

Minicurso:

# Introdução à Análise de Dados Espaciais

---



23 de Outubro de 2019  
São José dos Campos - SP

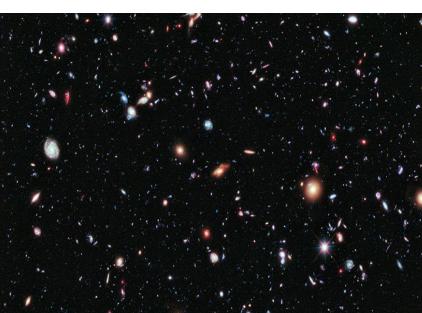
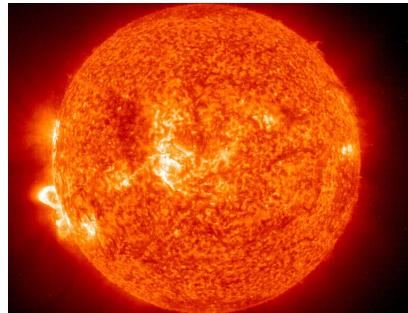


Adriano P. Almeida  
Felipe Carvalho  
Felipe Menino  
Helvécio Neto

# Dados espaciais e geoespaciais

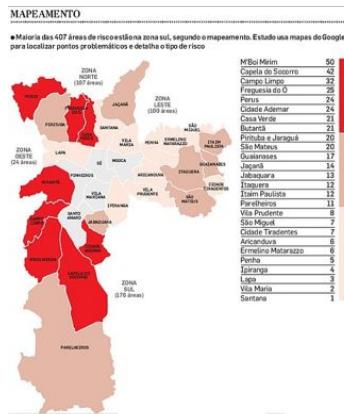
*“Dados **espaciais** podem se referir a qualquer informação que associe um objeto a uma localização - de estrelas nos céus a tumores no corpo humano”.* - Stephen C.Guptill

*“Dados **geoespaciais** são dados sobre objetos, eventos ou fenômenos que têm uma localização na superfície da Terra [...]”* - KristinStock & HansGuesgen



# Motivação

- Aplicações:
  - Mapeamento de áreas de risco
  - Monitoramento de queimadas e de desmatamento;
  - Incidência de raios;
  - Classificação do uso e cobertura do solo.



Geoprocessamento

## Cidades de SP e RJ têm pelo menos 120 mil moradias em áreas de risco

IBGE apontou que municípios possuem 1.119.222 de pessoas nessas regiões. Salvador têm 45% da população em habitações inadequadas

SÃO PAULO

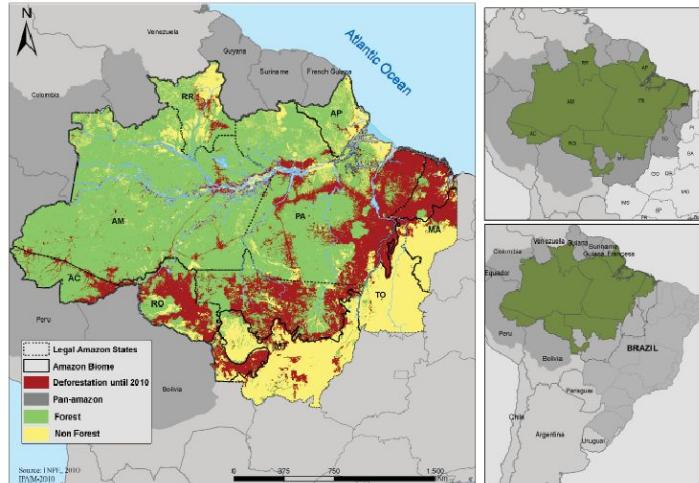
Ribeirão Preto, SP

01/02/2019 - IBGE (atualizado em 19/02/2019 - 08h09)

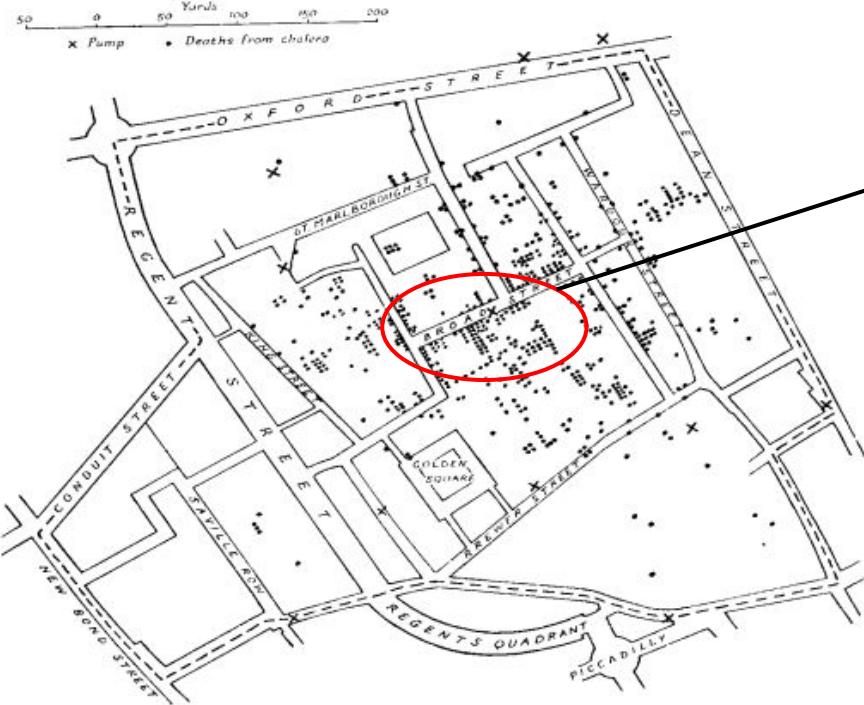


Deslizamento em Mauá deixou quatro crianças mortas e três adultos feridos  
Amanda Pêres/Estadão - 17.02.2019

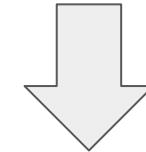
As cidades de São Paulo e Rio de Janeiro têm juntas, pelo menos, 120 mil moradias em áreas de risco monitoradas pelas prefeituras em fevereiro desse ano. Segundo dados obtidos pelo R7, a capital paulista possui 105.816



# Exemplo pioneiro

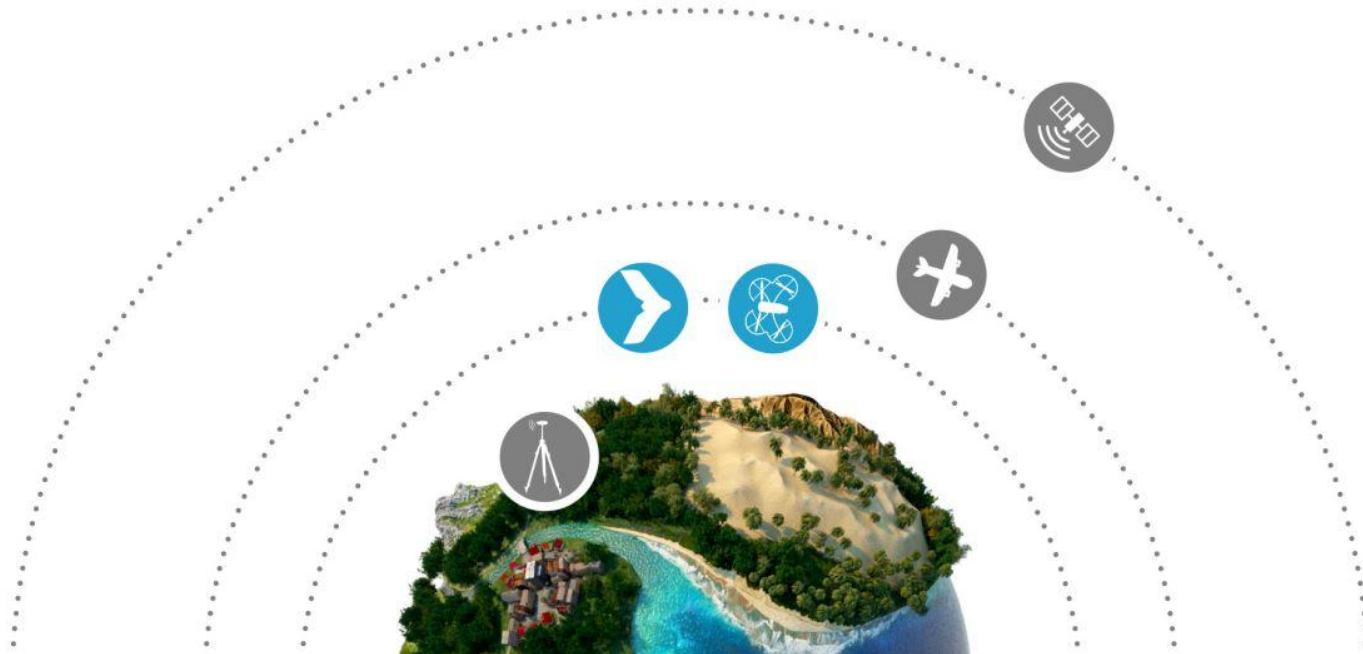


Mapa criado pelo Dr. John Snow mostrando um cluster de ocorrências ao redor do poço de fornecimento de água



Fechamento do poço coincide com o retrocesso da epidemia, corroborando hipótese da transmissão pela água

