

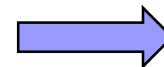
Introdução aos SIGs

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

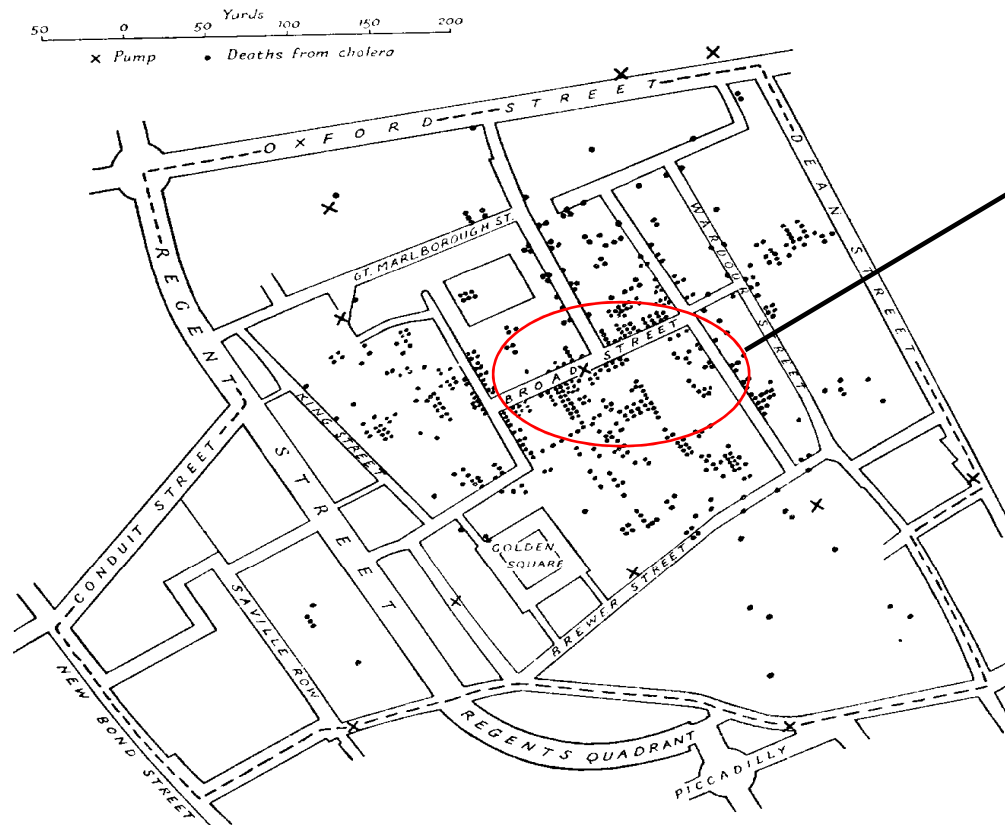
The image shows a screenshot of a news article from the website FOLHA.com. The page header includes the site logo, a weather section for São Paulo (SP) and Rio de Janeiro (RIO), and a navigation menu with categories like 'NOTÍCIAS', 'PODER', 'MUNDO', etc. The main headline is 'Cidades atingidas por chuvas mapeiam áreas de risco, mas não têm projeto'. Below the headline, there is a sub-headline 'DO RIO' and a social media recommendation button that says 'Recomendar' with '55 pessoas recomendam isso.' The main text of the article begins with '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.'



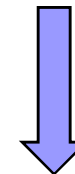
Geoprocessamento

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)

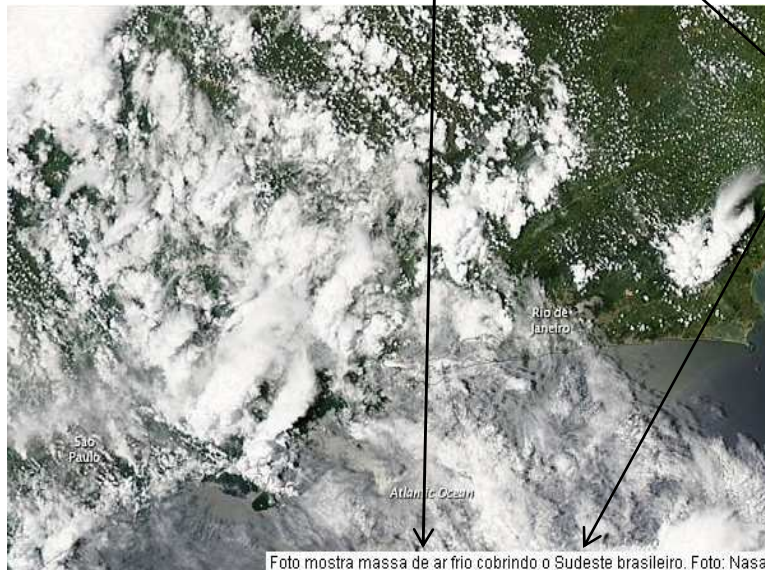
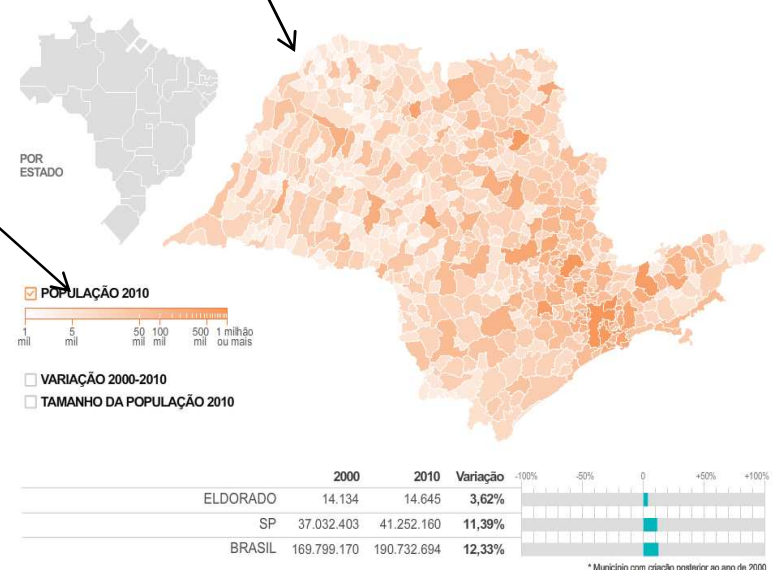


Foto mostra massa de ar frio cobrindo o Sudeste brasileiro. Foto: Nasa



Espaço geográfico

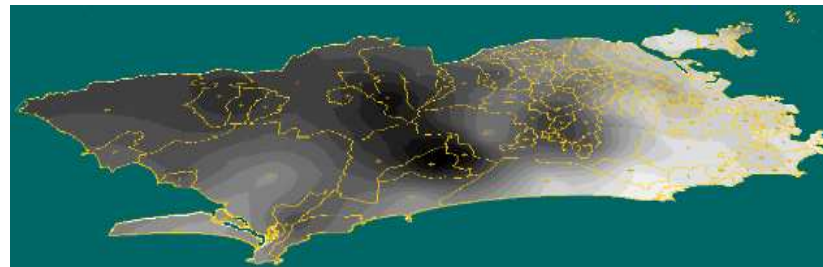
Diferentes Dados Geográficos permitem diferentes percepções do espaço geográfico



Imagem



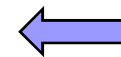
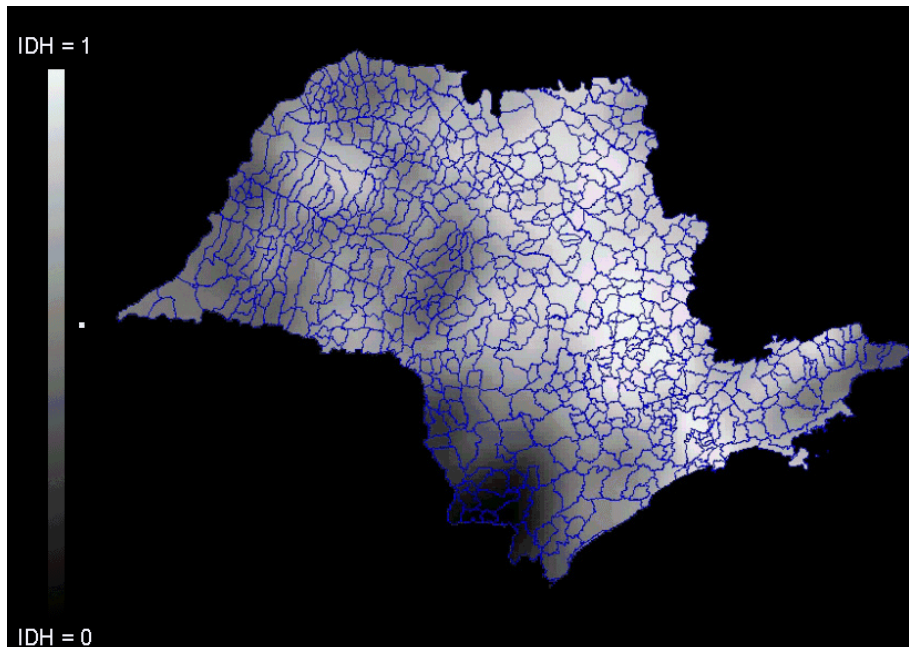
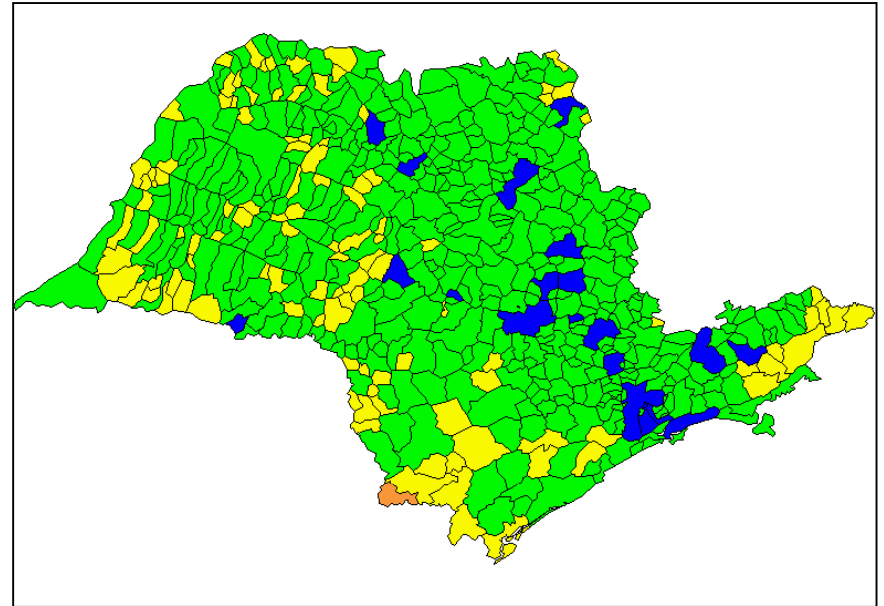
Regiões delimitadas por polígonos



