

# **Introdução aos SIGs**

Lúbia Vinhas

# Geoprocessamento

Representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados espaciais, produzindo informações relevantes para tomada de decisão

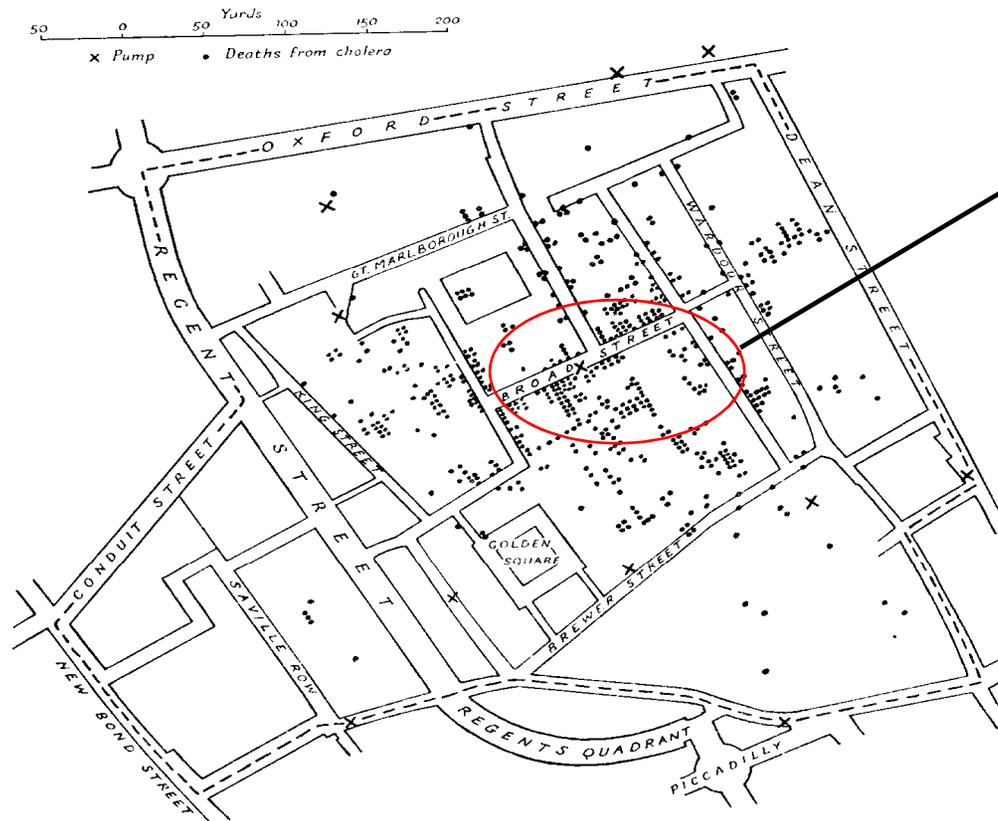
The screenshot shows the top portion of a news article on the FOLHA.com website. At the top left is the logo 'FOLHA.com'. To its right is a weather widget for 'tempo + CIDADES' showing 'SP 22°C' and 'RIO 27°C' with rain icons. Below the logo is a navigation menu with categories like 'NOTÍCIAS', 'PODER', 'MUNDO', 'MERCADO', 'COTIDIANO', 'ESPORTE', 'ILUSTRADA', 'CIÊNCIA', 'TEC', and the date '13 DE JANEIRO'. A secondary menu includes 'AMBIENTE', 'BICHOS', 'BLOGS', 'CELEBRIDADES', 'COLUNAS', 'COMIDA', 'EQUILÍBRIO E SAÚDE', 'FOLHATEEN', 'FOLHINHA', 'ILUSTRADA', 'SERVIÇO', 'HORÓSCOPO', 'FOLHAINVEST', 'INDICADORES', 'TEMPO', 'GUIA FOLHA', 'E-MAIL FOLHA', 'ASSINANTES', and 'FO'. A red banner below the menu reads 'EM CIMA DA HORA Polícia mexicana prende traficante do cartel La Familia Michoacana'. The main article title is 'cotidiano' in a blue bar, followed by '13/01/2011 - 09h29' and the headline 'Cidades atingidas por chuvas mapeiam áreas de risco, mas não têm projeto'. Below the headline is the sub-headline 'DO RIO' and a 'Recomendar' button with the text '55 pessoas recomendam isso.'. The first paragraph of the article reads: 'As três cidades da região serrana do Rio duramente atingidas pelas chuvas têm mapeamentos de áreas de risco concluídos desde 2008, mas tomaram poucas medidas concretas para evitar tragédias como a de ontem.'



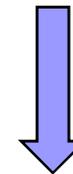
**Geoprocessamento**

# Exemplo pioneiro

Epidemia de cólera em Londres em 1854:



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

# Histórico

- **Anos 50:** redução de custos de produção e manutenção de mapas. Aplicações específicas foram desenvolvidas na Inglaterra (botânica) e nos EUA (tráfego)
- **Anos 60:** programa governamental no Canadá para inventário de recursos naturais
- **Anos 70:** criação da expressão Geographic Information System - GIS (SIG – Sistema de Informação Geográfica). Empresas começam a comercializar SIGs, alto custo e para computadores de grande porte
- **Anos 80:** computadores pessoais e estações de trabalho popularizam acesso aos SIG's. Criação de centros específicos como NCGIA marcam o estabelecimento do Geoprocessamento
- **Anos 90:** interesse em software livre de licença chega, aumentando uso dos SIG's
- **Anos 2000:** ênfase em acesso e publicação de dados no ambiente da Internet

# Dados Espaciais

- Dados que contém a uma localização espacial em algum sistema de referência. Contém informação sobre a localização, forma e as relações topológicas entre feições de interesse.
- Sistemas de Referência
  - São basicamente as diferentes perspectivas de um observador quanto a descrição de medidas (ex. posição) . Sistemas de coordenadas são as diferentes formas de descrever medidas sob essas perspectivas
- Dados Geográficos ou Geoespaciais
  - São aqueles onde o sistema de referência é a superfície da terra

# Dados espaciais

- Estima-se que 80% dos dados existentes possuem uma componente espacial (por exemplo: endereços).
- Enormes quantidades de dados espaciais são gerados por sistemas de observação da terra: imagens de SR (CBERS, LANDSAT), dados SRTM, estações de coleta de dados, etc.
- Popularização desse conceito graças a internet: Yahoo! Maps, Google Maps, Google Earth
- Demanda por serviços e aplicações que dependem de geográficos:
  - Planejamento de rotas
  - Observação e mitigação de desastres naturais
  - Monitoramento de crimes
  - Simulação de efeitos ambientais, etc.

# Dados espaciais ou geográficos

Caracterizam-se por: **localização geográfica** (**onde** o fenômeno ocorre) e **atributos** (**descrição** do fenômeno)

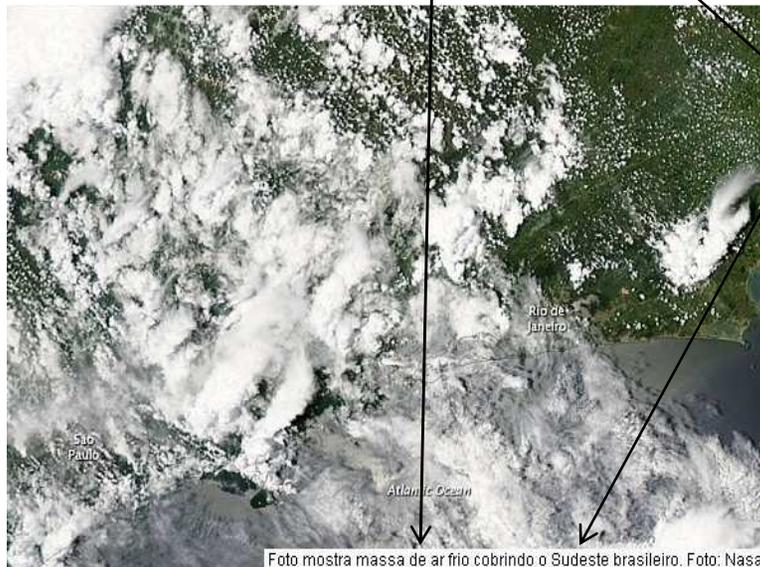
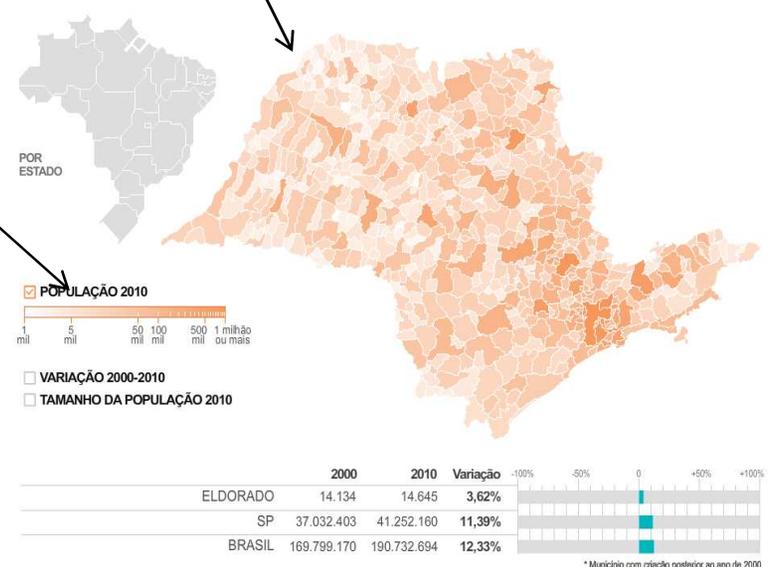


Foto mostra massa de ar frio cobrindo o Sudeste brasileiro. Foto: Nasa



# Espaço geográfico

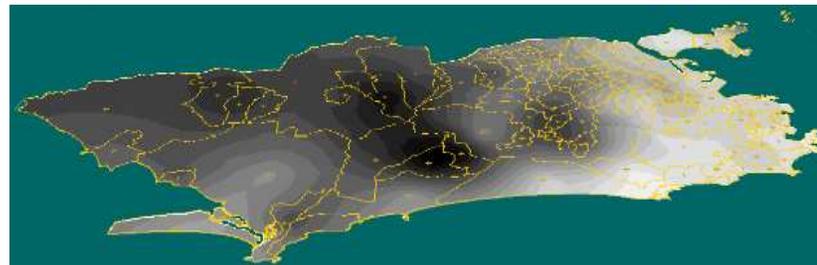
Diferentes Dados Geográficos permitem diferentes percepções do espaço geográfico



Imagem



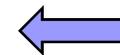
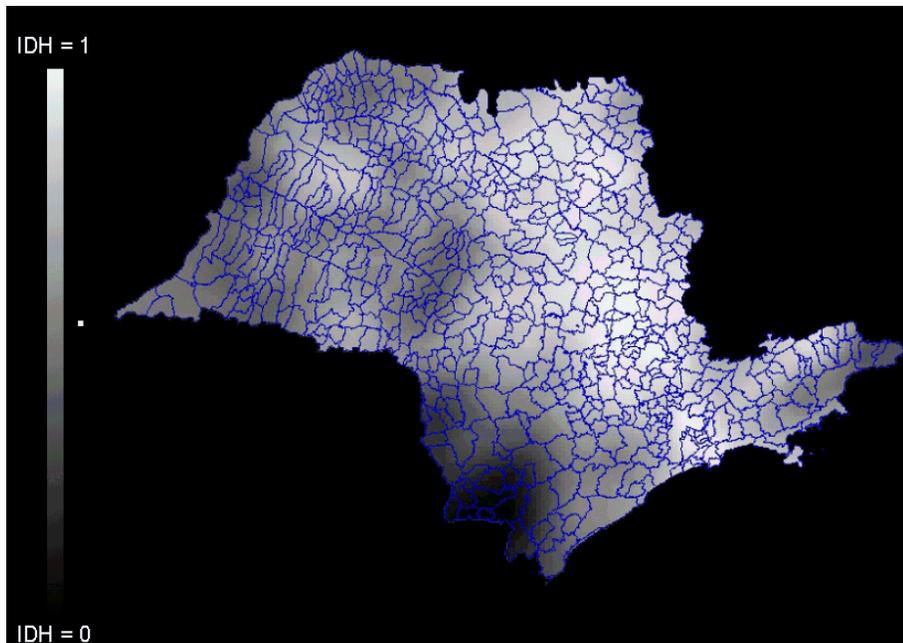
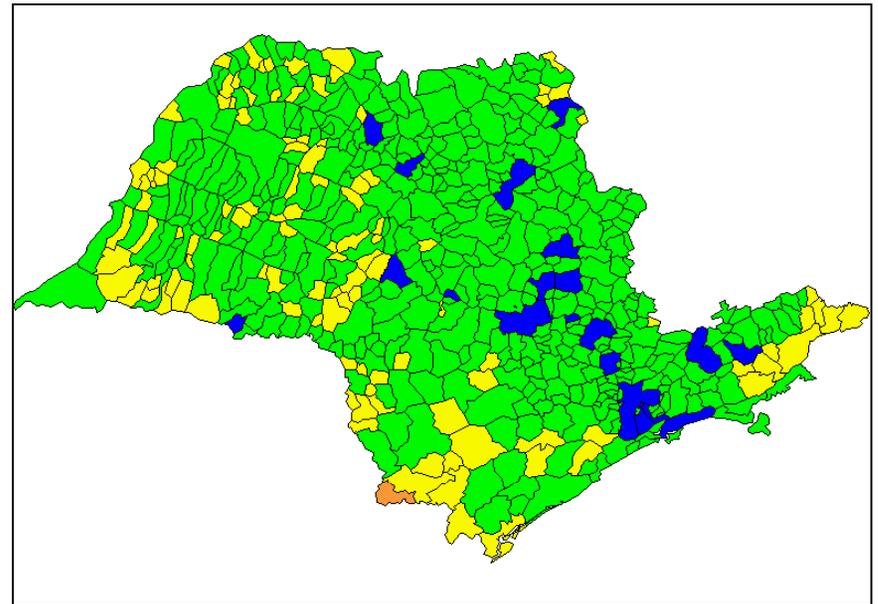
Regiões delimitadas por polígonos



Superfície de decisão

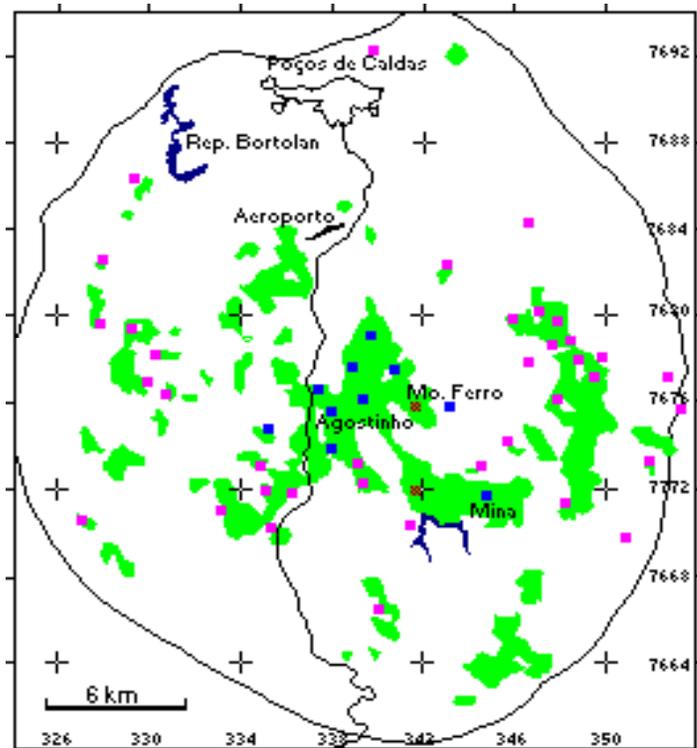
# Espaço geográfico

Espaço como uma subdivisão  
planar – IDH por município

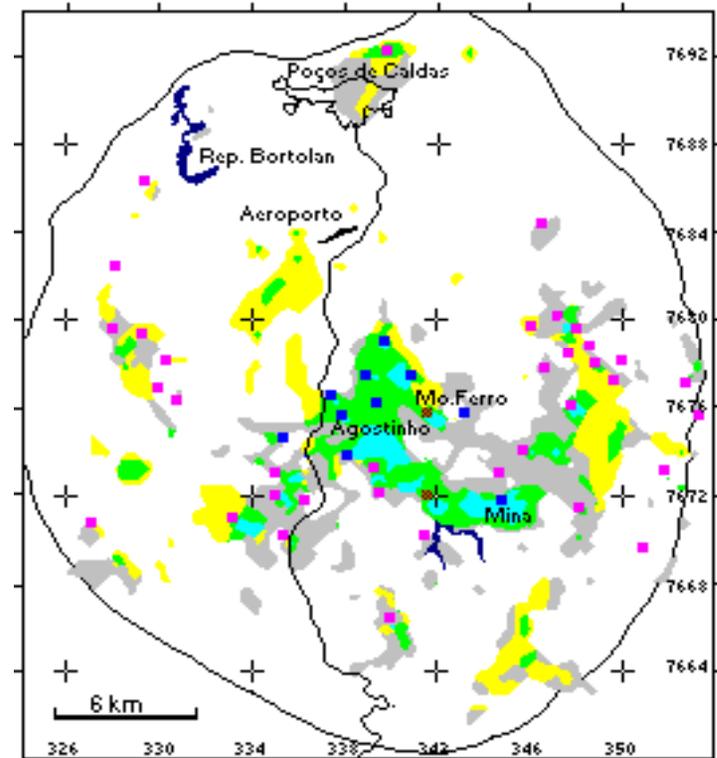


Espaço como uma superfície  
contínua – Superfície de IDH

# Espaço geográfico



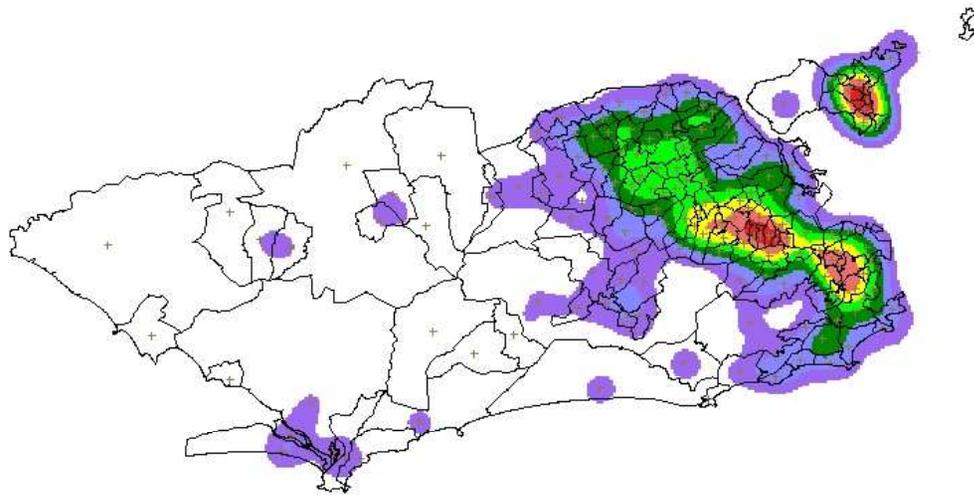
Áreas potenciais Mineralizações: U-Zr U-Mo Th-TR



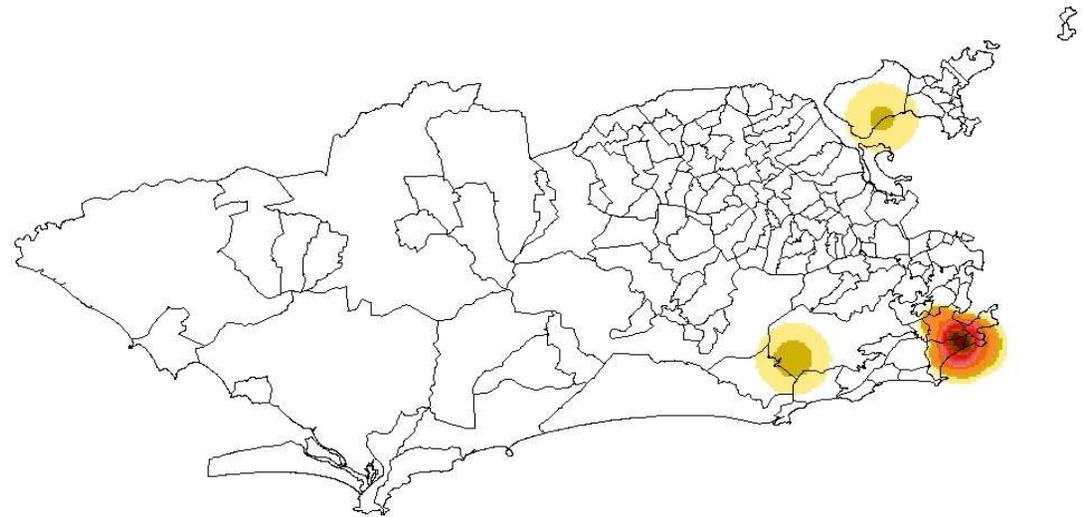
Prioridades: Baixa Média Alta Muito Alta