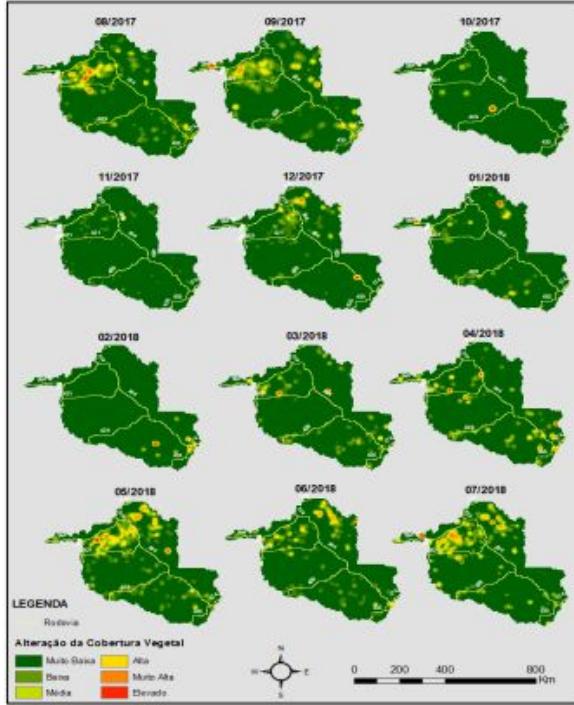
# Cenário atual: Grande volume de dados



Big Data: Landsat8 + CBERS = 10TB/h

# Aplicações

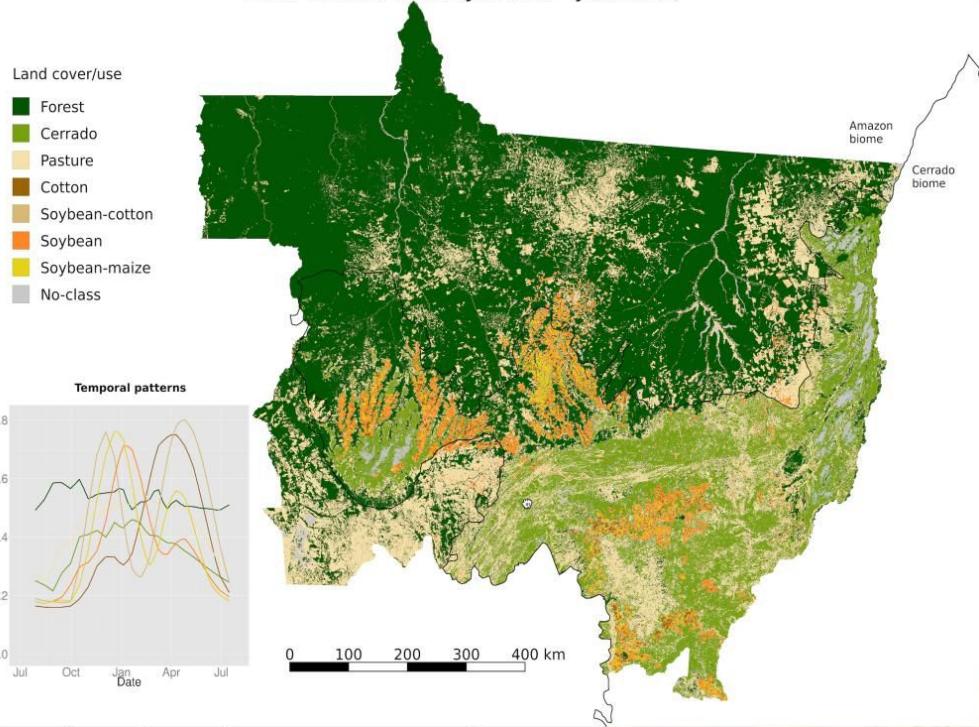
## Análise do desmatamento no estado de Rondônia



Pereira et al (2019)

## Monitoramento de cobertura e uso de solo

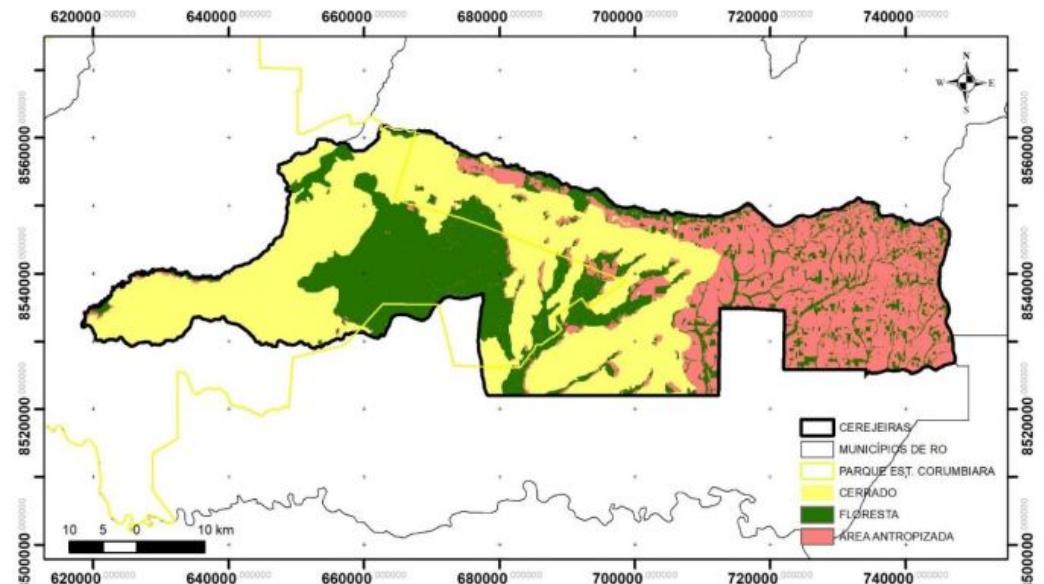
Mato Grosso, Brazil (Jul/2000 - Jun/2001)



Maus, V. (2017)

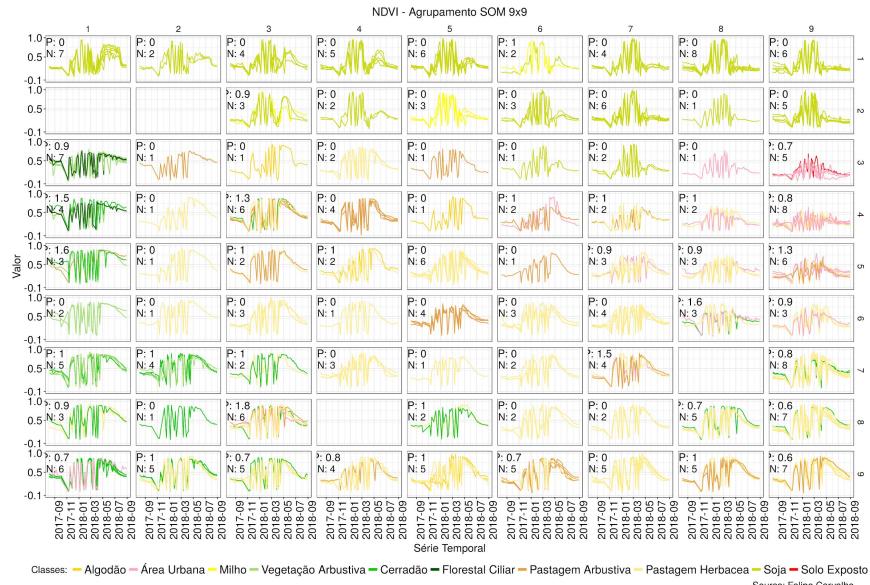
# Aplicações

Avaliação de algoritmos de classificação para a análise de desmatamento



Oliveira et al (2019)

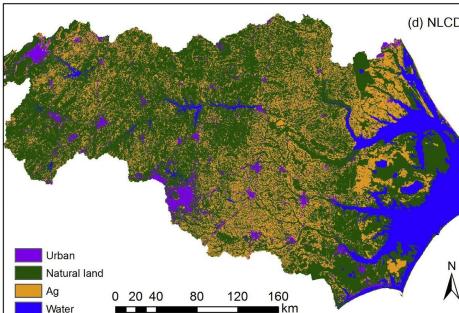
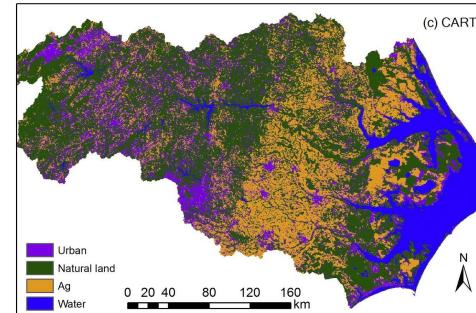
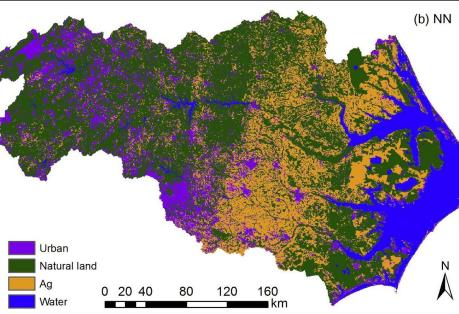
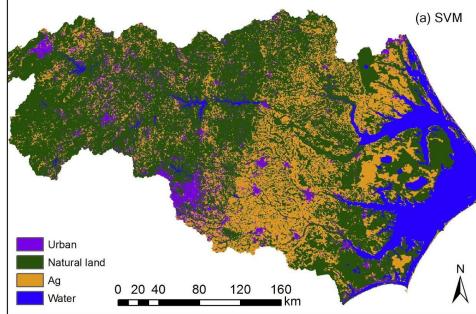
Ferramenta de visualização de amostras de uso e cobertura do solo



Souza, C.F., et al. (2019)

