacionamentos Espaciais

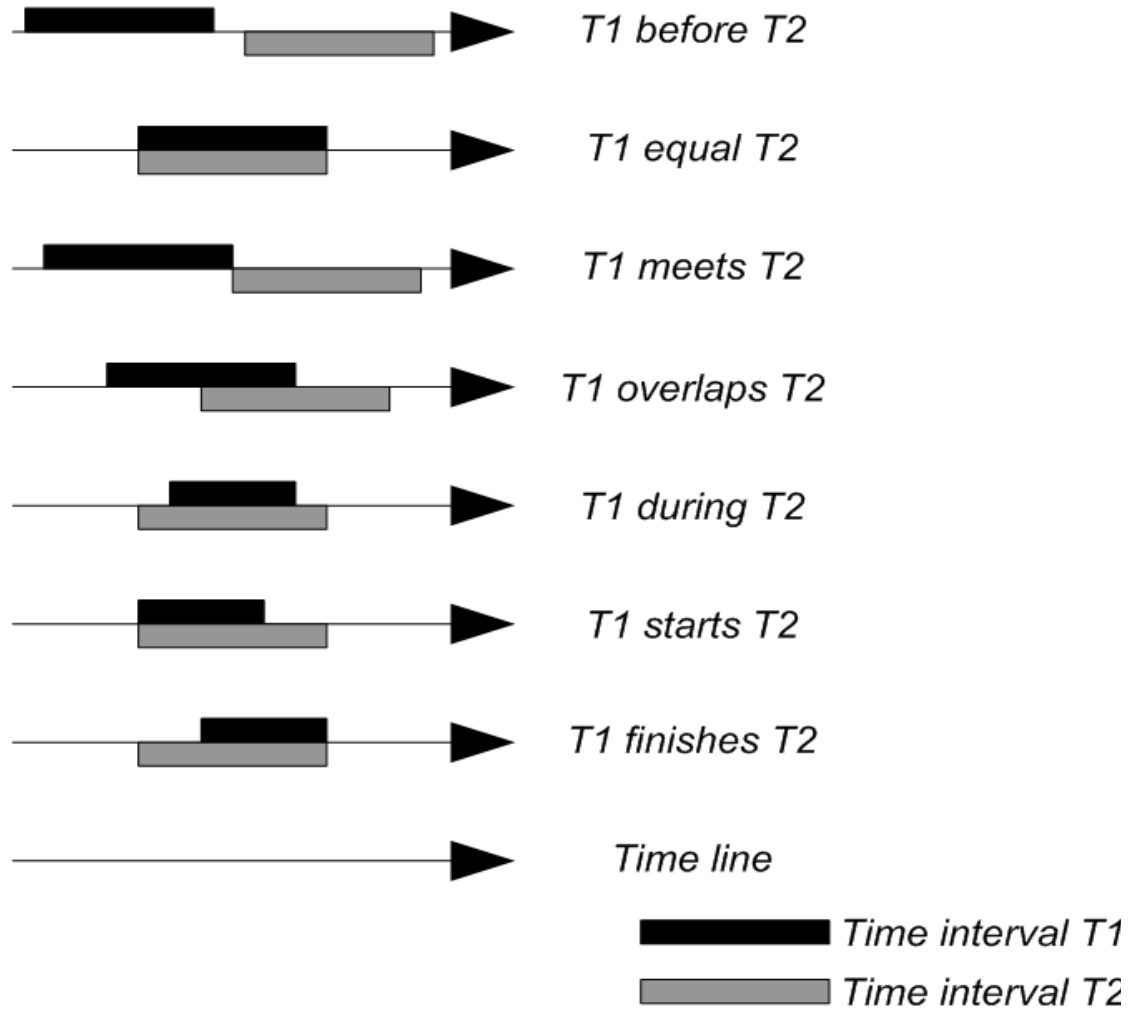
<i>t1 equal t2</i>	
<i>t1 touch t2</i>	
<i>t1 in/contain t2</i>	
<i>t1 covered/cover t2</i>	
<i>t1 overlap t2</i>	
<i>t1 disjoint t2</i>	

Egenhofer e Golledge (1988)  
Fonte: DPI / INPE














# Relacionamentos Temporais



Allen (1984)  
Fonte: DPI / INPE



# Estruturas Temporais - Síntese

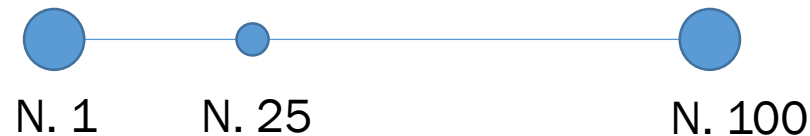
Varição	Ordem	Granularidade
Discreto 	Linear 	Instantâneo 
Continuo 	Várias Possibilidades Futuras 	Intervalo 
	Vários Passados Posíveis 	Período 
	Cíclico 	

Worboys (1995)  
Fonte: DPI / INPE



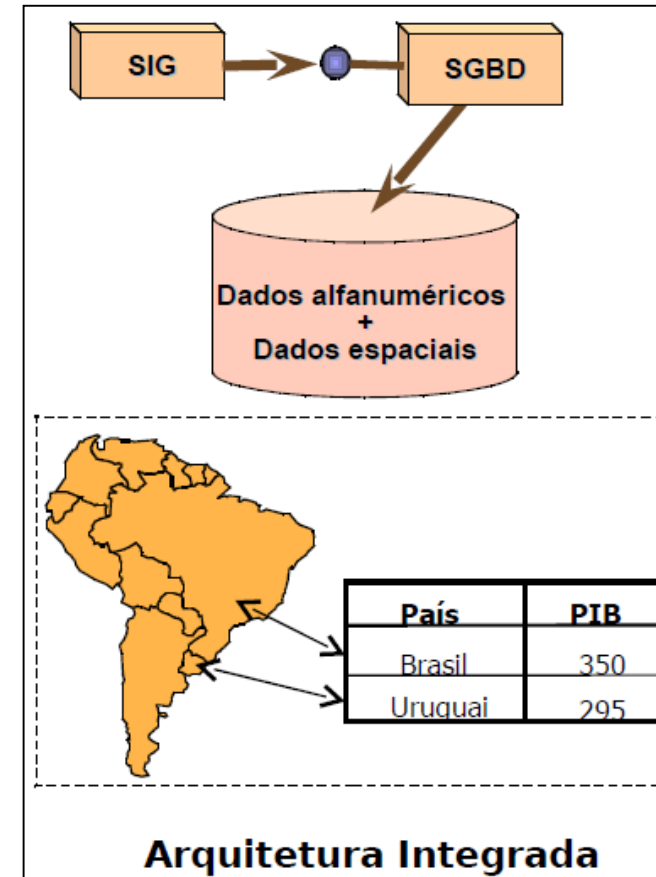
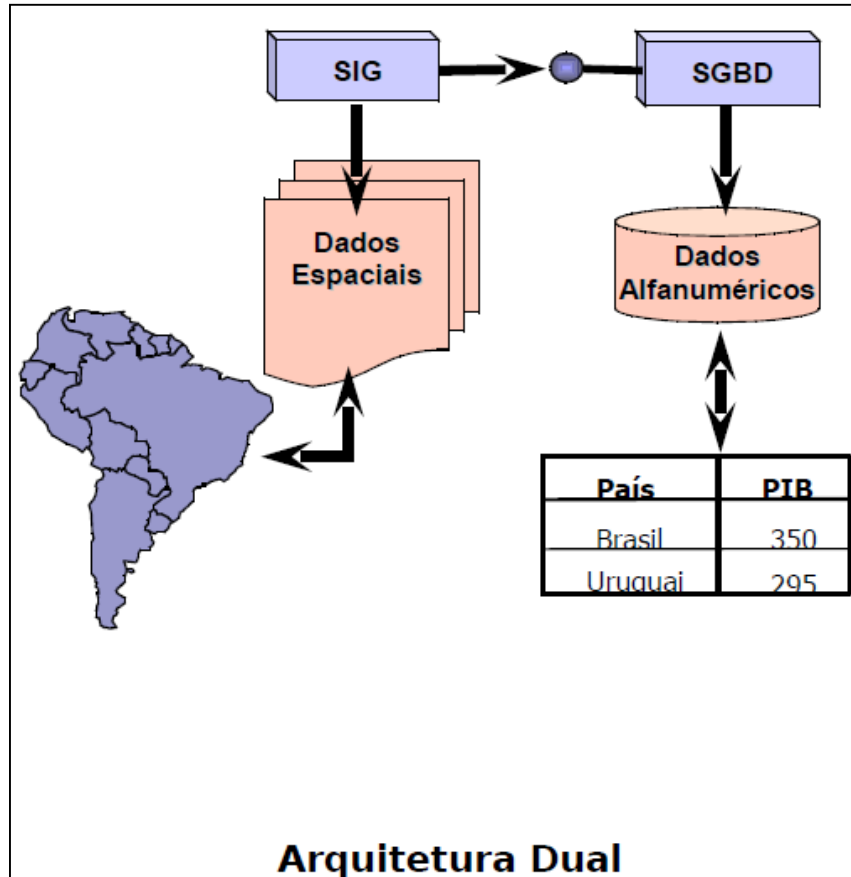
# Geocodificação

- A geocodificação de endereço utiliza um algoritmo que associa a distância de numeração de segmentos de vias públicas em um centro de linha.





# SIG's e BANCOS DE DADOS



\* Sistema de Banco de Dados Espaciais (SBDE)




Fonte: Juliana Kolling



# Arquitetura Integrada

- Um Sistema de Banco de Dados Espaciais (SBDE) é um Sistema de Banco de Dados com recursos para tratar dados espaciais.

Tabela: Países

	Tipo: INTEGER	Tipo: INTEGER	Tipo: GEOMETRY
	gid	nome	the_geom
1	Brasil	189.612.814	
2	Cuba	11.382.820	
3	Italia	59.337.888	
...	...	...	...

Fonte: Juliana Kolling





# Fontes Externas de Dados

- Contribuição voluntária, Coleta colaborativa
- Geoportais
- Infraestrutura de Dados Espaciais
  
- Desafio: os dados são adequados para meu propósito?
  - Formato (Padrões ISO / OGC etc) - ETL
  - Sistema de referência
  - Metadados (qualidade, procedência, etc)

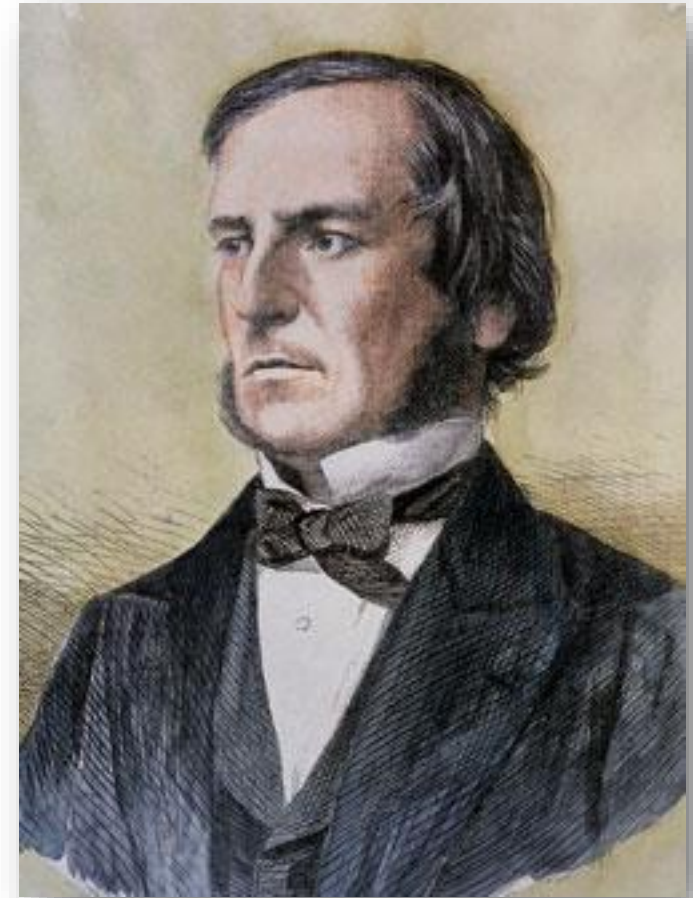
Fonte: Longley et al., 2013



# Modelagem Espacial baseado em Abordagem Supervisionada

## Lógica Booleana

- **George Boole** (1815-1864) – filósofo e matemático britânico;
- 1848: *The Calculus of Logic*;
- Aplicação da matemática às operações mentais do raciocínio humano - definição da “*álgebra booleana*”.