Espaço como uma superfície de decisão

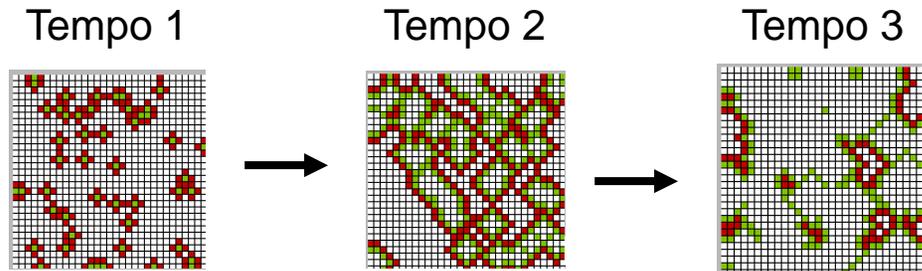
# Espaço geográfico



Espaço como clusters de eventos pontuais. Ex. crimes, doenças

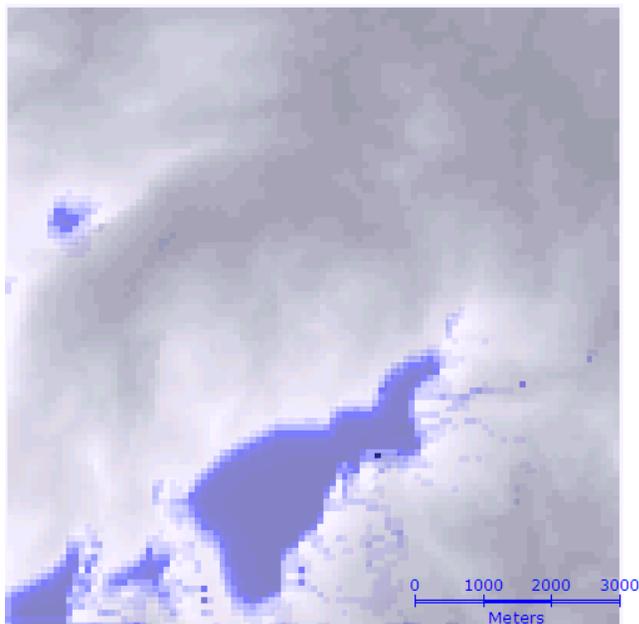


# Espaço geográfico

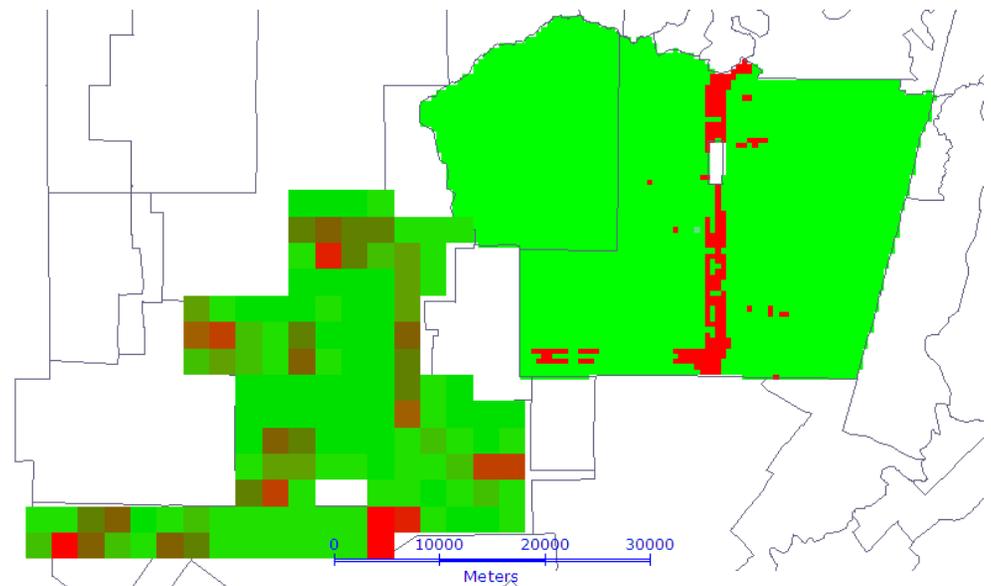


Espaço de Modelos

Ex: Modelos Hidrológicos



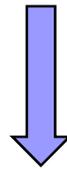
Ex: Modelos LUC



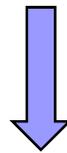
Figuras: Tiago Carneiro, 2006

# Geoprocessamento

Quando os dados espaciais são organizados, analisados, interpretados e apresentados de forma útil para um problema de tomada de decisão específico, se transformam em informação espacial



**Geoprocessamento**



**Através de um SIG**

# **Sistemas de Informação Geográfica**

# O que é um SIG?

Um **Sistema de Informação - SI** pode ser descrito como uma associação de pessoas, máquinas, dados e procedimentos que juntos são responsáveis pela coleta, gerência e distribuição de informações importantes para indivíduos ou organizações (ex web)

Um **Sistema de Informações Geográficas - SIG** é um tipo de SI informação que trata de dados espaciais

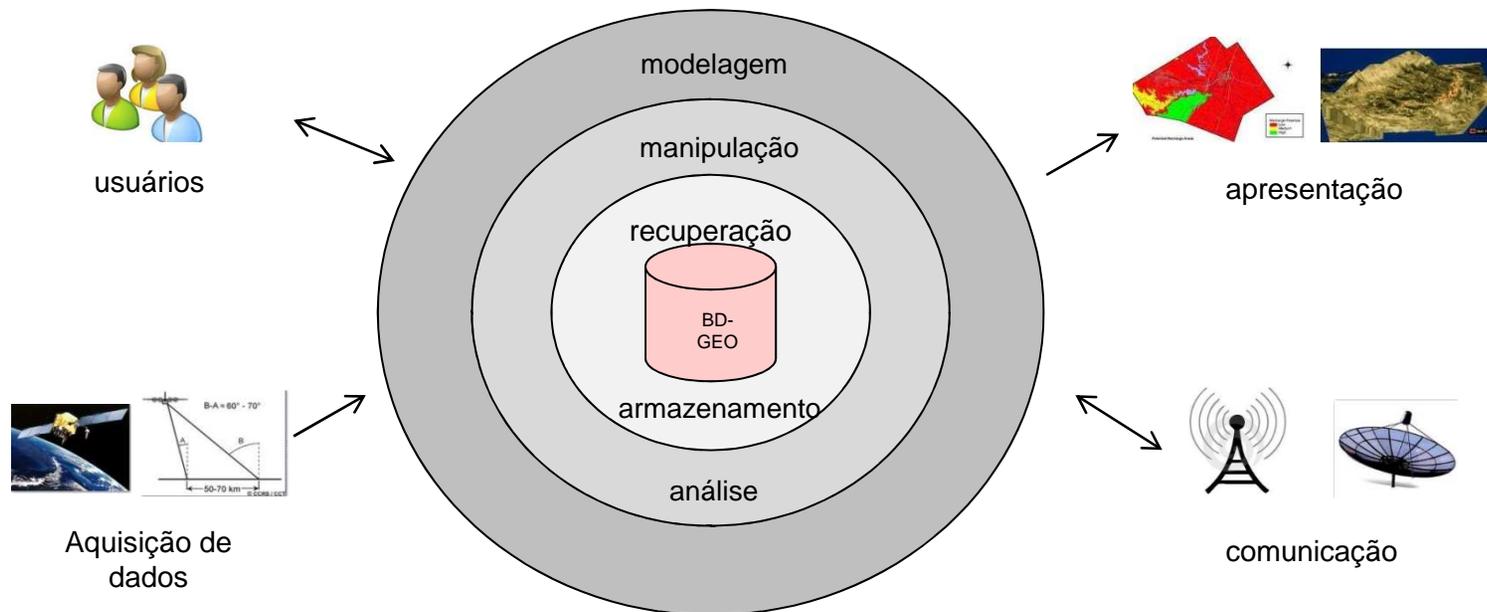


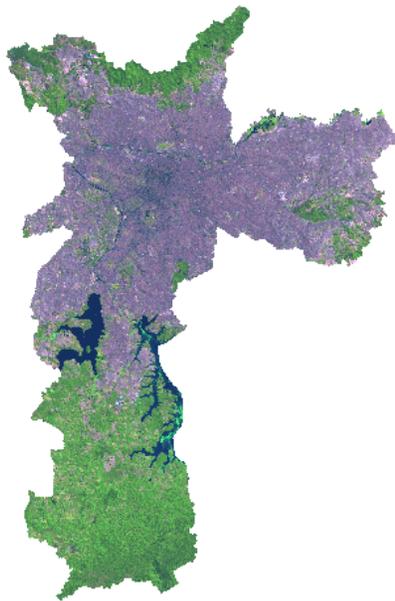
Figura adaptada de Worboys & Duckhan 2004

# Sistemas de Informação Geográfica

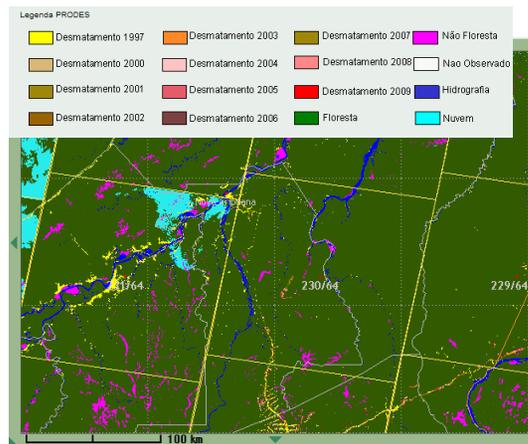
- Um SIG é um software que permite o armazenar, gerenciar e visualizar dados espaciais além de fornecer ferramentas de análise como:
  - **Consultas:** por região, por coordenadas, classificação
  - **MNT:** declividade, rede de drenagem, bacias
  - **Rede:** conectividade, caminho mínimo
  - **Distribuição:** detecção de mudanças, proximidade
  - **Análise/Estatística espacial:** padrões, auto-correlação
  - **Medidas:** distância, forma, adjacência, direção, perímetro

# Dados Espaciais

- Os SIG's são capazes de manipular diferentes tipos de dados espaciais



Imagens SR

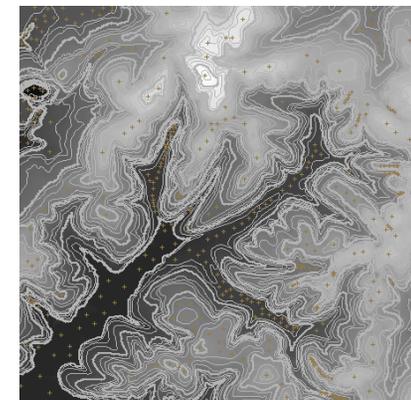


Dados Temáticos

Fotos aéreas



Topografia

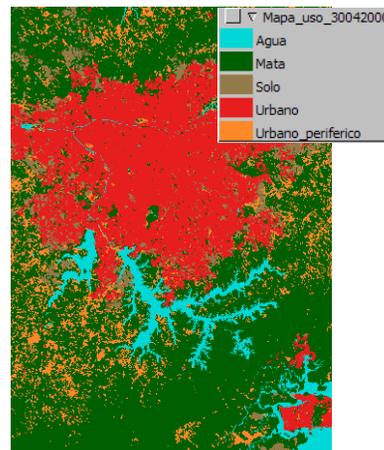


SIG não trata apenas de mapas, mas a informação espacial é geralmente apresentada na forma de mapas

# Aplicações Tradicionais



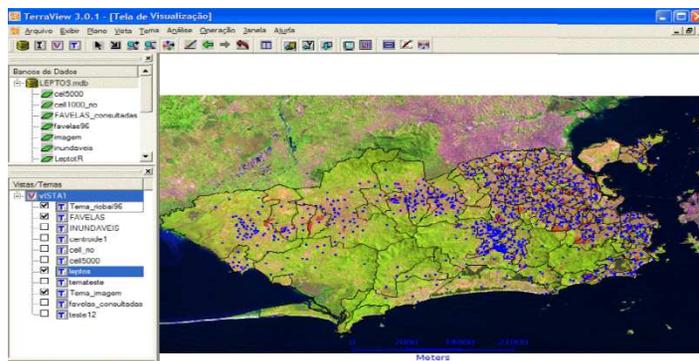
Cartografia



Uso da Terra



Monitoramento ambiental



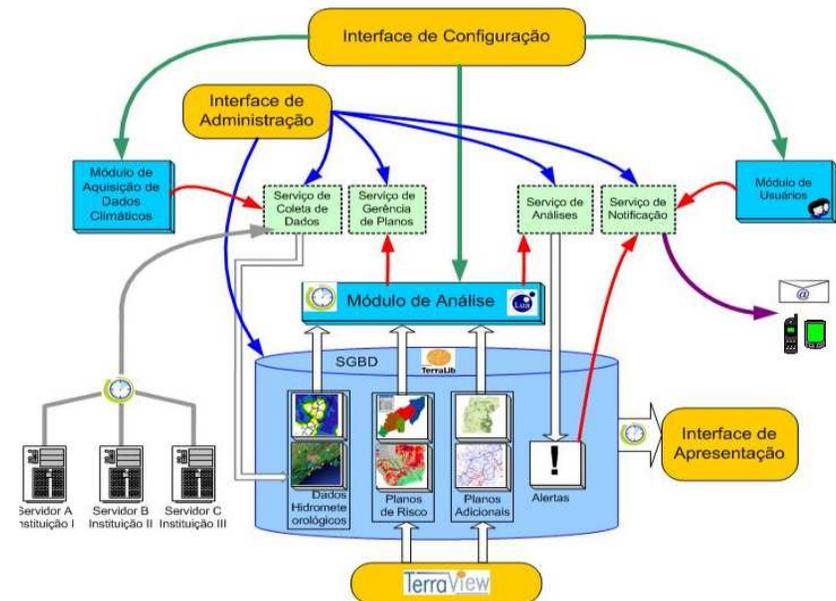
Saúde

# Outras Aplicações

- Outras aplicações incluem:

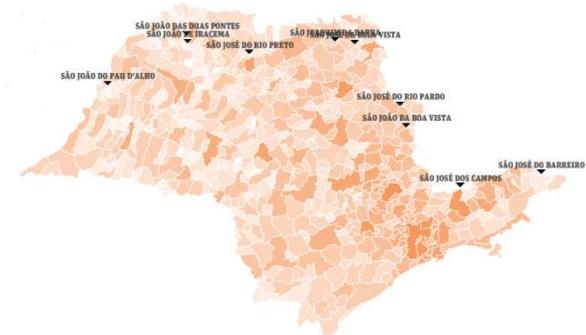
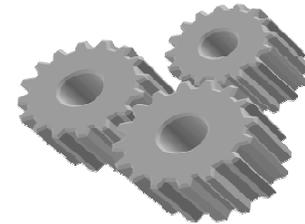
- Cadastro urbano
- Desenvolvimento imobiliário
- Desenvolvimento econômico
- Marketing
- Navegação
- Climatologia
- Gerencia de aparelhamento público
- Redes de transporte
- Biodiversidade
- Monitoramento de desastres ambientais
- ...

- SIGs tratam fundamentalmente da solução de problemas. São usados em vários níveis, desde indústrias especializadas até governos e academia.

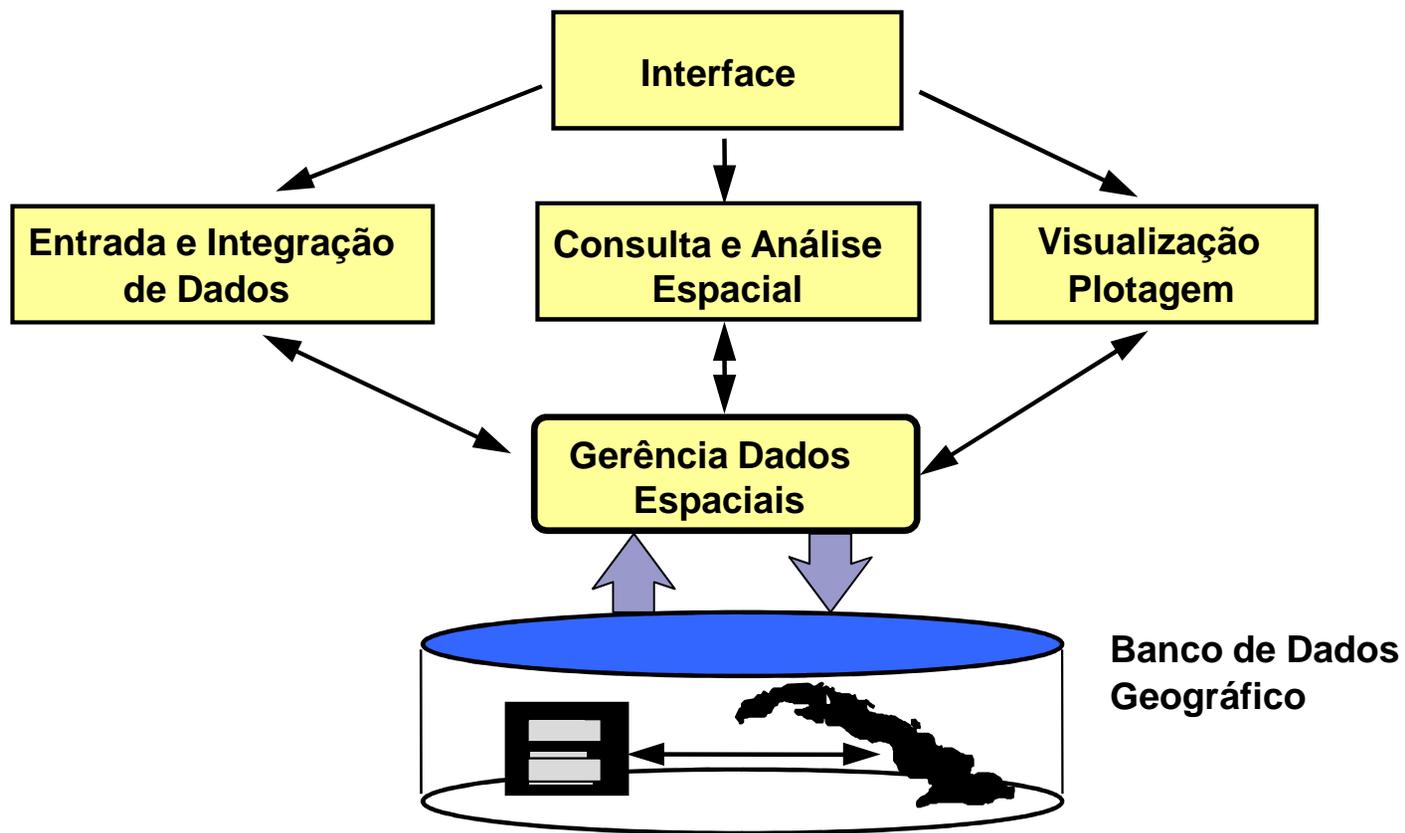


# SIG x CAD

- CAD: captura dados analógicos em formato digital
  - Coordenadas de papel
  - Regularidades nos objetos
  - *Desenhos* sem atributos
  
- SIG: captura dados localizados na superfície da terra
  - Coordenadas geográficas
  - Topologia do espaço
  - Objetos com atributos descritivos



# Estrutura geral de um SIG

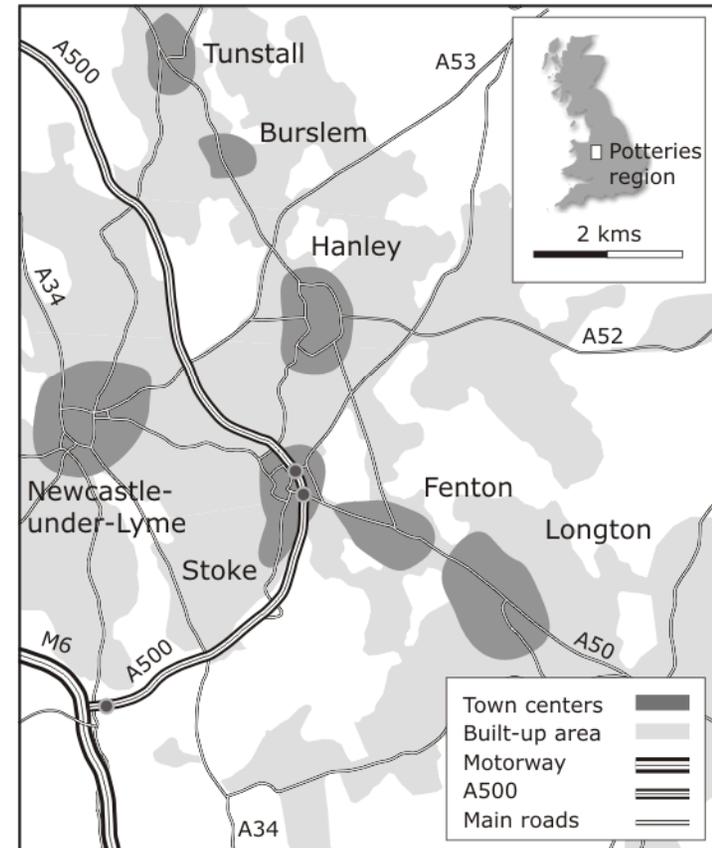


# Funcionalidades de um SIG

Exemplo motivador: “*The Potteries*”  
 (“As Ceramistas”) conjunto de 6  
 cidades da Inglaterra com diversas  
 indústrias relacionadas a cerâmica

A região se desenvolveu durante a  
 revolução industrial inglesa

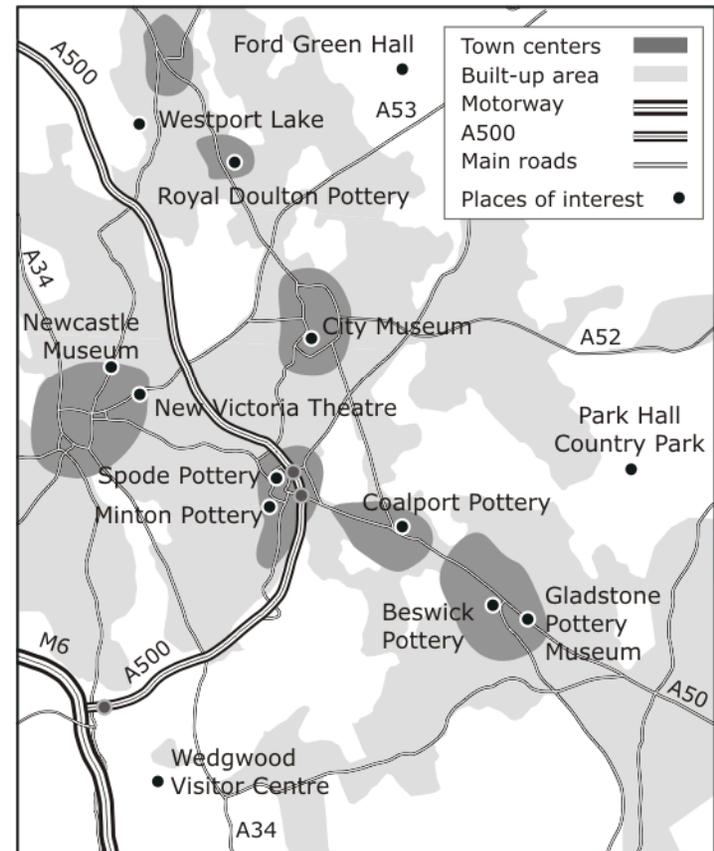
As comunidades locais produziam  
 produtos de alta qualidade, mesmo  
 em condições menos favoráveis



# Inventário de recursos

Dado o patrimônio cultural da área, a indústria local de turismo é significativa

Um SIG pode sobrepor dados sobre pontos de interesse cultural, equipamentos de recreação presentes na região e combiná-los com detalhes de infra-estrutura de transporte e hospedagem

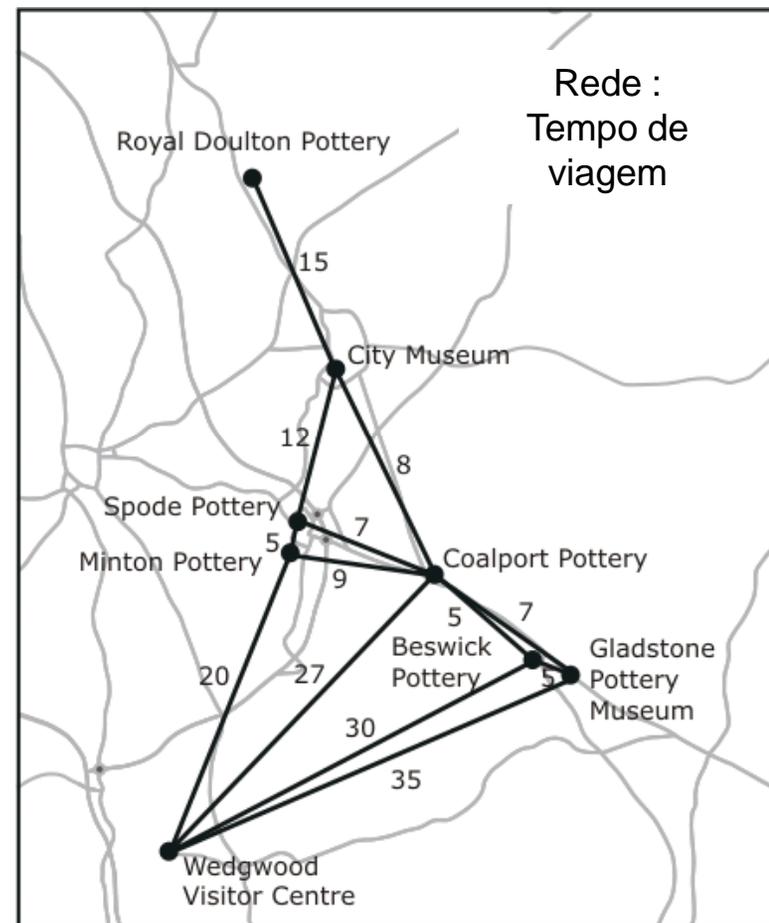


# Análises de redes

Deseja-se encontrar uma rota, usando as rodovias principais, para visitar cada cidade (e o Museu da Cidade) uma vez, minimizando o tempo de viagem

É necessário uma rede que diga o tempo de viagem entre as cidades.