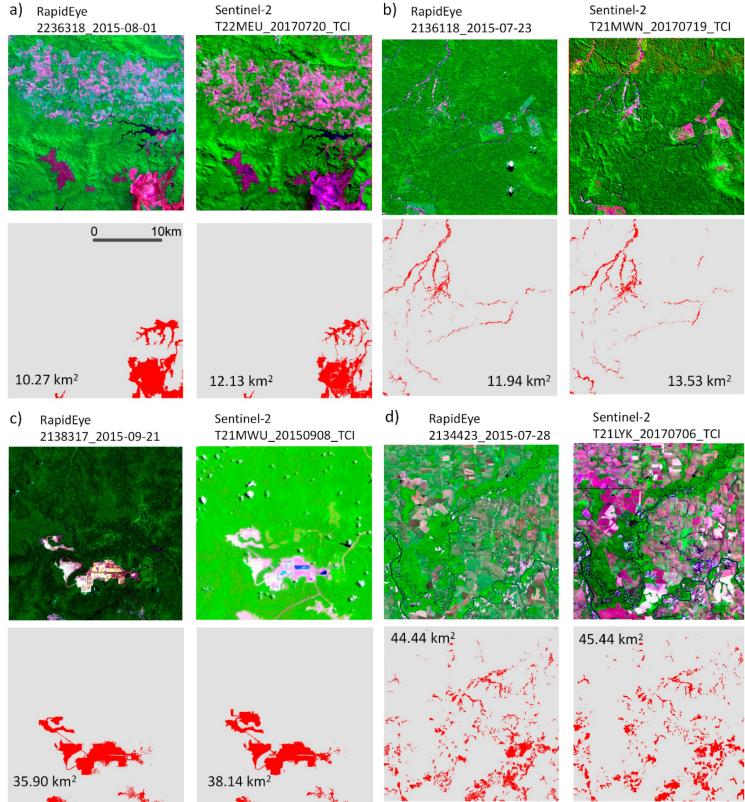
# Aplicações

## Classificação de cobertura do solo com séries temporais



Shao, Y., & Lunetta, R. S. (2012)

## Avaliação da classificação de áreas de mineração



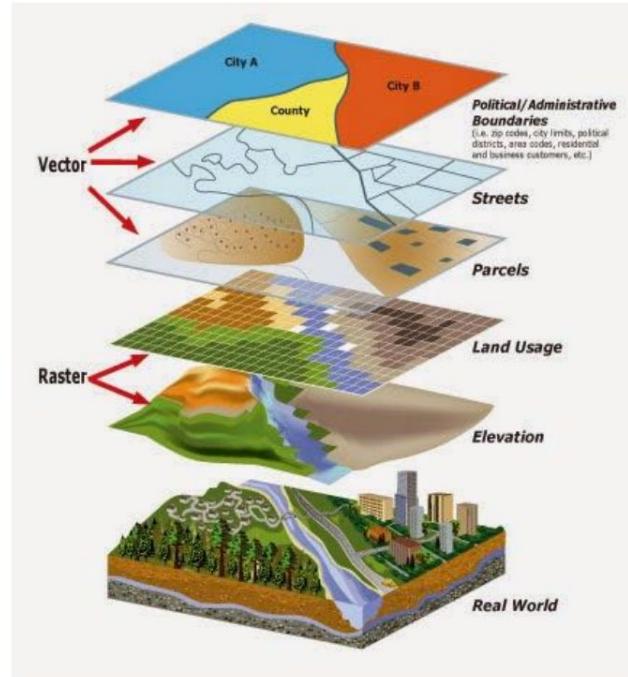
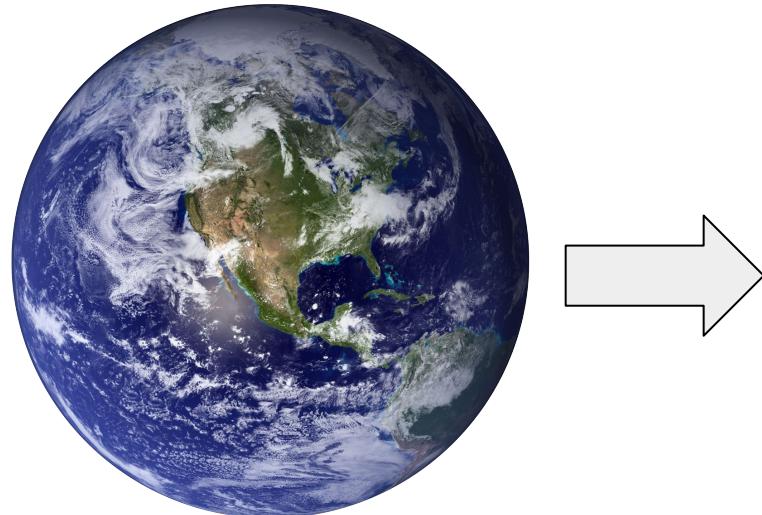
Lobo, Felipe., et al. (2017)

# Representações de dados espaciais

- Representação dos dados espaciais são uma simplificação do mundo real para forma computacional
  - Dados espaciais são uma extensão das entidades físicas com propriedades espaciais
- Entidades são representadas por atributos espaciais ou objetos espaciais.
- Objetos são abstrações para modelos de bancos de dados espaciais que possuem características e atributos para modelar o mundo real.

# Representações de dados espaciais

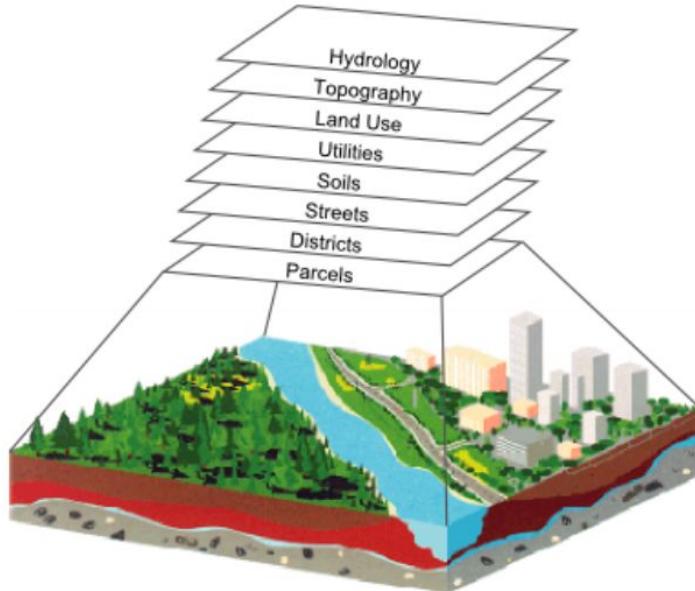
- Representar o mundo real de forma computacional é uma opção para abstrair informações por meio de dados espaciais.



Fonte: <http://www.bowdoin.edu/~ltoma/teaching/cs3225-GIS/fall17/Lectures/gis-datamodels-networks-and-terrains.pdf>

# Representações de dados espaciais

- Os modelos de dados espaciais são um meio para representar informações georeferenciadas.



Fonte: GIS for Spatial Planning Training for Ministry of Transport Mozambique, 2018

# Representações de dados espaciais

- Dentro dos modelos de dados espaciais para bancos de dados é possível representar suas informações através de atributos espaciais e não espaciais.
  1. **Localização:** representa a superfície, relações espaciais e etc.
  2. **Atributos:** descrevem fenômenos associados, armazena informações.

# Representações de dados espaciais

- Dentro dos modelos de dados espaciais para bancos de dados é possível representar suas informações através de atributos espaciais e não espaciais.

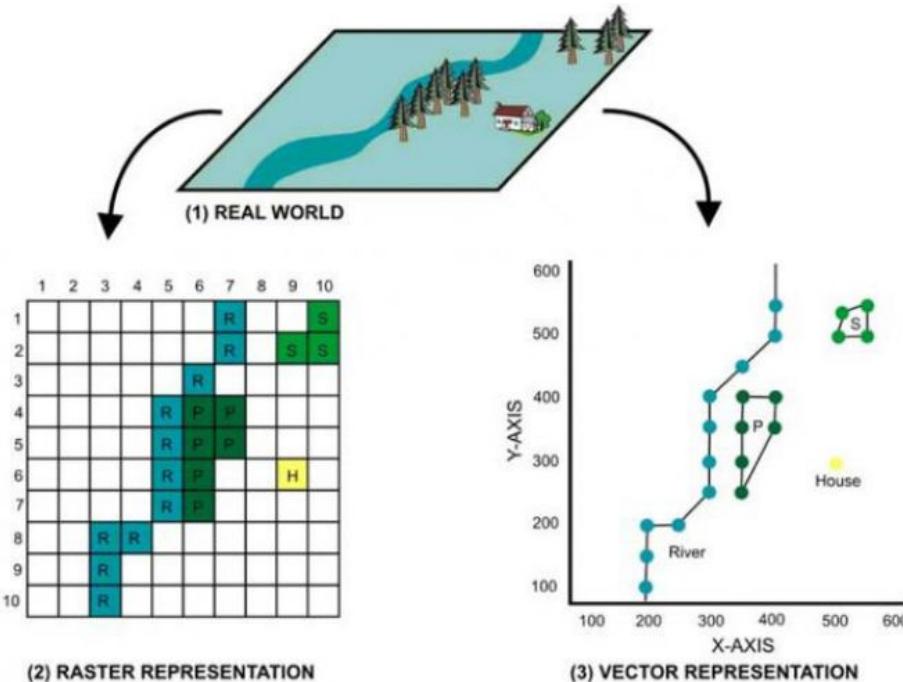
unidades_federativas				
ufid	nome	populacao	e_vida	fronteira
31	Minas Gerais	20.997.560	77	
35	São Paulo	44.396.484	77,8	
...	...	...	...	...