Superfície de decisão

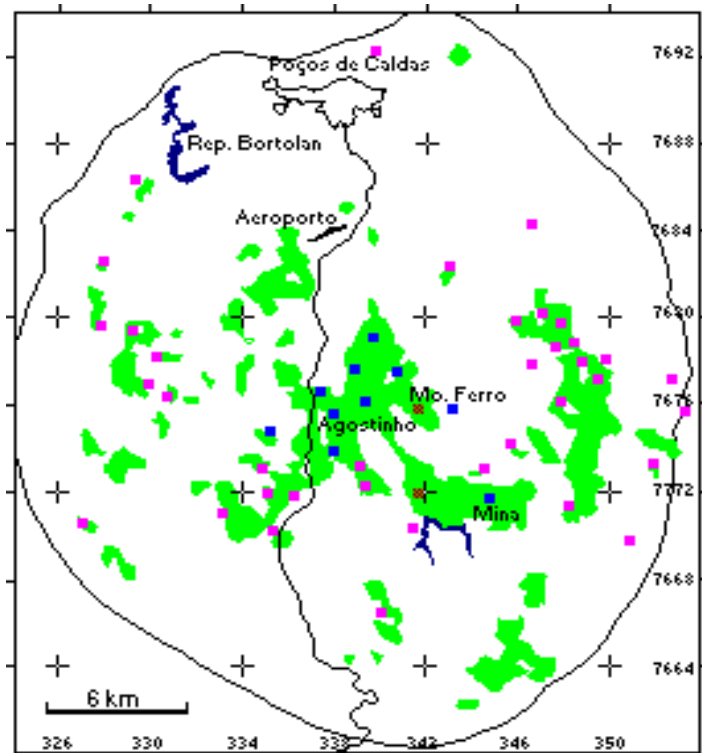
Espaço geográfico

Espaço como uma subdivisão
planar – IDH por município

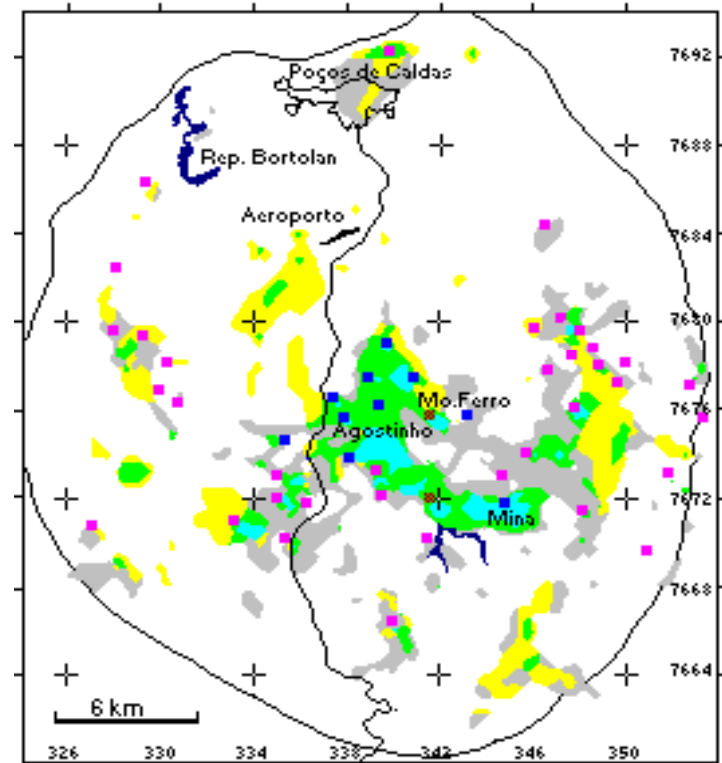


Espaço como uma superfície
contínua – Superfície de IDH

Espaço geográfico



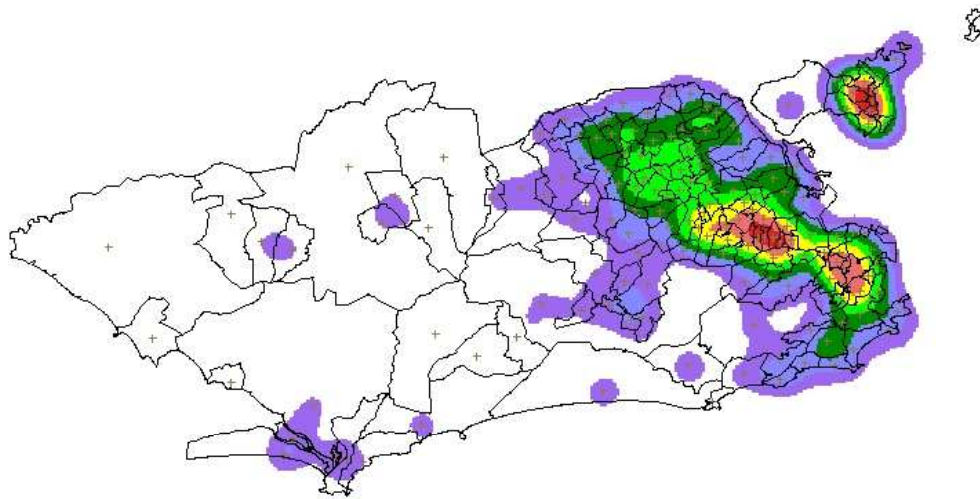
Áreas potenciais Mineralizações: U-Zr U-Mo Th-TR



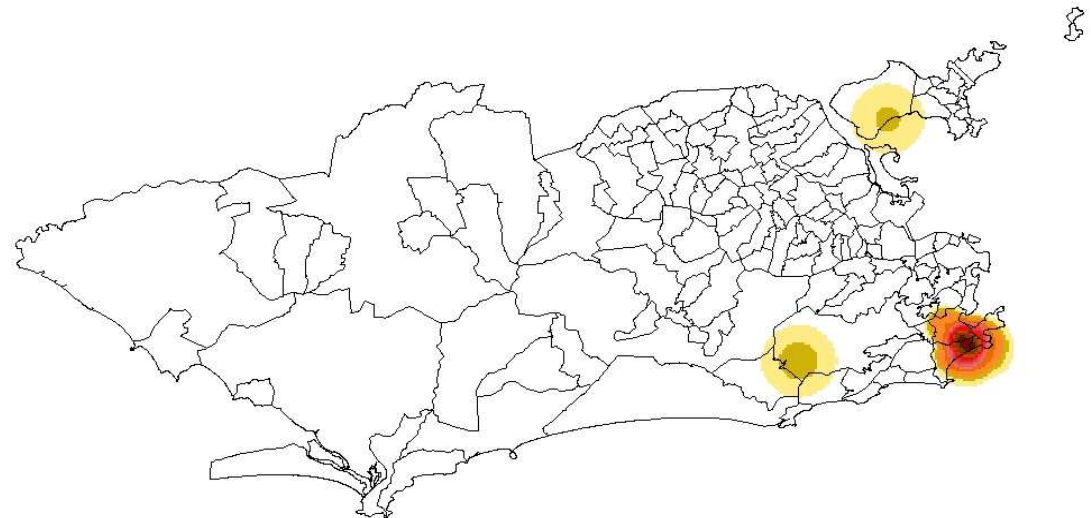
Prioridades: Baixa Média Alta Muito Alta