Gerado a partir do tempo médio de viagem nas vias principais mostradas no mapa

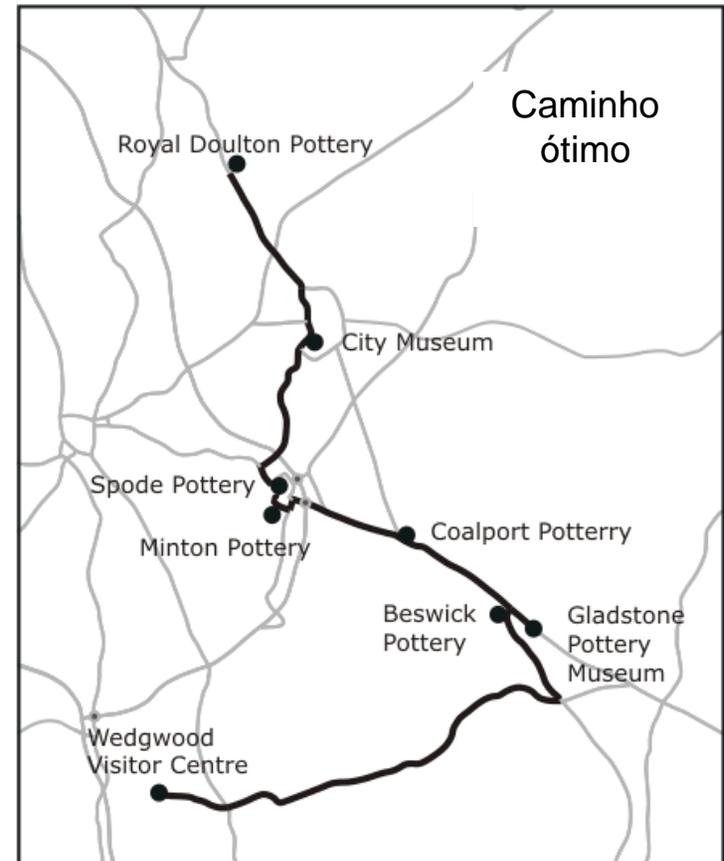


# Análises sobre redes

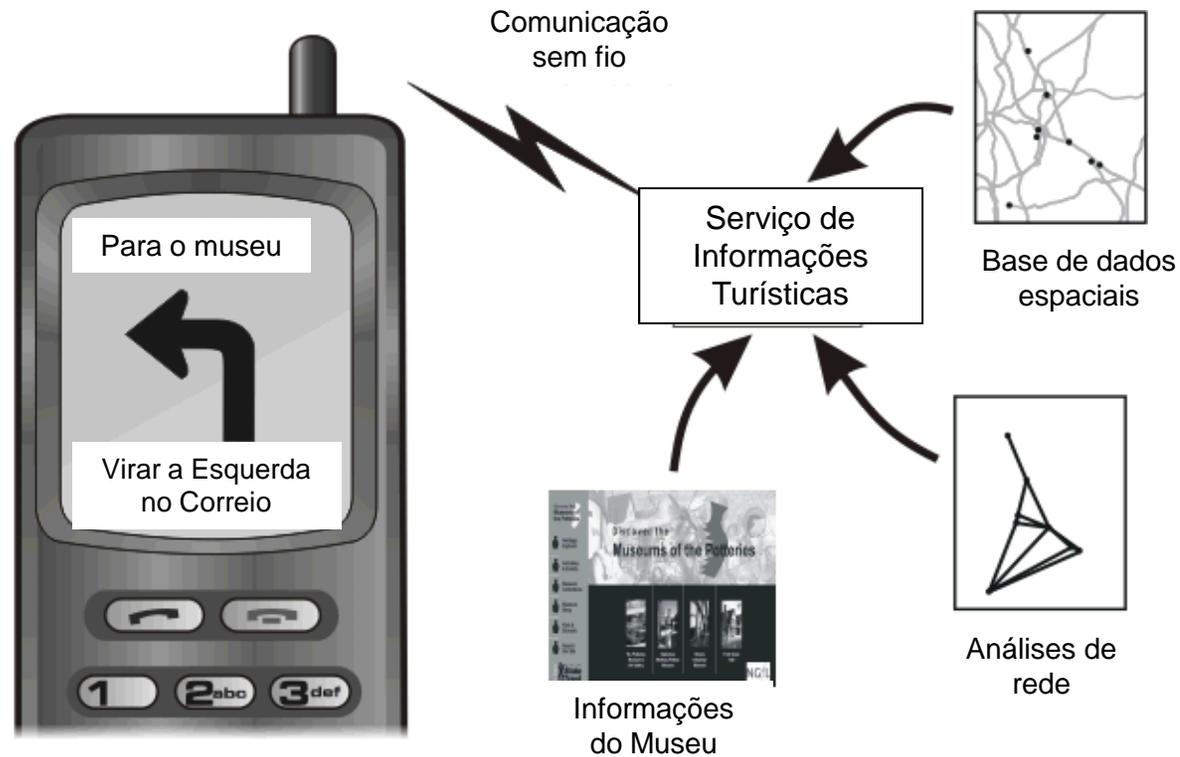
## Algoritmo do caixeiro viajante:

Construir uma rota de peso mínimo que visite cada nó da rede pelo menos uma vez

Pode ser dinâmica: associa-se pesos aos arcos da rede e calculando a rota ótima considerando condições das estradas que podem variar no tempo.



# Acesso a dados distribuídos



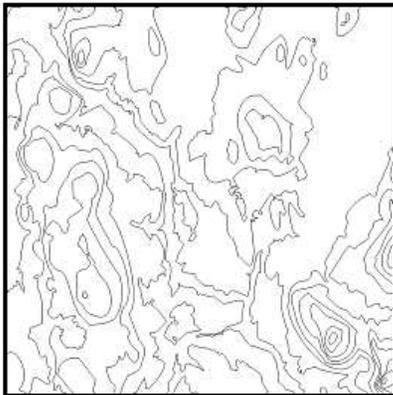
Dados de diferentes fontes devem ser integrados, processados e transmitidos aos turistas antes que possam receber instruções de navegação e informações sobre atrações locais

# Análises de terreno

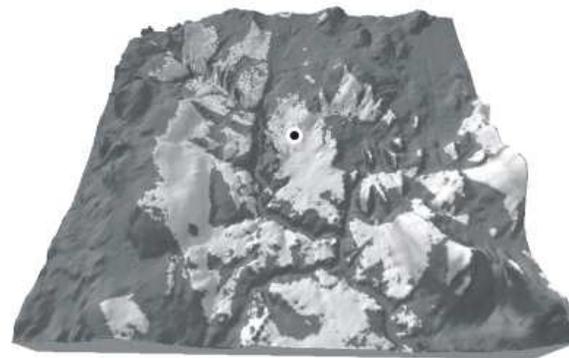
Comunidades locais estão interessadas no impacto visual causado pela possível abertura de novas minas de carvão

**Análise de visibilidade:** medida o tamanho da população local dentro de um ângulo de visada (um mapa de todos os pontos visíveis a partir de uma dada localização)

Análise de terreno é geralmente baseada em dados de elevação em localizações pontuais



Isolinhas de altimetria



Projeção perspectiva a partir de um ponto de visada. Regiões mais escuras marcam as áreas que não estarão visíveis.

# Sobreposição de camadas

Determinar o potencial de diferentes localizações para a extração de areia e cascalho

Apresentar e analisar dados de diferentes fontes:

Geologia

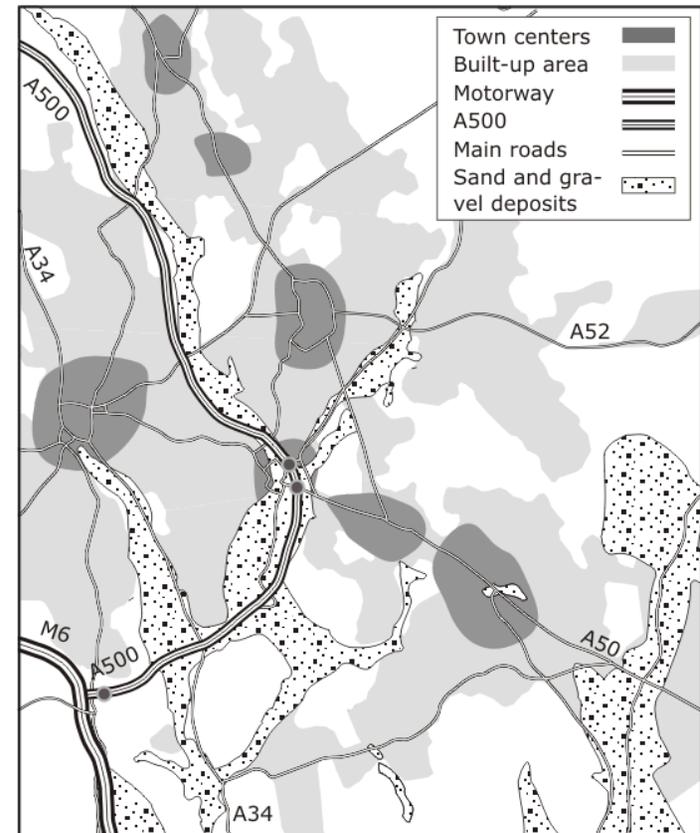
Estrutura urbana

Lençol freático

Rede de transporte

Preço da Terra

Zoneamento



Localização dos depósitos de areia e cascalho

# Sobreposição de camadas

**Consulta:** encontre as localizações que estão a 0.5 km de uma rodovia principal, em uma área não construída, com depósitos de areia/cascalho

0.5 km buffer das  
rodovias principais



Depósitos  
conhecidos de areia  
e cascalho

Áreas escuras  
indicam áreas não  
construídas



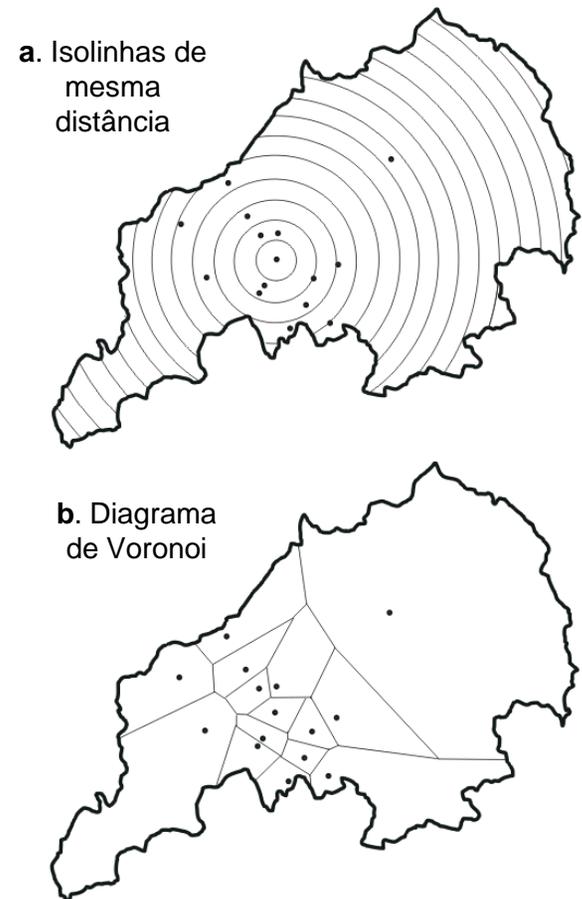
Interseção das 3  
camadas resultando  
nas áreas que atendem  
a consulta

# Análises de localização

## Alocação de hospitais na área das *Potteries*

Construa a vizinhança dos hospitais existentes, baseado nas suas posições e os tempos de viagem até elas

É então possível suportar melhor decisões sobre o fechamento, realocação ou a criação de um hospital



# Análises espaço-temporais

Consultas espaço-temporais

Quais ruas mudaram de nome?

Quais ruas mudaram sua referência espacial?

Quando foi a última vez que se registrou a existência da companhia Cobridge Brick Works?



1878



1924

# Resumo das análises espaciais

- Localização: Onde está...?
  - Quais as áreas com declividade acima de 20%?
- Condição: Qual é...?
  - Qual a população desta cidade?
- Tendência: O que mudou...?
  - Esta terra era produtiva há cinco anos atrás?

# Resumo das análises espaciais

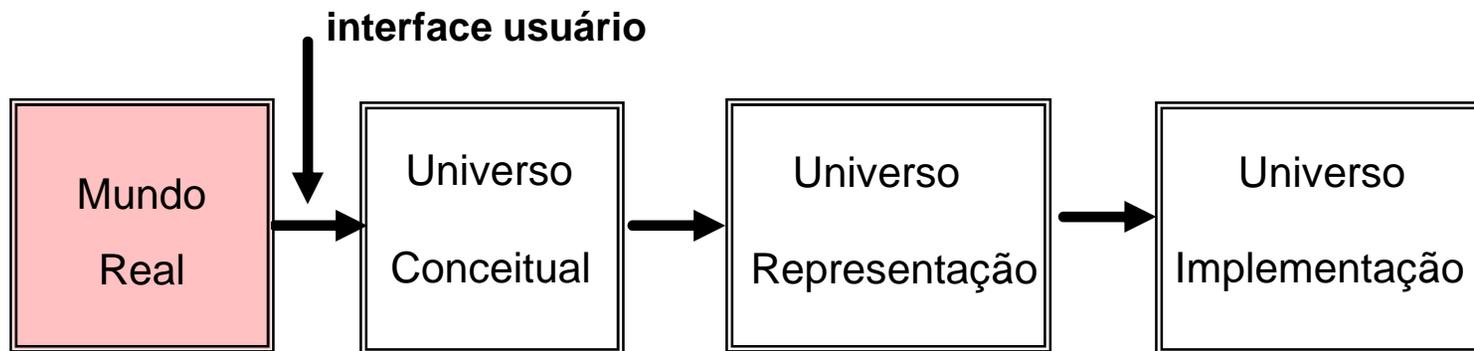
- Roteamento: Qual o melhor caminho...?
  - Qual o melhor caminho para a linha do metrô?
- Padrões: Qual o padrão...?
  - Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?
- Modelos: O que acontece se...?
  - O que acontece com o clima se desmatarmos a Amazônia?

A fim de executarmos as análises espaciais em um SIG  
necessitamos inserir nossos dados no sistema de maneira  
organizada → Modelagem de dados

# **Modelagem de Dados em Geoprocessamento**

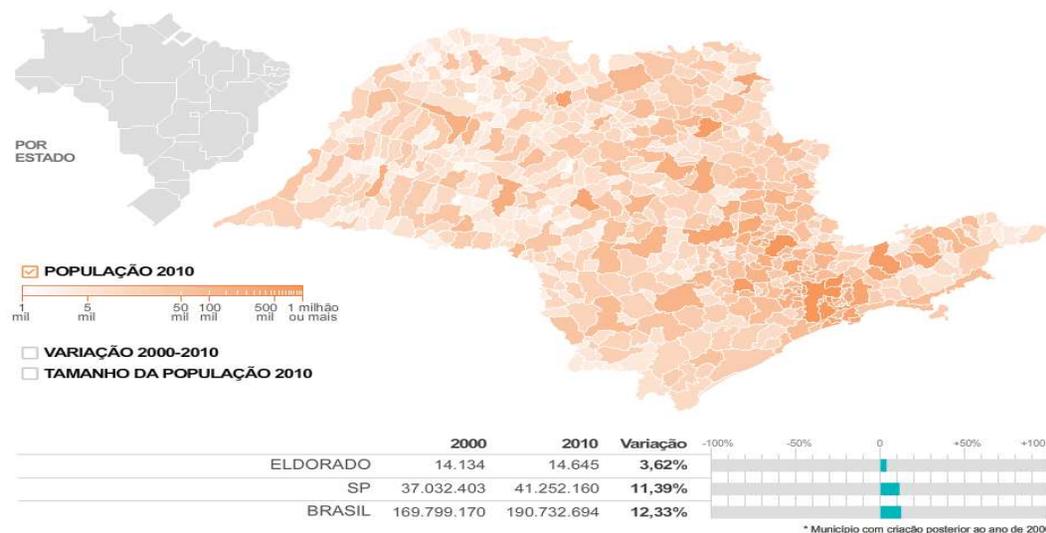
# Paradigma de 4 universos

- Permite traduzir o mundo real para o ambiente computacional:
  - Mundo Real: fenômenos a serem representados (cadastro urbano, vegetação, solos)
  - Universo Conceitual: distinção entre classes formais de fenômenos contínuos e objetos individualizáveis (campos e objetos)
  - Universo de Representação: diferentes representações geométricas (matrizes e vetores)
  - Universo de implementação: estruturas de dados e linguagens de programação (*R-tree* e *Quad-tree*)



# Universo do Mundo Real

- Geoprocessamento manipula dados de naturezas e fontes distintas
- São organizados na forma de camadas ou mapas. Um mapa é um modelo simplificado da realidade. Uma representação, em escala, de uma seleção de entidades abstratas relacionadas com a superfície da Terra
- Modelo que se interpõe entre a realidade e a base de dados de um SIG

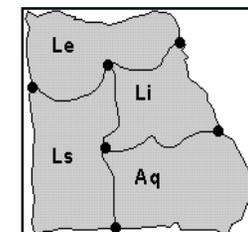
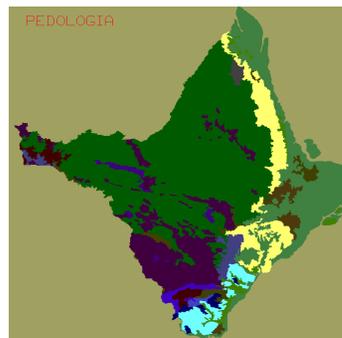
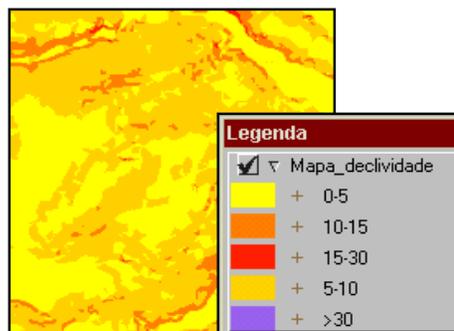


# Tipos de mapas

- Mapas **Temáticos**: informações **qualitativas** sobre o espaço. Ex: Mapa de uso do solo ou Mapa de vegetação
- Mapas **Numéricos**: informações **quantitativas** sobre o espaço. Ex: Grade com valores de altimetria
- **Imagens**: informações numéricas obtidas por sensores remotos. Ex: Fotografias aéreas, imagens de satélites e radares
- Mapas **Cadastrais**: informações sobre objetos discretos do mundo. Ex: Lotes urbanos com sua localização e seus atributos.
- Mapa de **Redes**: informações sobre objetos discretos que forma redes. Ex. Rede elétrica (postes e linhas de transmissão)

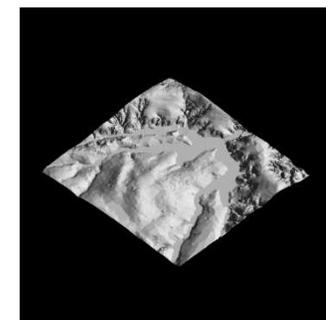
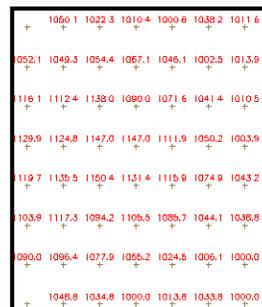
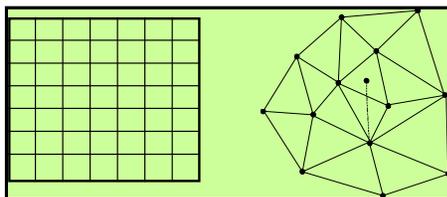
# Mapas temáticos

- Distribuição espacial qualitativa da grandeza ou atributo em estudo
- Os valores da grandeza podem ser
  - nominal: lista de valores. Ex. possíveis classes de vegetação em um mapa de vegetação {floresta, cerrado, desmatamento}
  - ordinal: escala de medida. Ex. fatias de declividade {0-5%, 5-10%, 10-15%, 15-30%, >30%}



# Mapas Numéricos (MNT)

- Distribuição espacial quantitativa da grandeza em estudo
- Os valores da grandeza podem ser:
  - intervalo dentro de uma referência arbitrária. Ex. Altimetria, batimetria, temperatura em graus Celsius
  - razão: referência natural. Ex. Peso
- Localização espacial pode ser representada por grades regulares ou triangulares