Fonte: G. Queiroz, 2019

# Representações de dados espaciais

- **Vetorial:** A estrutura de dados espaciais no formato vetorial é utilizada para representar a fronteira de uma entidade geográfica, sendo que suas coordenadas espaciais são os pontos que descrevem a posição e direção de um objeto.
- **Matricial:** Representação contínua de elementos físicos na forma de matriz, exemplo: regiões, elevação, solo etc. É composto por uma grade de células onde cada posição possui um valor associado.

# Representações de dados espaciais



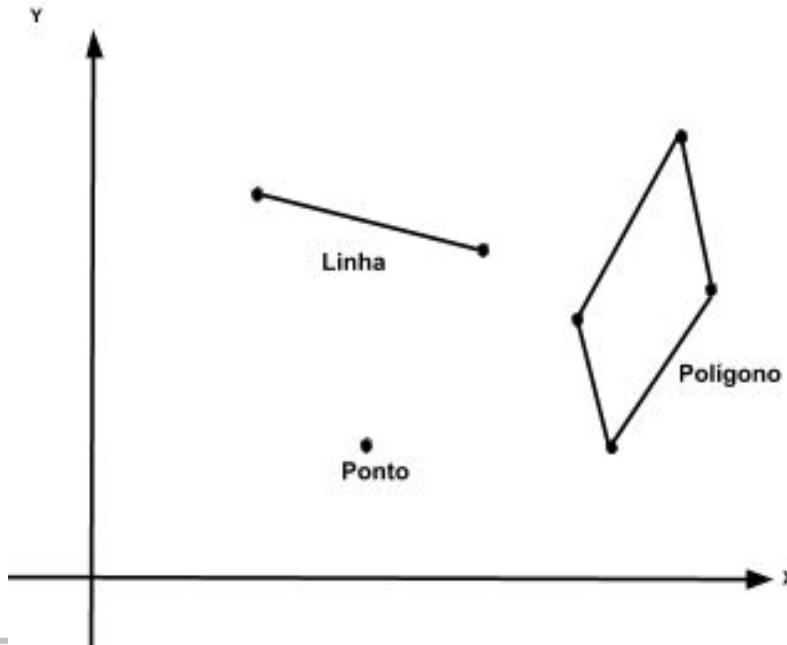
Adaptado: GIS for Spatial Planning Training for Ministry of Transport Mozambique, 2018

# Representações de dados espaciais

- **Vetorial:** A estrutura de dados espaciais no formato vetorial é utilizada para representar a fronteira de uma entidade geográfica, sendo que suas coordenadas espaciais são os pontos que descrevem a posição e direção de um objeto.
  - **Ponto:** Objeto espacial 0-dimensional onde um par ordenado (x,y);
  - **Linha:** é composta por um conjunto de pontos e representa uma estrutura unidimensional no espaço;
  - **Polígono:** região do plano limitada por uma ou mais linhas poligonais conectadas de tal forma que o último ponto de uma linha seja idêntico ao primeiro da próxima.

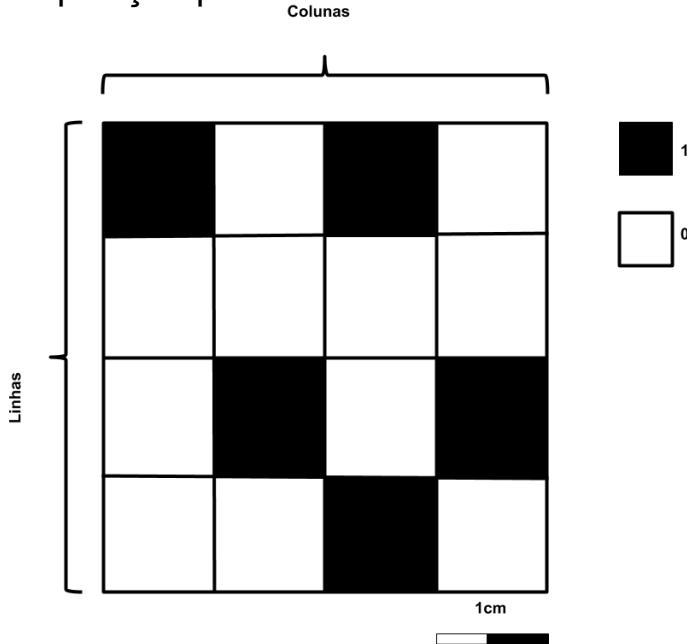
# Representações de dados espaciais

- **Vetorial:** A estrutura de dados espaciais no formato vetorial é utilizada para representar a fronteira de uma entidade geográfica, sendo que suas coordenadas espaciais são os pontos que descrevem a posição e direção de um objeto.



# Representações de dados espaciais

- Matricial: Representação contínua de elementos físicos na forma de matriz. É composto por uma grade de células onde cada posição possui um valor associado.



Fonte: Autor

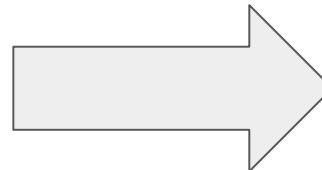
# Sistema de referência espacial

- Representações;
- Local onde os fenômenos estão registrados.



São Paulo

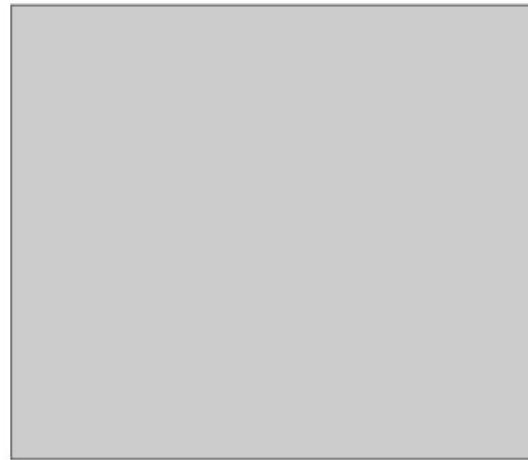
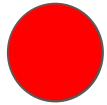
Minas Gerais



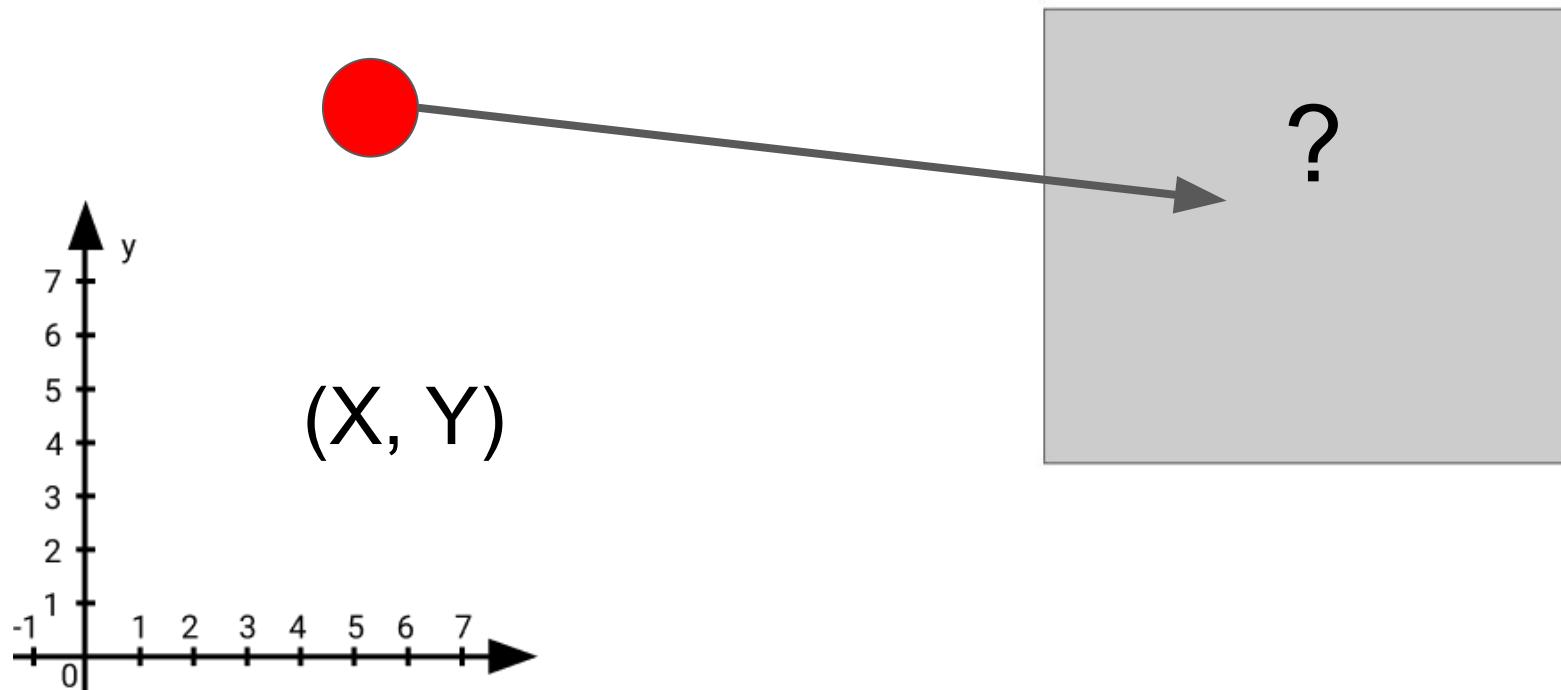
# Sistema de referência espacial

Sistemas de referência espacial é um sistema utilizado para representar características físicas e geométricas do planeta Terra.