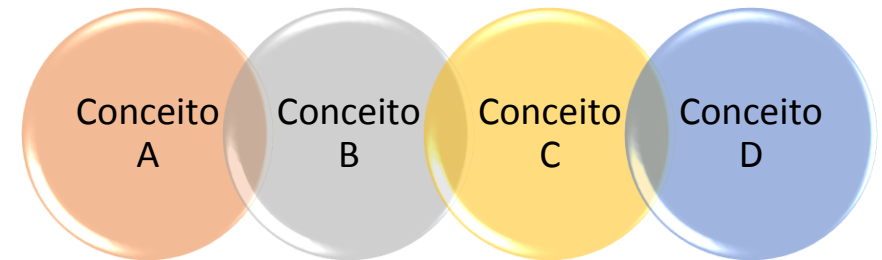




# Lógica Booleana

## Conceitos

- Cada expressão ou variável poderá apresentar apenas um dos seguintes valores:
  - Verdadeiro (V);
  - Falso (F).
- Adaptações ao conjunto de valores:
  - {Falso, Verdadeiro} - raciocínio humano
  - {Desligado, Ligado} - circuitos de chaveamento
  - {0, 1} - sistema binário
  - {0V, +5V} - eletrônica digital

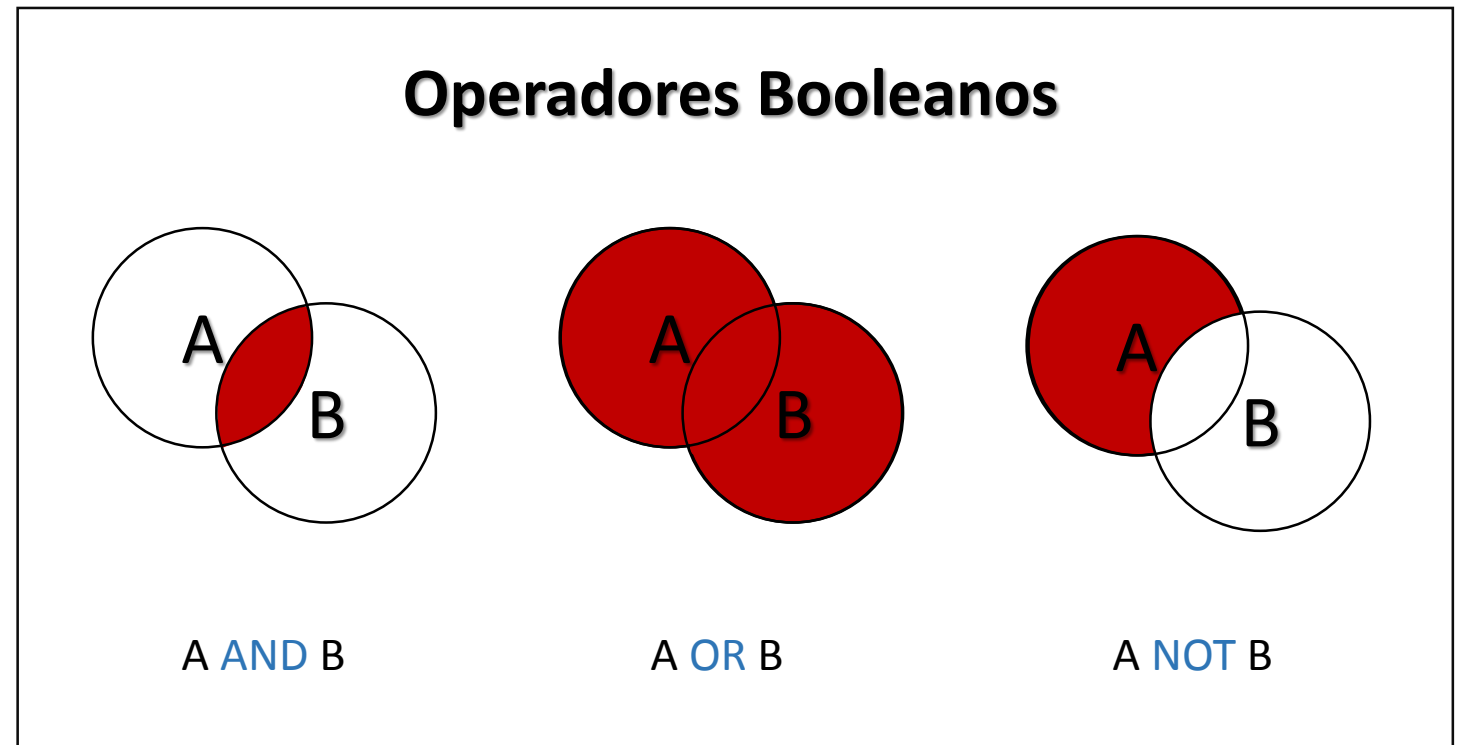




# Lógica Booleana

## Operações e Operadores

- Conjunto de Operações:
  - complementação
  - multiplicação lógica
  - adição lógica





# Modelagem Espacial baseado em Abordagem Supervisionada

## Lógica Fuzzy, Difusa ou Nebulosa

- Surgimento: **Lofti A. Zadeh** em 1965 (matemático, engenheiro eletrônico e cientista da computação estadunidense nascido no Azerbaijão).
  - estudar o aspecto vago da informação;
  - em 1978 desenvolveu a “Teoria das Possibilidades”, menos restrita que a noção de probabilidade;
  - ligar os recursos da linguística com a inteligência humana, já que muitos conceitos são melhor definidos por palavras do que pela matemática.
- A técnica se baseia em graus de pertinência (verdade).
  - Valores limitantes [0 e 1];
  - Diversos estágios de verdade entre 0 e 1.







# Lógica Fuzzy

## Do que trata a Lógica Fuzzy?

### Como está a temperatura lá fora?

Manaus, AM  
domingo, 16:00  
Ensolarado

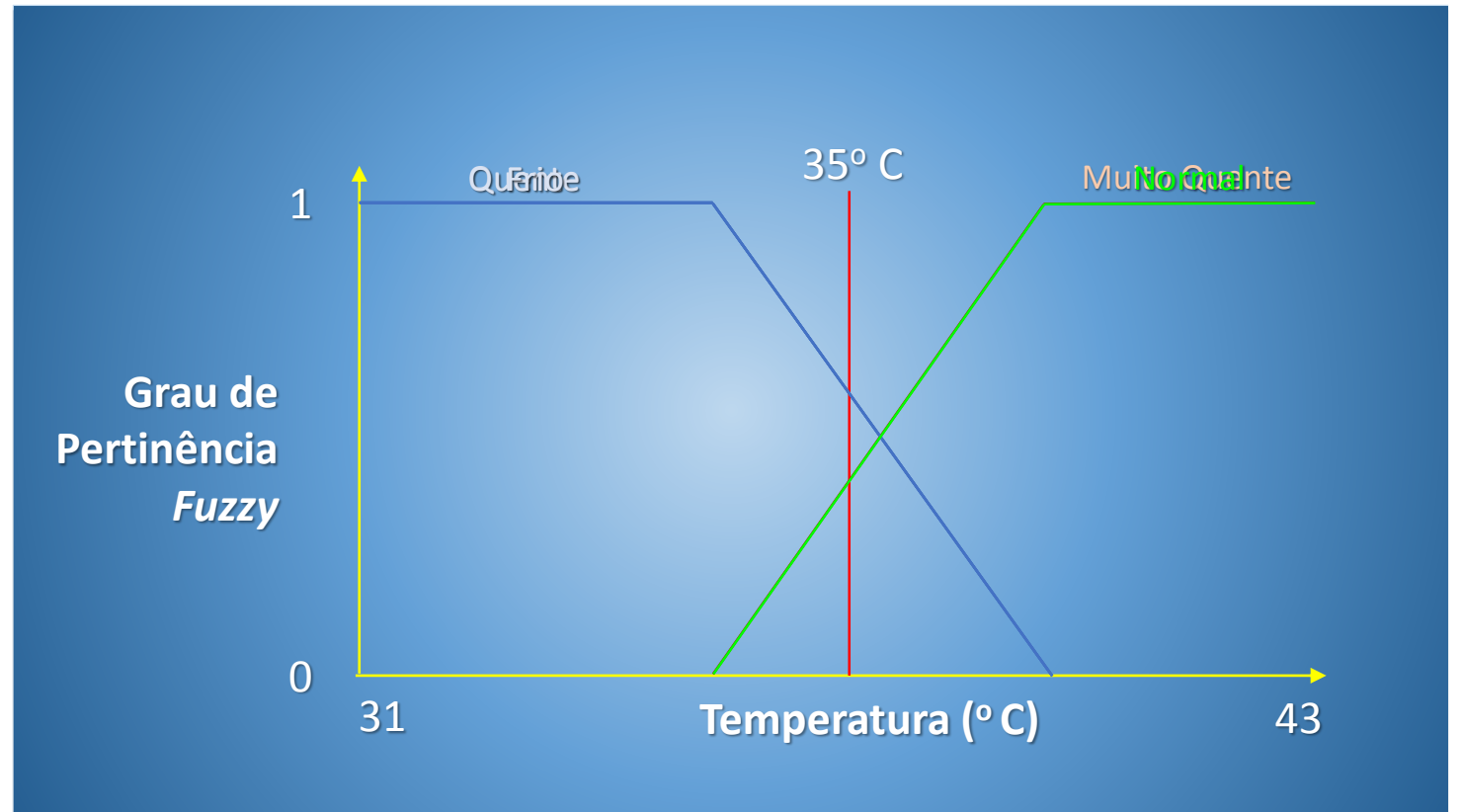
 38 °C | °F

Chuva: 0%  
Umidade: 24%  
Vento: 23 km/h

Temperatura   Chuva   Vento



dom	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom
							
37° 27°	38° 28°	36° 25°	37° 26°	36° 28°	36° 26°	35° 26°	34° 25°

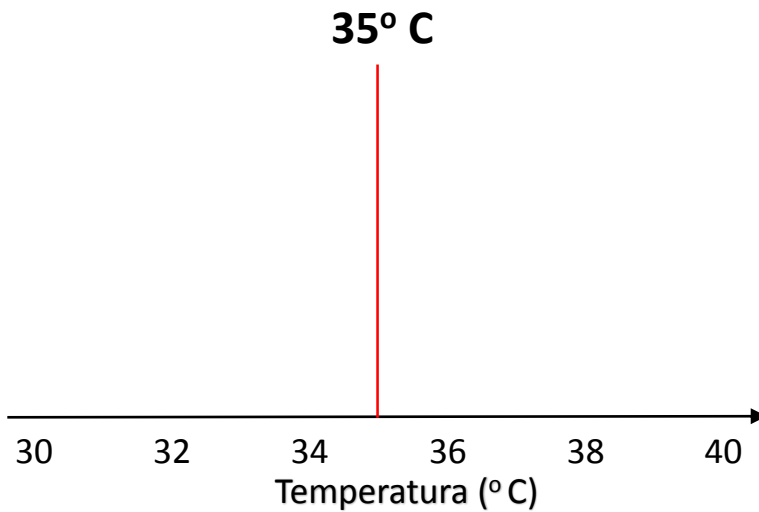




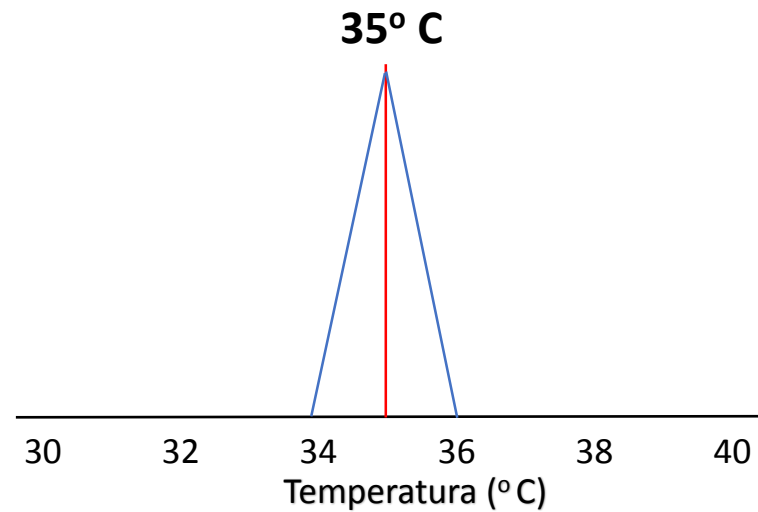
# Conceito de Número *Fuzzy*

## Formas de descrição da temperatura

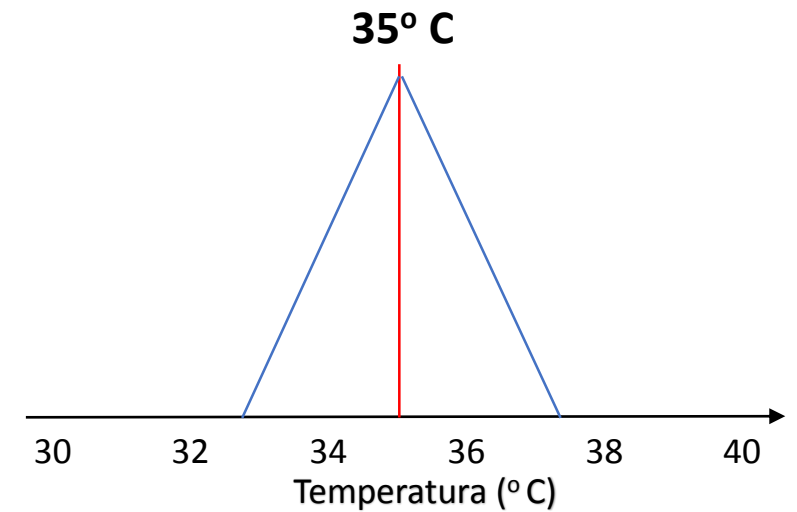
Está em 35° C



Está quase em 35° C



Está perto dos 35° C

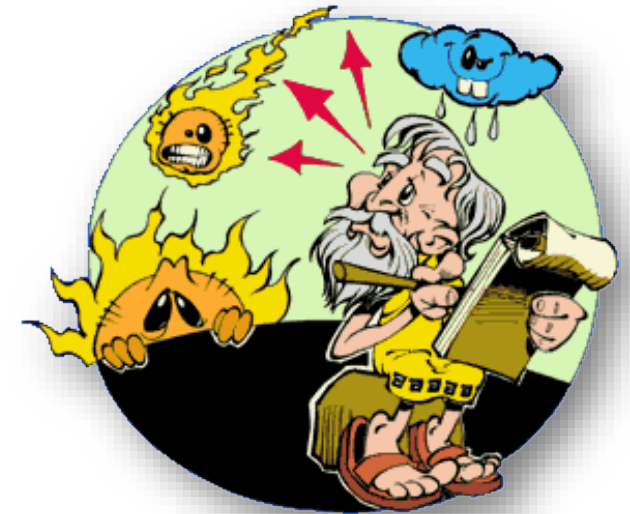
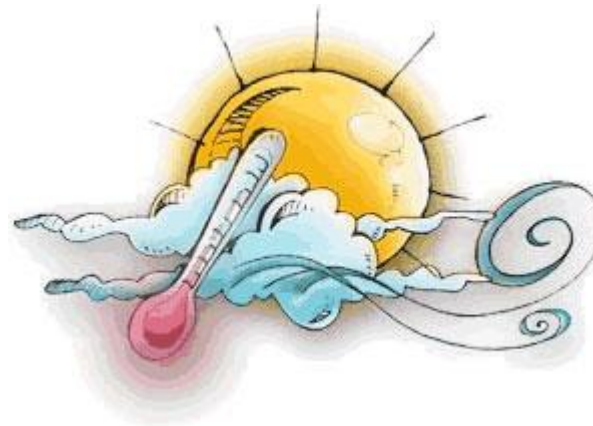




# Lógica *Fuzzy*

## Do que trata a Lógica *Fuzzy*?

Usa termos **intuitivos**, **linguísticos** para construir modelos **robustos** sobre **sistemas complexos** encontrados na vida real.