# Mapas cadastrais

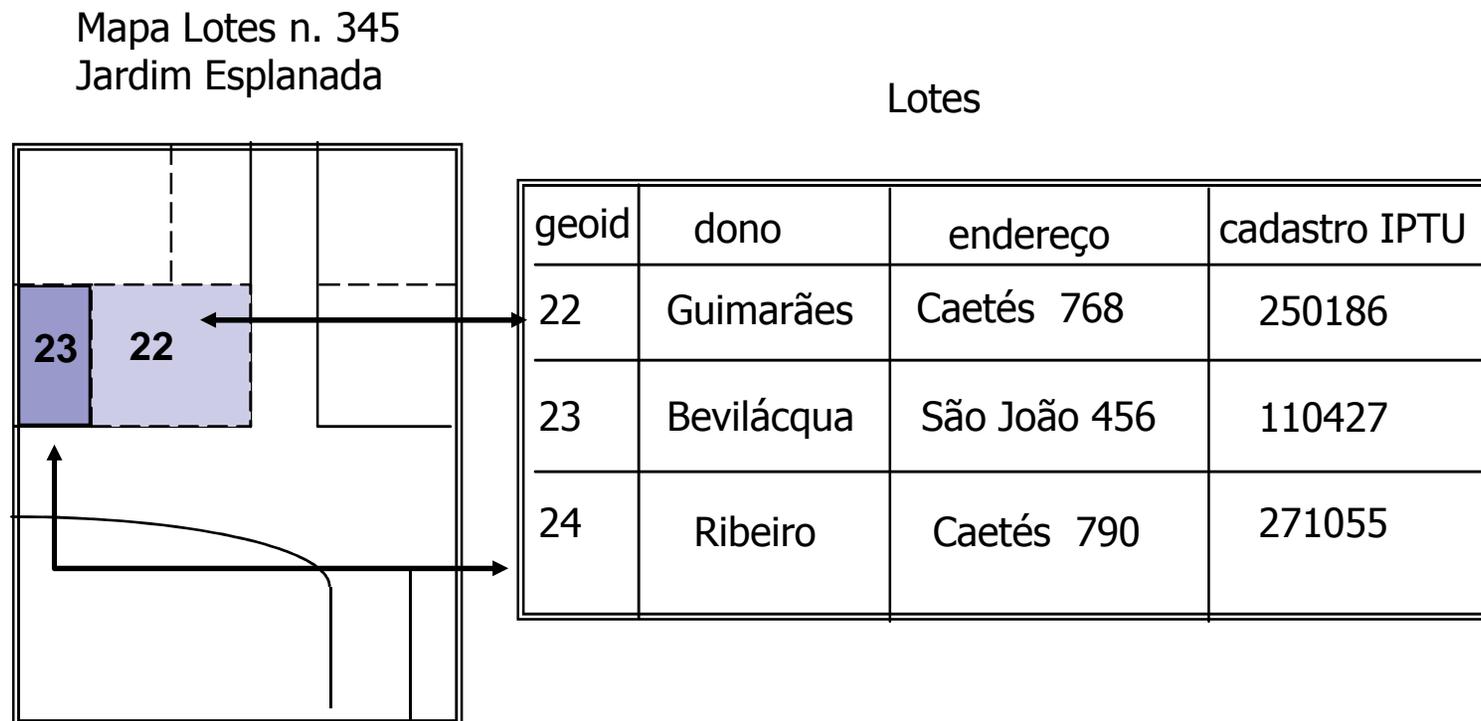
- Contém informações sobre objetos discretos do mundo
- Exemplos: cadatros de países, de lotes, de propriedades rurais



País	PIB (US\$bn)	Pop (milhões)
Brasil	350	159
Argentina	295	34
Chile	45	14

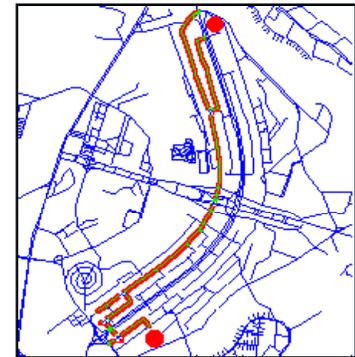
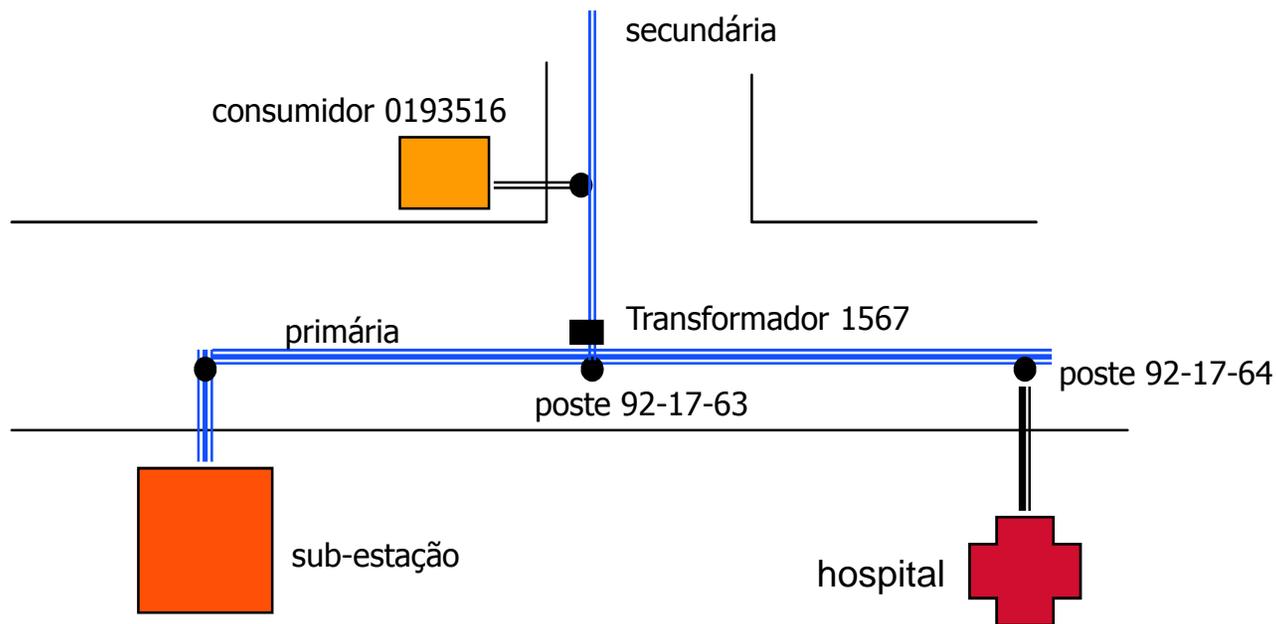
# Mapas cadastrais

- Referência geográfica é dada por uma geometria associada a cada objeto. Geometrias podem ser nós, arcos ou polígonos.



# Mapas de rede

- Contêm objetos cuja referência geográfica está associada a nós ou arcos que formam uma topologia de rede



# Imagens

- Informações numéricas obtidas por sensores remotos. Ex. imagens de satélites e fotografias aéreas
- Elemento de imagem é chamado pixel. O valor numérico atribuído a cada pixel é proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente

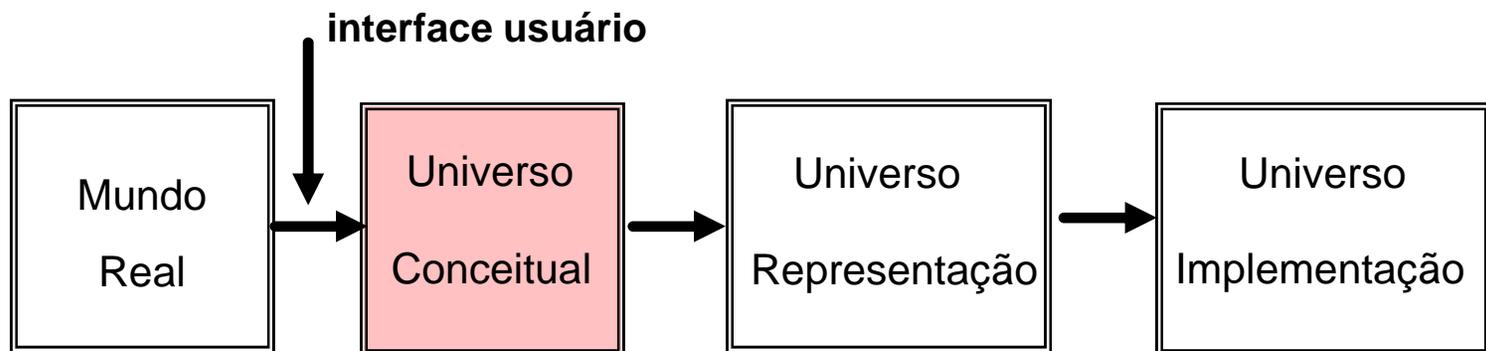


## CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES:

- *resolução espacial (km, m, cm);*
- *resolução espectral (num. bandas);*
- *resolução temporal (dias);*
- *resolução radiométrica ( $2^n$ ).*

# Paradigma de 4 universos

- Permite traduzir o mundo real para o ambiente computacional :
  - Mundo Real: fenômenos a serem representados (cadastro urbano, vegetação, solos)
  - Universo Conceitual: distinção entre classes formais de fenômenos contínuos e objetos individualizáveis (campos e objetos)
  - Universo de Representação: diferentes representações geométricas (matrizes e vetores)
  - Universo de implementação: estruturas de dados e linguagens de programação (*R-tree* e *Quad-tree*)



# Universo conceitual: campo ou geo-campo

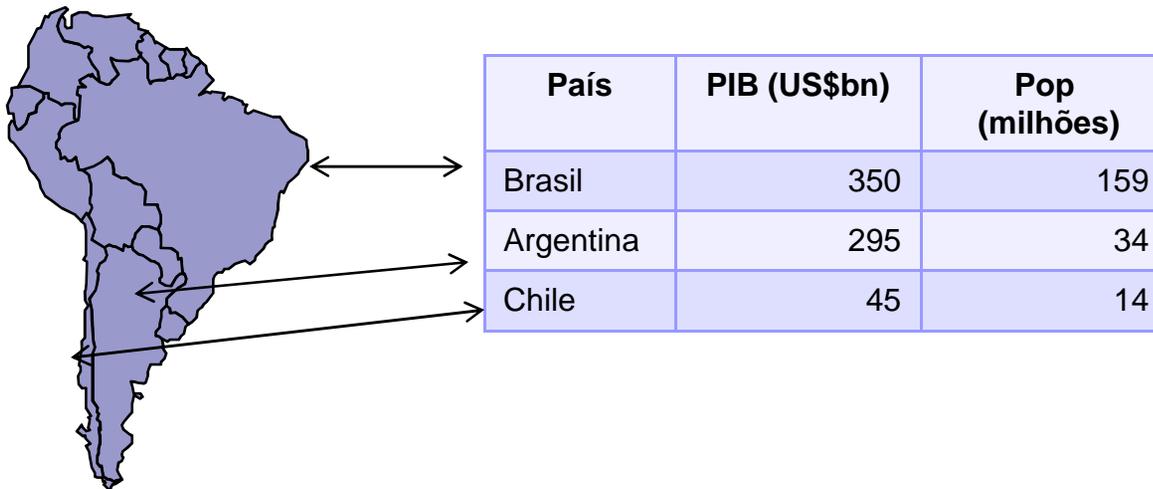
- Geo-Campo:  $f = [R, A, \lambda]$ , onde:  $R \subset \mathfrak{R}^2$ ,  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  é um conjunto atributos e  $\lambda: R \rightarrow A$  mapeia pontos de  $R$  para valores em  $A$
- Representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a  $R$ , num dado tempo  $t$
- Se o contra-domínio  $A$  de  $f$  é um conjunto enumerável temos um dado temático. Ex. Mapa de cobertura vegetal
- Se o contra-domínio  $A$  de  $f$  é um conjunto de valores contínuos ( $-\infty$  a  $+\infty$ ) temos um dado numérico. Ex. mapa de aeromagnetometria
- Imagens são uma especialização de dados numérico

# Definições auxiliares

- Região Geográfica (R) - uma superfície qualquer pertencente ao espaço geográfico, que pode ser representada num plano vetorial ou reticulado, dependente de uma projeção cartográfica
- Plano de informação - suporte para a representação geográfica de diferentes tipos de dados geográficos
  - É o lugar geométrico de um conjunto de dados geográficos - um geo-campo ou um mapa de geo-objetos
- Banco de Dados Geográficos - composto por conjuntos de planos de informação, um conjunto de geo-objetos e um conjunto de objetos não-espaciais

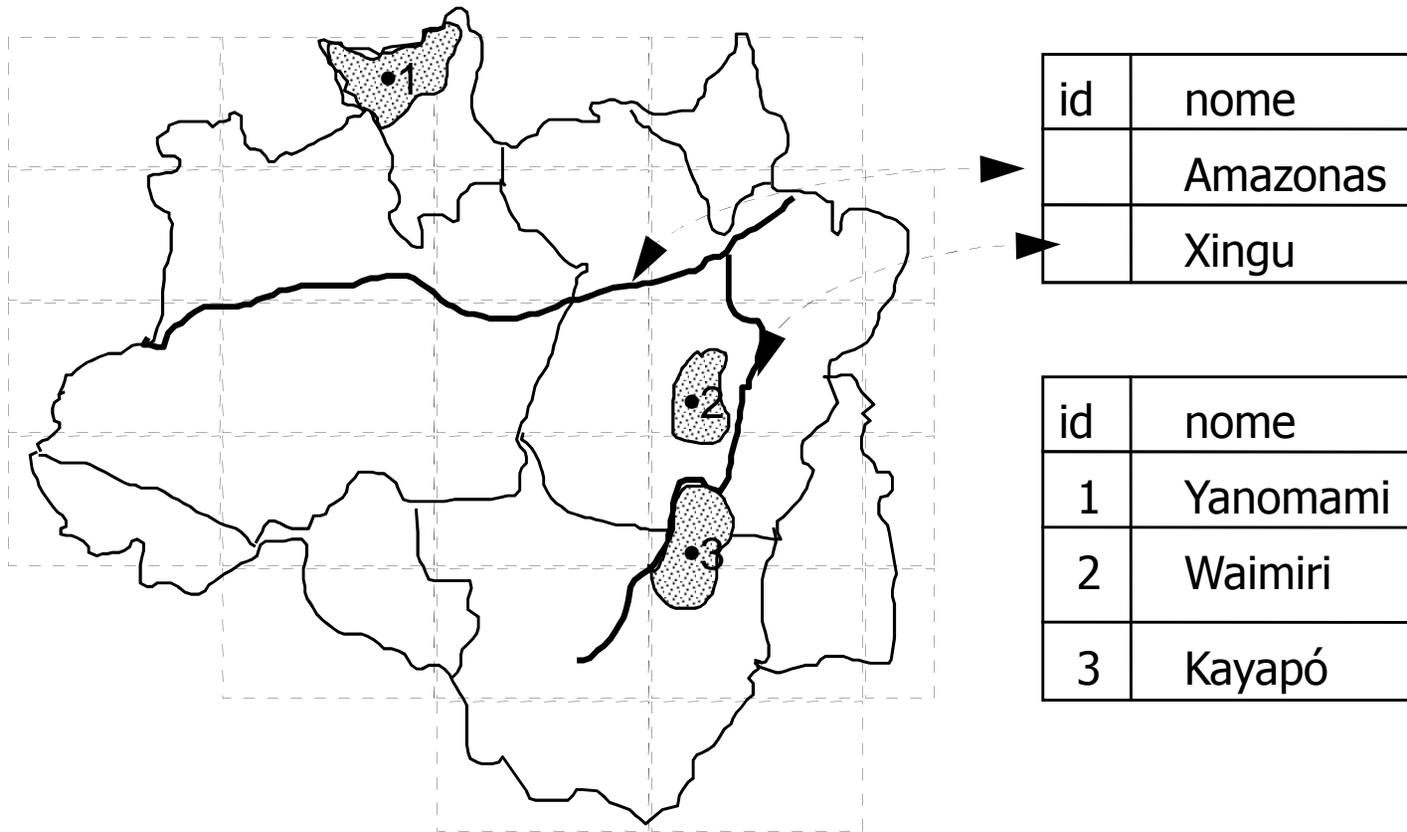
# Universo conceitual: objeto ou geo-objetos

- Dadas as regiões geográficas  $R_1, R_2, \dots, R_n$  ( $R_i \subset \mathfrak{R}^2$ ) e o conjunto de atributos convencionais  $\{A_1, \dots, A_n\}$
- Um *Geo-Objeto*  $go = [r_1, r_2, \dots, r_n, a_1, a_2, \dots, a_n]$ , onde  $r_i \subseteq R_i$  é uma parte de uma região geográfica  $R_i$  e  $a_i \in A_i$  é um valor particular do atributo  $A_i$
- É um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas



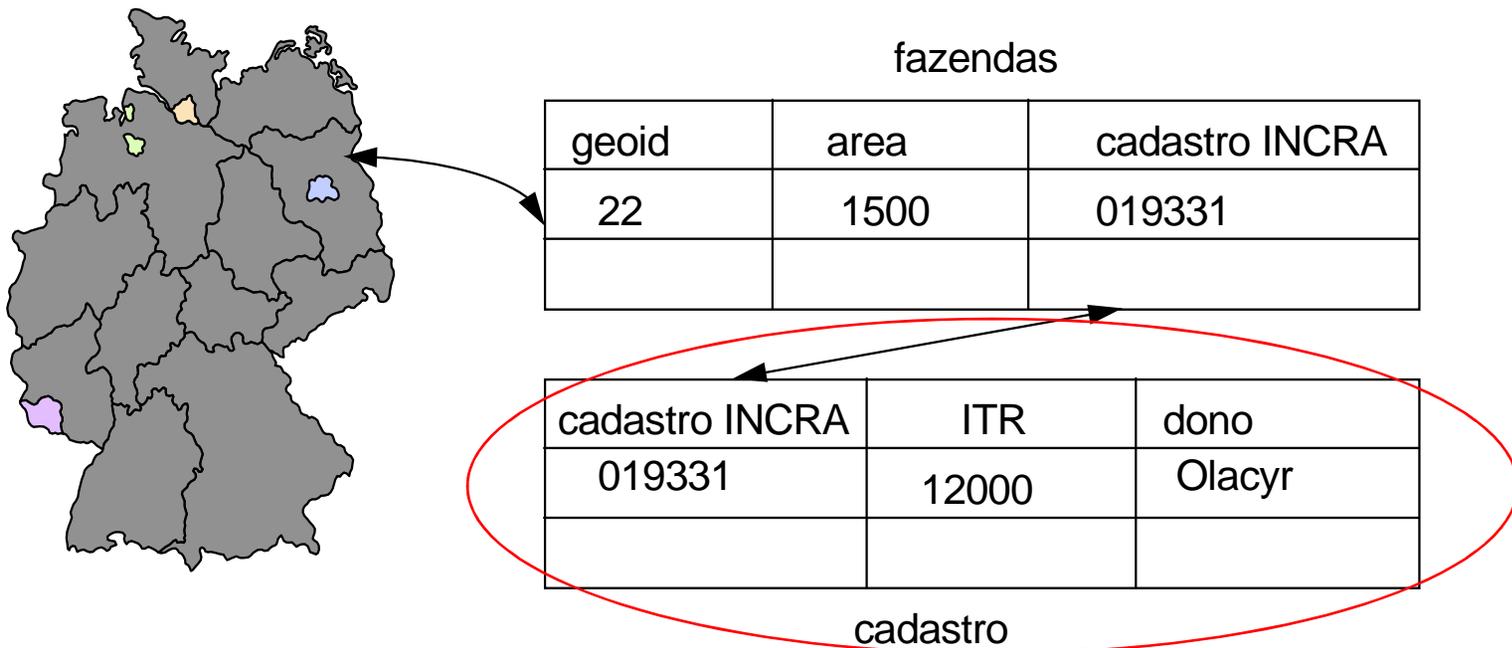
# Geo-objetos

- Um geo-objeto pode possuir múltiplas representações dependendo da projeção cartográfica, escala ou instante de tempo



# Universo conceitual: objetos não-espaciais

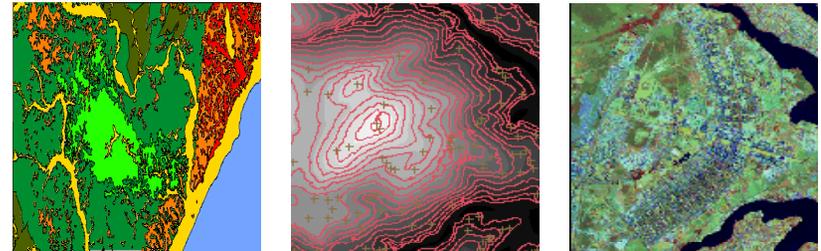
- Um objeto não-espacial é um objeto que não possui localizações espaciais associadas
- Informações não georeferenciada agregada a um SIG



# Resumo do universo conceitual

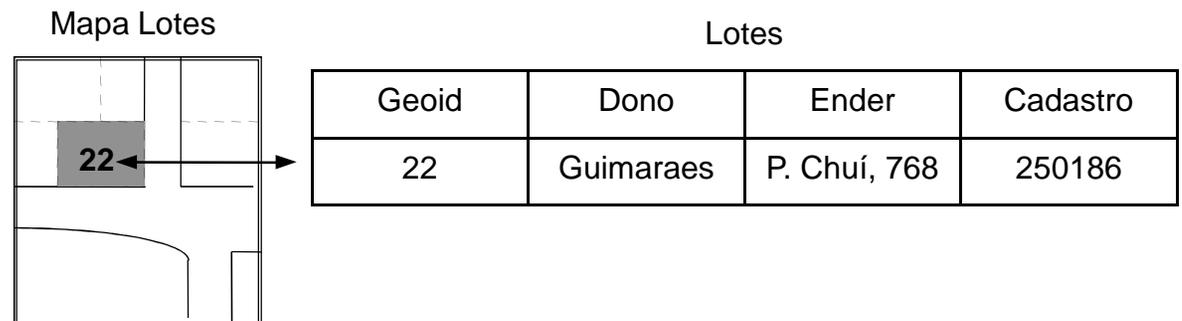
- Campos ou geo-campos (variáveis geográficas contínuas)

- Temático
- Numérico
- Imagem

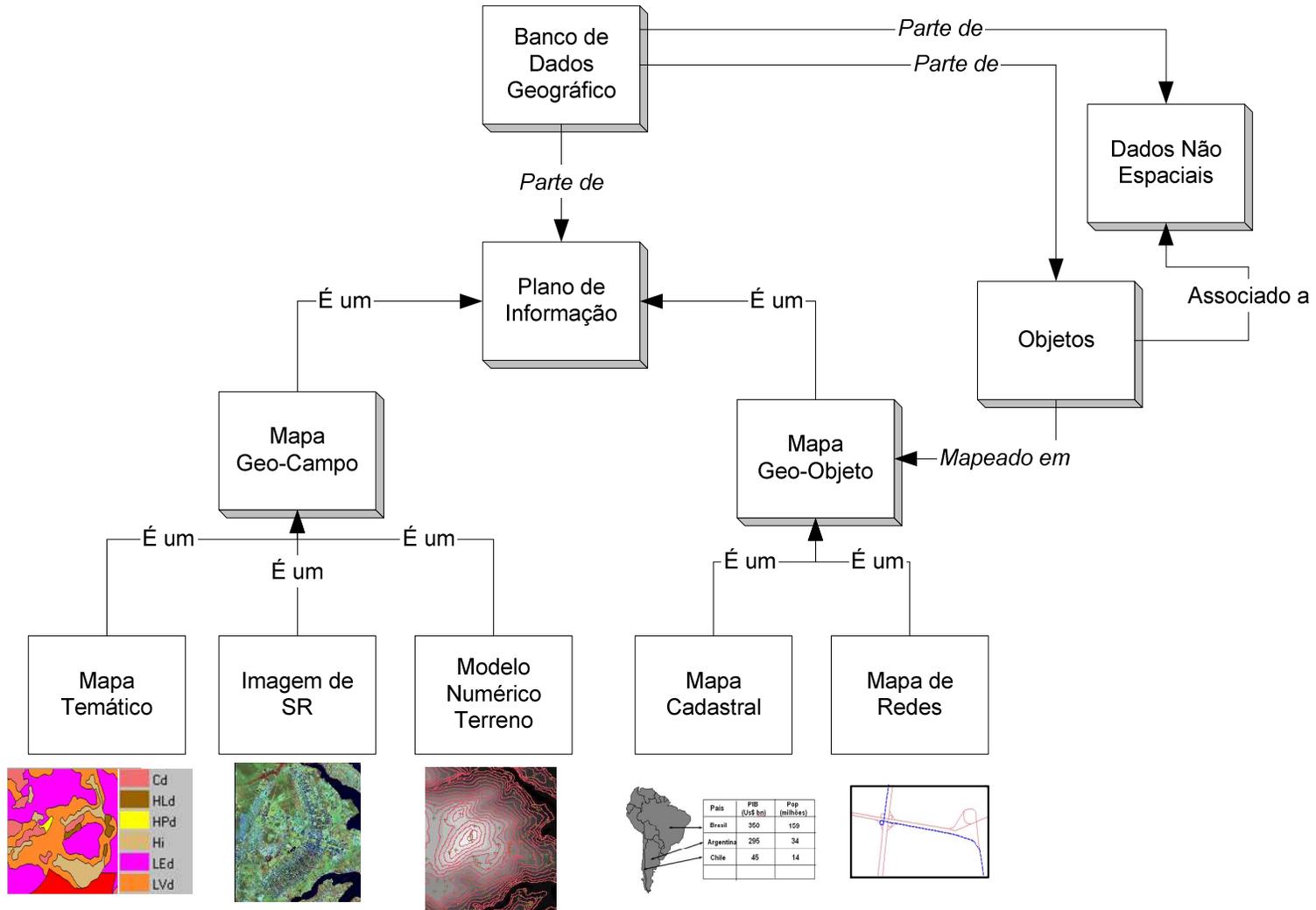


- Objetos ou geo-objetos (variáveis geográficas discretas)