# Sistema de referência espacial

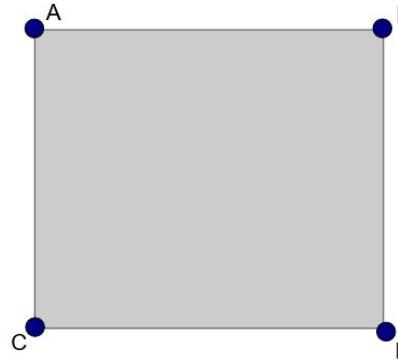
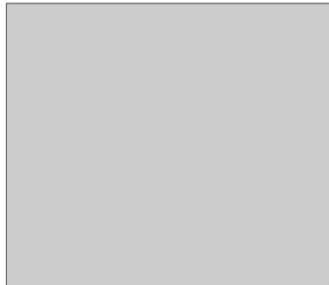


# Sistema de referência espacial

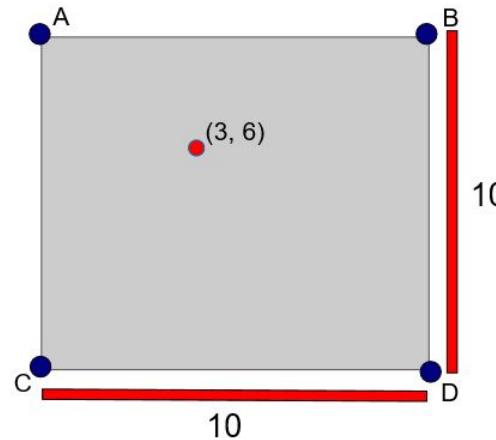
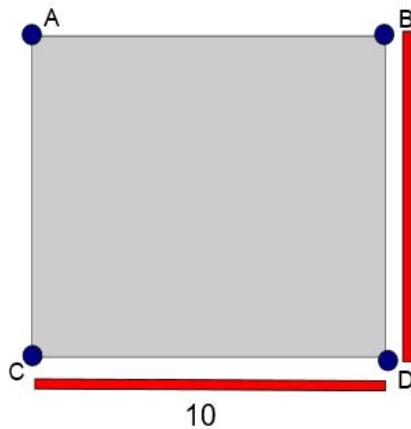


# Sistema de referência espacial

A)



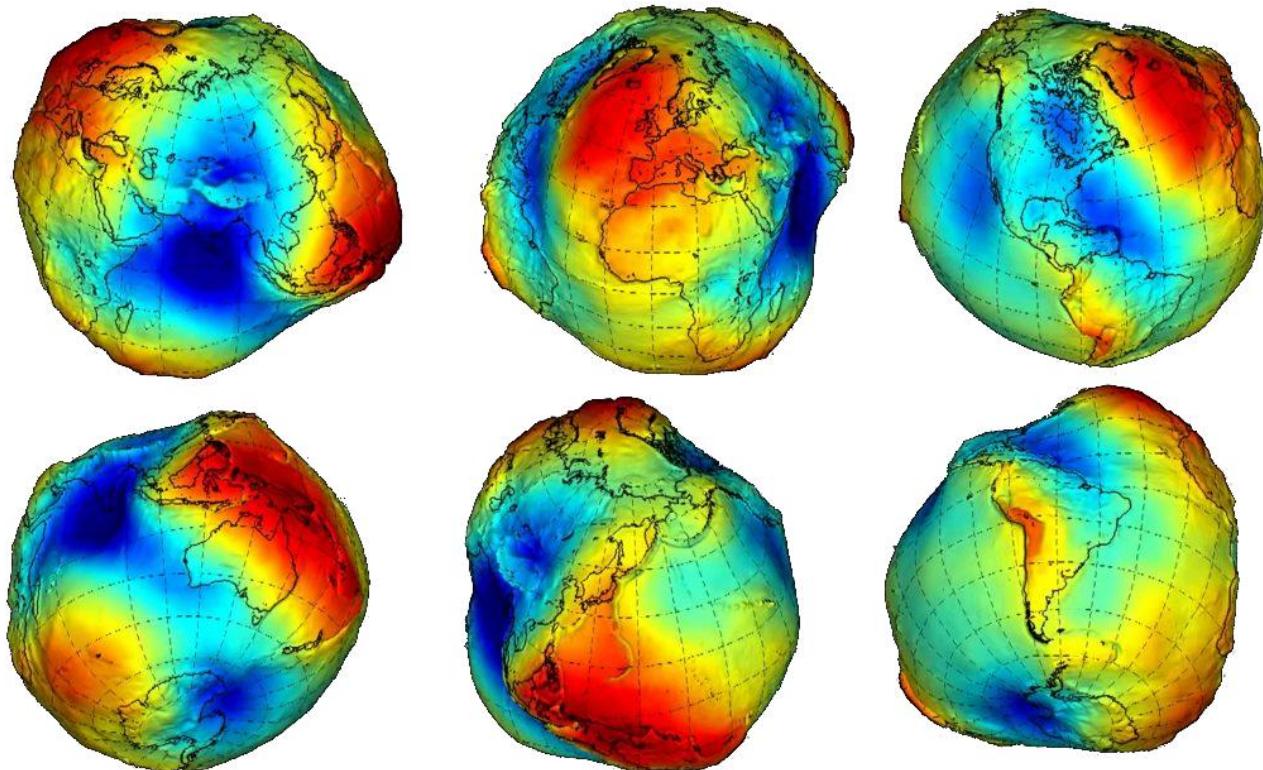
B)



# Sistema de referência espacial

- Representação do espaço do mundo real não é tão simples;
- Diferentes necessidades precisam ser supridas:
  - Como é a superfície da Terra;
  - formas de representação de tal superfície.
- Geodésia.
  - Ciências que se empenham em realizar estudos das formas e dimensões da Terra.

# Sistema de referência espacial



# Sistema de referência espacial

- Geóide é a superfície de medição da Terra;
- Elipsóide é a superfície de representação da terra

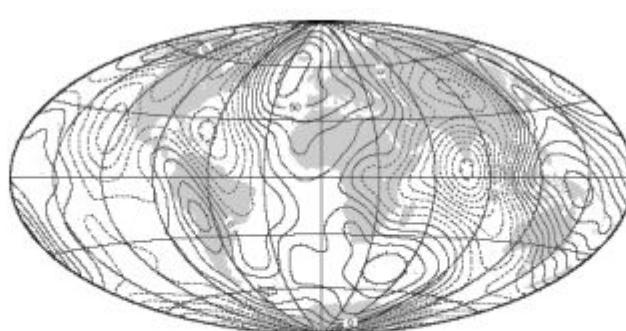


# Sistema de referência espacial

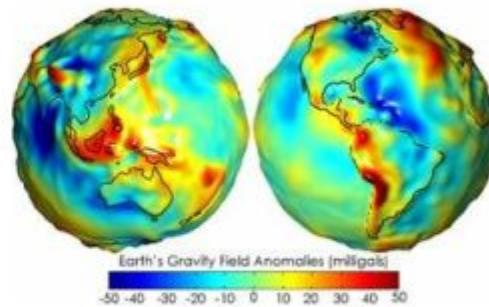
- A superfície precisa de uma representação macro;
- Representações que variam com a necessidade e complexidade.



Esférico



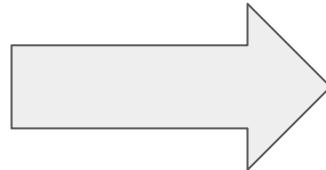
Elipsóide



Geóide

# Projeções cartográficas

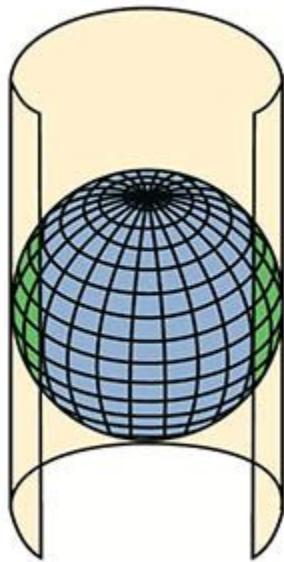
- Representação;
- Necessidade de representar elementos tridimensionais com duas dimensões;
- Ambas as representações devem ser correspondentes.



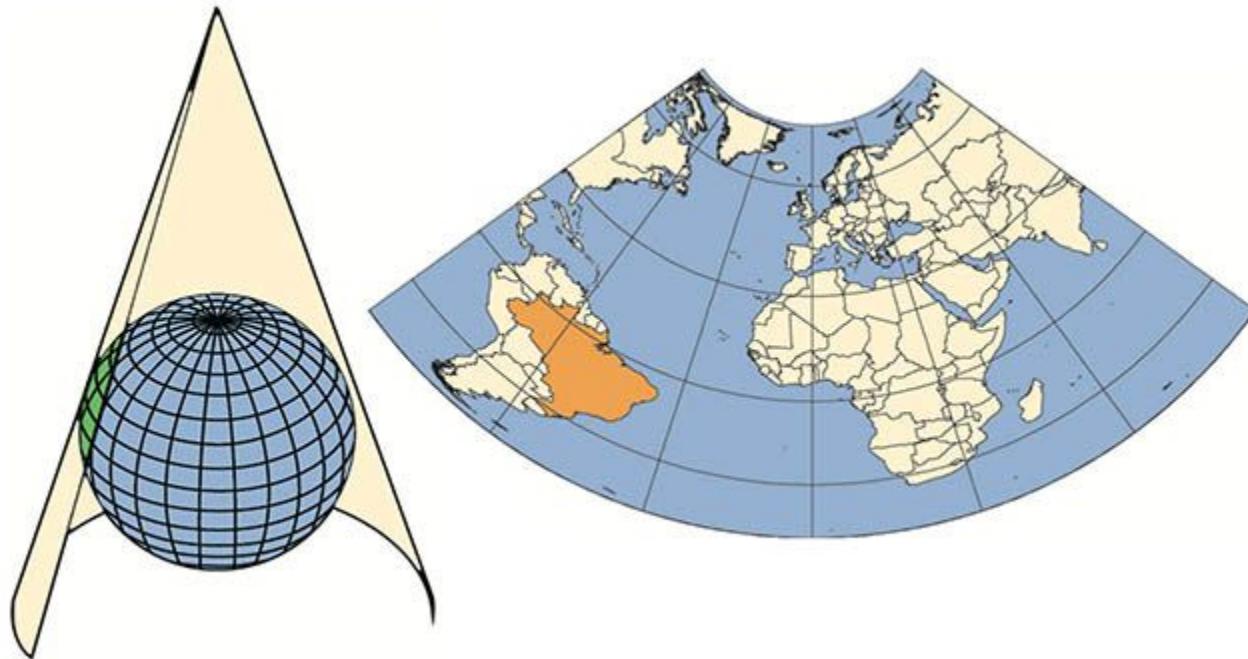
# Projeções cartográficas

- Utilização de transformações geométricas;
- Diferentes métodos de transformação
  - Todo método possui um erro associado.