Espaço como uma superfície de decisão

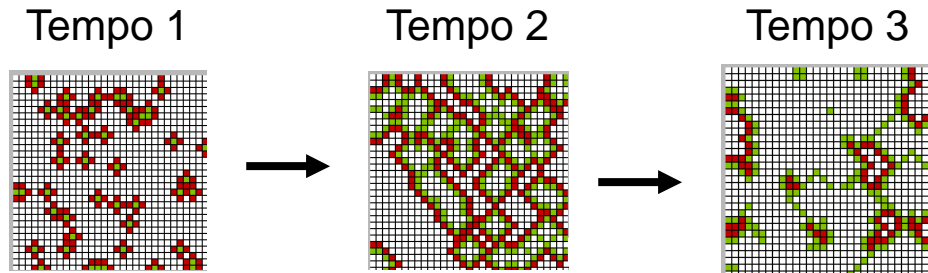
Espaço geográfico



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

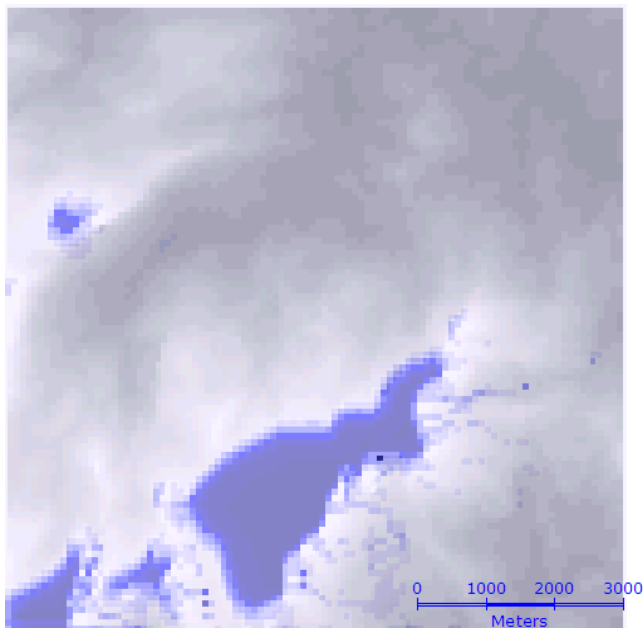


Espaço geográfico

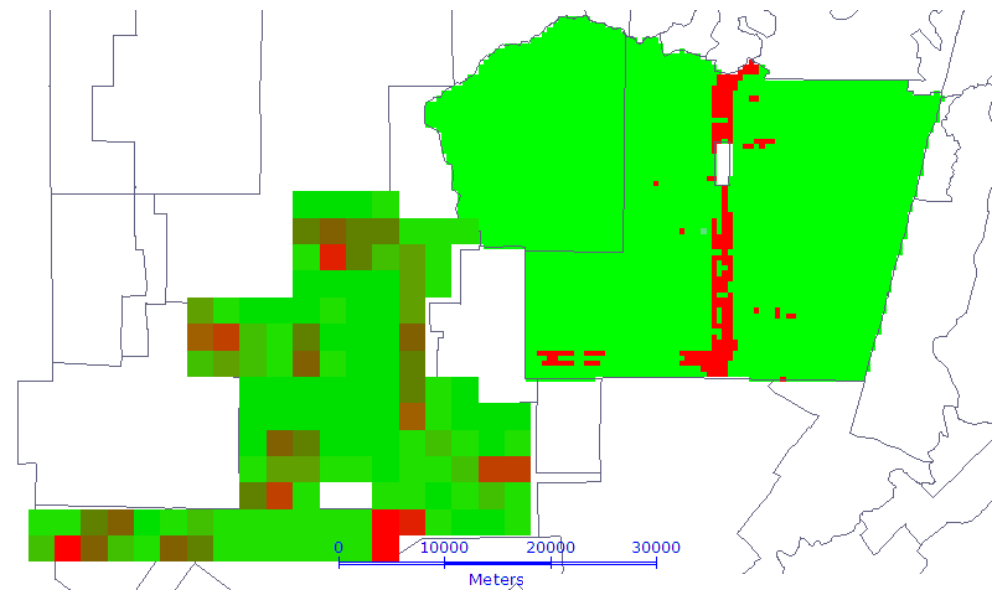


Espaço de Modelos

Ex: Modelos Hidrológicos



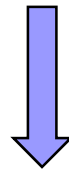
Ex: Modelos LUC



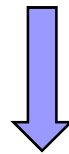
Figuras: Tiago Carneiro, 2006

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

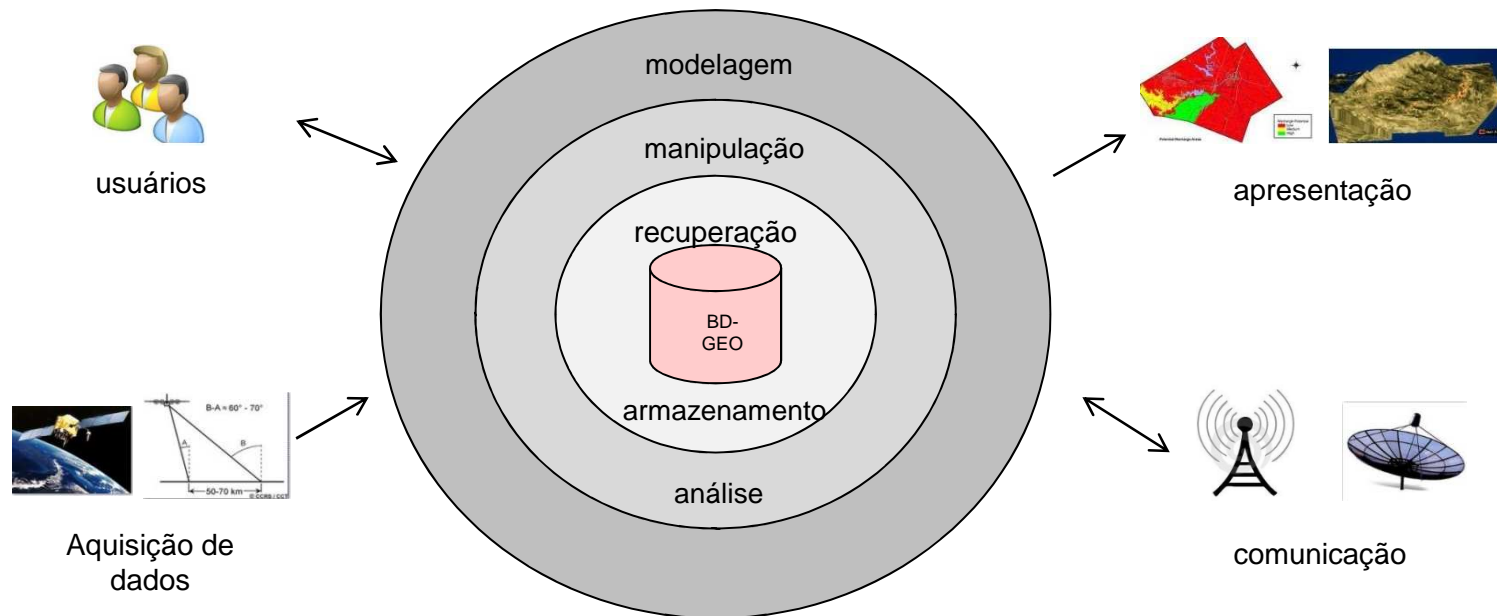


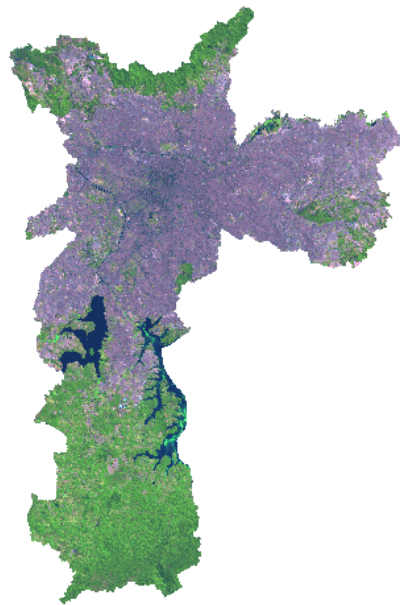
Figura adaptada de Worboys & Duckhan 2004

Sistemas de Informação Geográfica

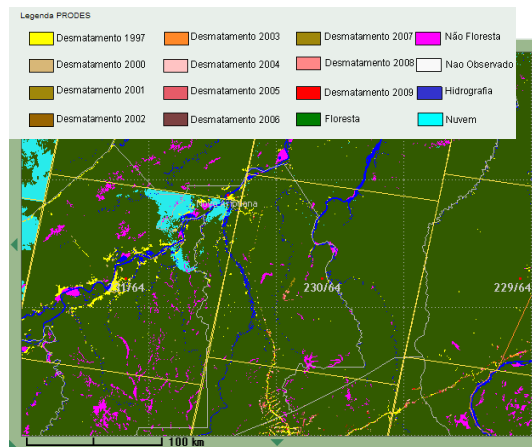
- Um SIG é um software que permite o armazenar, gerenciar e visualizar dados espaciais além de fornecer ferramentas de análise como:
 - **Consultas:** por região, por coordenadas, classificação
 - **MNT:** declividade, rede de drenagem, bacias
 - **Rede:** conectividade, caminho mínimo
 - **Distribuição:** 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

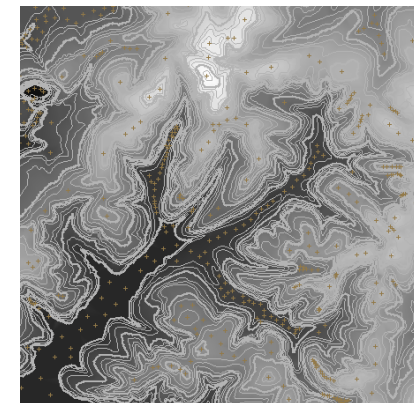


Dados Temáticos

Fotos aéreas



Topografia

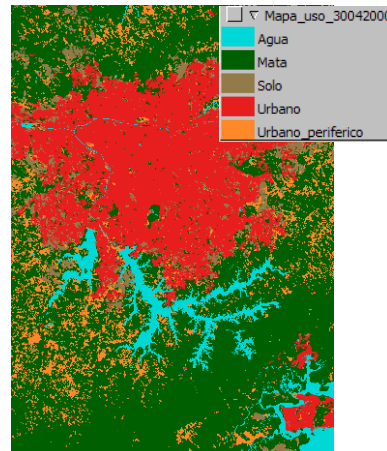


SIG não trata apenas de mapas, mas a informação espacial é geralmente apresentada na forma de mapas

Aplicações Tradicionais



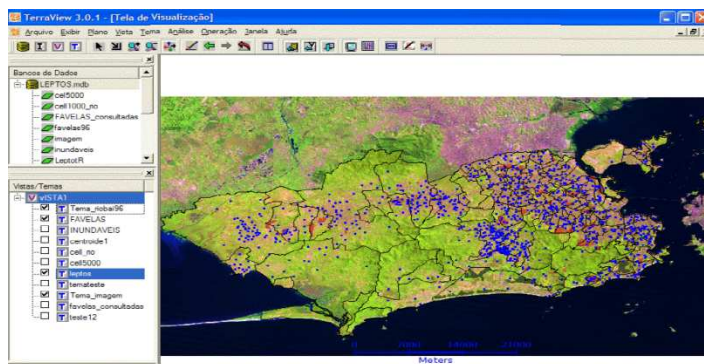
Cartografia



Uso da Terra



Monitoramento ambiental



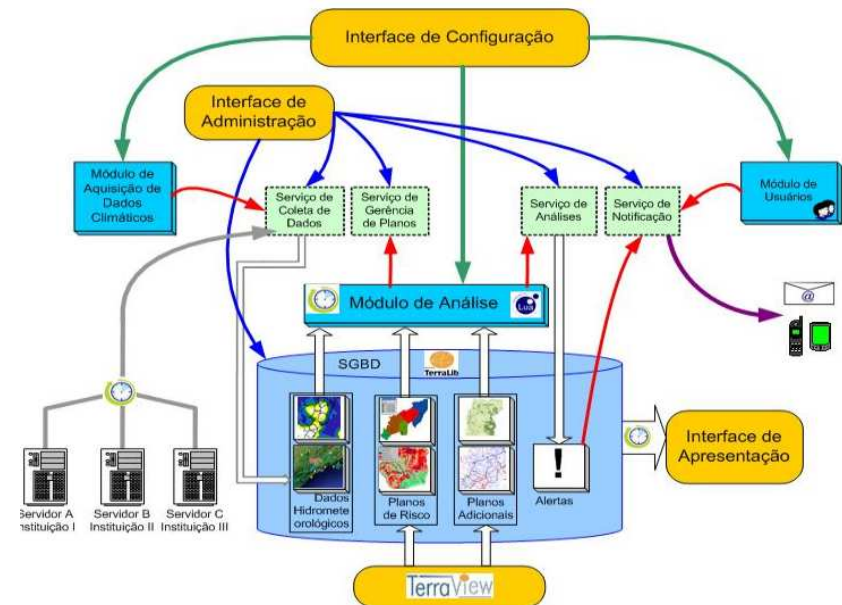
Saúde

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
- ...

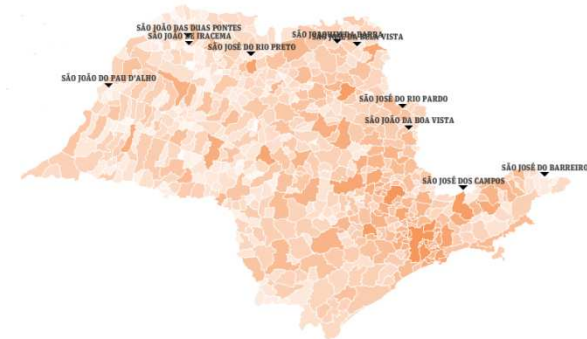
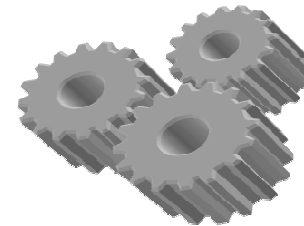
- SIGs tratam fundamentalmente da solução de problemas. São usados em vários níveis, desde indústrias especializadas até governos e academia.