- Cadastral
- Redes

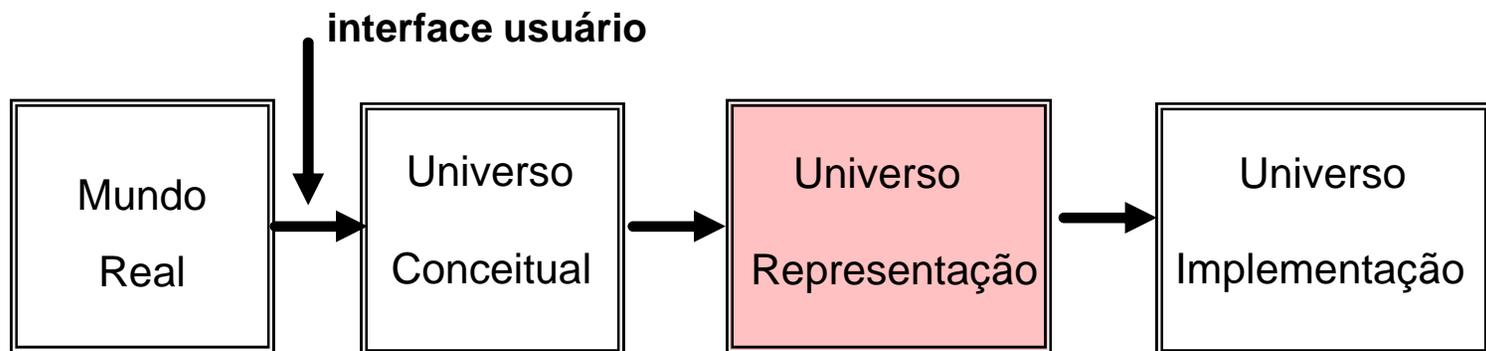


# Universo Conceitual



# Paradigma dos 4 universos

- Permite traduzir o mundo real para o ambiente computacional :
  - Mundo Real: fenômenos a serem representados (cadastro urbano, vegetação, solos)
  - Universo Conceitual: distinção entre classes formais de fenômenos contínuos e objetos individualizáveis (campos e objetos)
  - Universo de Representação: diferentes representações geométricas (matrizes e vetores)
  - Universo de implementação: estruturas de dados e linguagens de programação (*R-tree* e *Quad-tree*)

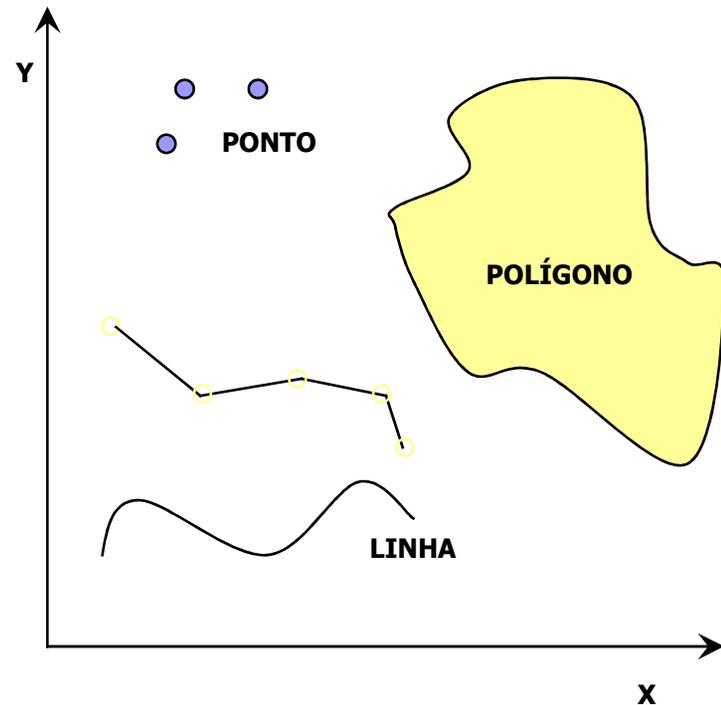


# Universo de Representação

- Define as possíveis representações geométricas que podem estar associadas aos modelos do universo conceitual. Podem ser de dois tipos:
  - Vetoriais
  - Matriciais

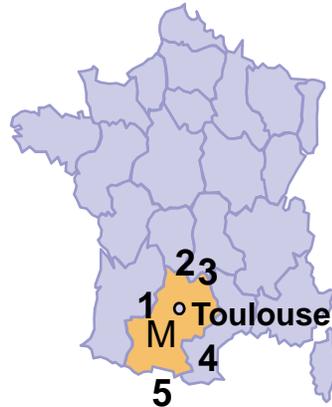
# Representação vetorial

- A localização e a aparência gráfica dos objetos são representadas por um ou mais pares de coordenadas
  - Elementos gráficos
- Coordenadas e atributos descrevem o elemento
- Elementos da representação vetorial podem ser compostos



# Representação Vetorial

- Componentes de uma representação vetorial: ponto, linha, região
  - Ex: Região  $M=\{1,2,3,4,5\}$ , formada pelas linhas 1, 2, 3, 4 e 5



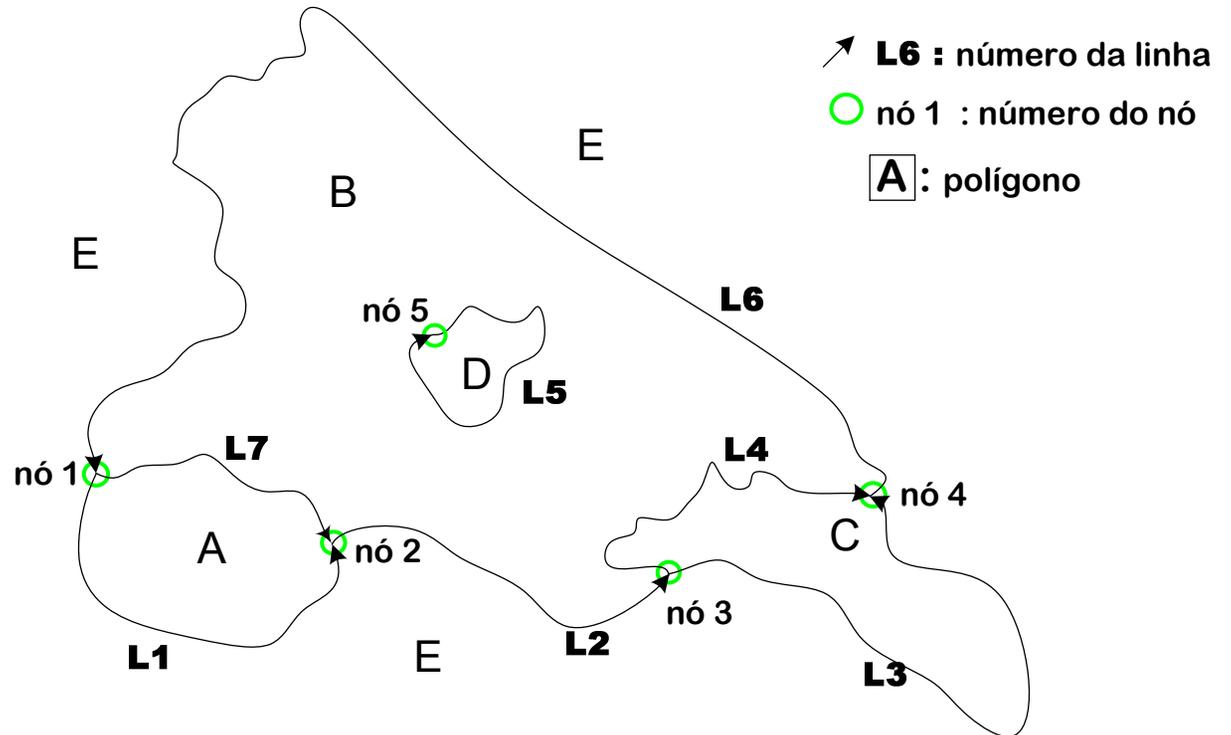
- Topologia: descreve relações espaciais entre objetos invariáveis a rotação e translação
  - Ex. Toulouse fica **Dentro** da região M

# Topologia – Estrutura de Dados

- Arco-Nó
  - Representa uma rede linear conectada
  - Nó: representa a intersecção entre linhas, são os pontos iniciais e finais
  - Todas linhas conectadas
  
- Arco-Nó-Polígono
  - Representa elementos gráficos do tipo área ou partições do espaço

# Topologia

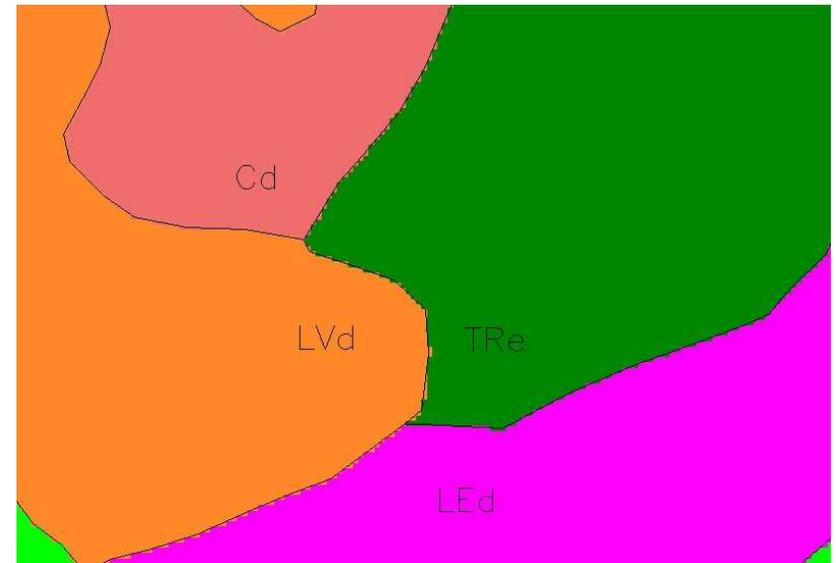
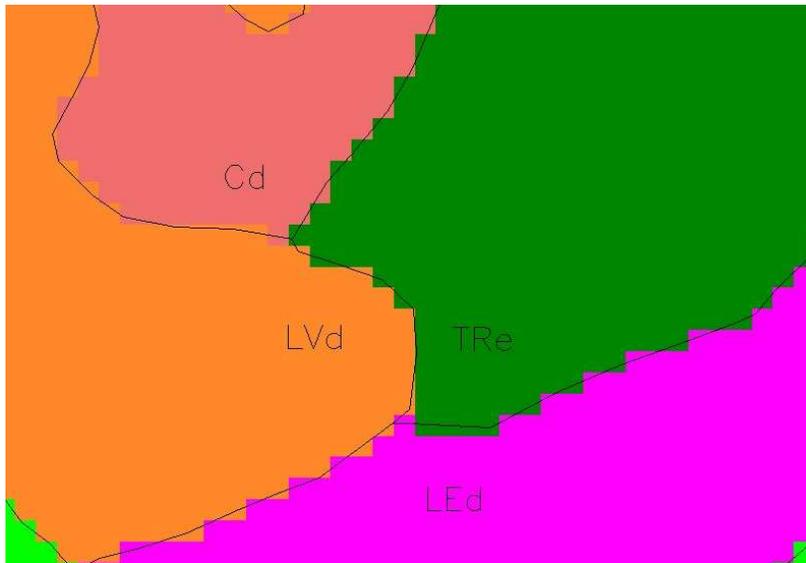
Estrutura topológica **explícita** do tipo Arco-Nó-Polígono



Topologia dos nós		Topologia das linhas					Topologia dos polígonos	
Nó	Linhas	Linhas	Nó inicial	Nó final	Polígono esquerdo	Polígono direito	Linhas	Polígono
nó 1	L1, L7, L6	L1	nó 1	nó 2	A	E	L1, L7	A
nó 2	L1, L2, L7	L2	nó 2	nó 3	B	E	L2, L4, L6, L7	B
nó 3	L2, L3, L4	L3	nó 3	nó 4	C	E	L4, L3	C
nó 4	L3, L4, L6	L4	nó 3	nó 4	B	C	L5	D
nó 5	L5	L5	nó 5	nó 5	B	D		
		L6	nó 4	nó 1	B	E		
		L7	nó 1	nó 2	B	A		

# Representação Matricial

- Espaço é representado por uma superfície plana, decomposto em porções do terreno chamadas de células
  - Matriz  $P(m,n)$ :  $m$  colunas e  $n$  linhas, definindo  $m \times n$  células, onde cada célula possui o **valor** ou **tipo** do atributo
  - Dimensão de cada célula é chamada de resolução



# Comparação entre representações

## ■ Vetorial

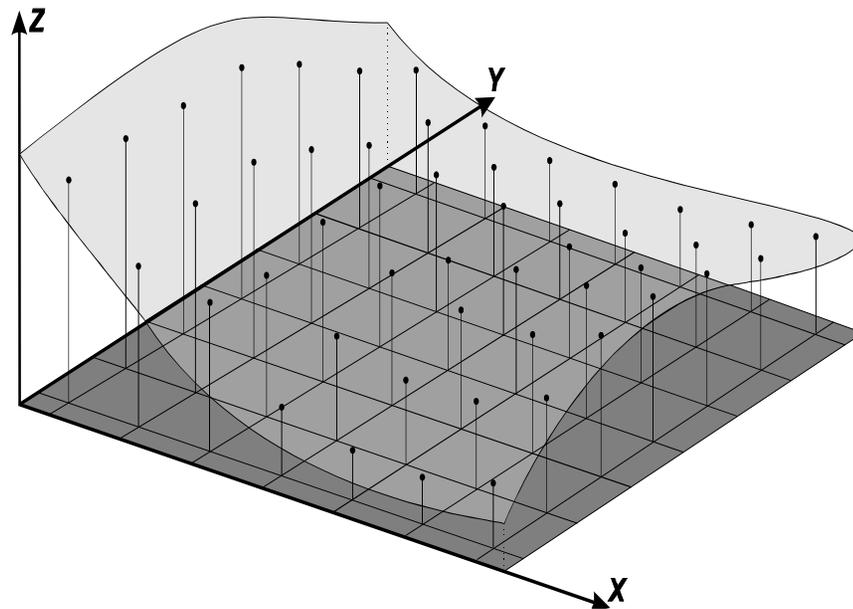
- preserva relacionamentos topológicos
- associa atributos a elementos gráficos
- melhor exatidão e eficiência de armazenamento

## ■ Matricial

- fenômenos variantes no espaço
- adequado para simulação e modelagem
- processamento mais rápido e simples
- maior gasto em armazenamento

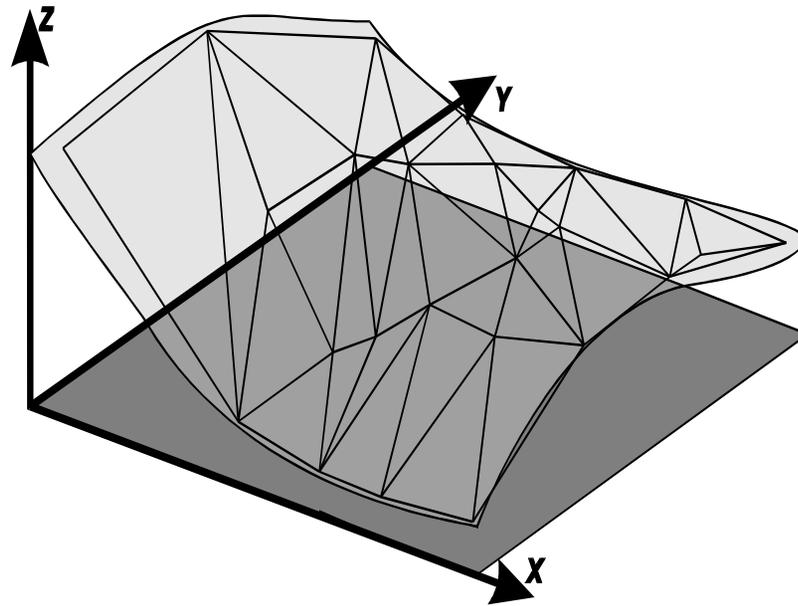
# Representações para MNT

- Grade regular (matriz de reais)
  - elemento com espaçamento fixo
  - valor estimado da grandeza



# Representações para MNT

- Grade triangular (TIN)
  - conexão entre amostras
  - estrutura topológica arco-nó-polígono



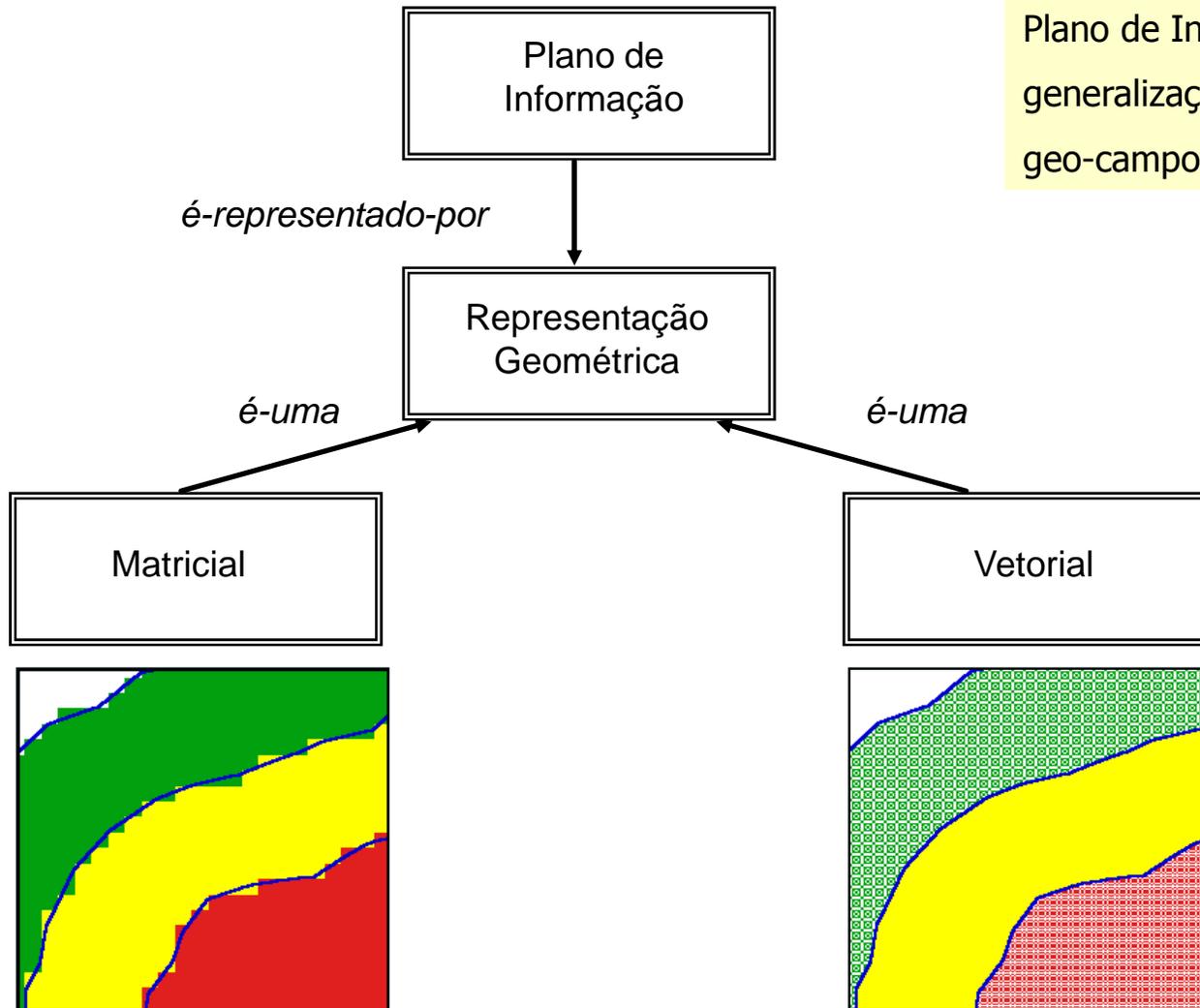
# Resumo das representações

## Vetorial

## Matricial

Mapas temáticos	Arco-nó-polígono	Matriz de índices
Mapas Cadastrais	Arco-nó-polígono	
Mapas de Rede	Arco-nó	
Modelos numéricos de terreno	Grades triangulares ou isolinhas	Matriz de reais
Imagens		Matriz de bytes ou inteiros

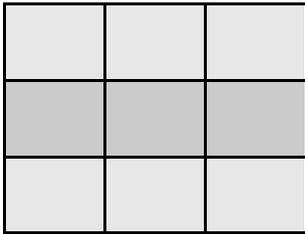
# Universo de representação



Plano de Informação é a generalização dos conceitos de geo-campo e de geo-objeto

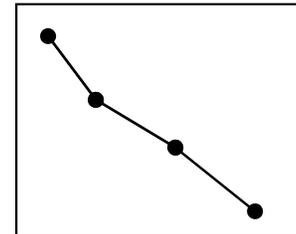
# Dados geográficos digitais

Dado matricial



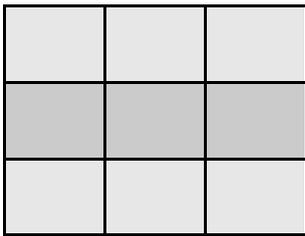
Como esses dados  
são tratados  
digitalmente?

Dado vetorial



# Dados geográficos digitais

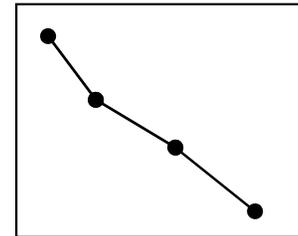
Dado matricial



TIFF, GRB, JPEG, etc...