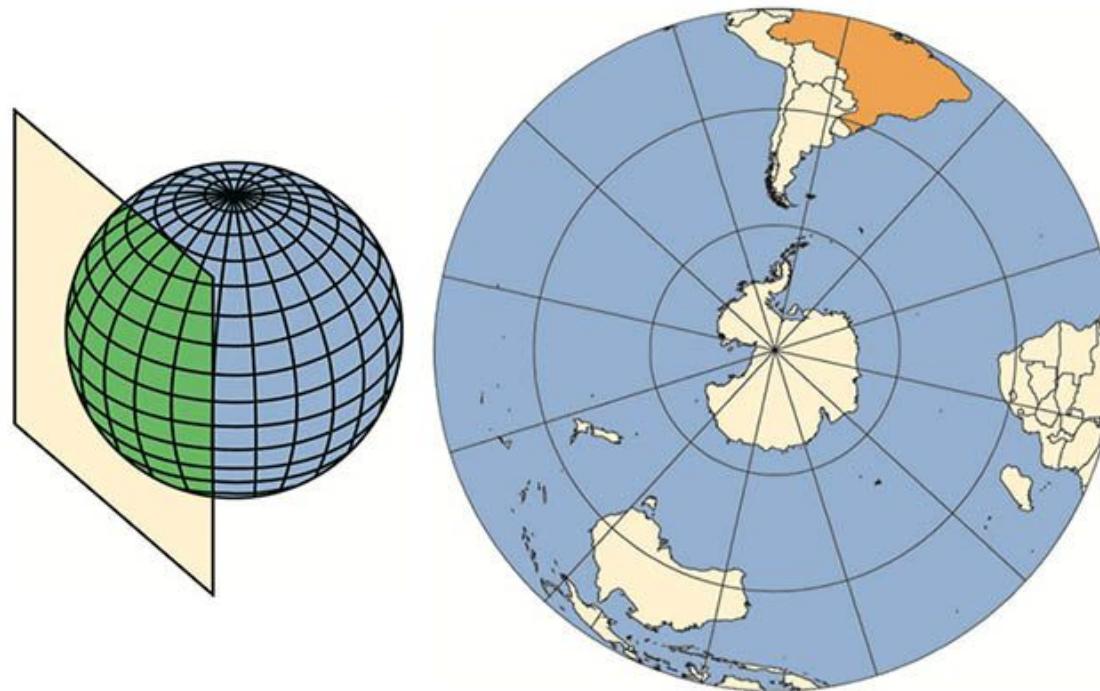
# Projeções cartográficas - Cilíndrica



# Projeções cartográficas - Cônica



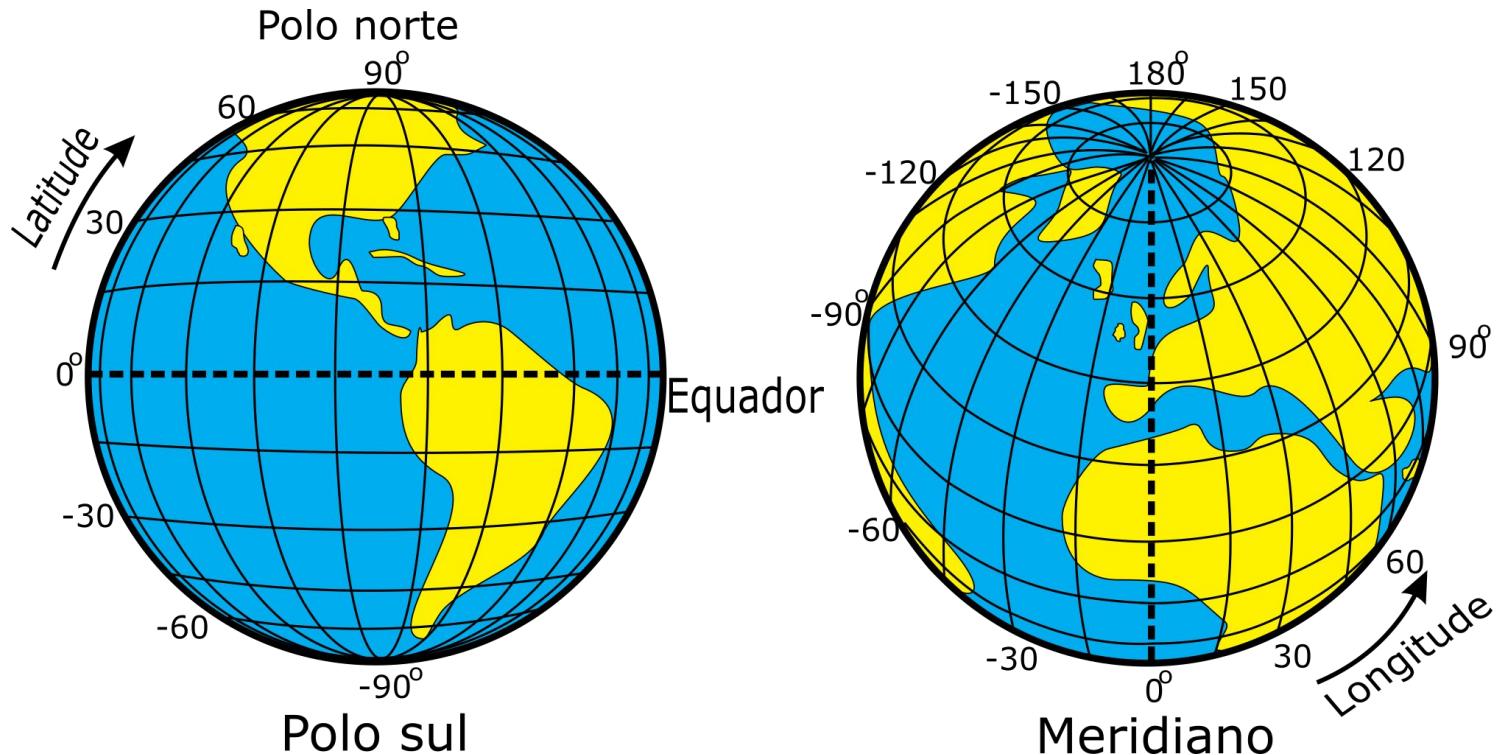
# Projeções cartográficas - Plana



# Sistema de coordenadas

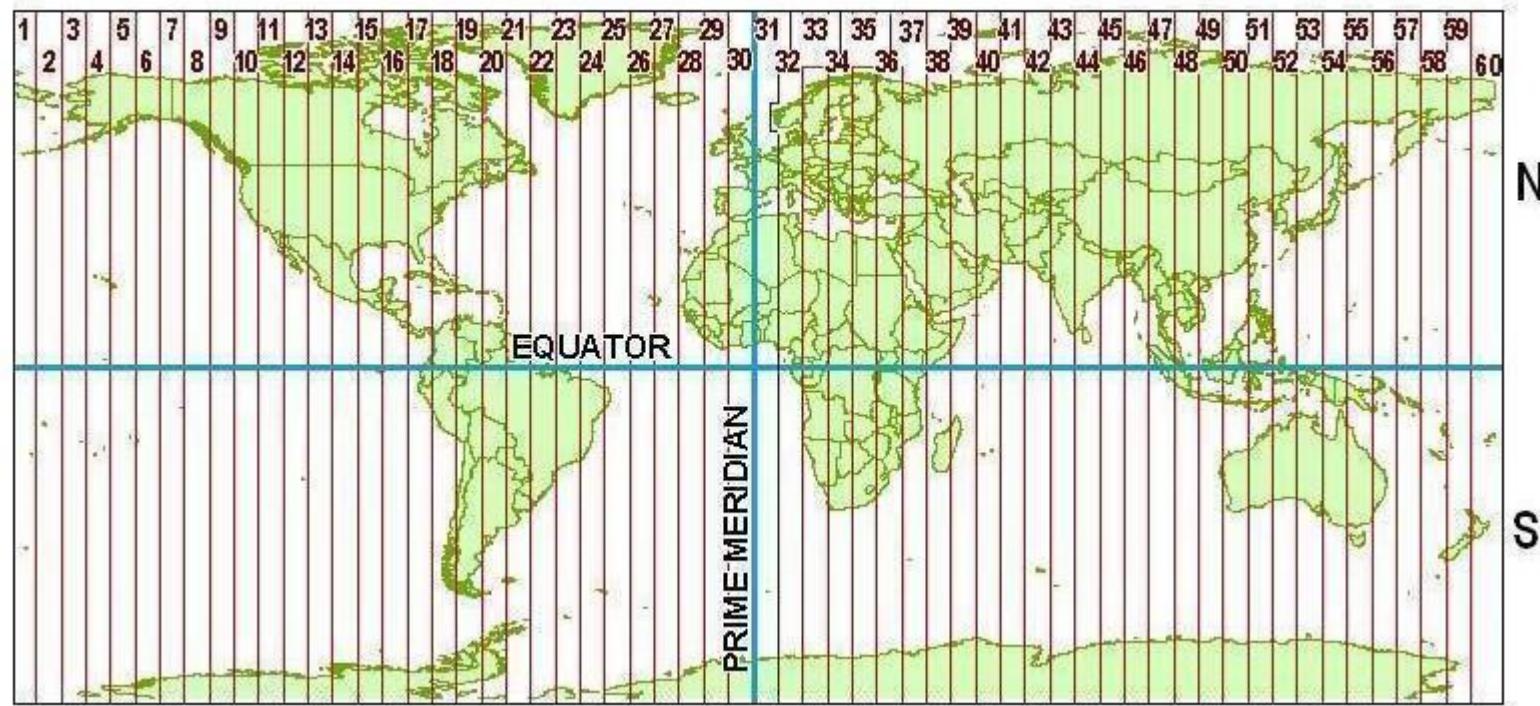
- Representação e projeção;
- Sistemas de coordenadas
  - Técnica para quantificar a localização dentro das representações.