# Lógica *Fuzzy*

## Conceitos

A **Lógica Fuzzy** ensina os computadores a tomar decisões semelhantes às humanas em um mundo de incertezas.

*“O quanto mais de perto se olha para um problema do mundo real, mais o difusor se torna a solução.”*

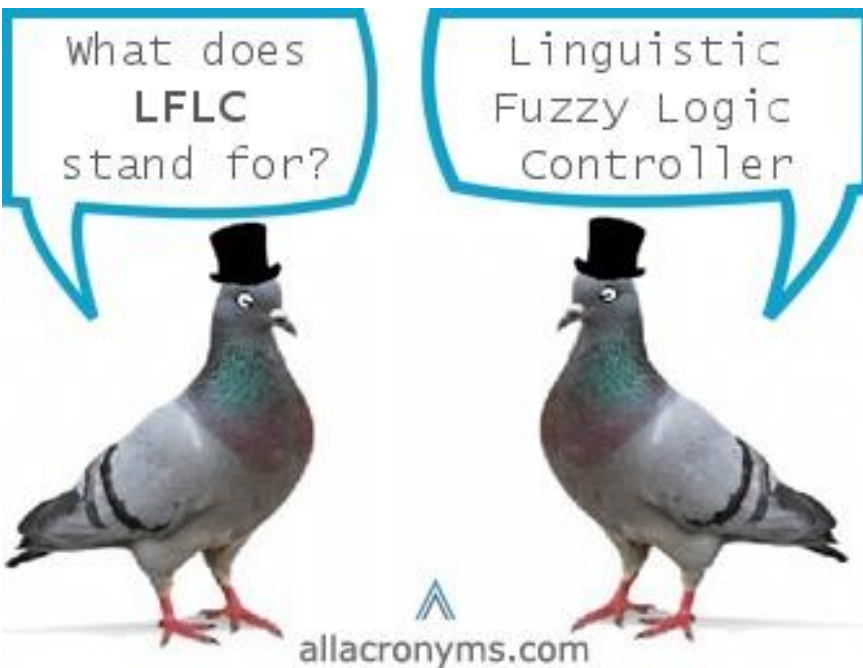
*(Zadeh, 1973)*





# Lógica *Fuzzy*

## Como funciona a Lógica Fuzzy?



- Como um computador pode desenvolver uma análise *fuzzy*?
  - pela parametrização *fuzzy*.
- Técnica baseada em graus de pertinência ou verdade.
  - valores 0 e 1 ficam nas extremidades;
  - inclui os vários estados de verdade entre 0 e 1. (digital, descontínuo).

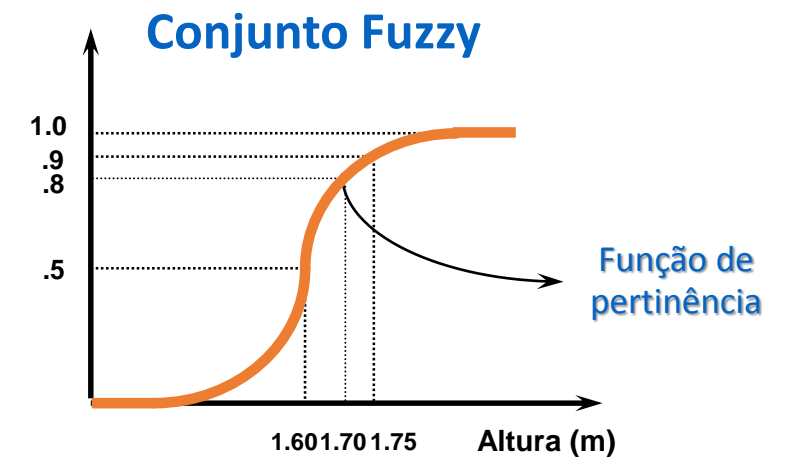
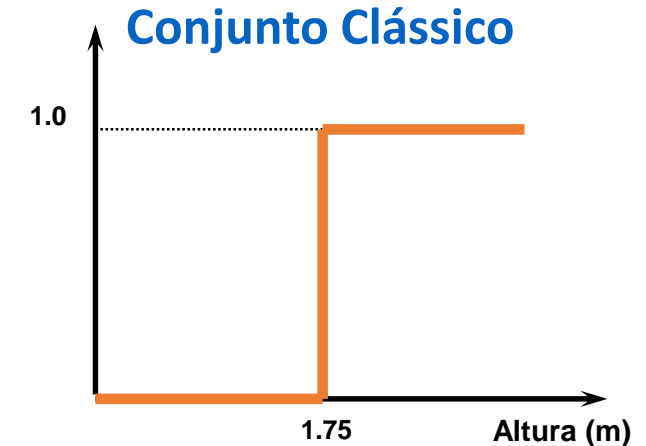




# Lógica *Fuzzy*: Conjuntos e Funções

## Pertinência *Fuzzy* (*Fuzzy Membership*)

- Na teoria dos conjuntos nebulosos existe um **grau de pertinência** de cada elemento a um determinado conjunto;
- Conjuntos com limites imprecisos;
- **Fuzzificação** é a conversão de paradigmas matemáticos clássicos a um conjunto de pertinência linguística (analógico, contínuo);
- **Defuzzificação** é o retorno ao conjunto matemático clássico.





# Lógica *Fuzzy*: Definição matemática

## Pertinência *Fuzzy* (*Fuzzy Membership*)

- Um conjunto fuzzy  $A$  em  $X$  é expresso como um conjunto de pares ordenados:

$$A = \{(x, \underbrace{\mu_A(x)}_{\text{Função de pertinência}}) \mid x \in X\}$$

Conjunto fuzzy

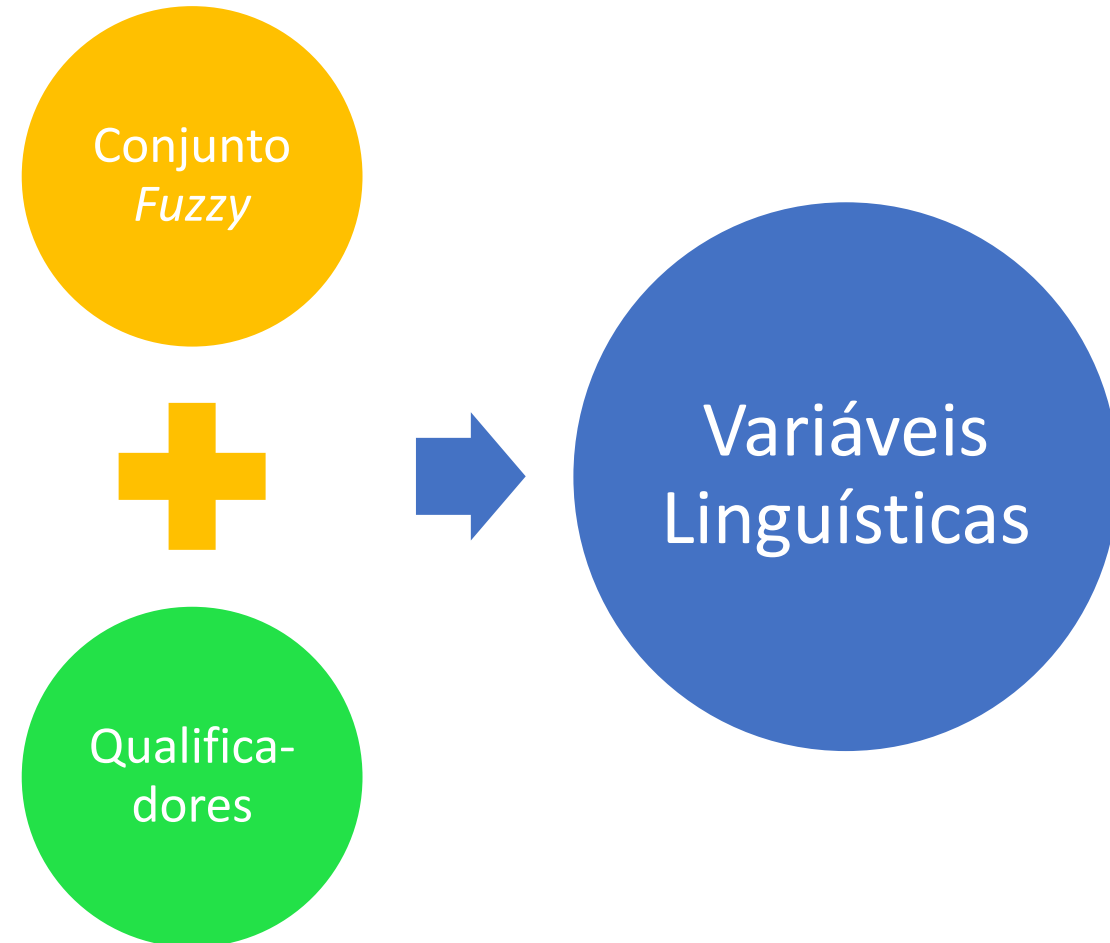
Universo ou Universo de discurso

**Um conjunto fuzzy é totalmente caracterizado por sua função de pertinência.**



# Lógica *Fuzzy* e Variáveis linguísticas

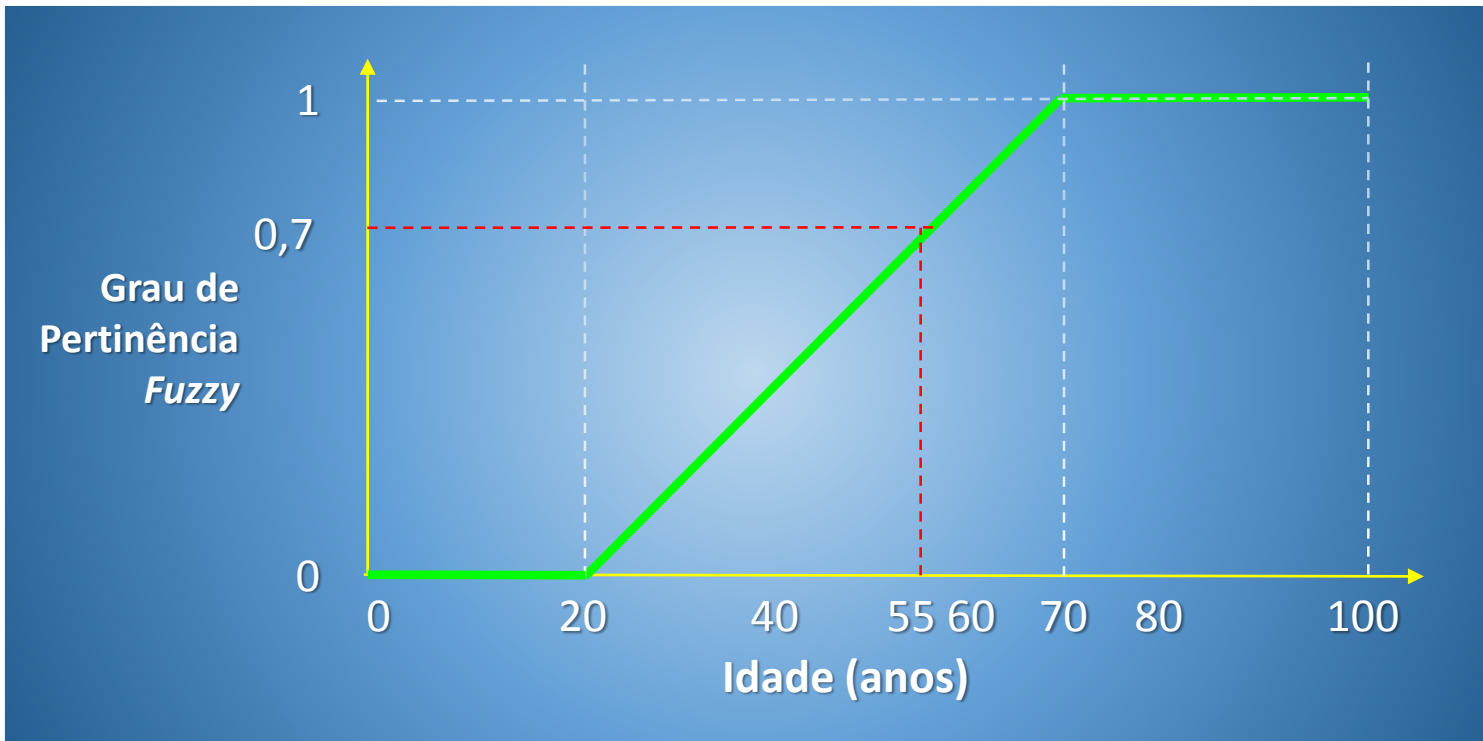
- **Variáveis linguísticas** apresentam valores que não dizem respeito a números, mas a palavras ou frases na linguagem natural (Altura = alto);
- Qualquer valor linguístico pode ser representado por um conjunto *fuzzy*;
- Algumas variáveis linguísticas do conjunto “ALTO” com qualificadores:
  - **muito** ALTO
  - **um tanto** ALTO
  - **ligeiramente** ALTO
  - **positivamente não muito** ALTO





# Lógica *Fuzzy* e Variáveis linguísticas

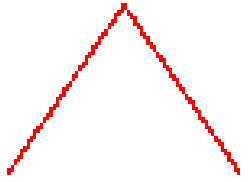
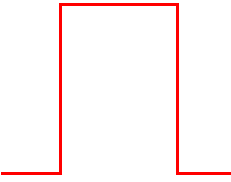
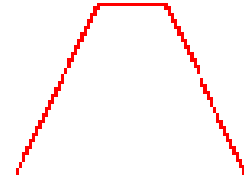
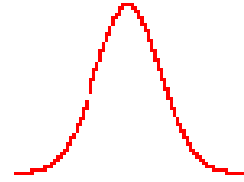
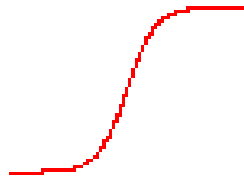
- Ex: Como fuzzyficar uma população com idade distribuída entre 0 – 100 anos?