Formatos de arquivos

Dado vetorial



shapefile, MID/MIF, DXF, etc...

Mas isso não é o mais importante. É preciso representar as características do dado geográfico: **o quê** e **onde**

# Dados geográficos digitais

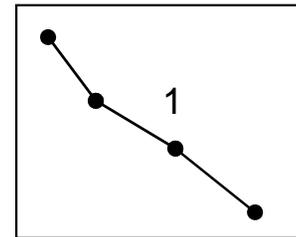
Dado matricial

<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
10	10	10
30	30	30

altimetria, radiância, etc...

O quê?

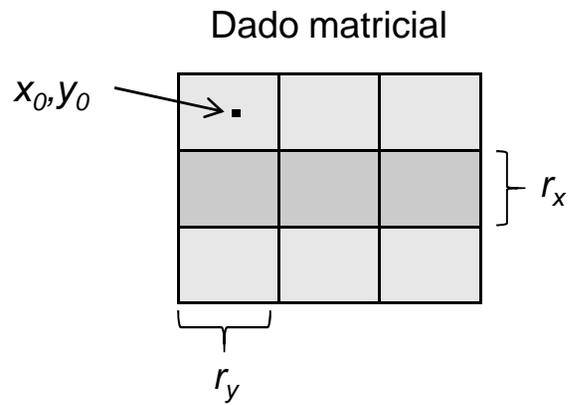
Dado vetorial



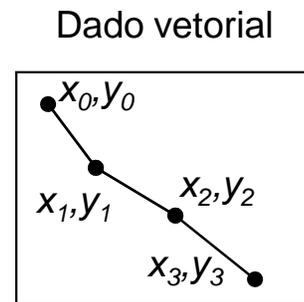
<b>ID</b>	<b>Atr1</b>	<b>Atr2</b>
1	10.4	xxxx

rio, cidade, unidade da paisagem, etc.

# Dados geográficos digitais



Onde?



x e y estão em qual sistema?????

# **Sistemas de Referência Espaciais**

# O que é um SIG?

- Um **Sistema de Informação - SI** pode ser descrito como uma associação de pessoas, máquinas, dados e procedimentos que juntos são responsáveis pela coleta, gerência e distribuição de informações importantes para indivíduos ou organizações. Ex: WWW – The World Wide Web.
- Um **Sistema de Informações Geográficas - SIG** é um tipo de SI informação que se preocupa com dados geograficamente referenciados (ou dados espaciais).

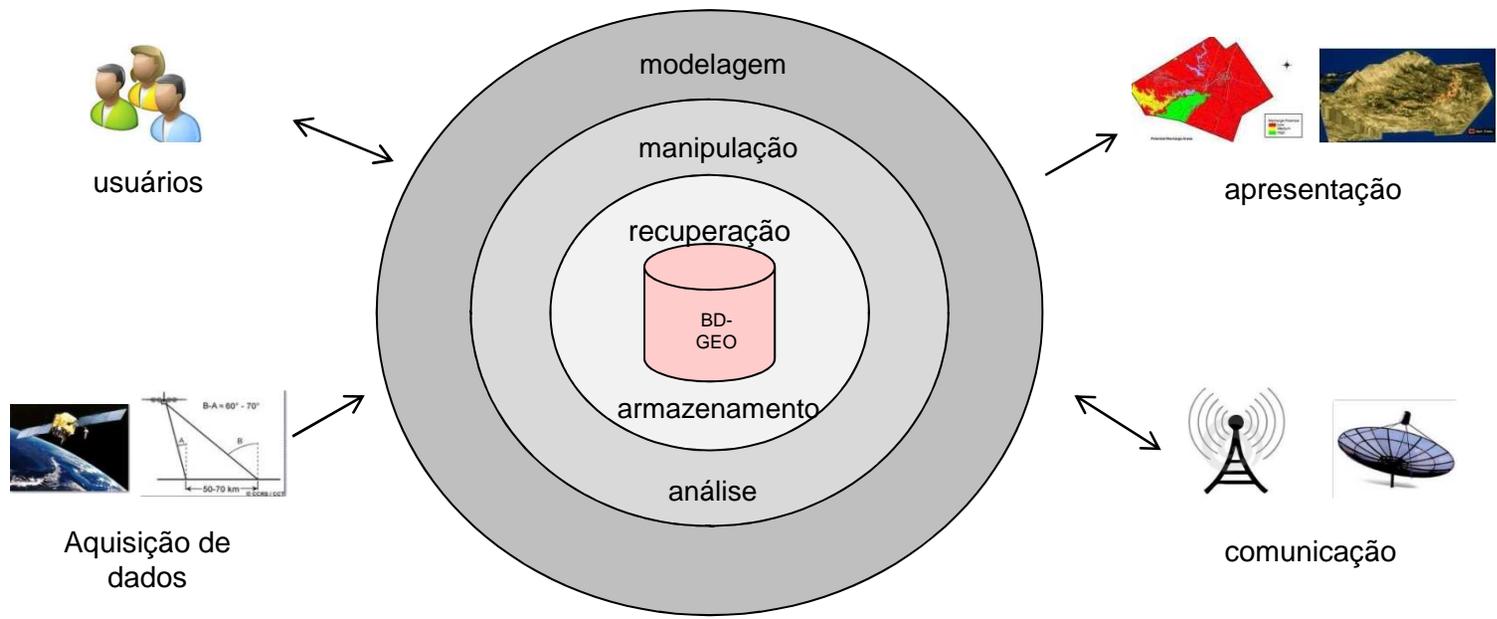
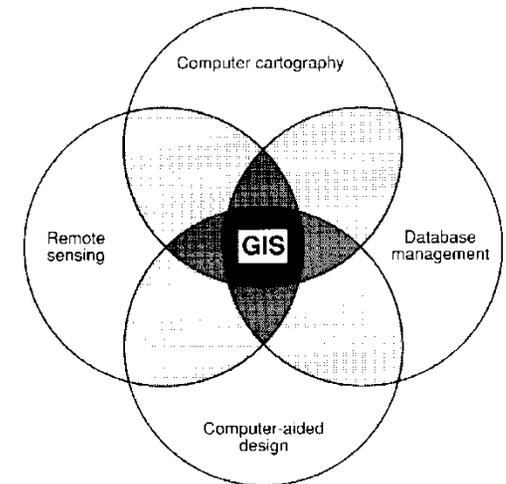


Figura adaptada de Worboys & Duckhan 2004

# Cartografia para geoprocessamento

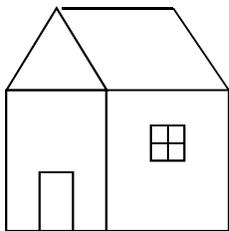
- **Cartografia**: preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico
- **Geoprocessamento** representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**, para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico



(fonte: Maguire, Goodchild, Rhind, 1991)

# Natureza dos dados espaciais

- Dados espaciais caracterizam-se especificamente pelo atributo da **localização geográfica** estabelecida quando:
  - possível descrevê-lo em relação a outro objeto cuja posição seja conhecida
  - possível descrevê-lo em um certo **sistema de coordenadas**



Minha casa

Long: 45°53' 24.00" O

Lat: 23°11' 74.01" S

Moro abaixo e a  
esquerda da Torre  
Eiffel



Torre Eiffel

Long: 2°17' 54.01" L

Lat: 48°53' 33.24" N

# Sistema de coordenadas geográficas

- É o sistema de coordenadas mais antigo. Nele, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um **meridiano** com um **paralelo**, definidos sobre uma superfície de referência



Mas qual é essa superfície de referência?

É uma esfera?

É uma elipse?

Quais suas dimensões?

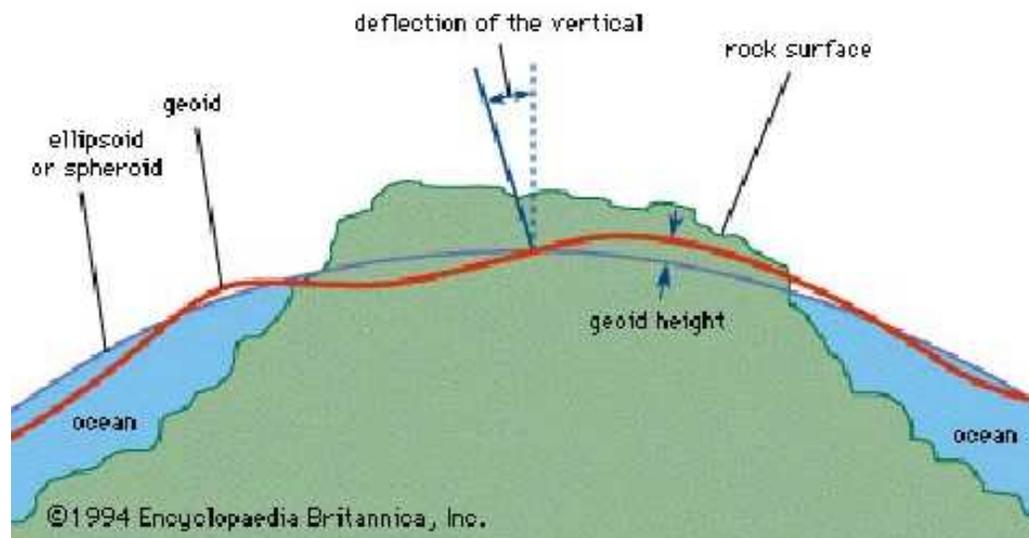
Qual a forma da Terra?

# Conceitos de Geodésia

- A **Geodésia** é a ciência que se encarrega da determinação da forma e das dimensões da Terra
- Antigamente acreditava-se que a terra era uma esfera.
- Evolução da Física e Gravimetria chegou-se a conclusão de que a terra era achatada, ou um elipsóide (achatamento definido por gravimetria)
- Século XIX – Legendre e Gauss provaram que estava havendo um erro quanto a forma da Terra. Concluíram que a Terra não era uma elipsóide mudando novamente o conceito da figura da Terra, mais tarde este novo conceito foi chamado de **Geóide**

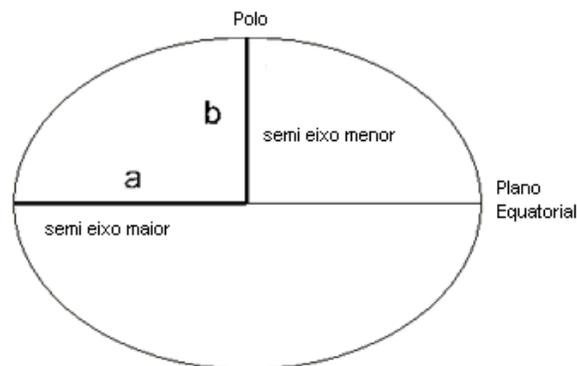
# Conceitos de Geodésia

- Geodésia trata da determinação das dimensões e da forma da Terra
  - Geóide é aceito como figura matemática da Terra
  - Superfície equipotencial do campo gravitacional da Terra que mais se aproxima do nível médio dos mares



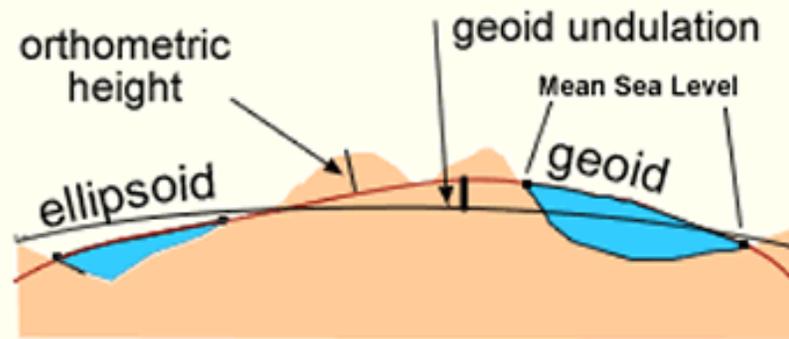
# Conceitos de Geodésia

- Na prática o geóide não é conhecido globalmente: faltam estações gravimétricas em todo planeta e equações complexas
- Surge uma superfície de referência mais adequada à Terra real, ou seja, tratável matematicamente: **Elipsóide de Referência** ou Terra Cartográfica
- Um elipsóide é caracterizado por seus semi-eixos maior (raio Equatorial) e menor (achatamento dos polos)



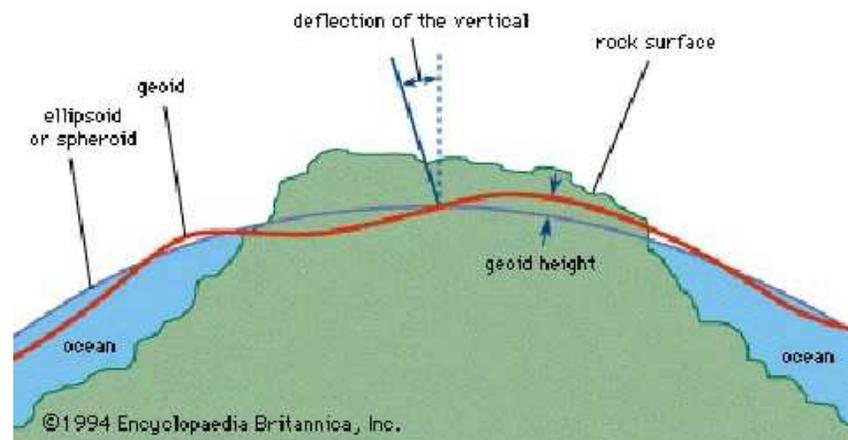
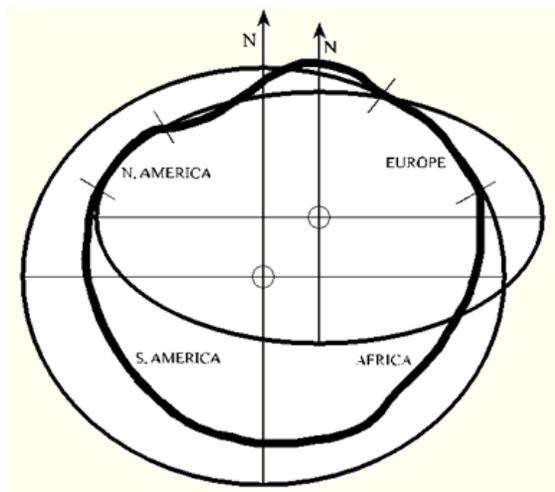
# Datum planimétrico

- É composto por uma superfície de referência posicionada em relação à Terra real;
- O procedimento prático de estabelecer uma referência geodésica começa com a seleção arbitrária de um ponto conveniente para o datum e de sua representação na superfície de um elipsóide escolhido



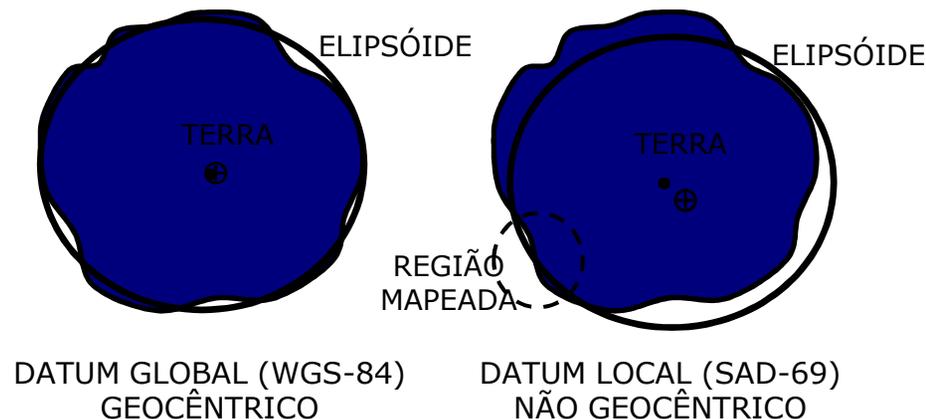
# Datum planimétrico

- Seleciona-se o elipsóide de referência mais adequado à região
- Posiciona-se o elipsóide em relação à Terra real – preservando o paralelismo entre o eixo de rotação da Terra e do elipsóide
- Escolhe-se um ponto central (origem) no país ou região e faz-se a anulação do desvio da vertical



# Datum planimétrico

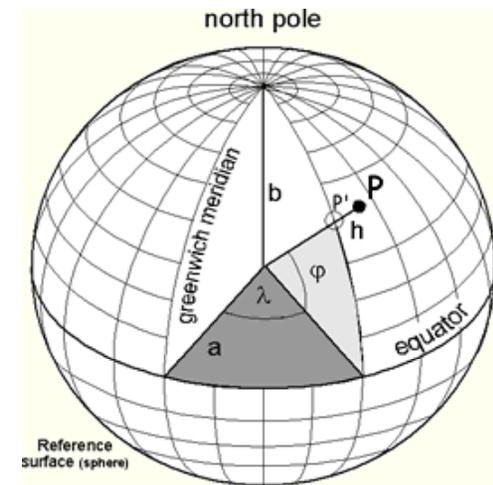
- Conceito confuso para os usuários de SIG
- Pode ser global (o centro do elipsóide coincide com o centro de massa da Terra) ou local (o centro do elipsóide está deslocado do centro da Terra)



**Mensagem importante:** as Coordenadas Geográficas, dependem de um Datum planimétrico, pois ele define a referência para os meridianos e paralelos.

# Sistema de coordenadas geográficas

- Latitude geodésica ou geográfica
  - ângulo entre a normal à superfície de referência (elipsóide ou esfera), no ponto em questão, e o plano do equador. Varia de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  (norte ou sul)
- Longitude geodésica ou geográfica
  - ângulo entre o meridiano que passa pelo ponto e o meridiano origem (Greenwich, por convenção). Varia  $0^\circ$  a  $180^\circ$  (leste e oeste)



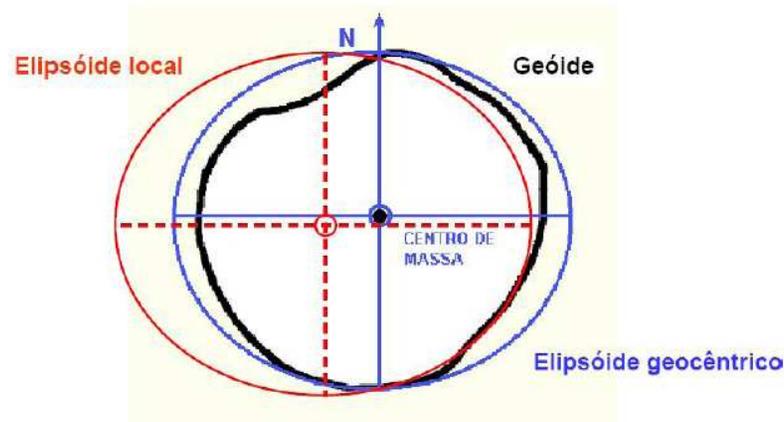
- $\varphi$  – latitude geodésica (graus)
- $\lambda$  – longitude geodésica (graus)
- $h$  – altitude elipsoidal (metros)

# Datum usados no Brasil

- Legalmente:
  - **SAD69** - South American Datum 1969
  - **SIRGAS2000** - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
- Também é comum encontrar cartas topográficas que referem-se à **Córrego Alegre**, o antigo Datum brasileiro
- 25 de fevereiro de 2005: SIRGAS2000 foi oficialmente adotado como o novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN)
- Foi também definido um período de transição, não superior a 10 anos, onde o sistema novo (SIRGAS2000) e os antigos (SAD 69, Córrego Alegre) poderão ser utilizados concomitantemente.
- Depois de passado o período de transição, o SIRGAS2000 será o único sistema geodésico de referência legalizado no país.

# Datum usados no Brasil

- Diferenças entre o SAD69 e o SIRGAS2000:
  - SAD69 é um sistema de referência topocêntrico que tem como referência um ponto na superfície da Terra
  - SIRGASS2000 é geocêntrico que tem como referência um ponto no centro de massa da Terra
  - SIRGASS2000 atende a uma necessidade de compatibilização com o sistema de posicionamento GPS, que também é geocêntrico

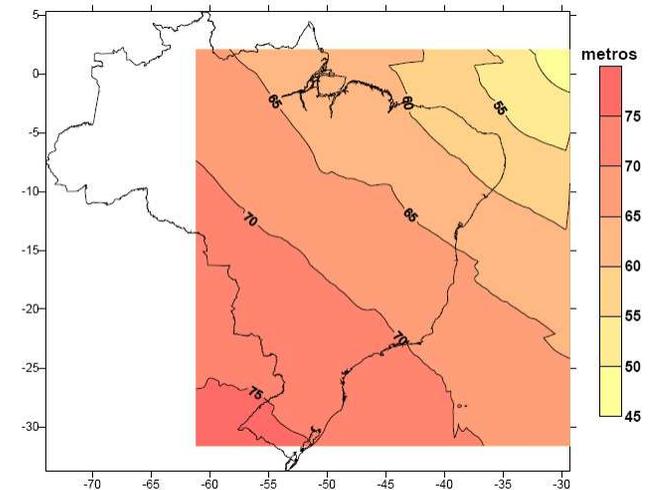
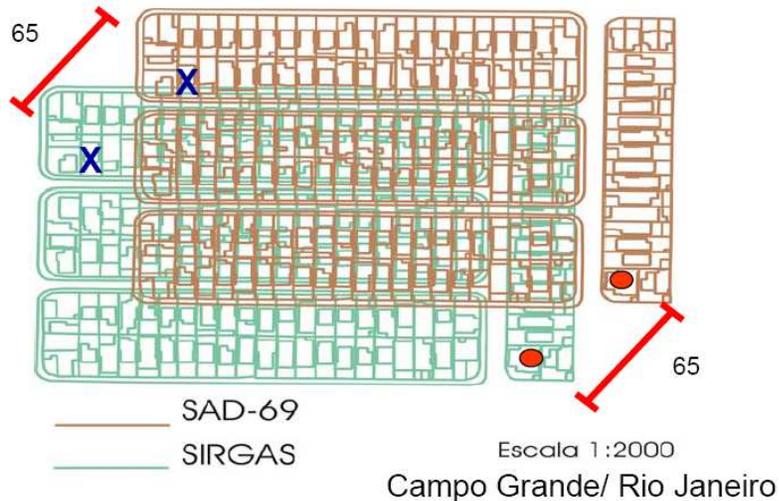


# Outros Datum

- Locais
  - SAD69, Córrego Alegre, NAD27, Indian
- Globais
  - WGS84, SIRGAS, NAD83
- WGS84 e SIRGAS200 são praticamente idênticos, pois utilizam o mesmo elipsóide de referência (GRS80), com alguns centímetros de diferença no valor do achatamento.