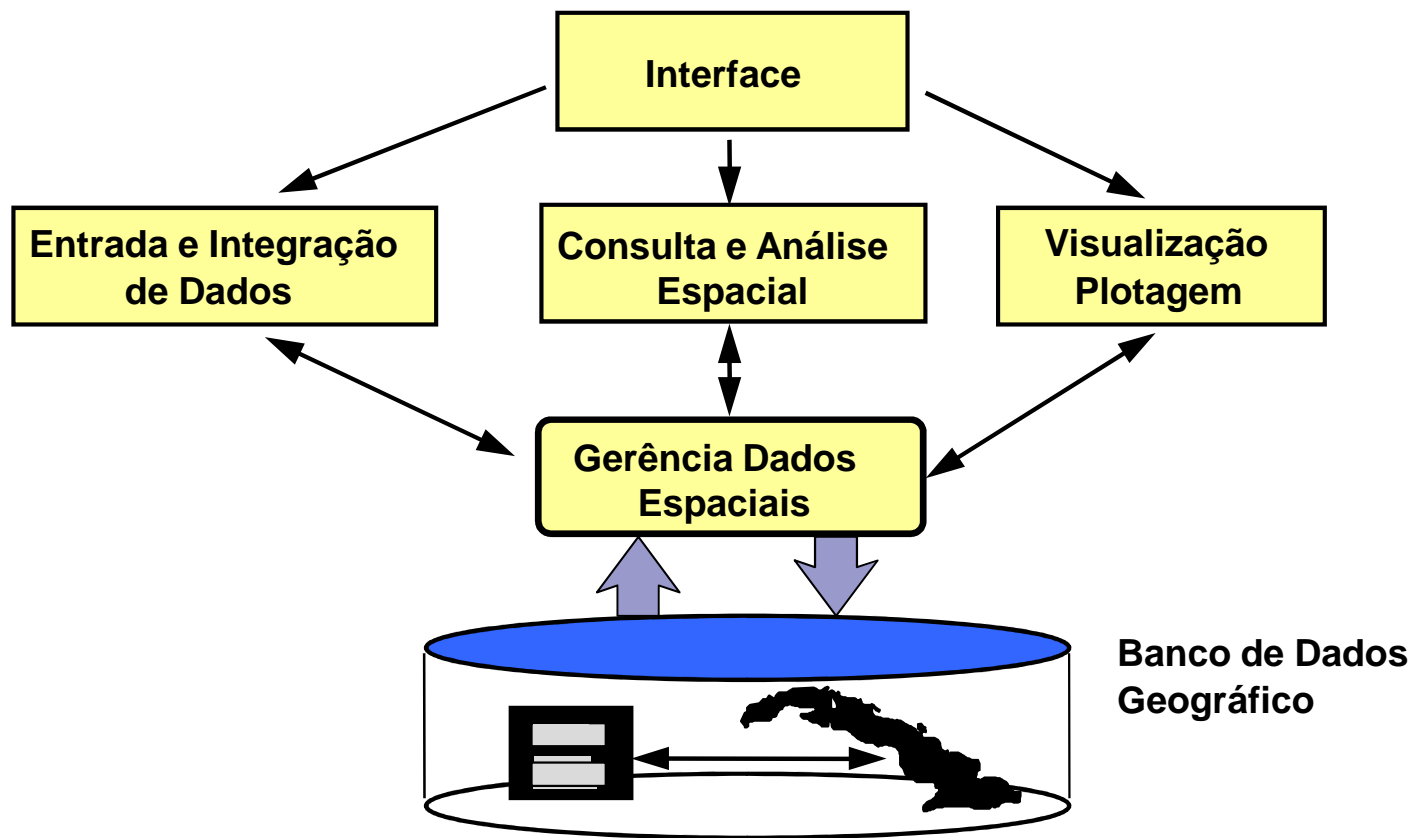
SIG x CAD

- 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

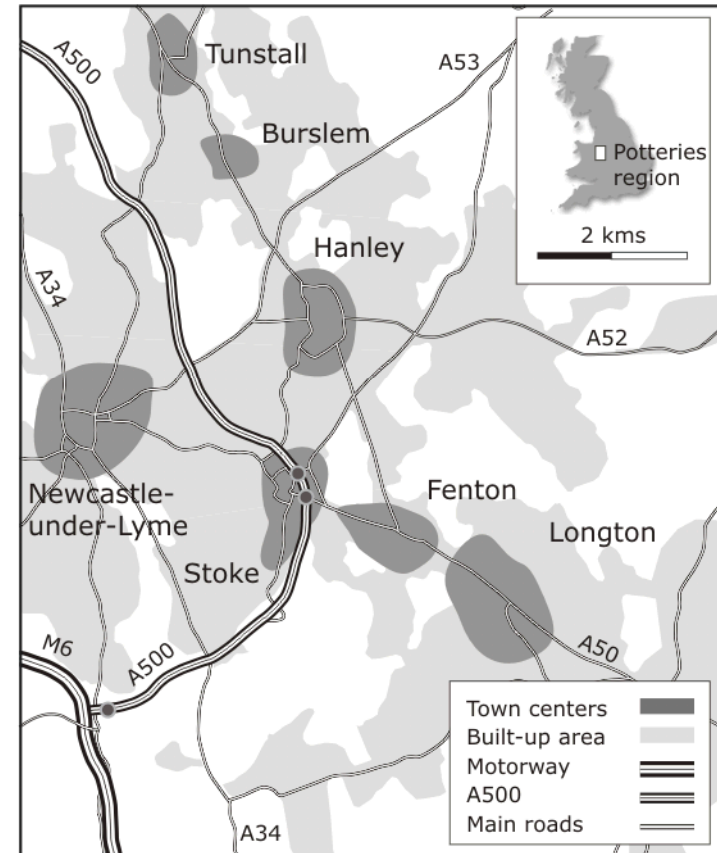


Funcionalidades de um SIG

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

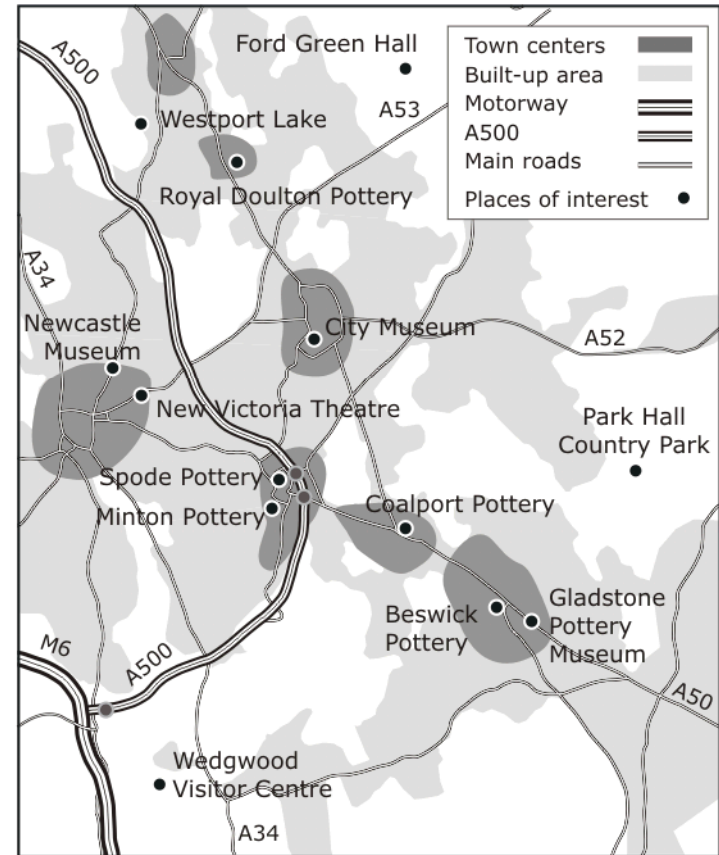
As comunidades locais produziam
 produtos de alta qualidade, mesmo
 em condições menos favoráveis



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

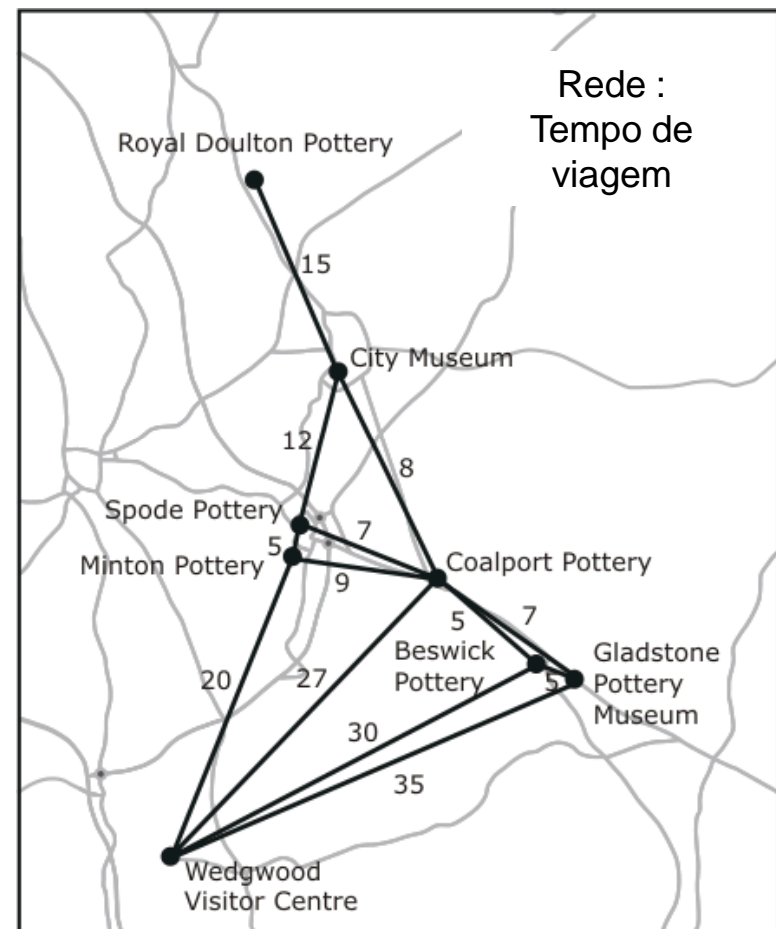


Análises de redes

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

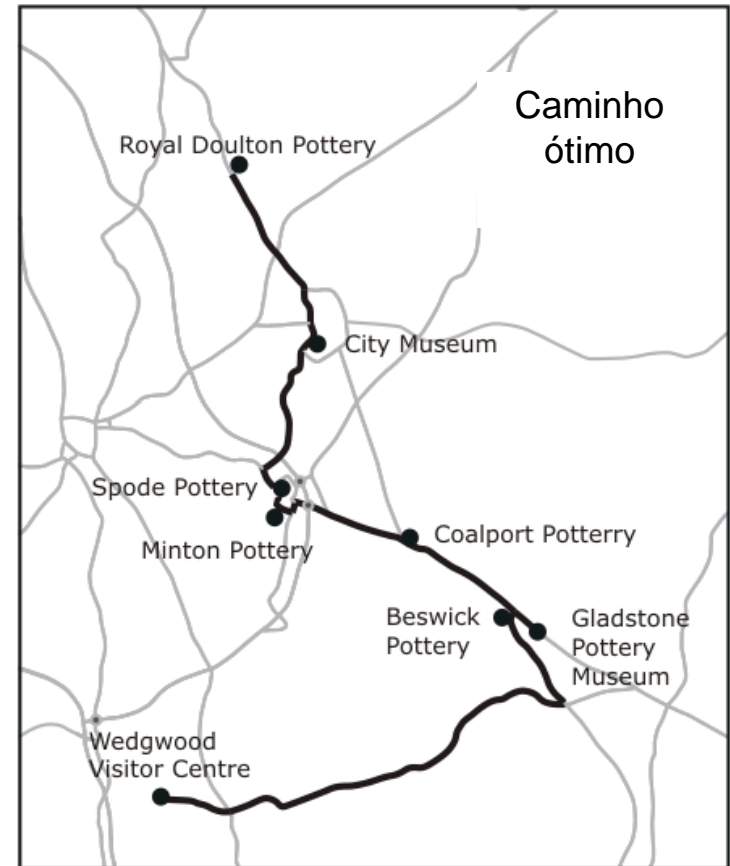


Análises sobre redes

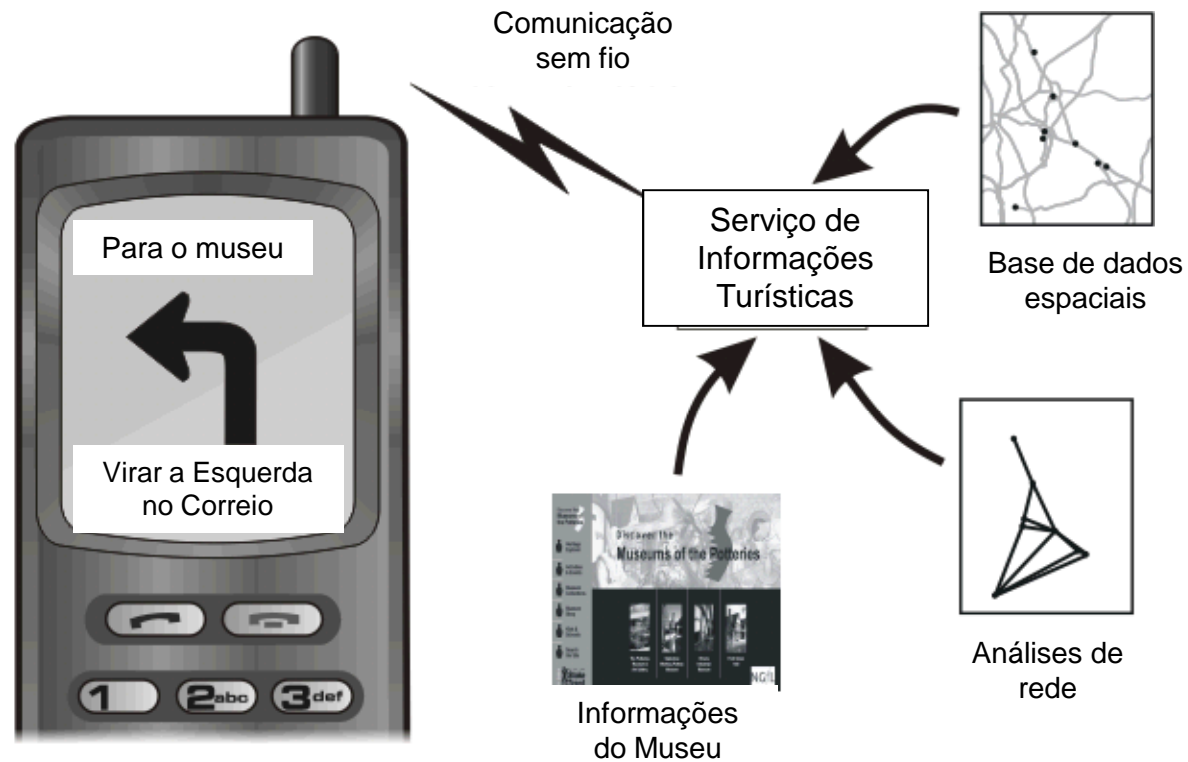
Algoritmo do caixeiro viajante:

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



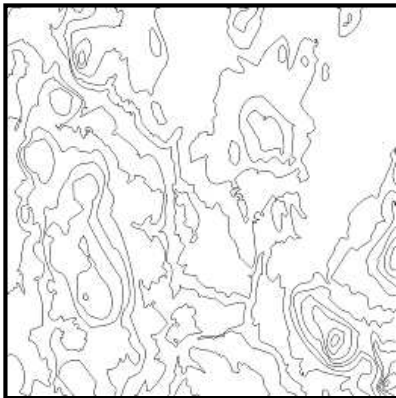
Dados de diferentes fontes devem ser integrados, processados e transmitidos aos turistas antes que possam receber instruções de navegação e informações sobre atrações locais