- **Variáveis linguísticas** possibilitam que a linguagem da modelagem *fuzzy* expresse semântica usada por especialistas.
- Exemplo:  
**if** “tempo.contribuição” **is** LONGO  
**then** salário de aposentadoria **is** ALTO



# Funções de Pertinência *Fuzzy*

Triangular	Retangular	Trapezoidal	Gaussiana	Sigmóide
				

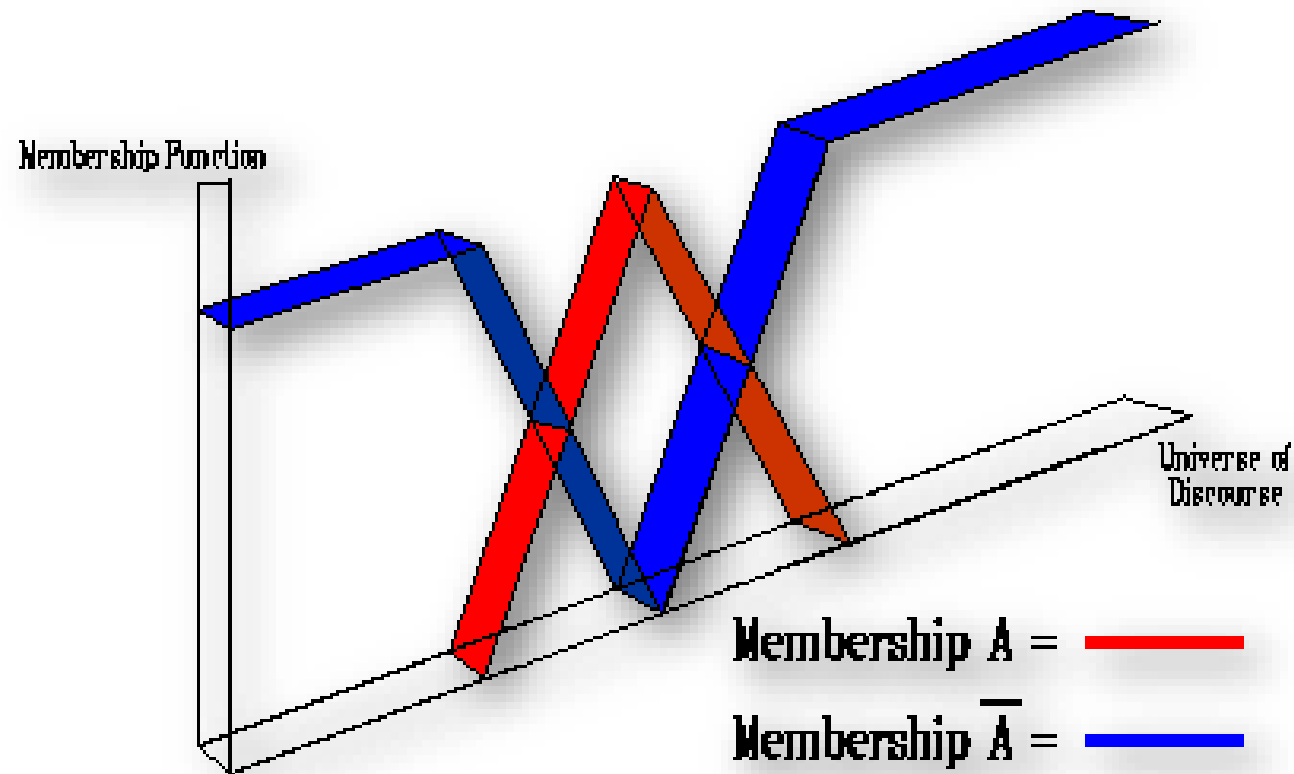
- **Quantidade de funções:** experiência do usuário;
- **Número de funções de pertinência:** ~ 2 a 7;
- **Formato das funções de pertinência:** varia com as necessidades do usuário;
- **Precisão do sistema:** relacionado ao grau de superposição entre as funções de pertinência;
- Caso haja **dados experimentais**, torna-se possível a utilização de sistemas **neuro-fuzzy** para geração automática de funções de pertinência;
- Funções de pertinência devem abranger **todo o universo de discurso da variável** analisada.