# Erros de Posicionamento

- Ainda que existam dados em coordenadas geodésicas, em diferentes Datum, essa coexistência pode gerar erros de posicionamento
- Por exemplo, um mapeamento realizado em SAD69 e outro em SIRGAS2000 não podem ser mostrados no mesmo mapa



Fonte: <http://www.pign.org/PIGN3/Portugues/cadastral.htm>

(relatório do Projeto demonstração 2)

# Erros de Posicionamento

- De SIRGAS200 para SAD69 : ~65 metros no território brasileiro
- De SIRGAS2000 para WGS84: nenhum
- De Córrego Alegre para SAD69:  $\leq 60$  metros

## SOLUÇÃO:

- lembre que a variação das coordenadas geográficas afeta a exatidão de sua base de dados
- use um SIG que saiba levar em conta essa variação de coordenadas
- saiba o que está medindo com um receptor GPS
- tenha cuidado com dados compartilhados (importação e exportação)

# Conceitos de Geodésia

- Datum altimétrico ou vertical
  - superfície de referência para a contagem das altitudes (geóide)
  - rede de marégrafos faz medições contínuas para a determinação do nível médio dos mares
  - adota-se um dos marégrafos como ponto de referência do datum vertical
  - no Brasil usa-se o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina

# Conceitos de Geodésia

## ■ Relevo

- Saber se dois ou mais pontos estão no mesmo nível (altitude) – subir ou descer
- **Nível base** – origem padrão de medidas = nível médio dos mares
- **Altitude** é a medida do desnível que existe entre qualquer ponto da superfície e o nível do mar.
  
- Altitude é DIFERENTE de Altura!!

# Conceitos de Geodésia

- Datum altimétrico ou vertical
  - superfície de referência para a contagem das altitudes (geóide).
  - rede de marégrafos faz medições contínuas para a determinação do nível médio dos mares
  - adota-se um dos marégrafos como ponto de referência do datum vertical
  - no Brasil usa-se o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina

# Conceitos de Geodésia

## ■ Altitudes

- Positivas – elevações, ou seja estão acima do nível base
- Negativas – depressões, ou seja, estão abaixo do nível base
- Mapas – representação em **curvas de nível**
- **Curva de nível são linhas que unem pontos de mesma altitude**

# Escala

- É a relação entre a medida de um objeto ou lugar geográfico representado no papel e sua verdadeira dimensão.
- Normalmente é expressa das seguintes formas:
  - Fração representativa ou numérica
  - Gráfica ou escala de barras

# Escala

- A escala de um mapa deve representar os detalhes
  - Naturais (rios, mares, montanhas)
  - Artificiais (estradas, pontes, edificações)
- Problemas
  - Necessidade de reduzir as proporções dos acidentes a representar.
  - Determinados acidentes, dependendo da escala, não permitem redução acentuada pois se tornam imperceptíveis.

**A solução é se utilizar símbolos cartográficos.**

# Escala numérica

$$E = d / D$$

d: distância medida na carta

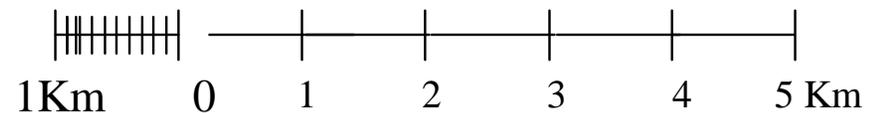
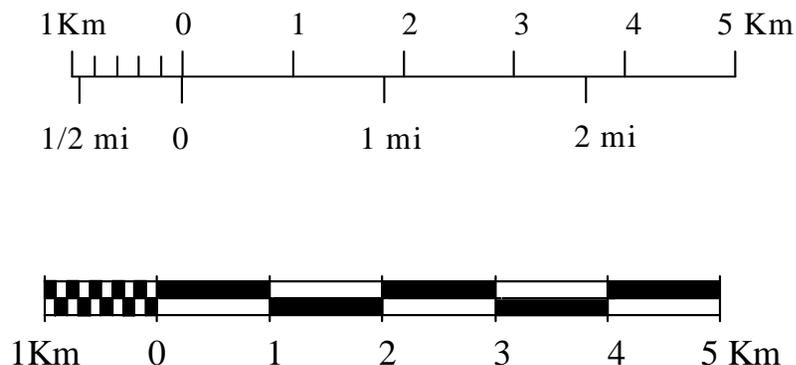
D: distância real

As escalas numéricas mais comuns são da forma:

$$E = 1 / 10x \text{ ou } E = 1:10x$$

# Escala gráfica

- É a representação gráfica de várias distâncias do terreno sobre uma linha reta graduada
- É constituída de um segmento à direita da referência zero, conhecida como escala primária
- Consiste também de um segmento à esquerda da origem denominada de Talão ou Escala de Fracionamento, que é dividido em sub-múltiplos da unidade escolhida graduada da direita para a esquerda

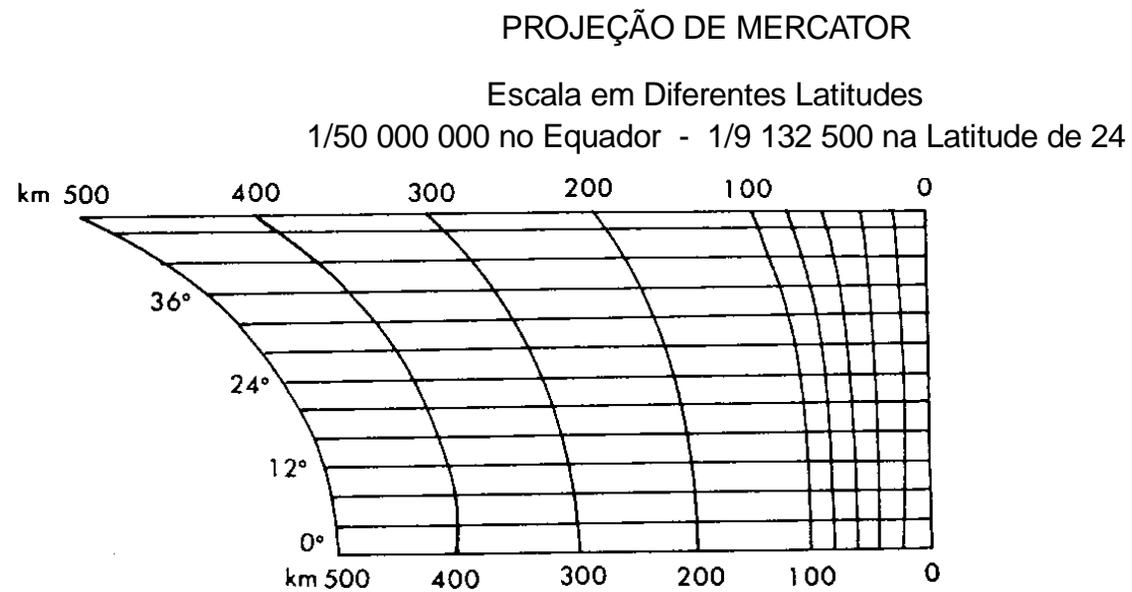


# Escalas especiais

- As fotografias aéreas e grande parte das projeções cartográficas não possuem escalas constantes, elas são variáveis dependendo de uma série de fatores inerentes ao processo de elaboração da projeção.
- As fotografias aéreas, por serem uma projeção central, a escala é variável do centro da foto para a periferia, sendo tanto menor quanto mais próximo das bordas.
- Quando a escala for grande, não ocorrerão muitos problemas pois os erros serão desprezíveis, o que já não ocorrerá em escalas pequenas, podendo ser constante ao longo dos paralelos e variável ao longo dos meridianos, ou vice-versa. Depende do tipo de projeção e da sua estrutura projetiva.

# Escalas especiais

- Na projeção de Mercator por exemplo, a escala é variável, constante ao longo dos paralelos e variável ao longo dos meridianos, variando com a latitude, quanto maior a latitude, maior a escala.



# Escala

## ■ Precisão gráfica

- É a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho na mencionada escala.
- Menor comprimento: 0,2 mm

Seja  $E = 1 / M$

Erro tolerável: 0,0002 metro X M

$$E = 1/20000 \text{ ----- } 0.2\text{mm} = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

$$E = 1/10000 \text{ ----- } 0,2\text{mm} = 2000 \text{ mm} = 2 \text{ m}$$

$$E = 1/40000 \text{ ----- } 0,2\text{mm} = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

$$E = 1/100000 \text{ ----- } 0,2\text{mm} = 20000 \text{ mm} = 20 \text{ m}$$

# Escala

- Escolha de escala

Considerando uma região que se queira mapear e que possua muitos acidentes de 10m de extensão, a menor escala que se deve adotar será:

$$\text{Erro tolerável} = 0,0002 \text{ metro} \times M$$

$$M = \text{Erro tolerável} / 0,0002 \text{ metro}$$

$$M = 10\text{m} / 0,0002\text{m} = 50.000 \text{ ou seja}$$

$$E = 1:50.000$$

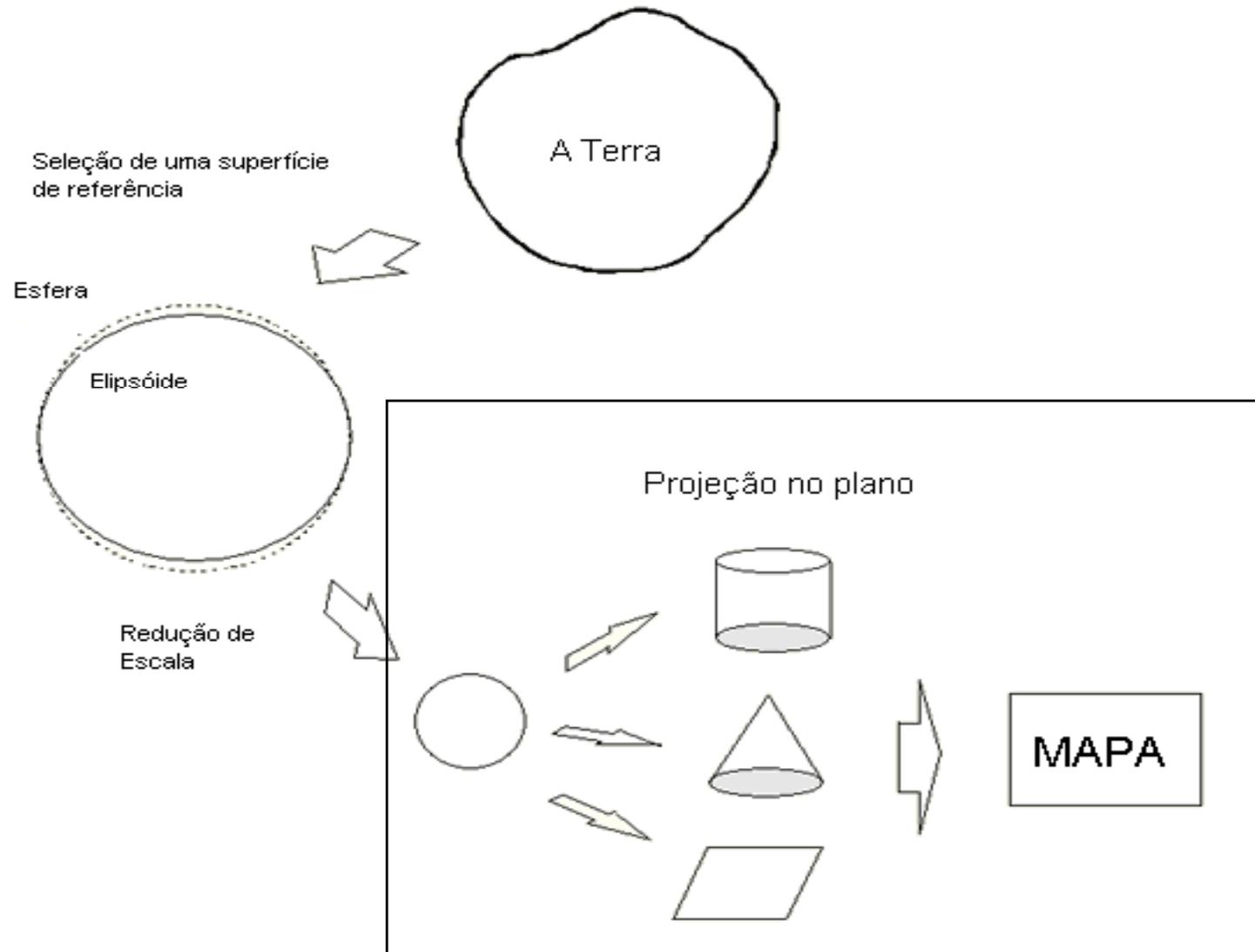
# Escala

- As condicionantes básicas para a escolha de uma escala de representação são:
  - dimensões da área do terreno que será mapeado;
  - tamanho do papel que será traçado o mapa;
  - a orientação da área;
  - erro gráfico;
  - precisão do levantamento e/ou das informações a serem plotadas no mapa.

# No mapa a Terra é plana



# Processo de criação de um mapa



# Projeções Cartográficas

- Impossível representar uma superfície curva num plano sem deformação, por isso apareceu o conceito de Superfície de Projeção
- Superfície de Projeção é uma superfície desenvolvível no plano, capaz de representar um sistema plano de meridianos e paralelos sobre o qual pode ser desenhada uma representação cartográfica (carta, mapa, planta)

# Projeções Cartográficas

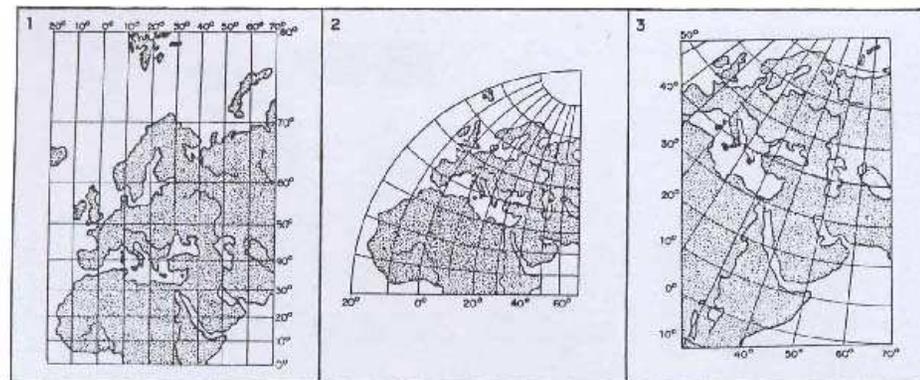
- Uma projeção cartográfica determina a correspondência matemática biunívoca entre os pontos da esfera (ou elipsóide) e sua transformação num plano
- Sistemas de projeção resolvem as equações:  
(x e y – coordenadas planas,  $\phi, \lambda$  – coordenadas geográficas)

$$x = f_1(\phi, \lambda) \quad y = f_2(\phi, \lambda)$$

$$\lambda = g_1(x, y) \quad \phi = g_2(x, y)$$

# Projeções cartográficas

- Impossível representar uma superfície curva num plano sem deformação. Por isso, existem diferentes classes de projeção, que causam diferentes distorções e por isso tem diferentes aplicações
- Uma mesma área sob diferentes projeções geram mapas diferentes

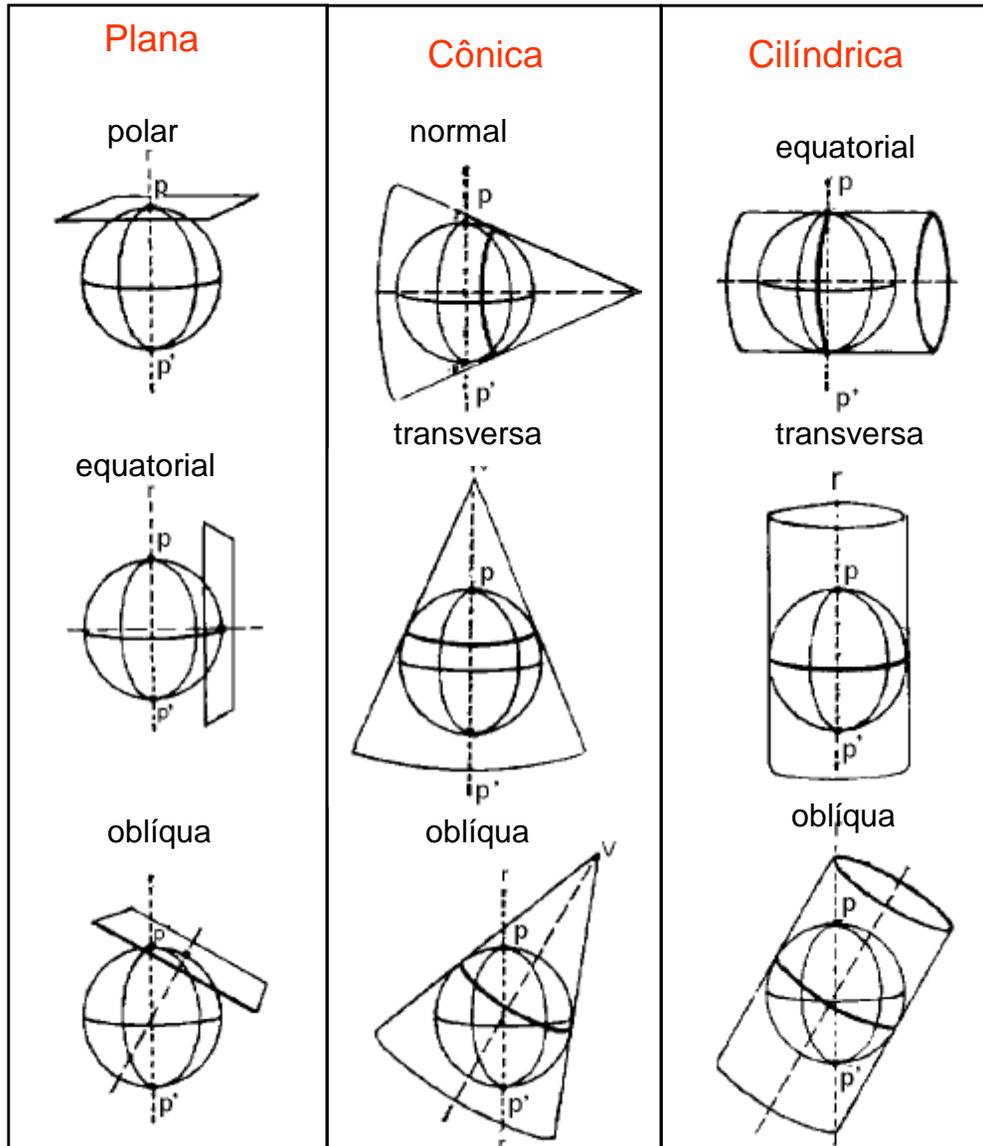


Cilíndrica

Plana

Cônica

# Classes de projeção



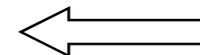
**Equidistantes:**  
preservam distâncias

**Equivalentes:**  
preservam áreas

**Conformes:** preservam  
ângulos



Quanto as propriedades



Quanto a superfície de  
projeção

# Projeções Cartográficas

- Superfície ou figura de referência
  - esfera, elipsóide
- Superfície de projeção
  - plano, cone, cilindro, poliedro
- Posição da superfície de projeção
  - normal ou equatorial, oblíqua, transversa
- Método de construção
  - projetivo, analítico

# Projeções Cartográficas

- Projeções planas ou azimutais
  - plano tangente ou secante
    - estereográfica polar, azimutal de Lambert
  
- Projeções cônicas
  - cone tangente ou secante
    - cônica de Lambert, cônica de Albers
  
- Projeções cilíndricas
  - cilindro tangente ou secante
    - UTM, Mercator, Miller

# Projeções Cartográficas

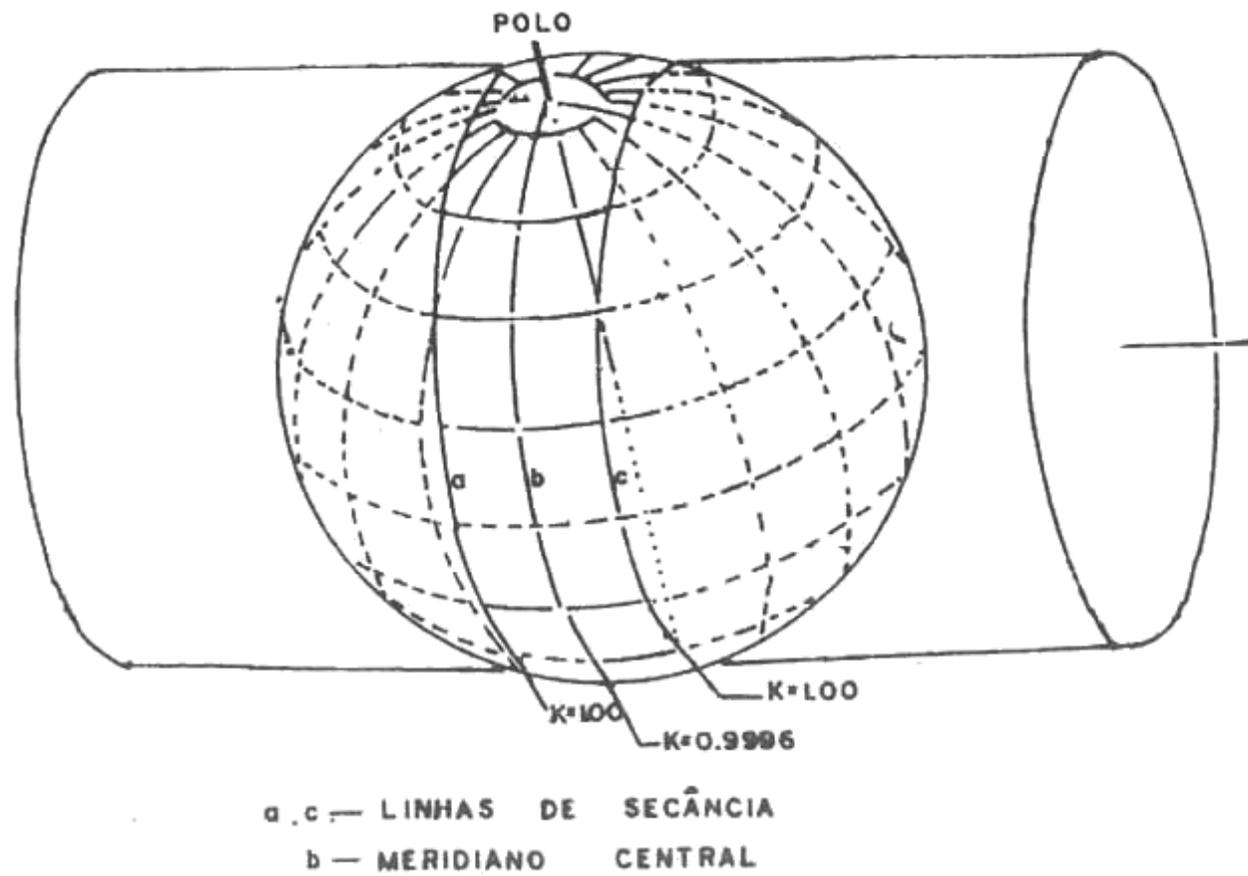
- Projeções conformes ou isogonais
  - preservam ângulos
    - UTM, Mercator, cônica conforme de Lambert
- Projeções equivalentes ou isométricas
  - preservam áreas
    - cônica equivalente de Albers
- Projeções equidistantes
  - representam distâncias em verdadeira grandeza ao longo de certas direções
    - cilíndrica equidistante

# Projeções Cartográficas

- Parâmetros das projeções
  - figura de referência (elipsóide ou esfera)
    - datum planimétrico
  - paralelo padrão (latitude reduzida)
    - deformações nulas, escala verdadeira ... verdadeira grandeza
    - Um ou dois paralelos se a superfície é tangente ou secante
  - longitude de origem (meridiano central)
    - posição do eixo Y das coordenadas planas
    - para a UTM é o meridiano central de um fuso
  - latitude origem
    - posição do eixo X das coordenadas planas
    - Equador para a maioria das projeções