Análises de terreno

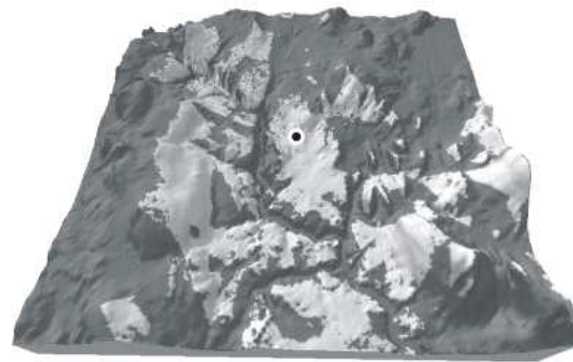
Comunidades locais estão interessadas no impacto visual causado pela possível abertura de novas minas de carvão

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

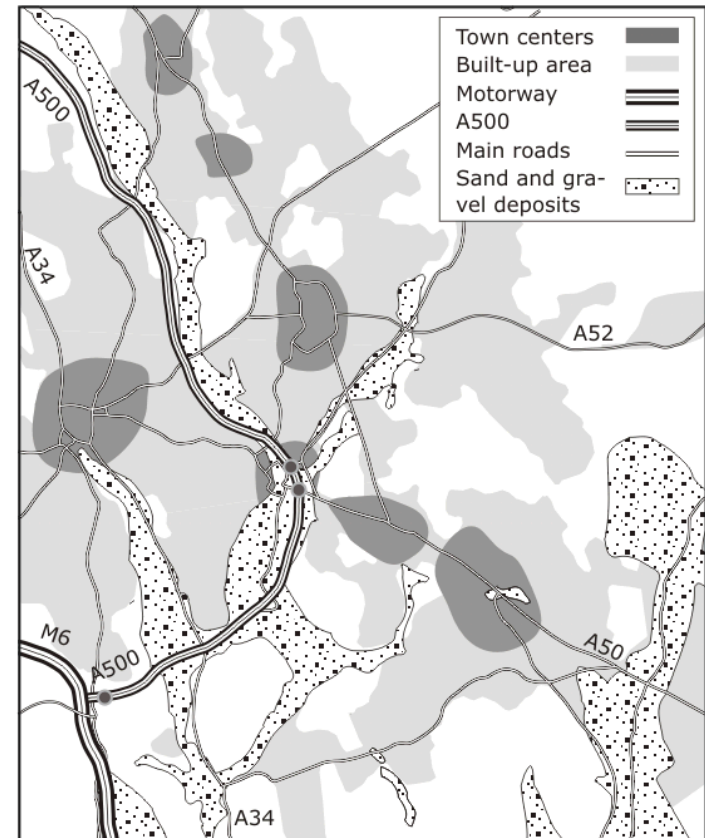
Estrutura urbana

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



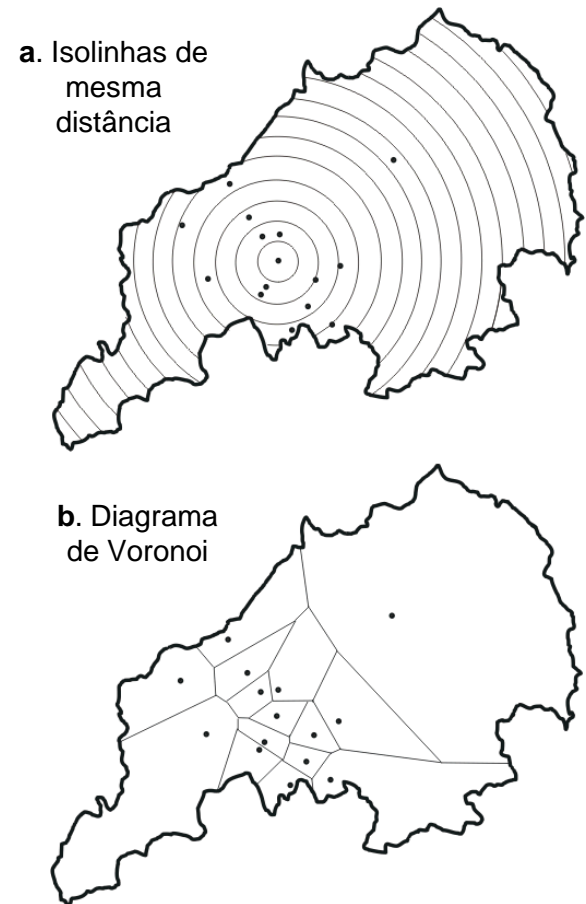
Interseção das 3
camadas resultando
nas áreas que atendem
a consulta

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

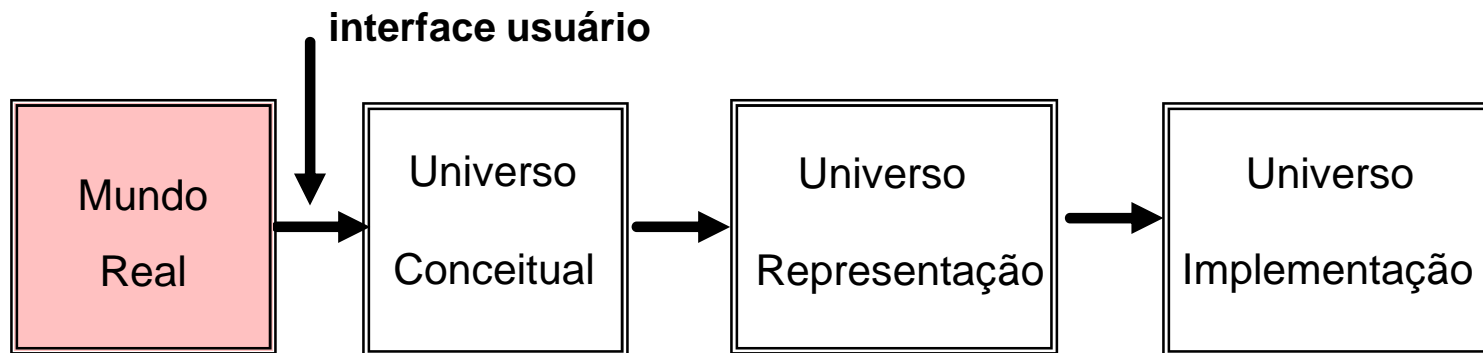
- Roteamento: Qual o melhor caminho...?
 - Qual o melhor caminho para a linha do metrô?
- Padrões: Qual o padrão...?
 - Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?
- Modelos: O que acontece se...?
 - O que acontece com o clima se desmatarmos a Amazônia?

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

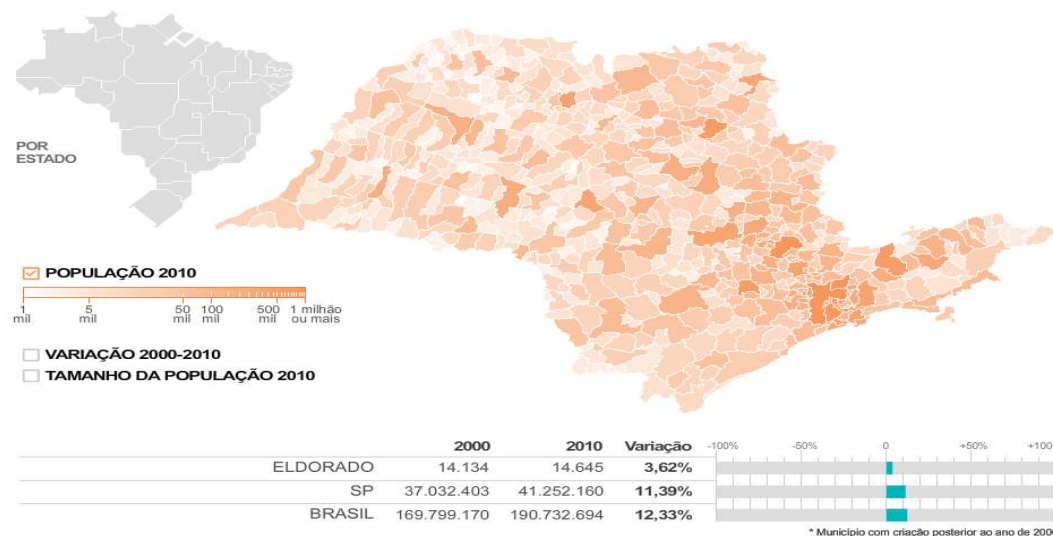
Paradigma de 4 universos

- 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

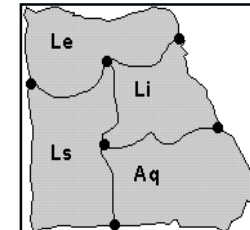
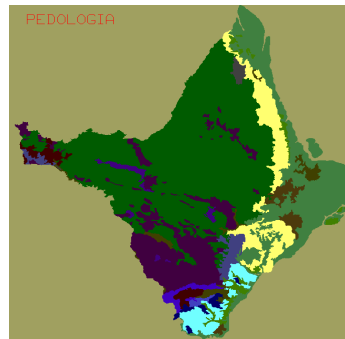
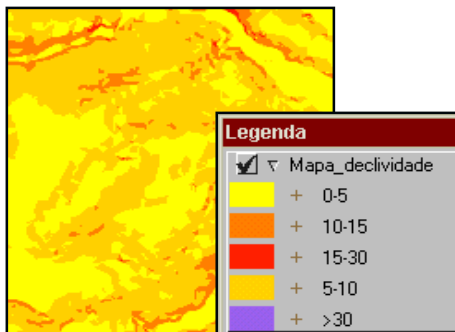


Tipos de mapas

- 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)

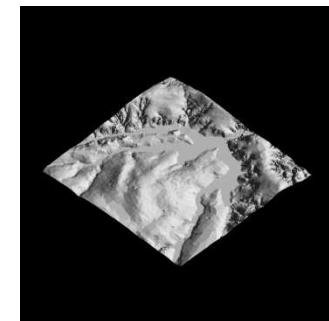
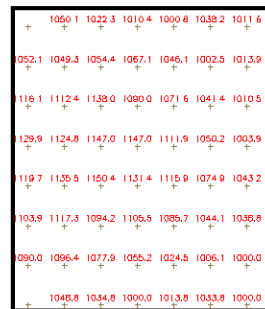
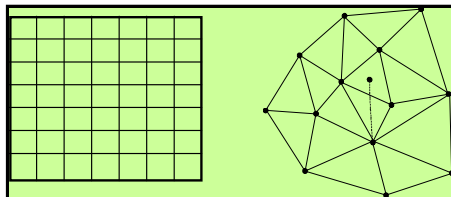
Mapas temáticos