# Sistema de coordenadas - Geográficas



# Sistema de coordenadas - Planas

UTM ZONE NUMBERS



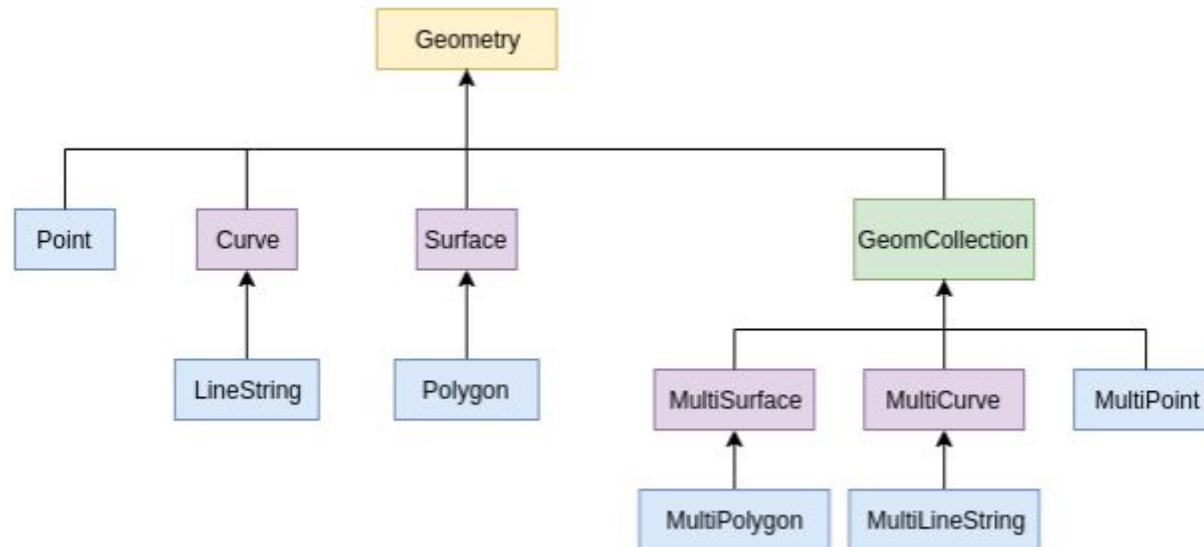
# Open Geospatial Consortium (OGC)

- *Open Geospatial Consortium* (Consórcio Geoespacial Aberto, OGC) é responsável por reunir organizações voluntárias que trabalham no desenvolvimento e implementação de padrões geométricos para o processamento de dados em um SIG.

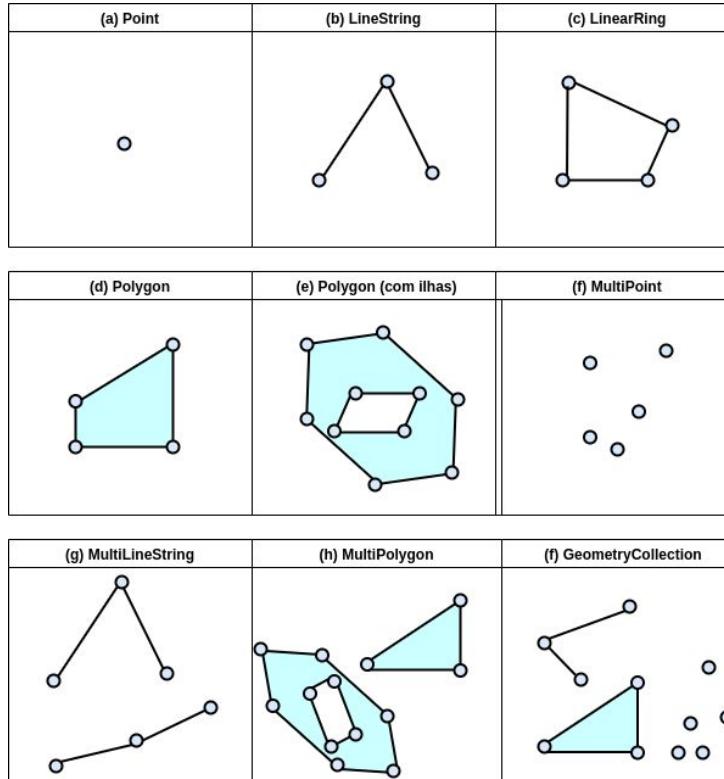


# Open Geospatial Consortium (OGC)

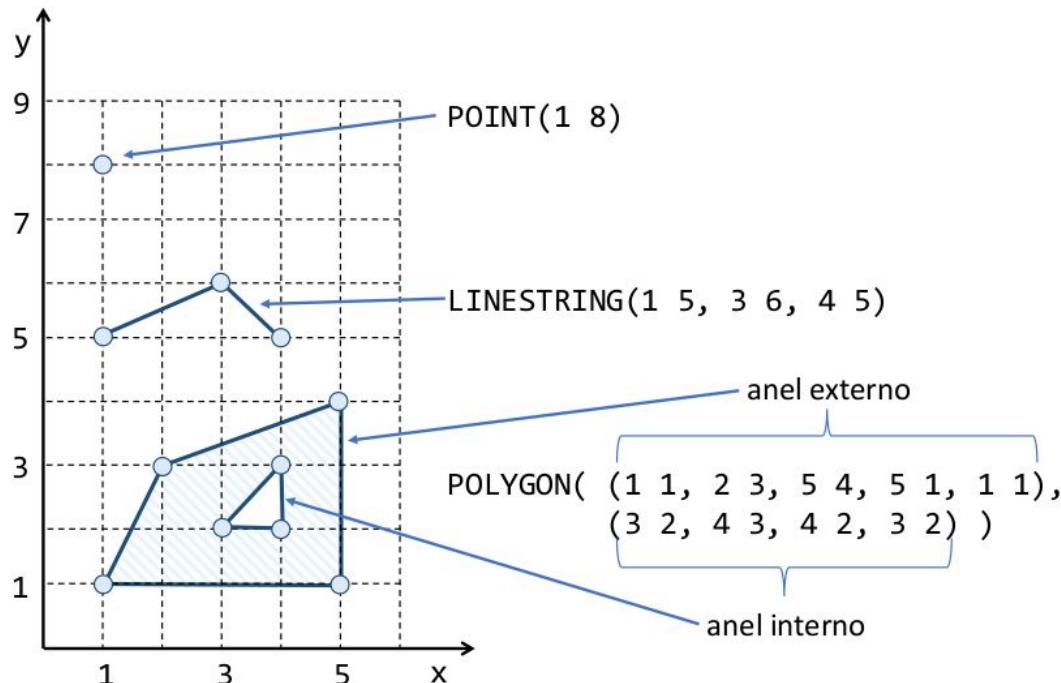
- Os modelos de objetos geométricos do OGC possuem características que podem ser descritas dentro do seu conjunto de normas e implementações, essas características fazem parte da arquitetura que descreve objetos comuns chamado *Simple Features*



# Open Geospatial Consortium (OGC)



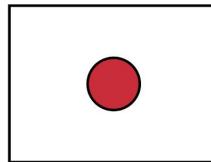
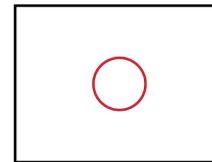
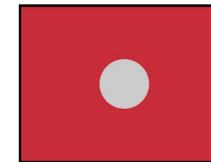
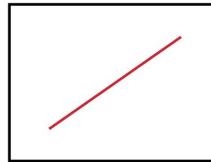
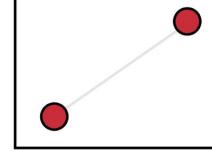
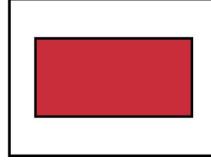
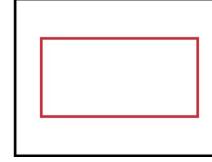
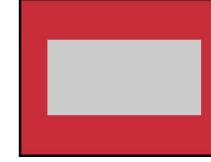
# Open Geospatial Consortium (OGC)



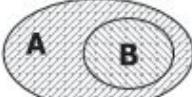
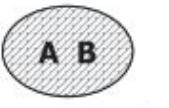
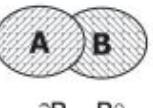
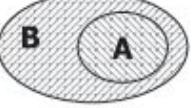
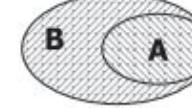
# Relacionamentos espaciais nomeados

- Caracterização espacial ajuda na análise dos dados;
- Existem alguns tipos de relacionamentos
  - 1. Topológicos: Considera os relacionamentos de interseção entre os objetos;
  - 2. Métricos: Área e distância entre objetos;
  - 3. De ordem: Disposição entre objetos.