# Lógica *Fuzzy* – Comportamento dos Conjuntos

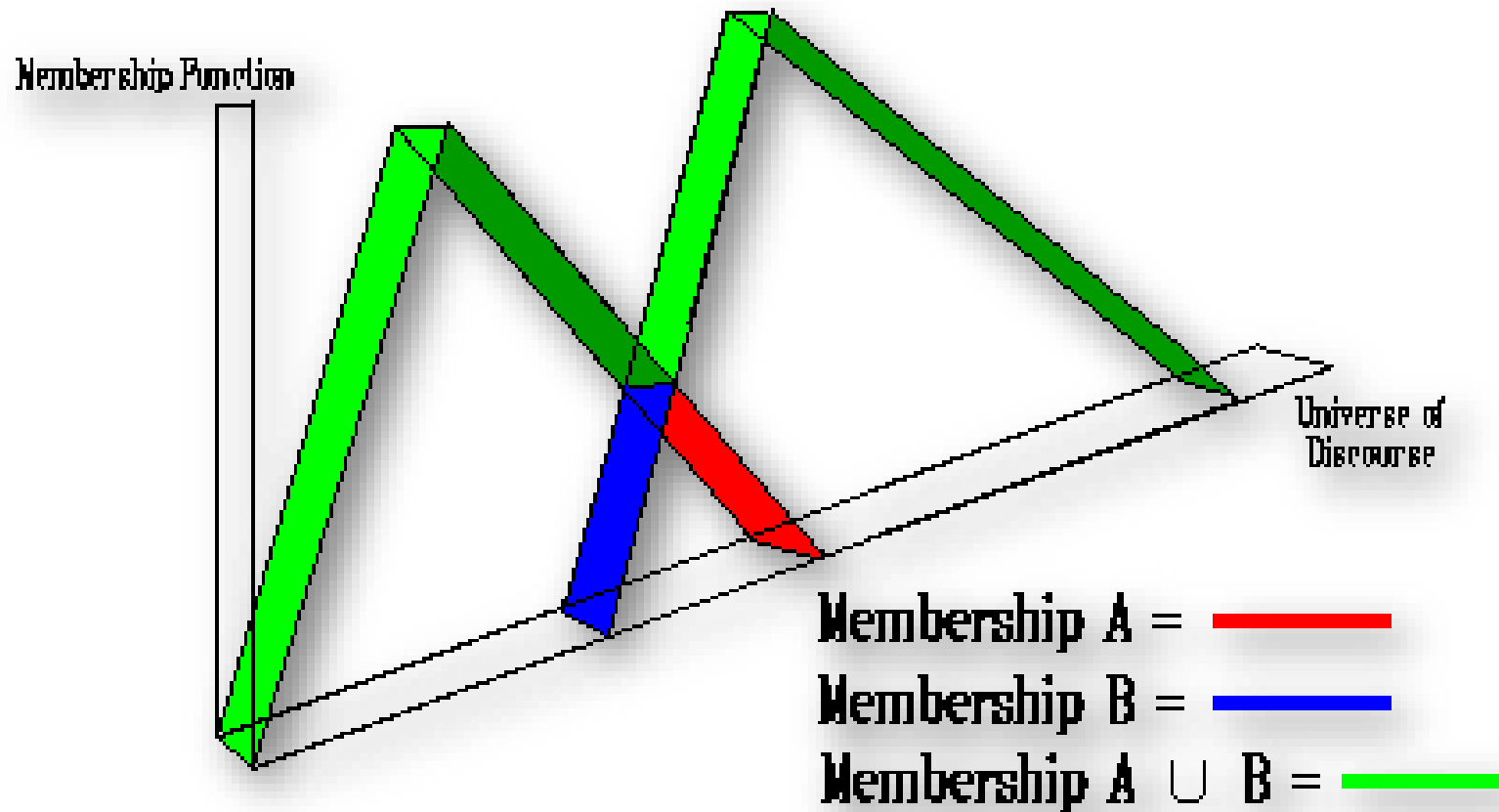
## Conjuntos geradores de funções





# Lógica *Fuzzy* – Comportamento dos Conjuntos

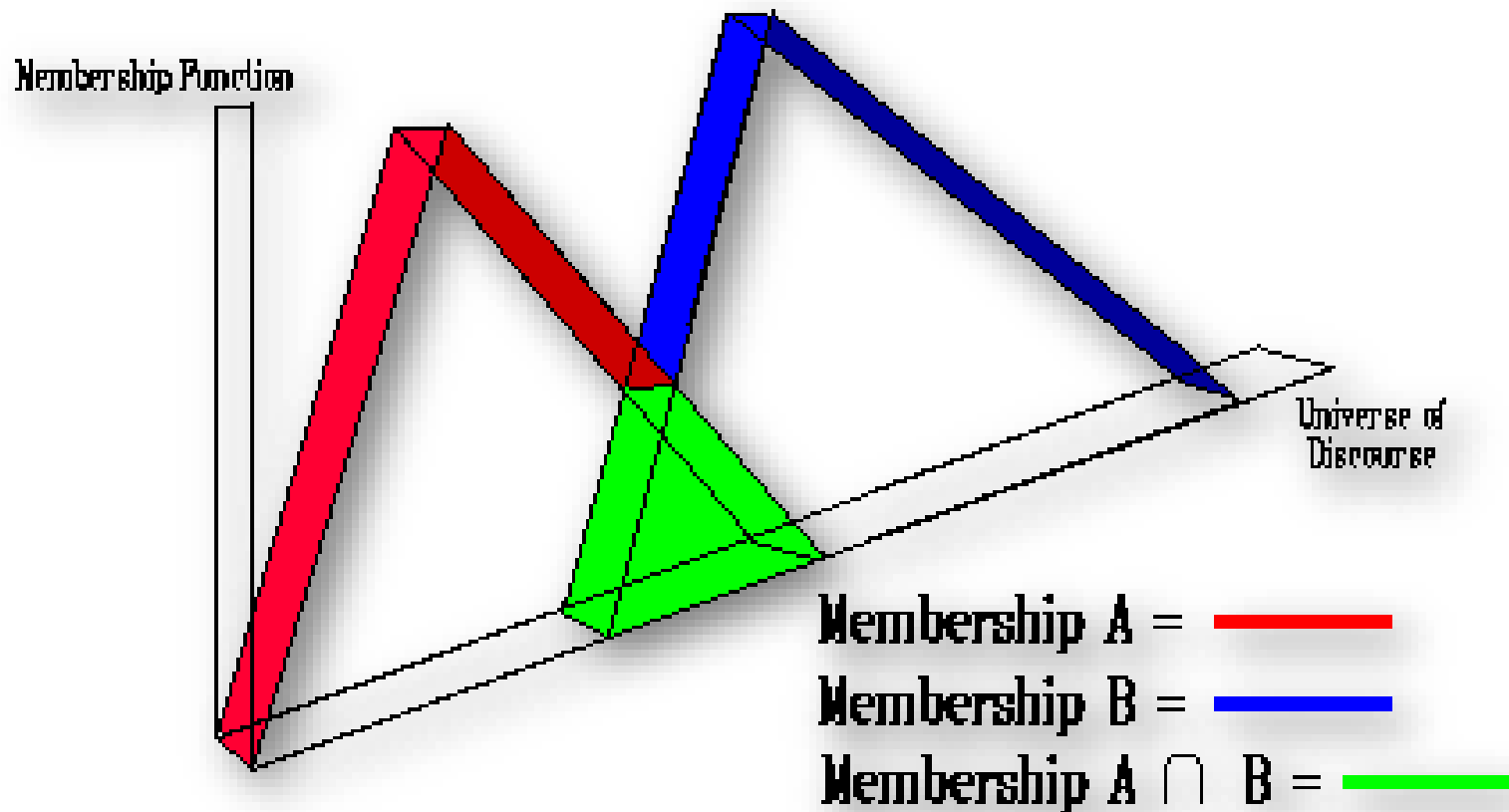
## União entre os conjuntos





# Lógica *Fuzzy* – Comportamento dos Conjuntos

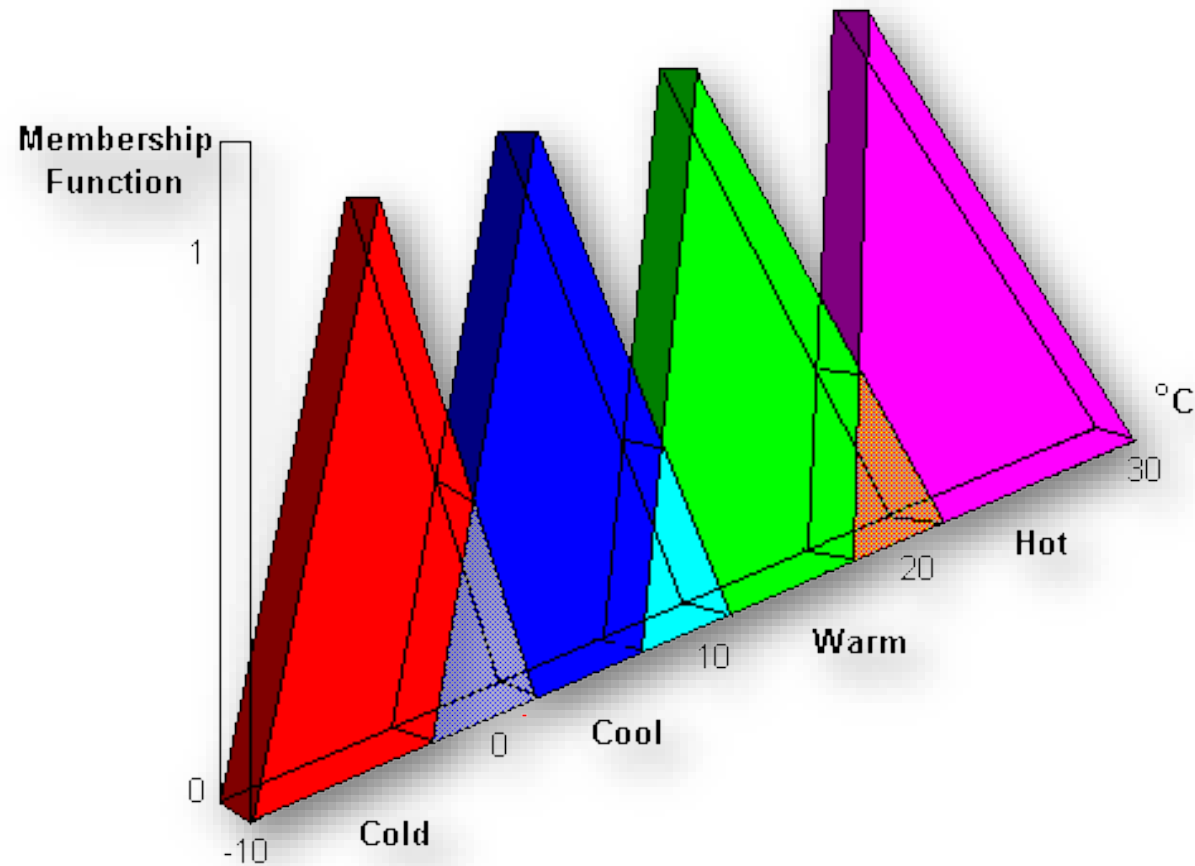
## Interseção entre os conjuntos





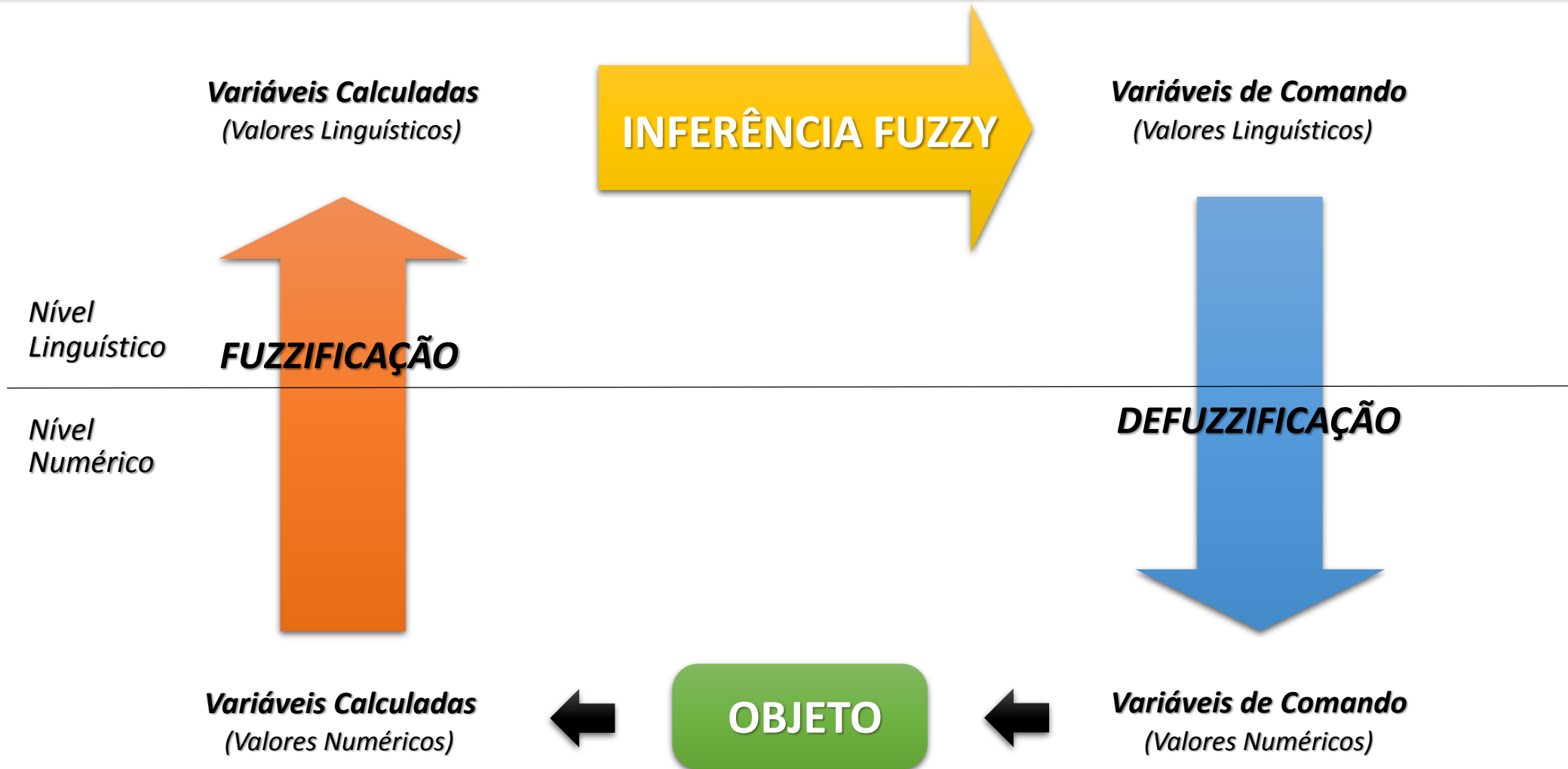
# Lógica *Fuzzy* – Comportamento dos Conjuntos

Conjuntos *fuzzy* para caracterizar a temperatura de um ambiente





# Etapas do Raciocínio *Fuzzy*





# Fuzzificação

- Etapa pela qual os **valores numéricos** são transformados em **graus de pertinência** para um determinado valor linguístico;
- Envolve as seguintes sub-etapas:
  - *Análise do Problema*
  - *Definição das Variáveis*
  - *Definição das Funções de pertinência*
  - *Criação das Regiões*



- Cada valor de entrada terá um **grau de pertinência** em cada um dos conjuntos difusos. A classe e a quantidade das funções de pertinência usadas em um sistema dependem de fatores tais como: precisão, estabilidade, facilidade de implementação etc.

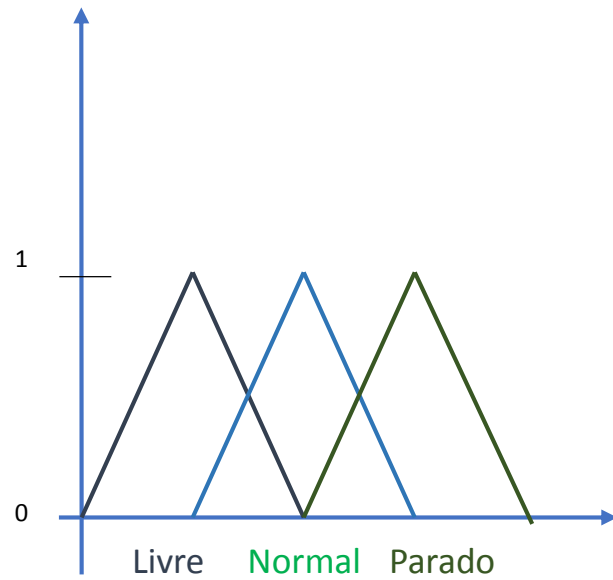




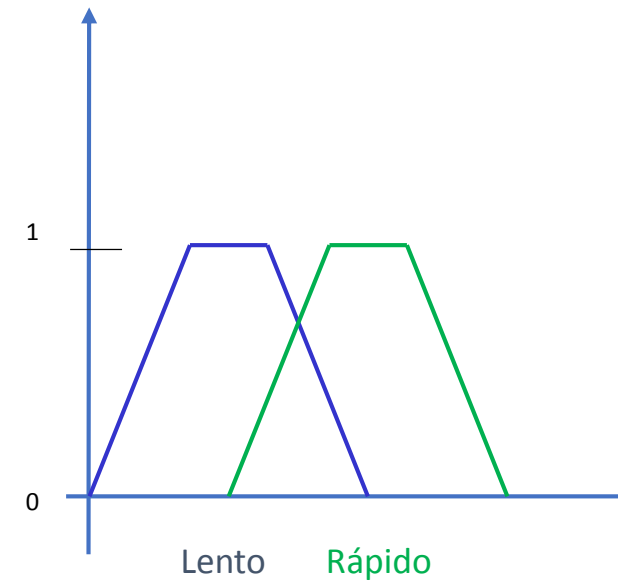
# Fuzzificação

## Exemplos de variáveis de trânsito

Função Triangular



Função Trapezoidal





# Fuzzificação

“*SE* condição *ENTÃO* conclusão, com variáveis linguísticas (fuzzy)”

Exemplo:

- Se a velocidade dos carros é **baixa**\* então o trânsito é **lento**;
- Se a velocidade dos carros é **média**\* então o **trânsito regular**;
- Se a velocidade dos carros é **alta**\* então o **trânsito livre**.

\* Medidas relativas à velocidade da via.





# Fuzzificação em Processamento Digital de Imagens

Domínio do Pixel		
100	150	150
180	200	120
150	100	190

Intensidade



Domínio Fuzzy		
0,0	0,5	0,5
0,8	1,0	0,2
0,5	0,0	0,9

Valor de Pertinência



# Inferência *Fuzzy*: avaliar as regras

- Cada antecedente “*if*” tem um grau de pertinência. A ação da regra “*then*” representa a saída nebulosa da regra.
- Durante a avaliação das regras, a intensidade da saída é calculada com base nos valores dos antecedentes e então indicadas pelas saídas nebulosas da regra.





# Inferência *Fuzzy*: agregar as regras

- São as técnicas utilizadas na **obtenção de um conjunto difuso de saída “x”** a partir da inferência nas regras.
- Determinam **quanto a condição de cada regra será satisfeita**.
- Para **cada variável *fuzzy* de saída, considera o resultado de todas as regras**. Por exemplo, considerando a pertinência máxima das regras para cada valor da variável.





# Defuzzificação

- Consiste na **avaliação das diversas respostas** fornecidas pelas regras **lógicas** e atribuição de um número à saída.
- Esse número é que dirá “o que é mais *pertinente* de se fazer”, bem como “com que grau”.







# Operadores de Combinação *Fuzzy*

- As variáveis resultantes, após fuzzificadas são, comumente, agrupadas por “operadores de combinação fuzzy”.