- 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

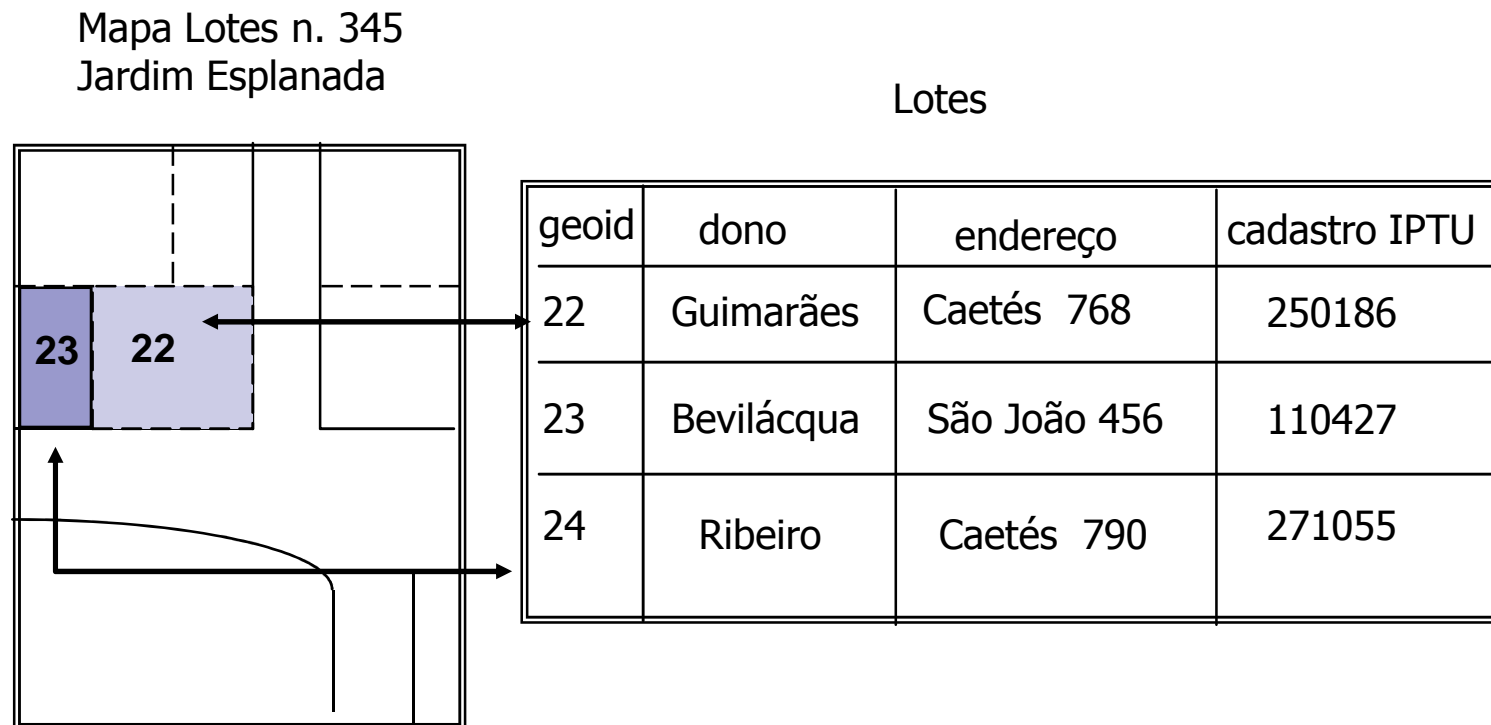
- Contém informações sobre objetos discretos do mundo
- Exemplos: cadatros de países, de lotes, de propriedades rurais



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

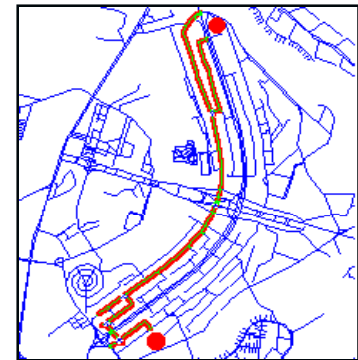
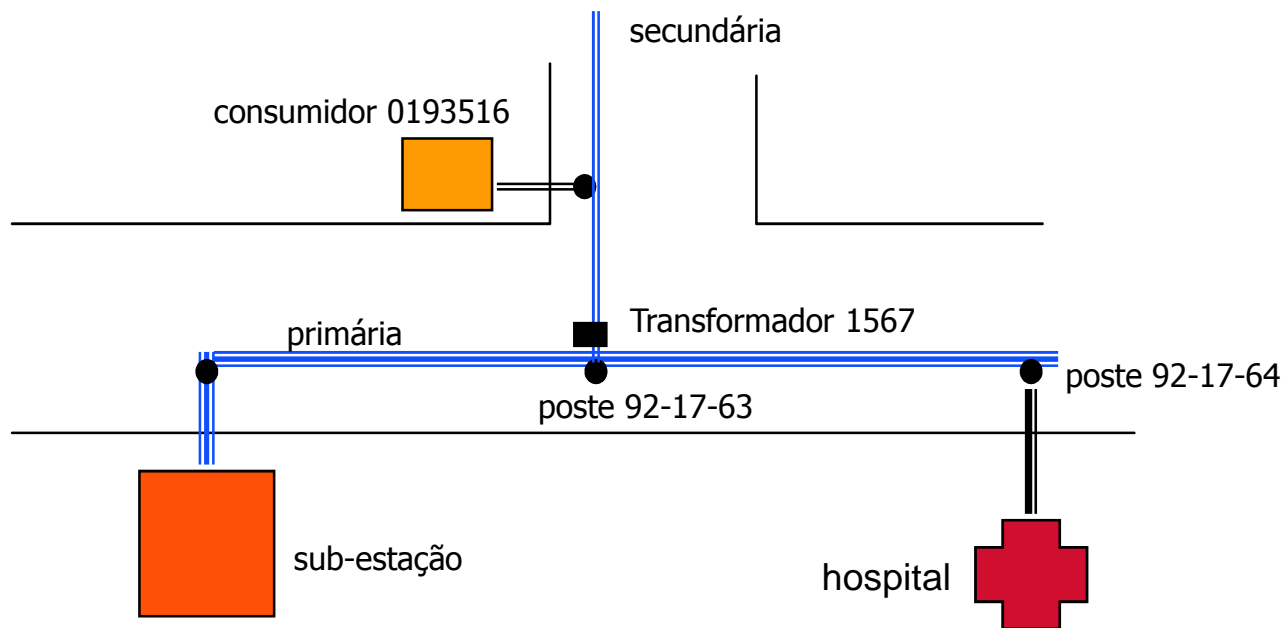
Mapas cadastrais

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



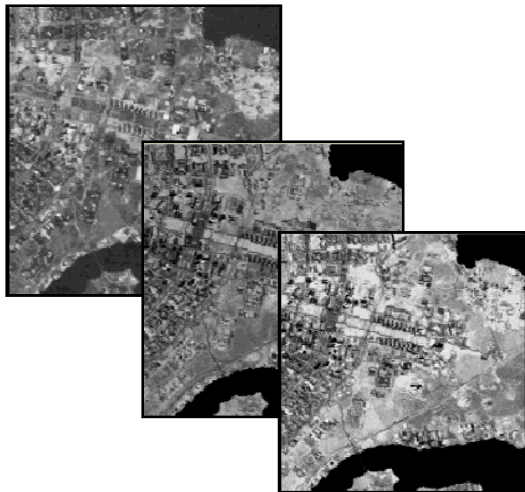
Mapas de rede

- 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

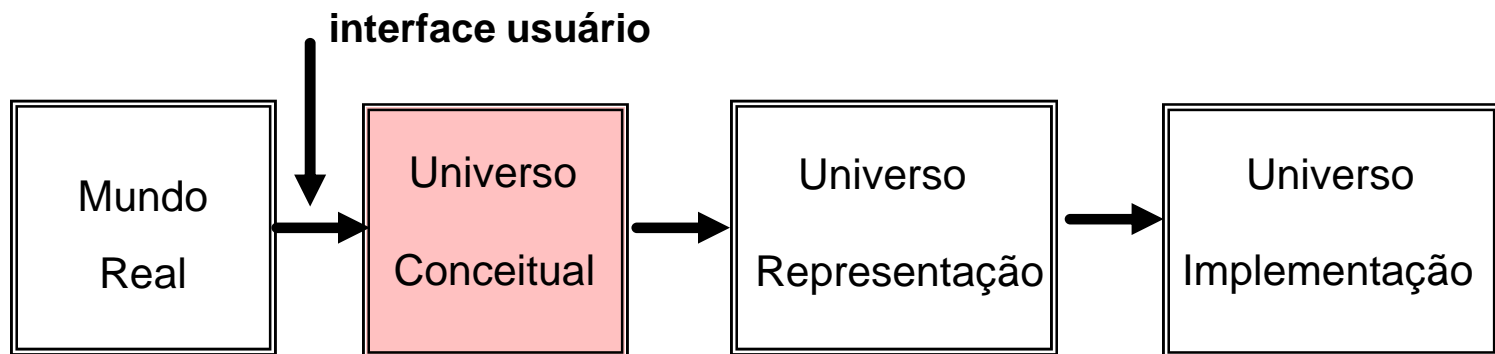


CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES:

- *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

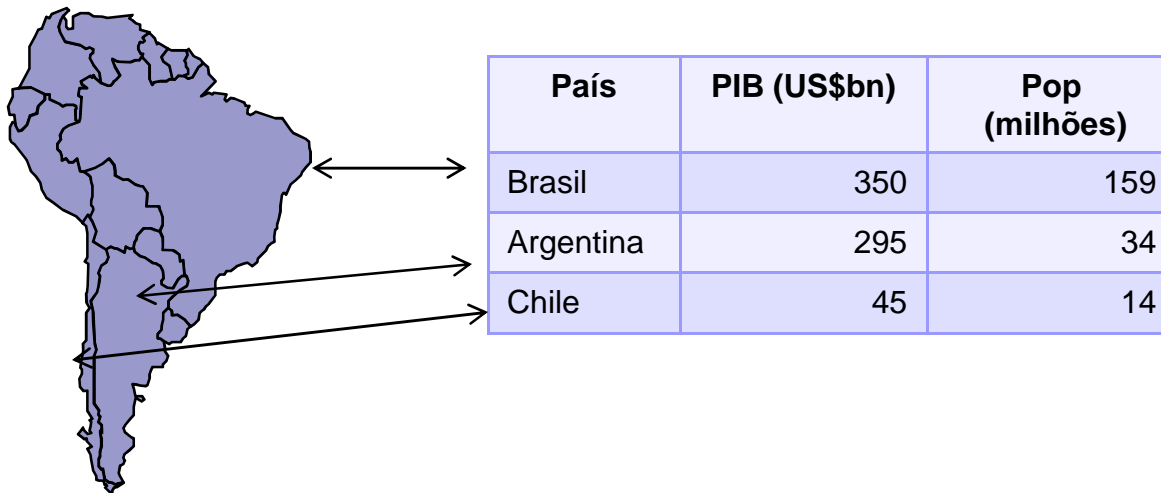
- Geo-Campo: $f = [R, A, \lambda]$, onde: $R \subset \mathfrak{R}^2$, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ é um conjunto atributos e $\lambda: R \rightarrow A$ mapeia pontos de R para valores em A
- Representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a R , 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

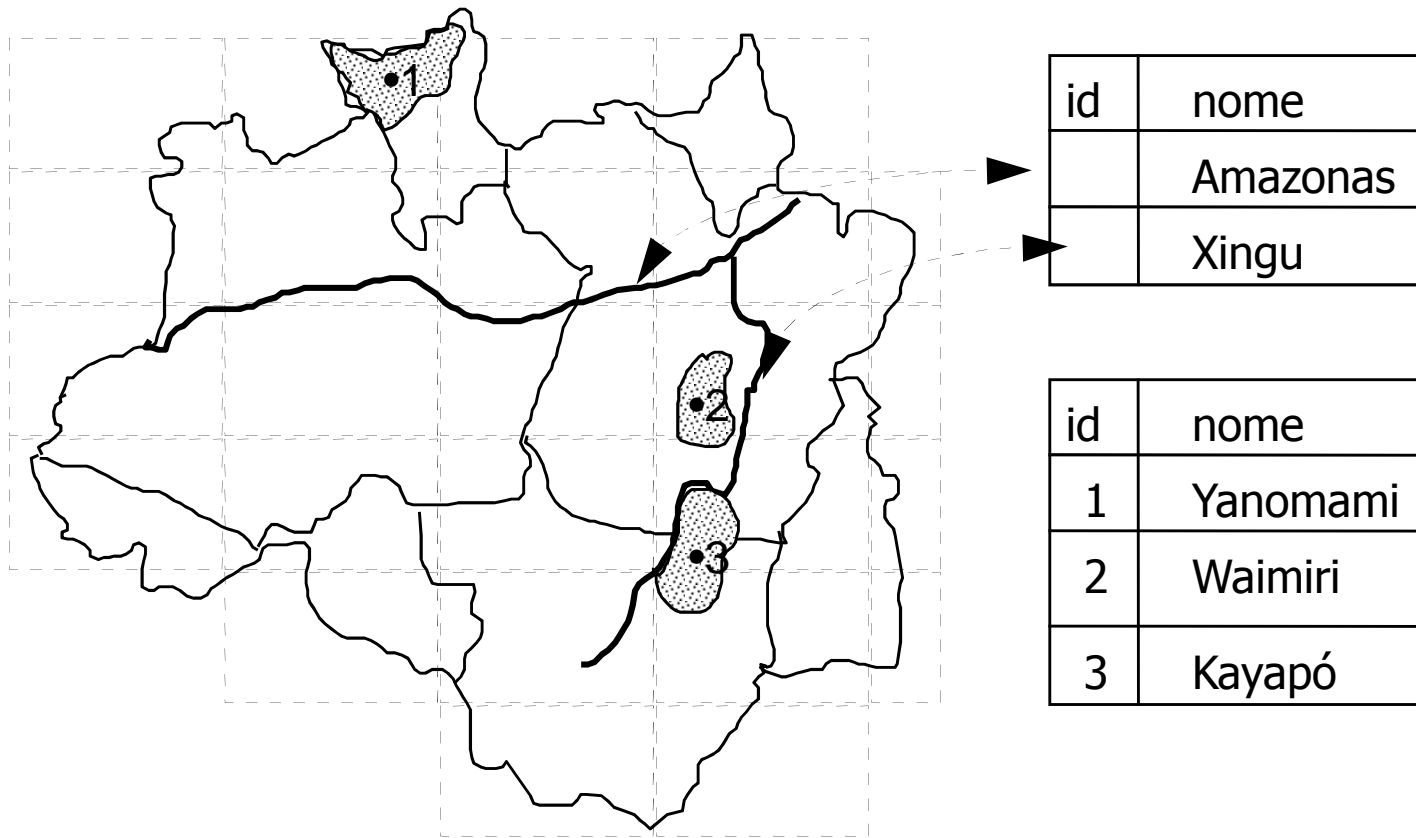
Universo conceitual: objeto ou geo-objetos