# Relacionamentos espaciais nomeados

	Interior	Fronteira	Exterior
Ponto			
Linha			
Polígono			

# Relacionamentos espaciais nomeados

 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ \emptyset &amp; \emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ \emptyset &amp; \emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>disjoint</p>	 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ -\emptyset &amp; \emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ \emptyset &amp; \emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>meet</p>	 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ \emptyset &amp; \emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ -\emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>contains</p>	 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ -\emptyset &amp; \emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ -\emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>Covers</p>
 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ -\emptyset &amp; \emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ \emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>equal</p>	 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ -\emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ -\emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>overlap</p>	 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ \emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ \emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>inside</p>	 <p><math>\partial A \begin{pmatrix} \partial B &amp; B^\circ \\ -\emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math>  <math>A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset &amp; \emptyset \\ \emptyset &amp; -\emptyset \end{pmatrix}</math></p> <p>Covered By</p>

$(\partial)$ Fronteira  
 $(^\circ)$ Interior

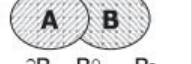
$(\emptyset)$ Vazio  
 $(\neg\emptyset)$ Não vazio

# Relacionamentos espaciais nomeados

- Relacionamentos topológicos possuem restrições;
  - Causadas pelo fenômeno representado;
  - Pela representação do fenômeno.
- Exemplos:
  - **disjoint**: Operação que pode envolver qualquer par de geometrias;
  - **overlap**: Operação realizada com somente geometrias do mesmo tipo.

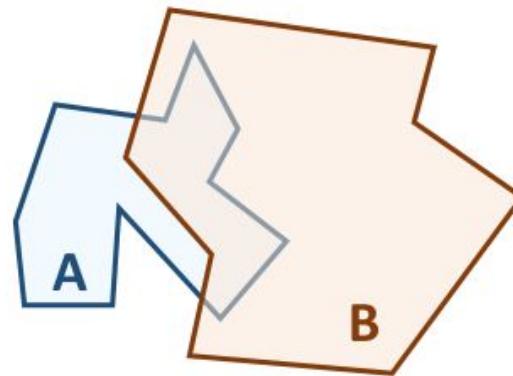
# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

- O modelo de nove interseções dimensionalmente estendido (**DE9IM**) tem como objetivo apresentar um método para os relacionamentos topológicos entre objetos geométricos, este modelo considera o resultado da interseção entre as fronteiras, interiores e exteriores.

 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>disjoint</b>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>meet</b>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>contains</b>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>covers</b>
 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>equal</b>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>overlap</b>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>inside</b>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ & \emptyset & \emptyset \\ A^- & \emptyset & \emptyset \end{matrix}$ <b>covered by</b>

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	$\dim(I(A) \cap I(B))$	$\dim(I(A) \cap F(B))$	$\dim(I(A) \cap E(B))$
<i>Fronteira(A)</i>	$\dim(F(A) \cap I(B))$	$\dim(F(A) \cap F(B))$	$\dim(F(A) \cap E(B))$
<i>Exterior(A)</i>	$\dim(E(A) \cap I(B))$	$\dim(E(A) \cap F(B))$	$\dim(E(A) \cap E(B))$



Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Intersecções estendida dimensionalmente

A dimensionalidade máxima dos objetos resultantes da intersecção dos componentes avaliados,  $\dim(x)$ , pode ser:

- $\emptyset$  : Caso os componentes não tenham intersecção.

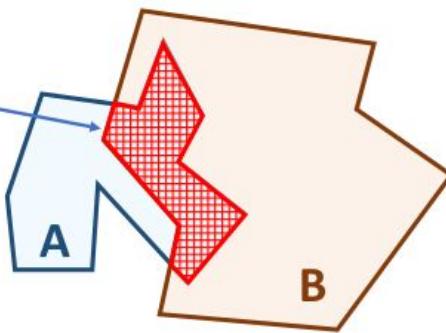
Adotaremos o valor -1 para este caso.

- 0: Se a intersecção dos componentes resulta em um ponto.
- 1: Se a intersecção dos componentes resulta em alguma curva.
- 2: Se a intersecção dos componentes resulta em alguma superfície. Adotaremos também o termo Área ou Região como sinônimos.

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

$$\dim(I(A) \cap I(B)) = 2$$

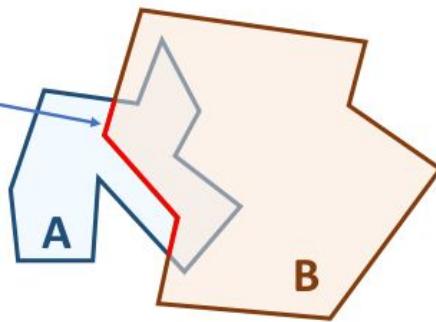


Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

$$\dim(I(A) \cap F(B)) = 1$$

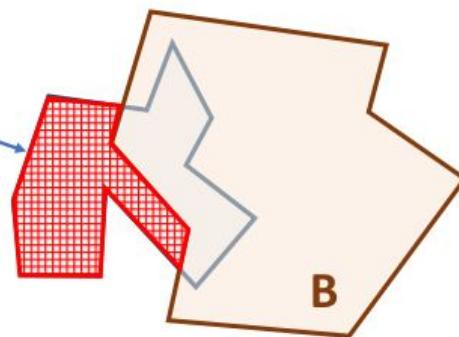


Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

$$\dim(I(A) \cap E(B)) = 2$$

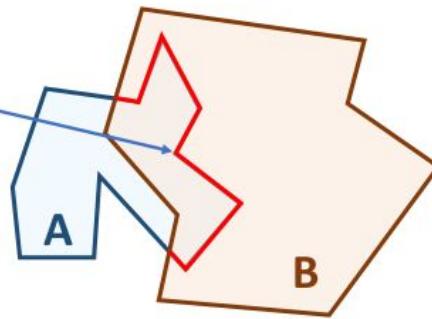


Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

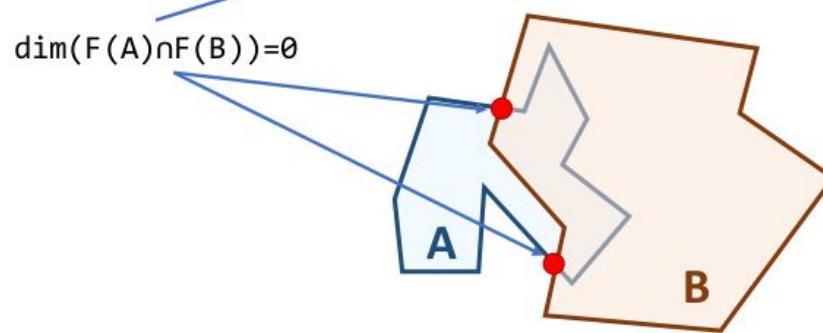
$$\dim(F(A) \cap I(B)) = 1$$



Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

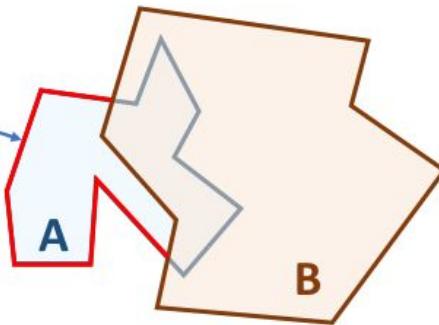


Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

$$\dim(F(A) \cap E(B)) = 1$$

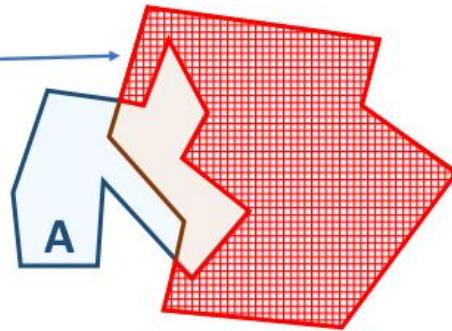


Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

$$\dim(E(A) \cap I(B)) = 2$$

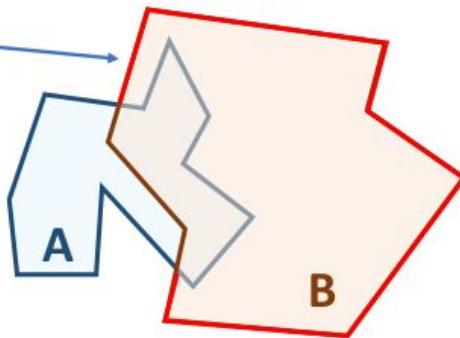


Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

$$\dim(E(A) \cap F(B)) = 1$$

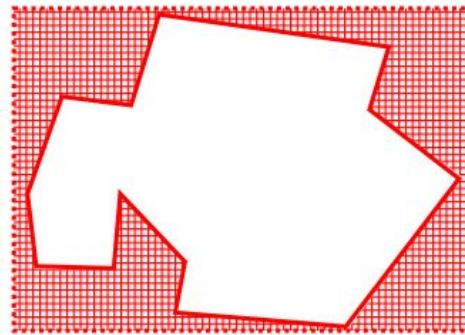


Fonte: G.Queiroz, 2019

# Matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente

	<i>Interior(B)</i>	<i>Fronteira(B)</i>	<i>Exterior(B)</i>
<i>Interior(A)</i>	2	1	2
<i>Fronteira(A)</i>	1	0	1
<i>Exterior(A)</i>	2	1	2

$\dim(E(A) \cap E(B)) = 2$



Fonte: G.Queiroz, 2019

# Obrigado!