<b>OR (união)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Max (PF<sub>1</sub>, PF<sub>2</sub>)</li><li>• <b>generoso, otimista</b></li></ul>	$Max[\mu(x)_i]$
<b>AND (interseção)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Min (PF<sub>1</sub>, PF<sub>2</sub>)</li><li>• <b>restritivo, conservador</b></li></ul>	$Min[\mu(x)_i]$
<b>PRODUTO</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• PF<sub>1</sub> x PF<sub>2</sub></li><li>• <b>reduativo</b></li></ul>	$\prod_{i=1}^n \mu(x)_i$
<b>SOMA</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>1 - [(1 - PF_1) \times (1 - PF_2)]</math></li><li>• <b>Redutivo</b></li></ul>	$1 - \prod_{i=1}^n [1 - \mu(x)_i]$
<b>GAMMA</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• SOMA<sup>γ</sup> x PRODUTO<sup>(1-γ)</sup></li><li>• γ perto de 1, <b>expansivo</b></li><li>• γ perto de 0, <b>reduativo</b></li></ul>	$(1 - \prod_{i=1}^n [1 - \mu(x)_i])^\gamma \times (1 - \prod_{i=1}^n [1 - \mu(x)_i])^{(1-\gamma)}$

Pertinência *Fuzzy* (PF)  
Função para o mapa *i*º



# Aplicações: Estudo de Caso 1

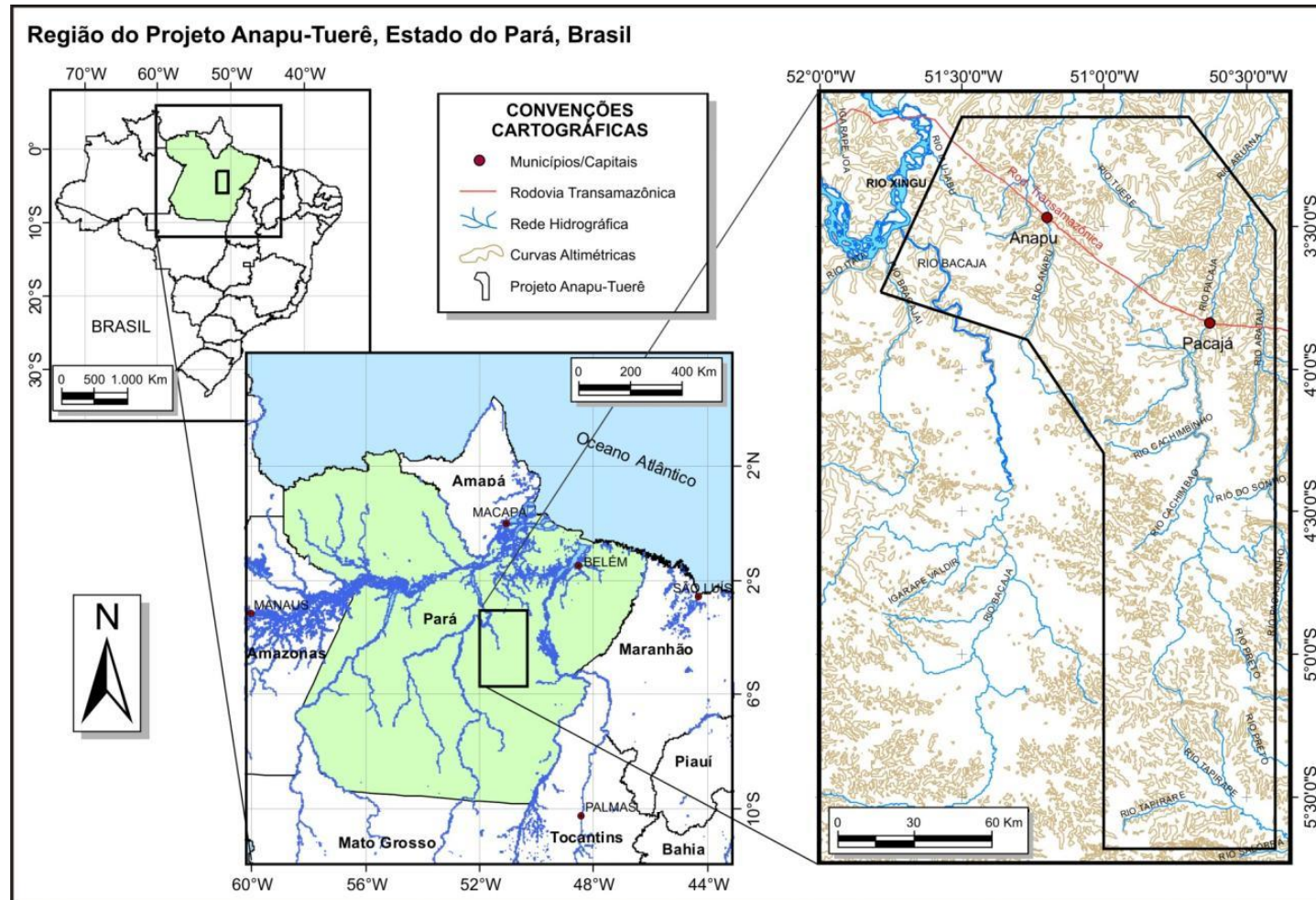
## **Dados Aerogeofísicos: modelo espacial baseado em Lógica Fuzzy voltado ao Mapeamento Geológico e à Prospecção Mineral**

Cleyton Carneiro (capítulo da tese de doutorado)





# Aplicações: Estudo de Caso 1





# Aplicações: Estudo de Caso 1



Concentrações médias de radioelementos em diferentes classes de rocha. (Adaptada de Killeen 1977)

Classes de rocha	Concentrações médias		
	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)
Extrusivas ácidas	3,1	4,1	11,9
Intrusivas ácidas	3,4	4,5	25,7
Extrusivas intermediárias	1,1	1,1	2,4
Intrusivas intermediárias	2,1	3,2	12,2
Extrusivas básicas	0,7	0,8	2,2
Intrusivas básicas	0,8	0,8	2,3
Ultrabásicas	0,3	0,3	1,4
Extrusivas intermediárias alcalifeldspáticas	6,5	29,7	133,9
Intrusivas intermediárias alcalifeldspáticas	4,2	55,8	132,6
Extrusivas básicas alcalifeldspáticas	1,9	2,4	8,2
Intrusivas básicas alcalifeldspáticas	1,8	2,3	8,4
Rochas sedimentares químicas*	0,6	3,6	14,9
Carbonáticas	0,3	2,0	1,3
Sedimentares detríticas	1,5	4,8	12,4
Ígneas metamórficas	2,5	4,0	14,8
Sedimentares metamórficas	2,1	3,0	12,0

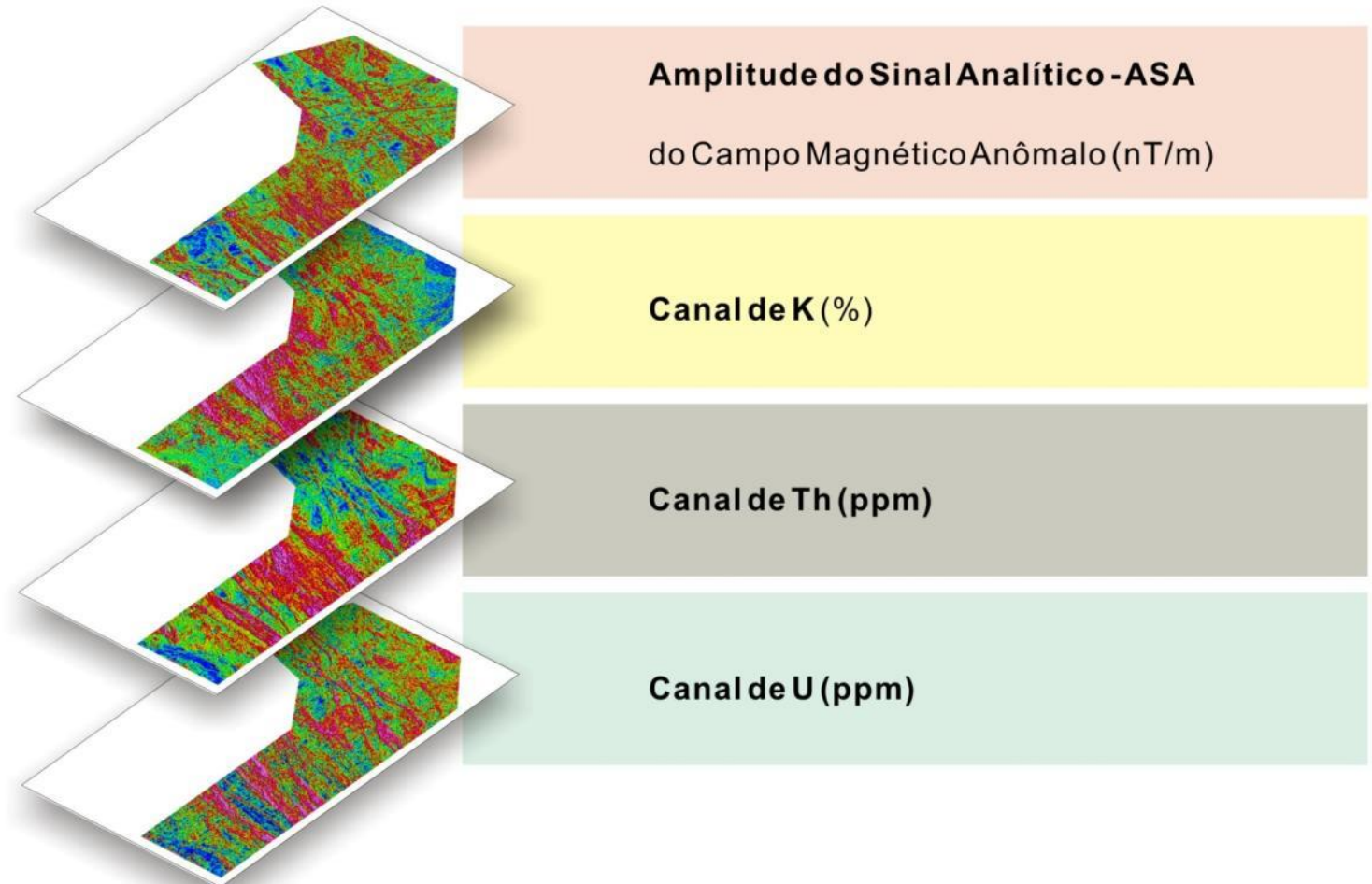
\* incluem as carbonáticas





# Aplicações: Estudo de Caso 1

- P/ rochas **máficas** e **ultramáficas** com alto gradiente magnético:





# Aplicações: Estudo de Caso 1

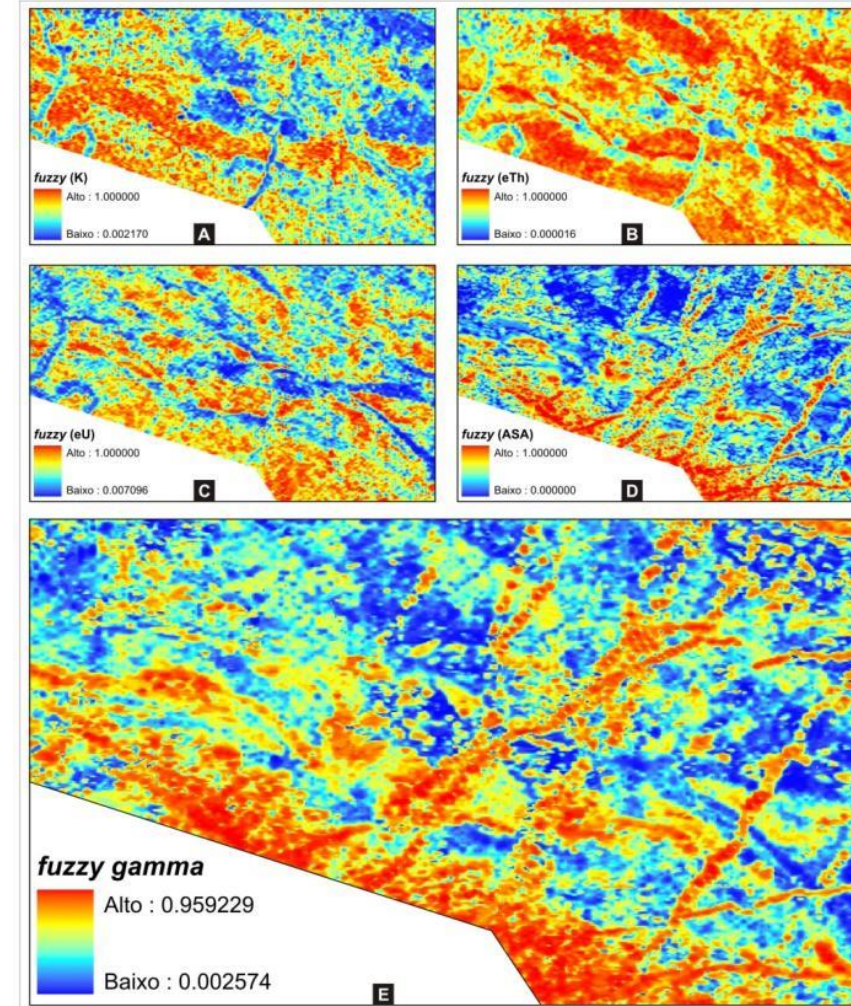
Variáveis -> fuzzificadas no intervalo entre [0,1]

## Alta pertinência fuzzy

- *baixos valores dos canais gama: K, Th e U*

- *altos valores do gradiente magnetométrico: Amplitude do Sinal Analítico*

Os dados gerados foram integrados pelo operador *fuzzy gamma*.