- 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



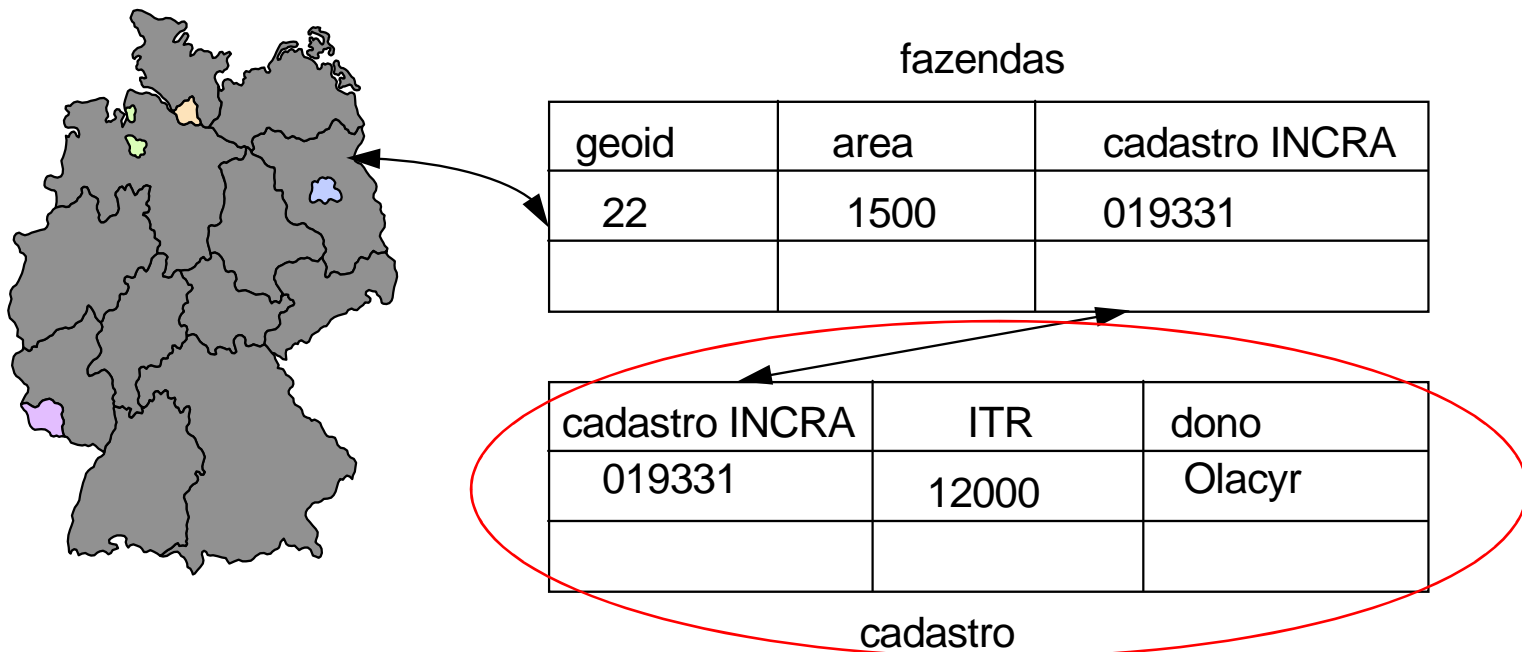
Geo-objetos

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



Universo conceitual: objetos não-espaciais

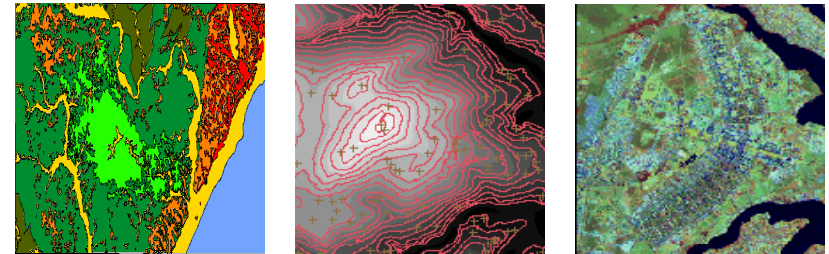
- Um objeto não-espacial é um objeto que não possui localizações espaciais associadas
- Informações não georeferenciada agregada a um SIG



Resumo do universo conceitual

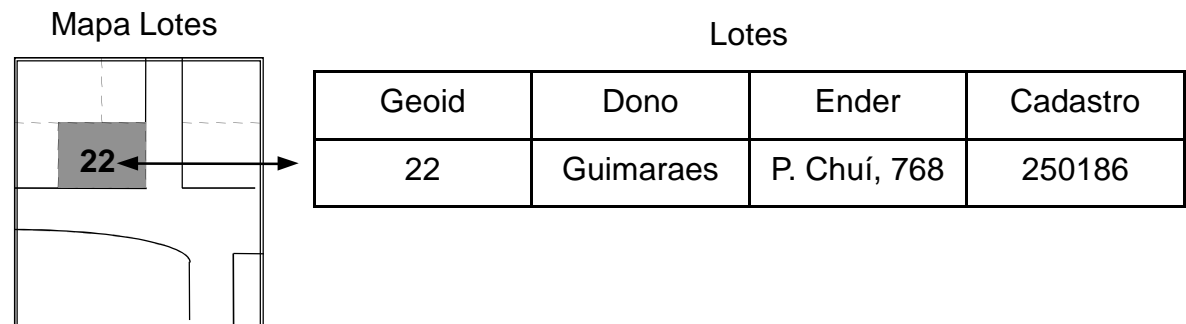
■ Campos ou geo-campos (variáveis geográficas contínuas)

- Temático
- Numérico
- Imagem

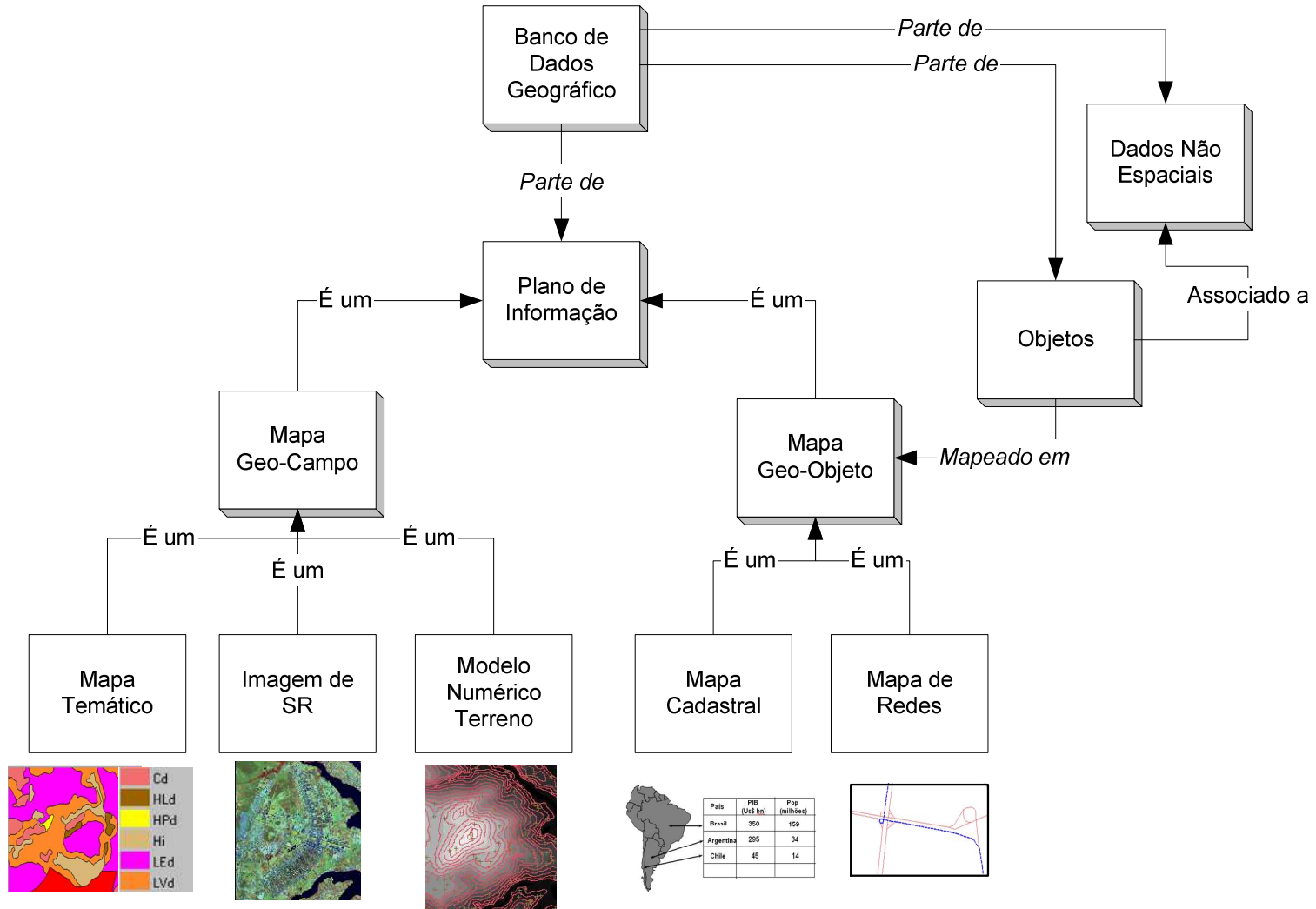


■ Objetos ou geo-objetos (variáveis geográficas discretas)

- Cadastral
- Redes

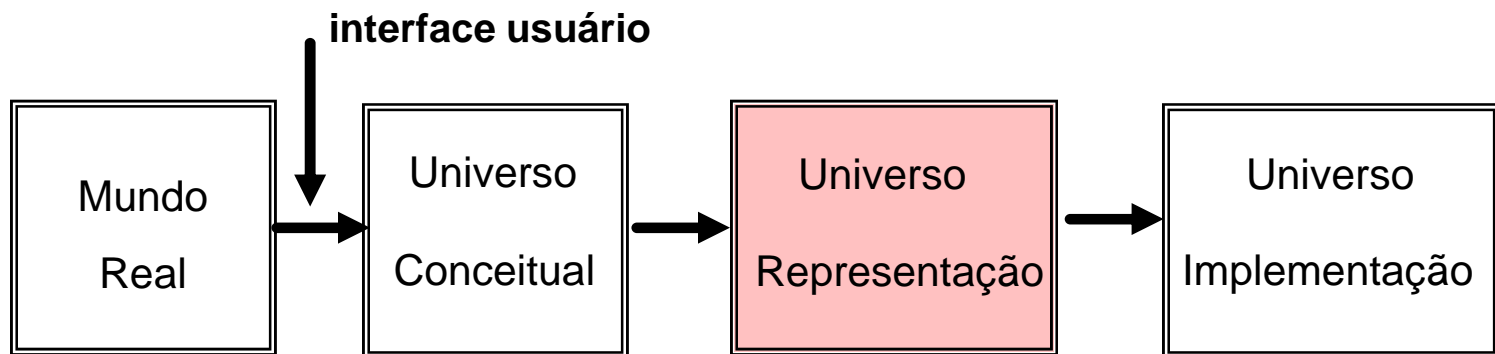


Universo Conceitual



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*)