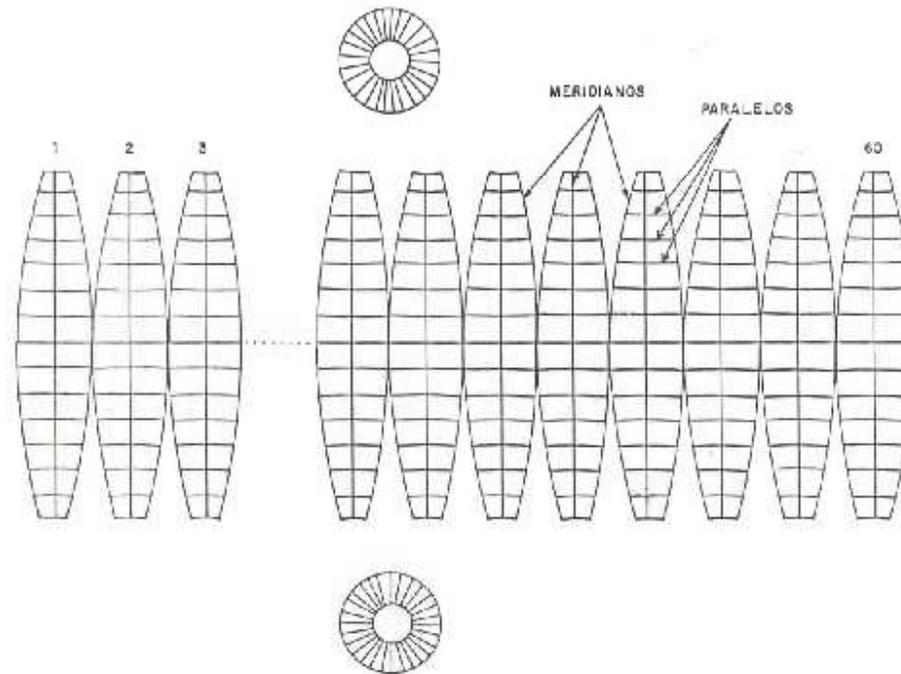
# Projeções Cartográficas

- Sistema UTM – Universal Transversa de Mercator



# Projeções Cartográficas

- O sistema UTM é Universal, pois é aplicável em toda a extensão do globo terrestre



Zonas do sistema UTM  
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

# Projeções Cartográficas Especificações UTM

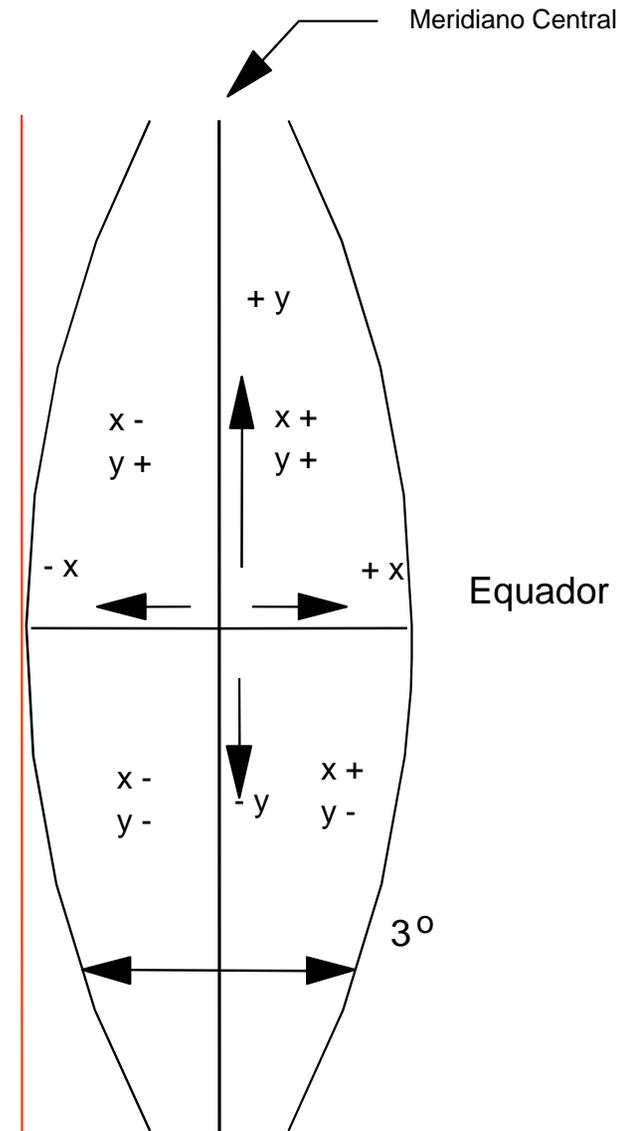
- Adota 60 cilindros de eixo transversal, de maneira que cada um cobre a longitude de  $6^\circ$  ( $3^\circ$  para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo  $80^\circ$  N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito
- Para evitar coordenadas negativas a partir da origem das coordenadas (cruzamento Equador com meridiano central) será acrescentada em cada fuso das constantes 10.000.000 metros no eixo das ordenadas (NS) e de + 500.000 metros no eixo das abscissas (EW)

# Especificações UTM



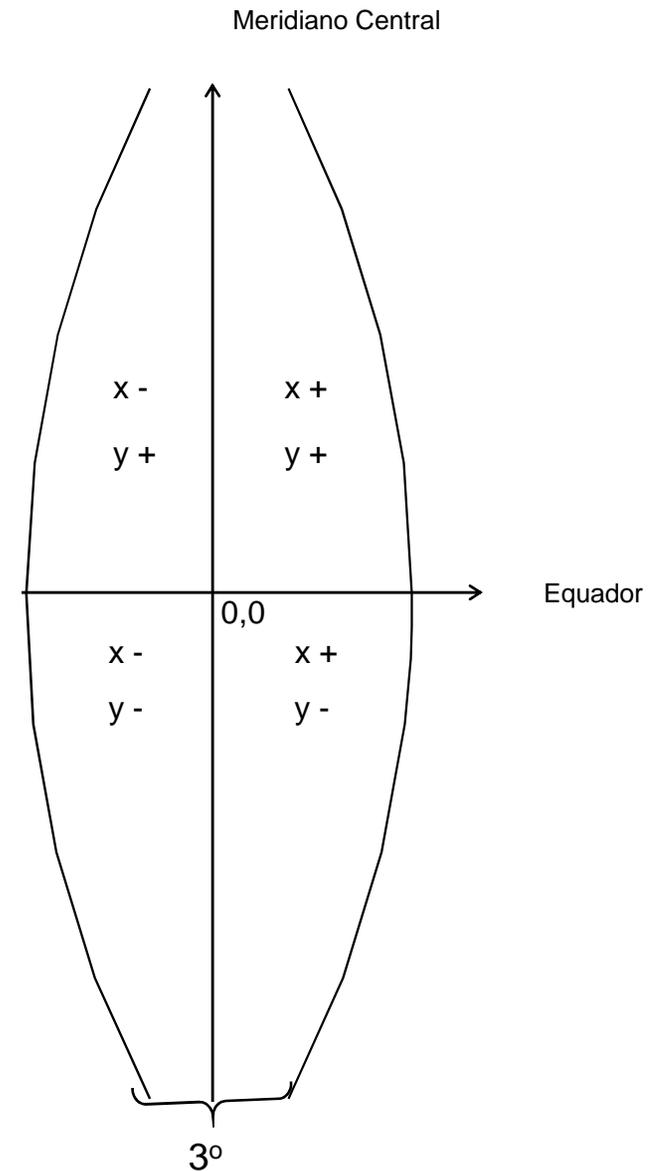
# Universal Transversa de Mercator

- Adota 60 cilindros de eixo transverso, de maneira que cada um cobre a longitude de  $6^\circ$  ( $3^\circ$  para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo  $80^\circ$  N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito



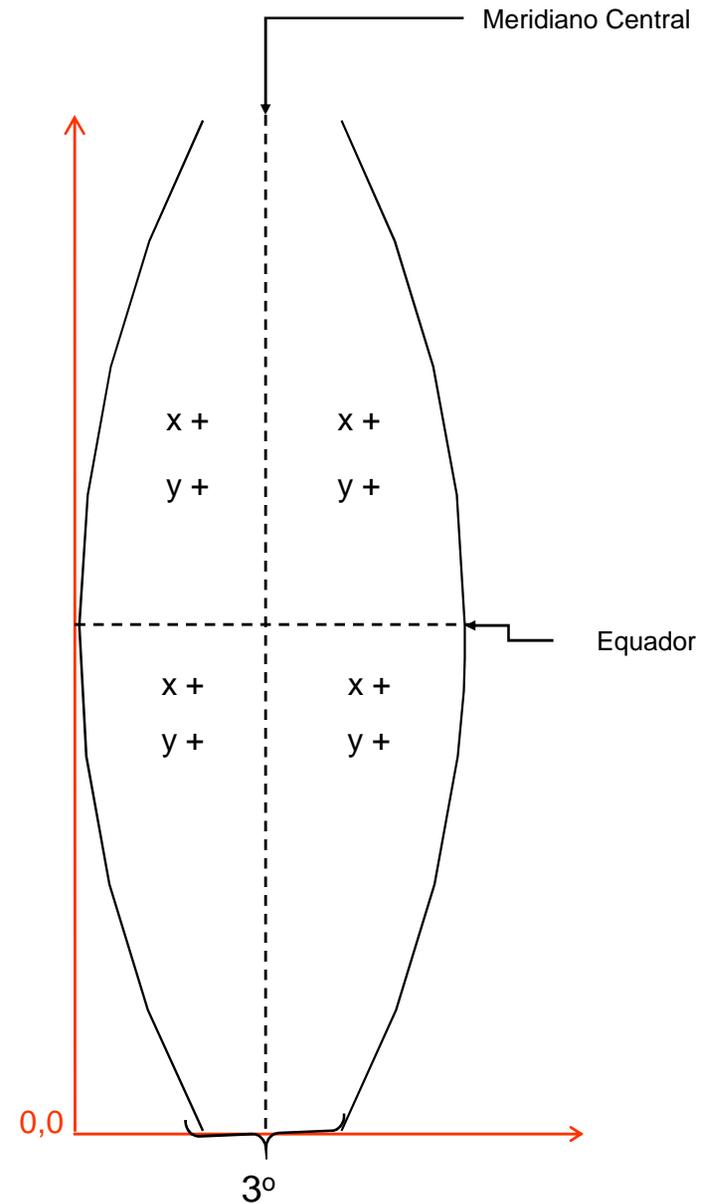
# Universal Transversa de Mercator

- Adota 60 cilindros de eixo transverso, de maneira que cada um cobre a longitude de  $6^\circ$  ( $3^\circ$  para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo  $80^\circ$  N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito



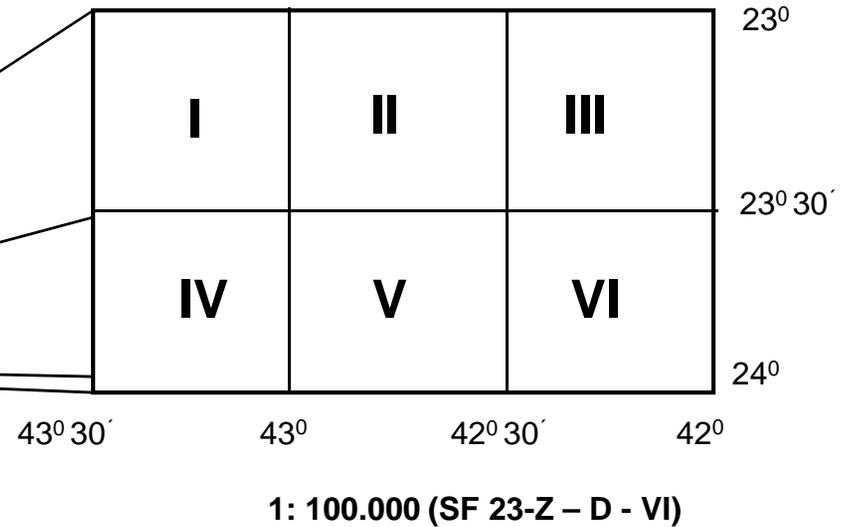
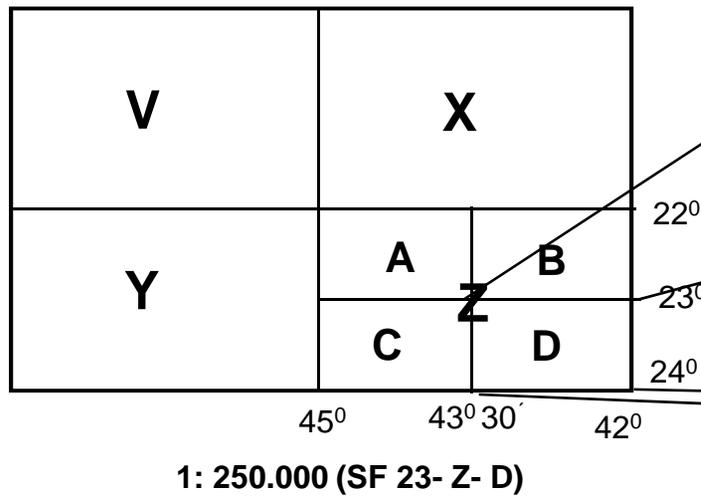
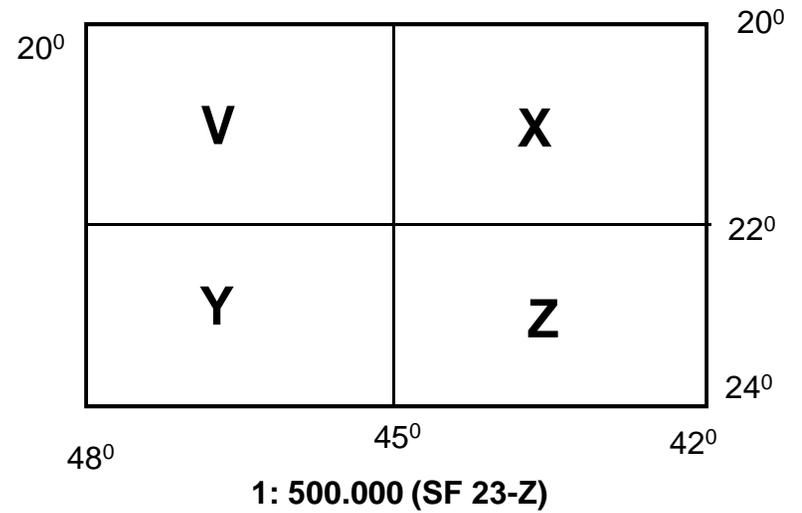
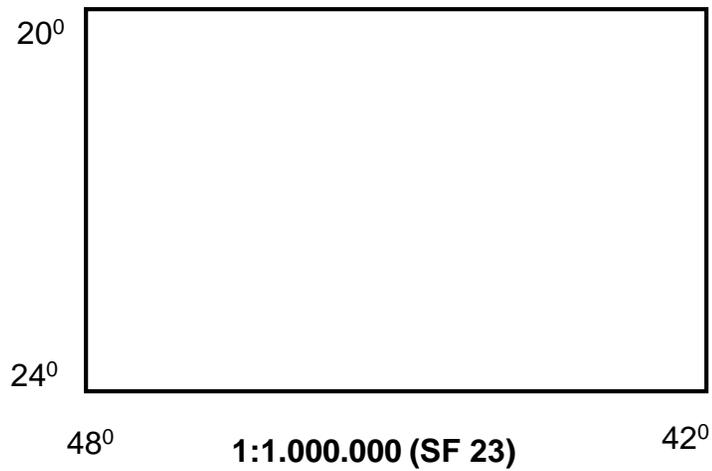
# Universal Transversa de Mercator

- Para evitar coordenadas negativas a partir da origem das coordenadas (cruzamento Equador com meridiano central) será acrescida em cada fuso das constantes 10.000.000 metros no eixo das ordenadas (NS) e de + 500.000 metros no eixo das abscissas (EW)



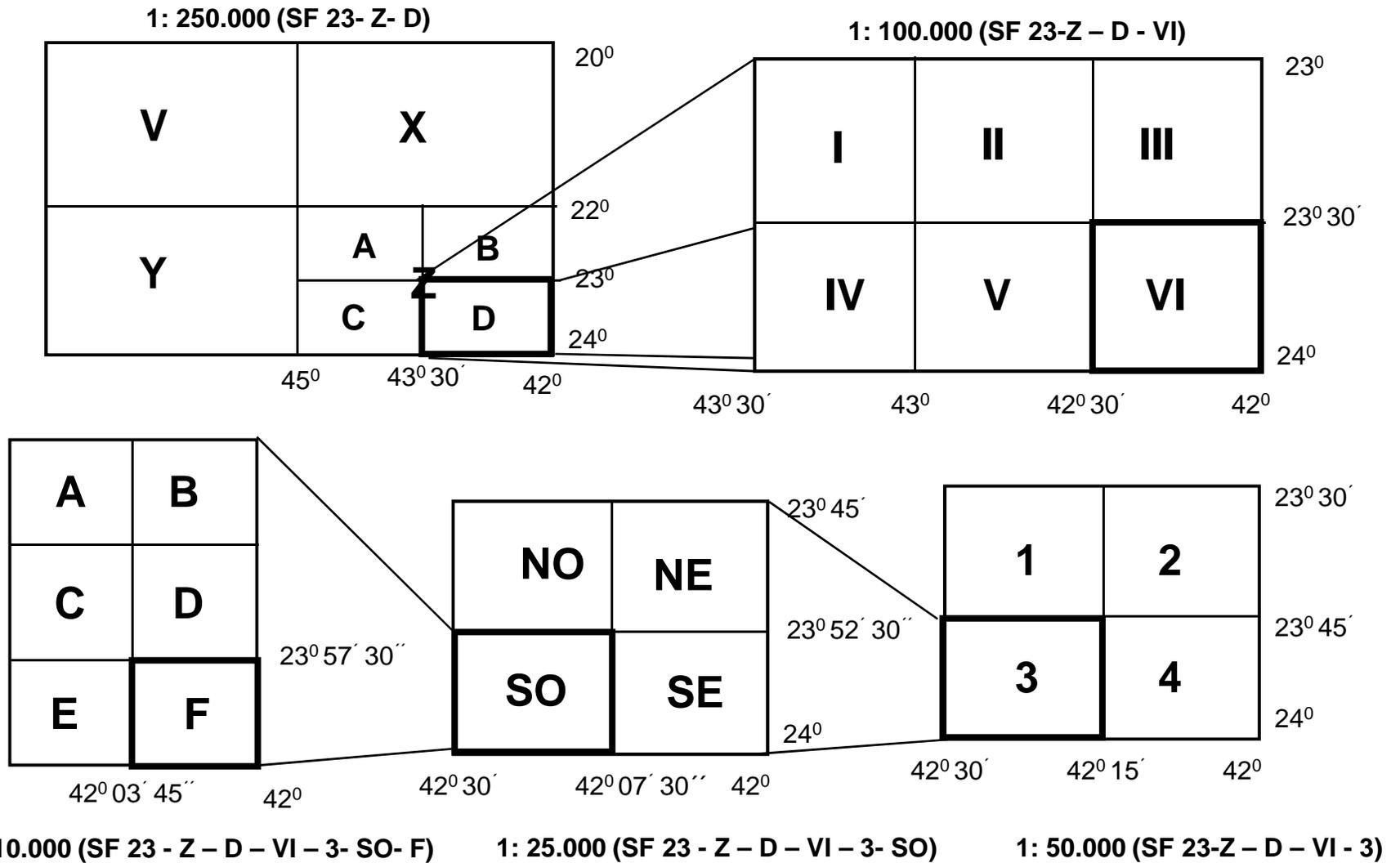


# Nomenclaturas Folhas



# Nomenclaturas Folhas

23°



# Carta Topográfica

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO DA INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES  
 SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA  
 DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA E TOPOGRAFIA  
 CARTA DO BRASIL, ESC. 1:50 000

LUTÉCIA

M-270/13  
 FOLHA SF-22-Z-A-II-3

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

QUATÁ	HERCULÂNIA	POMPÉIA
PARAGUAÇU PAULISTA	LUTÉCIA	EXAPORA
MARACÁ	ASSIS	CAMPOS NOVOS PAULISTA

ESCALA 1:50 000



Eqüidistância das curvas de nível, 20 metros

Grigem da quilometragem: Equador e Meridiano 51° W. Gr.,  
 acréscidas as constantes 10 000 km e 500 km respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Levantamento estereofotogramétrico topográfico regular  
 Aerofotografias - 1965; apoio suplementar e reambulação  
 executados em 1973 pelo Departamento de Geodésia e Topografia;  
 restituição, aerotriangulação e preparo para a impressão  
 realizados pelo Departamento de Cartografia

Esta folha foi preparada e impressa em decorrência do  
 Convênio entre o IBGE e o Departamento de  
 Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA

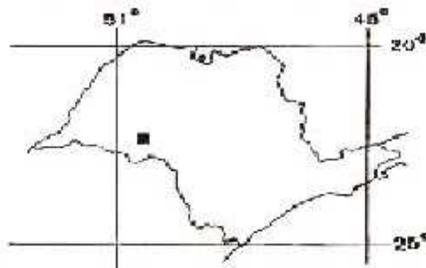
**PRIMEIRA EDIÇÃO — 1974**

DIREITOS DE REPRODUÇÃO RESERVADOS

Impressa no Serviço Gráfico do IBGE

A SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA agradece a gentileza da  
 comunicação de falhas ou omissões verificadas nesta Folha

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



# Projeções Cartográficas

- Principais projeções no Brasil
  - UTM (Universal Transverse Mercator)
    - cartas topográficas
  - Mercator
    - cartas náuticas
  - Cônica conforme de Lambert
    - cartas ao milionésimo
    - cartas aeronáuticas
  - Policônica
    - mapas temáticos
    - mapas políticos

# Projeções Cartográficas

- Outras projeções importantes
  - Cilíndrica equidistante
    - apresentação de dados em SIG
    - mapas mundi
  - Estereográfica polar
    - substitui a UTM nas regiões polares
  - Cônica conforme bipolar oblíqua
    - mapa político das Américas
  - Cônica equivalente de Albers
    - cálculo de área em SIG

# Resumo

# Dados geográficos

Duas **componentes**: o **quê** e **onde**

**O quê** → semântico: altimetria, município, reflectância, estação de coleta, etc.

**Onde** → localização em um sistema que representa a superfície terrestre, ou seja, Sistema de Referência Espacial

**Representação**: estrutura de dados usada para armazenar o dado geográfico

**Matricial**: matriz regular de valores

**Vetorial**: primitivas geométricas ponto, linha e polígono para representar a localização, associada a um conjunto de valores

# Geoprocessamento

**Geoprocessamento:** **disciplina** que trata da manipulação de dados geográficos.

**SIG:** **sistema computacional** usado para materializar as técnicas de geoprocessamento

Questões de Arquitetura