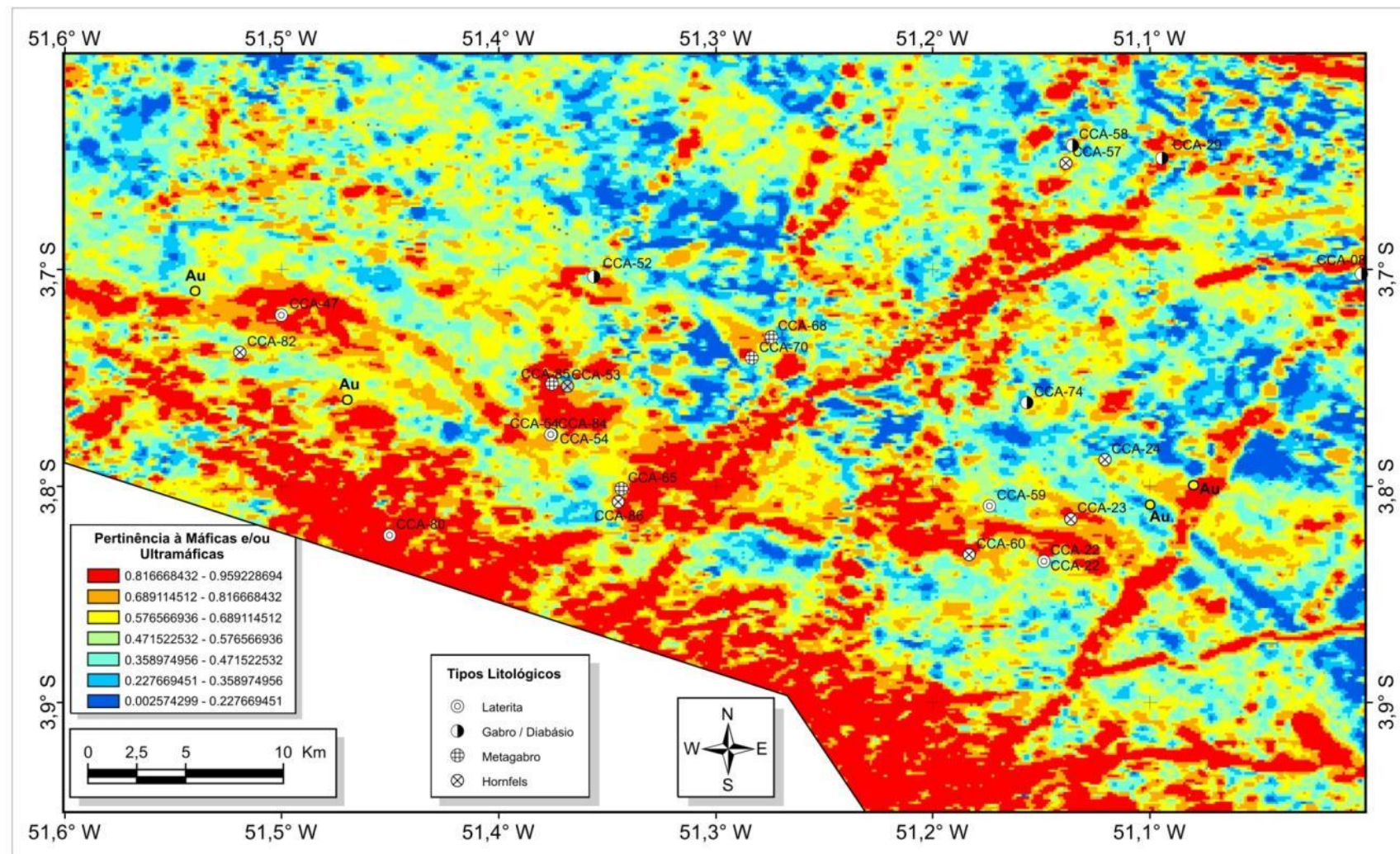






# Aplicações: Estudo de Caso 1

- Modelo de favorabilidade à ocorrência de rochas máficas e/ou ultramáficas





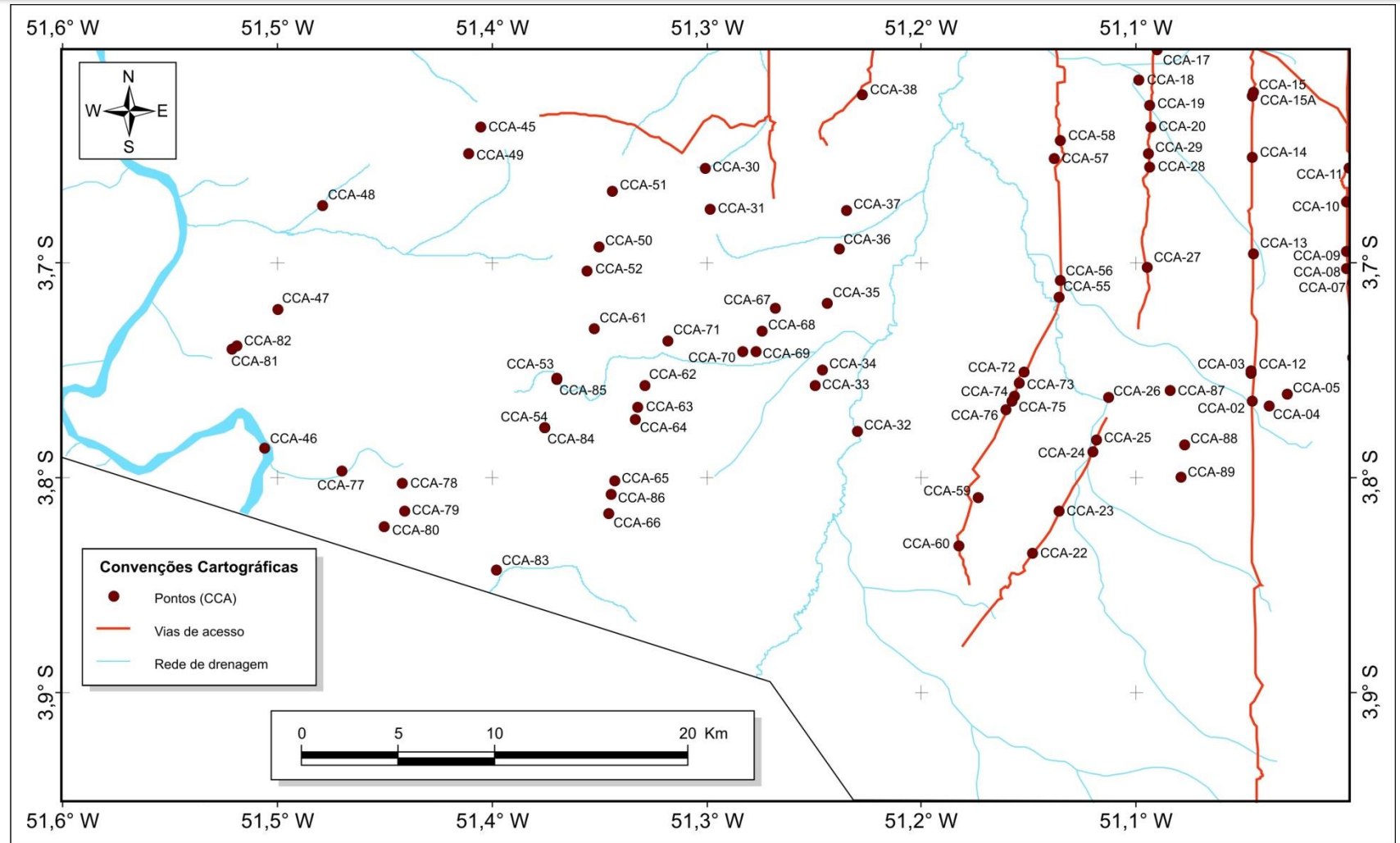
# Aplicações: Estudo de Caso 1

- Modelo de favorabilidade à ocorrência de rochas máficas e/ou ultramáficas

1ª Campanha: jul-ago/2008

2ª Campanha: jul/2009

Nº total de afloramentos descritos: 89







# Aplicações: Estudo de Caso 1

*Rochas máficas e/ou ultramáficas aflorantes na região centro-leste do Domínio Bacajá e seus respectivos valores de pertinência fuzzy. Observa-se em cinza as amostras que tiveram valores de pertinência condizentes com as rochas máficas e/ou ultramáficas.*

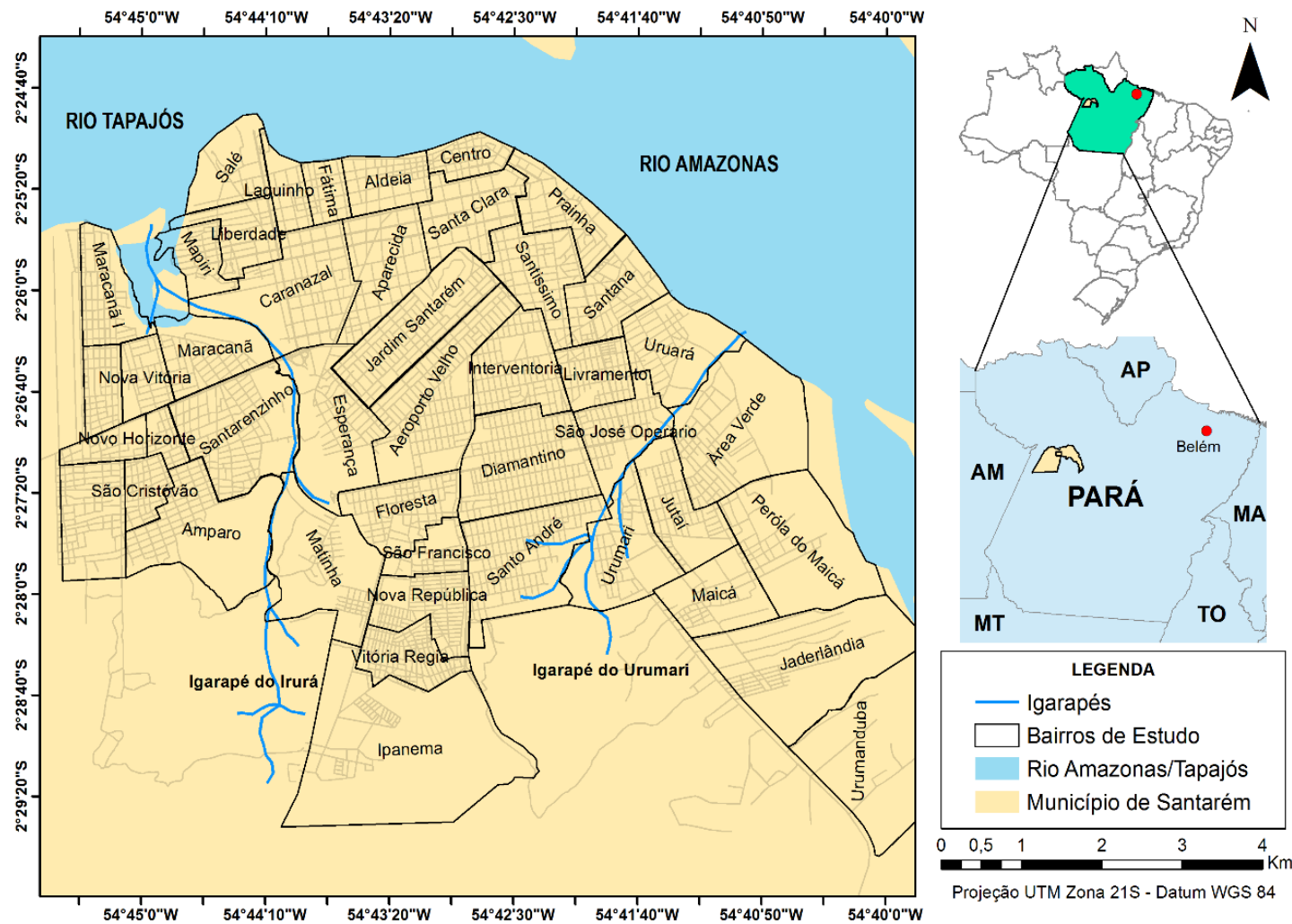
Afloramento	ASA (nT/m)	CT	K (%)	Th (ppm)	U (ppm)	Pertinência Fuzzy	Rocha
CCA-08	0,202	4,433	1,171	7,315	1,486	<b>0,632</b>	<b>Diabasio</b>
CCA-22	0,115	4,659	0,008	11,875	1,826	<b>0,488</b>	<b>Anfibolito</b>
CCA-23	0,092	1,263	0,109	3,091	0,276	<b>0,722</b>	<b>Anfibolito</b>
CCA-24	0,163	4,088	0,443	7,170	1,249	<b>0,703</b>	<b>Anfibolito</b>
CCA-29	0,541	4,922	0,964	10,306	0,764	<b>0,857</b>	<b>Diabasio</b>
CCA-47	0,218	1,720	0,152	4,046	0,353	<b>0,869</b>	<b>Laterita</b>
CCA-52	0,096	3,003	0,100	5,531	1,734	<b>0,455</b>	<b>Diabasio</b>
CCA-54	0,109	3,205	0,197	8,388	0,886	<b>0,632</b>	<b>Laterita</b>
CCA-57	0,202	3,882	0,505	8,687	0,973	<b>0,778</b>	<b>Anfibolito</b>
CCA-58	0,368	5,615	0,592	11,063	2,589	<b>0,820</b>	<b>Gabro</b>
CCA-60	0,231	3,961	0,104	10,839	1,208	<b>0,808</b>	<b>Anfibolito</b>
CCA-65	0,116	1,413	0,016	3,434	0,516	<b>0,711</b>	<b>Metagabro</b>
CCA-68	0,111	2,257	0,067	2,501	1,174	<b>0,585</b>	<b>Metagabro</b>
CCA-70	0,129	2,245	0,253	5,681	0,044	<b>0,754</b>	<b>Metagabro</b>
CCA-74	0,069	5,158	0,740	11,439	1,459	<b>0,387</b>	<b>Gabro</b>
CCA-80	0,447	2,833	0,013	9,500	0,112	<b>0,942</b>	<b>Laterita</b>
CCA-82	0,116	2,177	0,026	5,101	1,243	<b>0,587</b>	<b>Anfibolito</b>
CCA-85	0,277	6,277	0,494	14,648	1,561	<b>0,821</b>	<b>Metagabro</b>
CCA-86	0,164	0,749	0,133	1,852	0,057	<b>0,853</b>	<b>Anfibolito</b>

- Afloramentos descritos: 89
- Rochas máficas (classificação de campo): 19
- Máficas/ultramáficas coincidentes c/ alta pertinência fuzzy: 16

- **Acerto: 84,21%**
- Limitações do método: rochas “não máficas” com características geofísicas similares



# Aplicações: Estudo de Caso 2



*Trabalho desenvolvido pelo estudante Fábio Dourado (UFOPA) em programa de Mobilidade Externa na USP, sob supervisão do Prof. Cleyton Carneiro.*

**Figura 1** - Área de estudo, sede urbana de Santarém - PA.



# Aplicações: Estudo de Caso 2

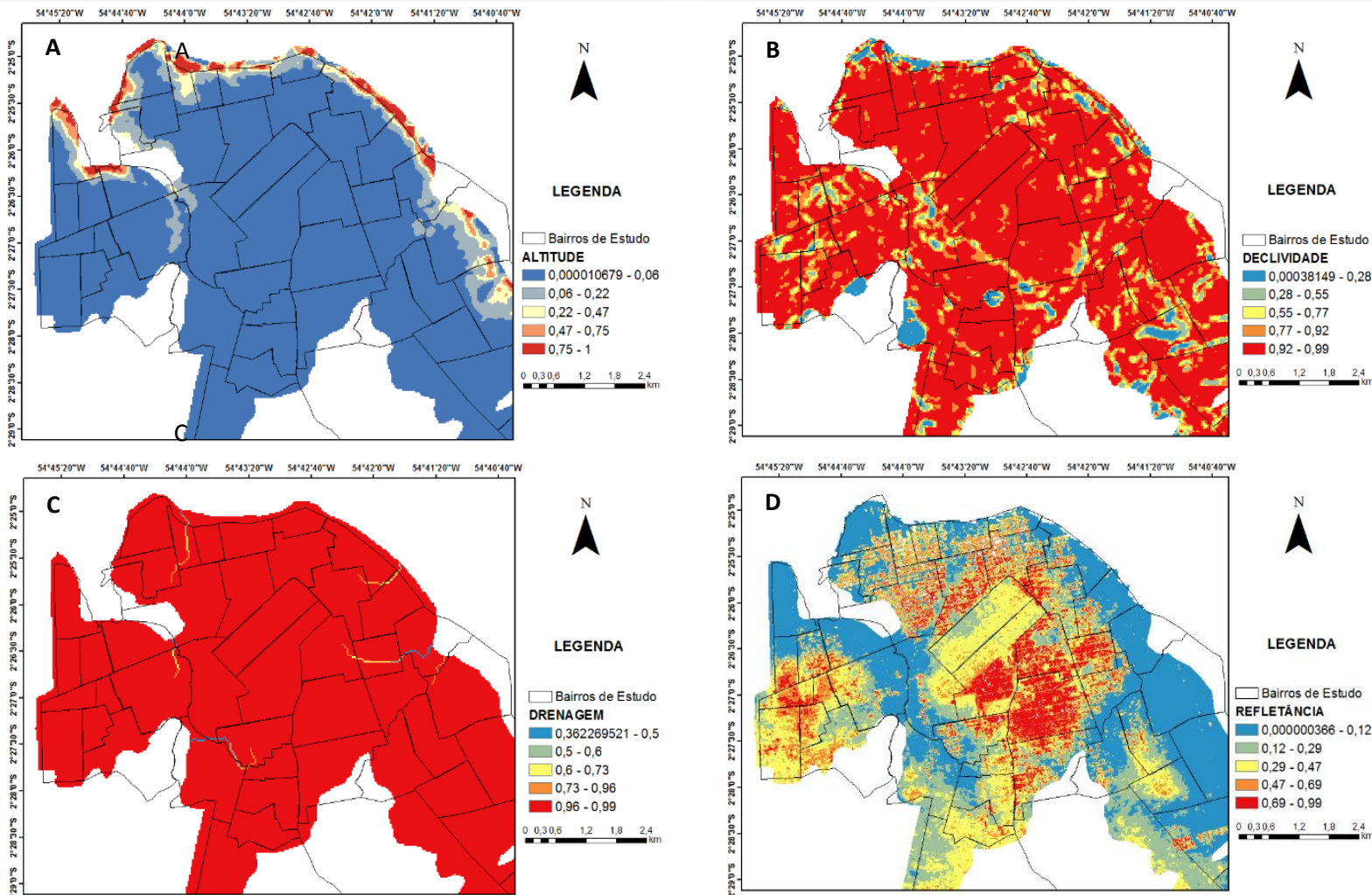


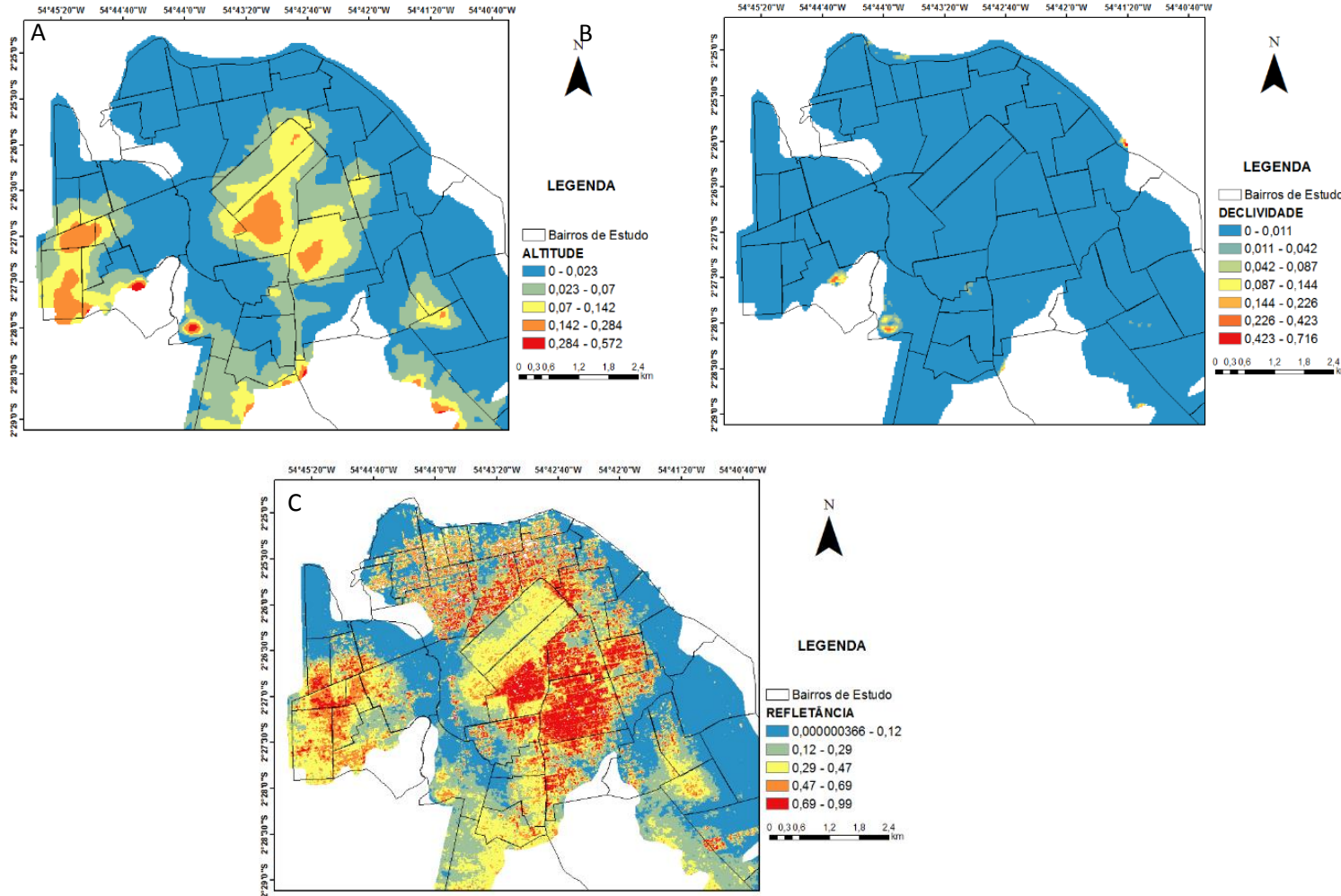
Figura 2 - Variáveis para o mapa de *inundação gradual*:

- a) baixos valores de altitude (vermelho);
- b) baixos valores de declividade (vermelho);
- c) alta concentração de rede de drenagem (laranja/azul);
- d) alta refletância de radar para destaque de áreas ocupadas (vermelho).





# Aplicações: Estudo de Caso 2



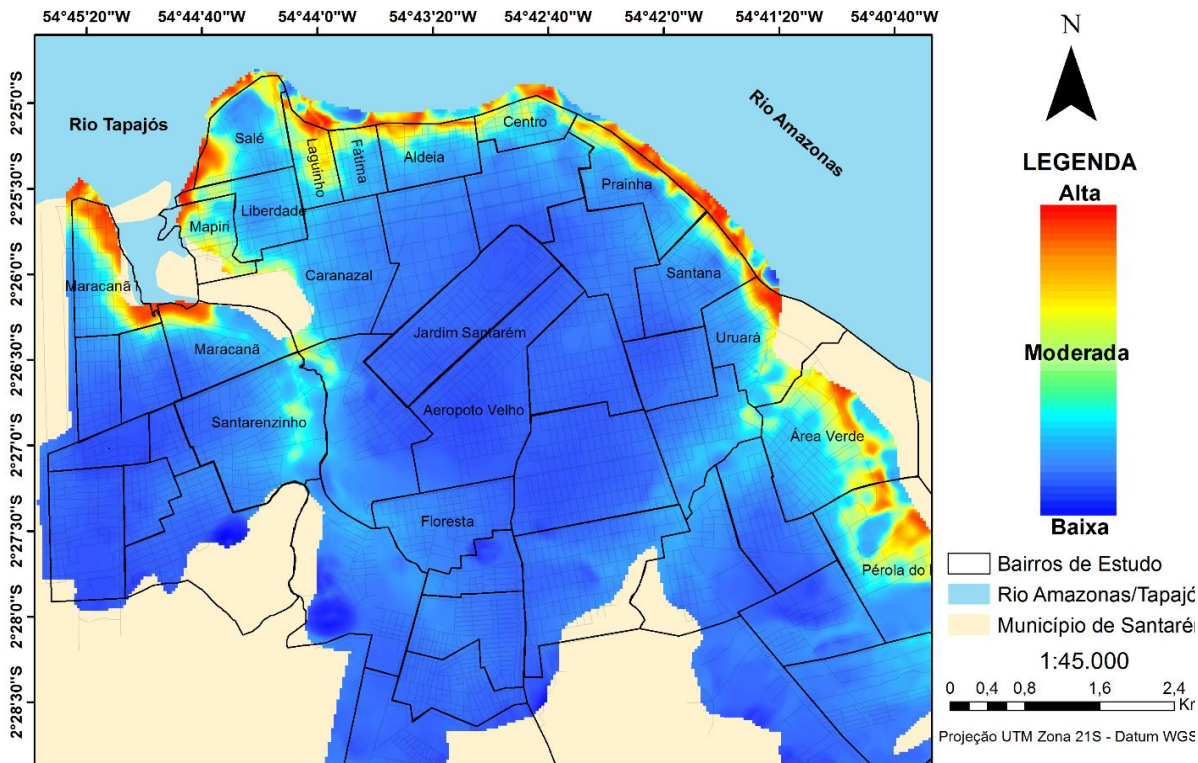
**Figura 3 - Variáveis para o mapa movimento de massa:**

- a) altos valores de altitude (laranja e vermelho);
- b) alto valores de declividade (laranja e vermelho);
- c) alta refletância (laranja e vermelho).

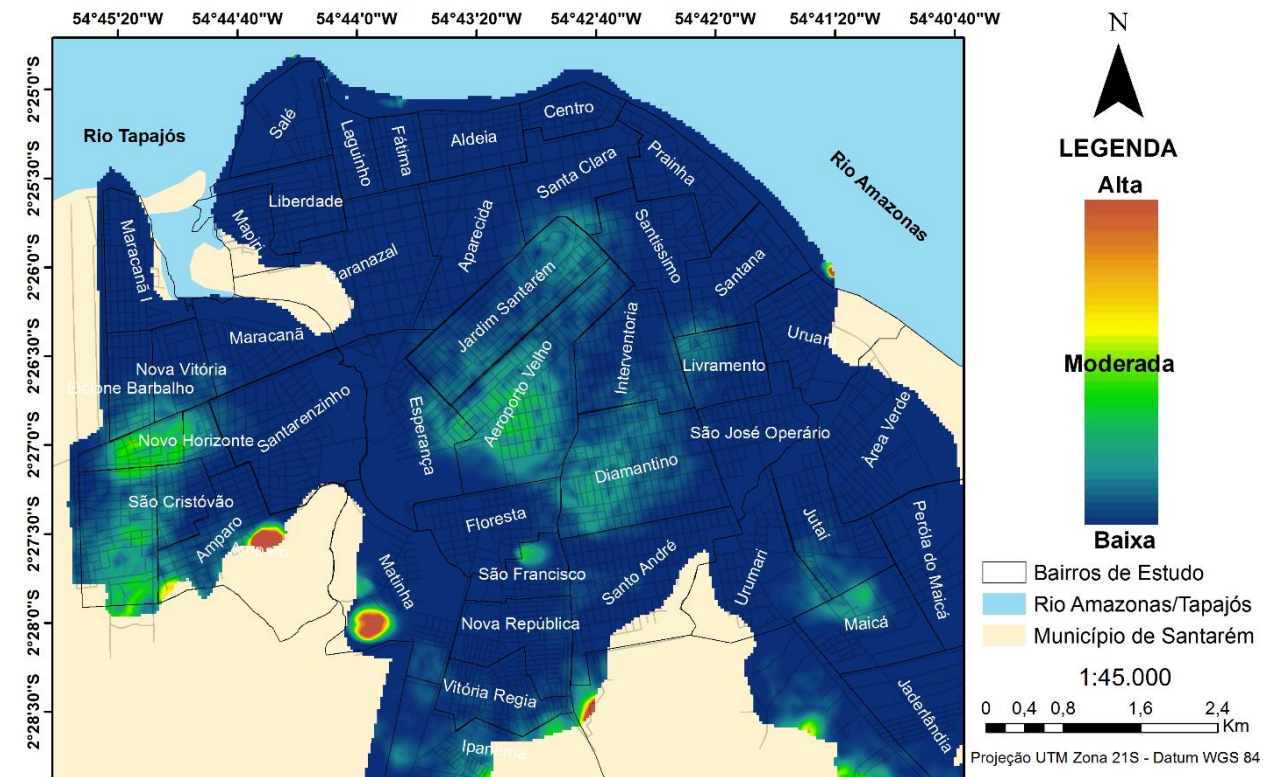




# Aplicações: Estudo de Caso 2



**Figura 4** - Mapa de risco a inundação gradual apontando 14 bairros com risco de nível moderado e alto.



**Figura 5** - Mapa de risco a movimento de massa apontando 11 bairros com risco de nível moderado e alto.