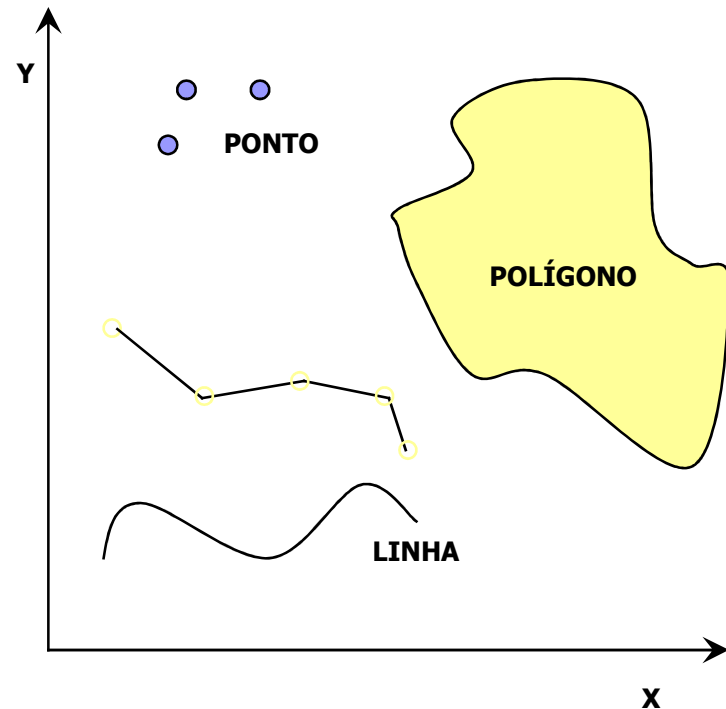


Universo de Representação

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

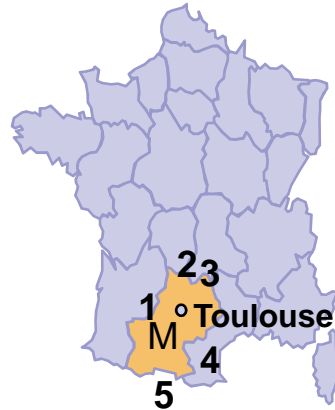
Representação vetorial

- 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 invariante a rotação e translação
 - Ex. Toulouse fica **Dentro** da região M

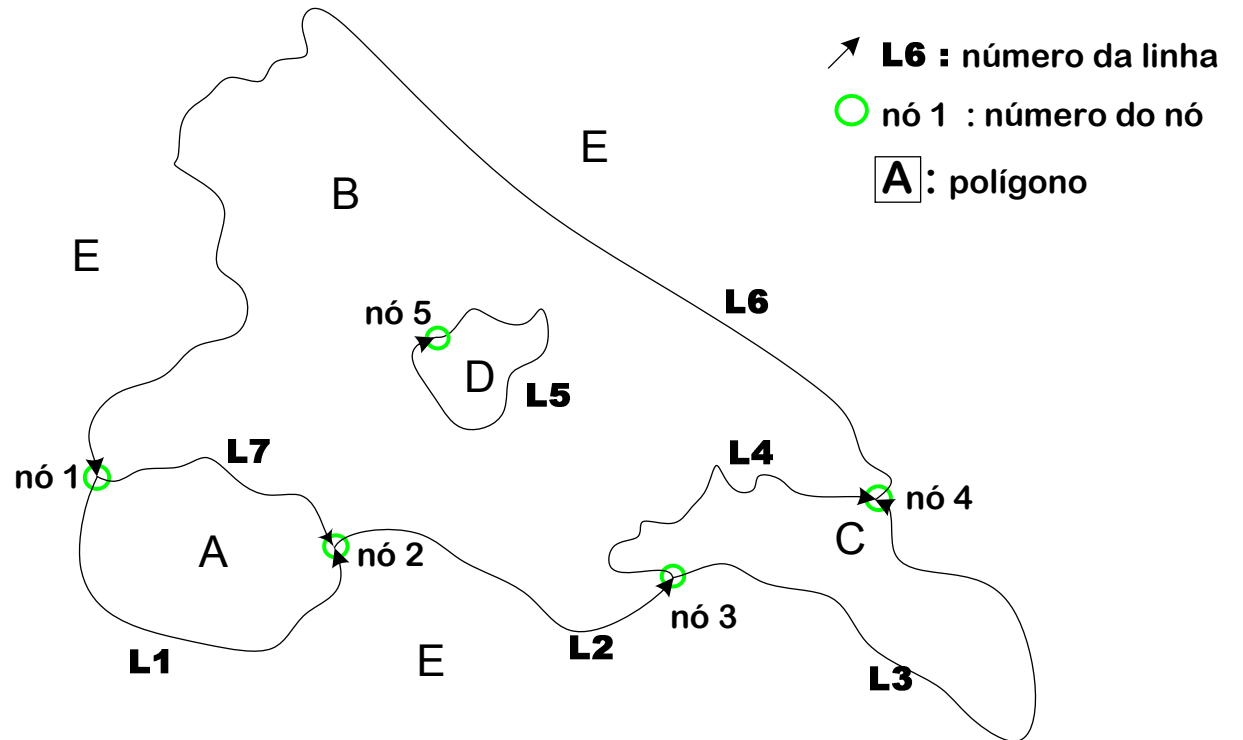
Topologia – Estrutura de Dados

- 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

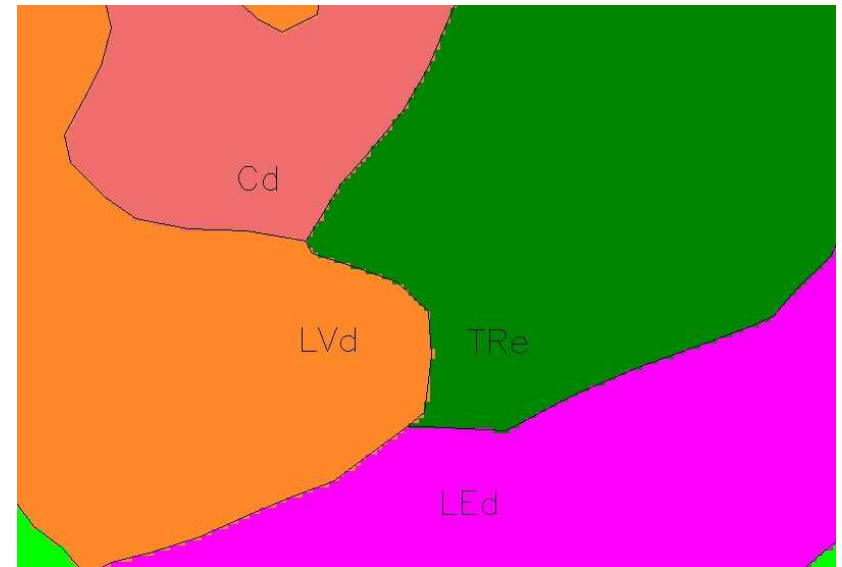
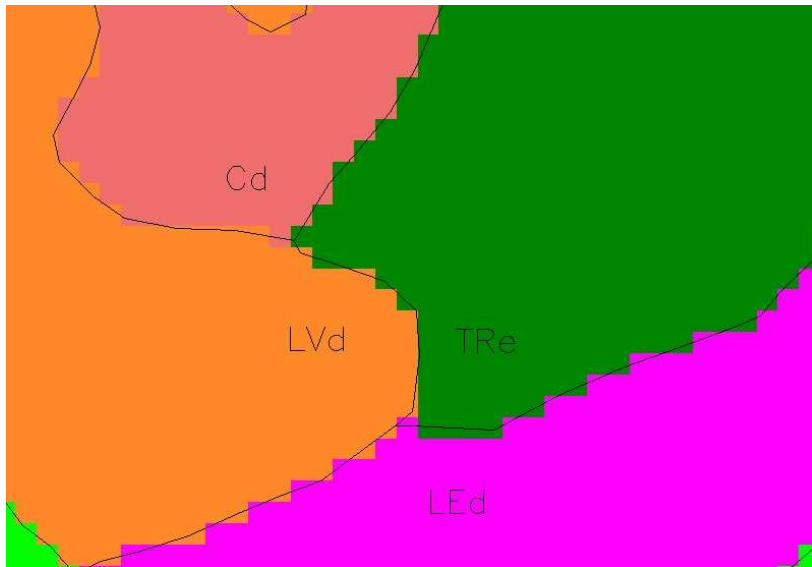
Estrutura topológica **explícita** do tipo Arco-Nó-Polígono



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

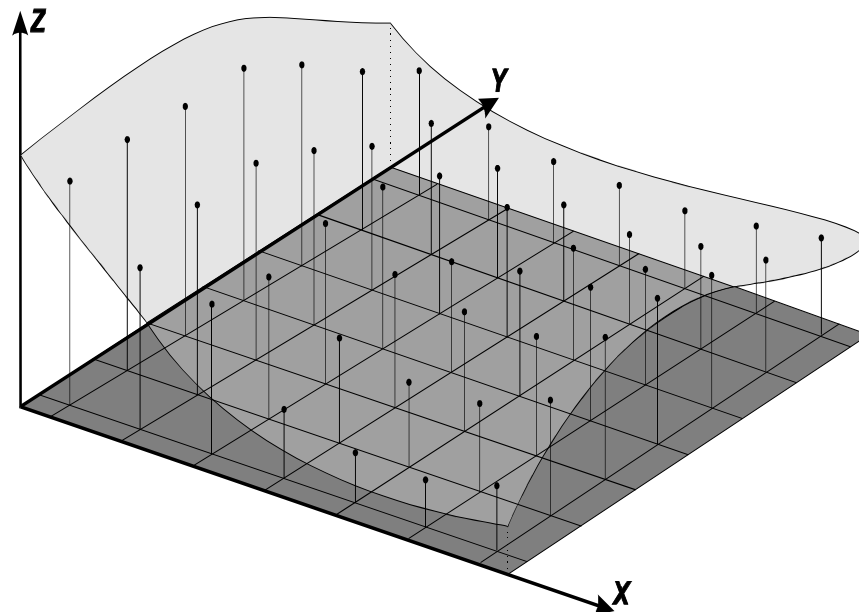
- preserva relacionamentos topológicos
- associa atributos a elementos gráficos
- melhor exatidão e eficiência de armazenamento

■ Matricial

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

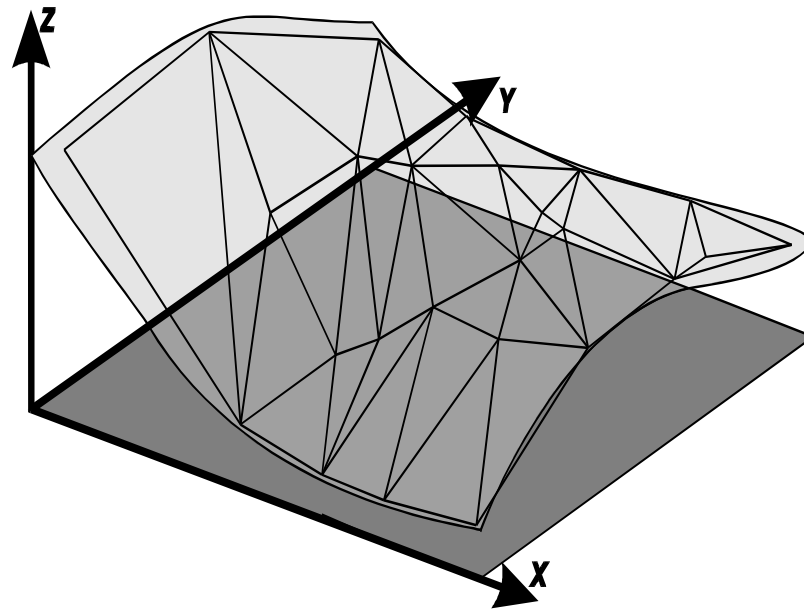
Representações para MNT

- 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



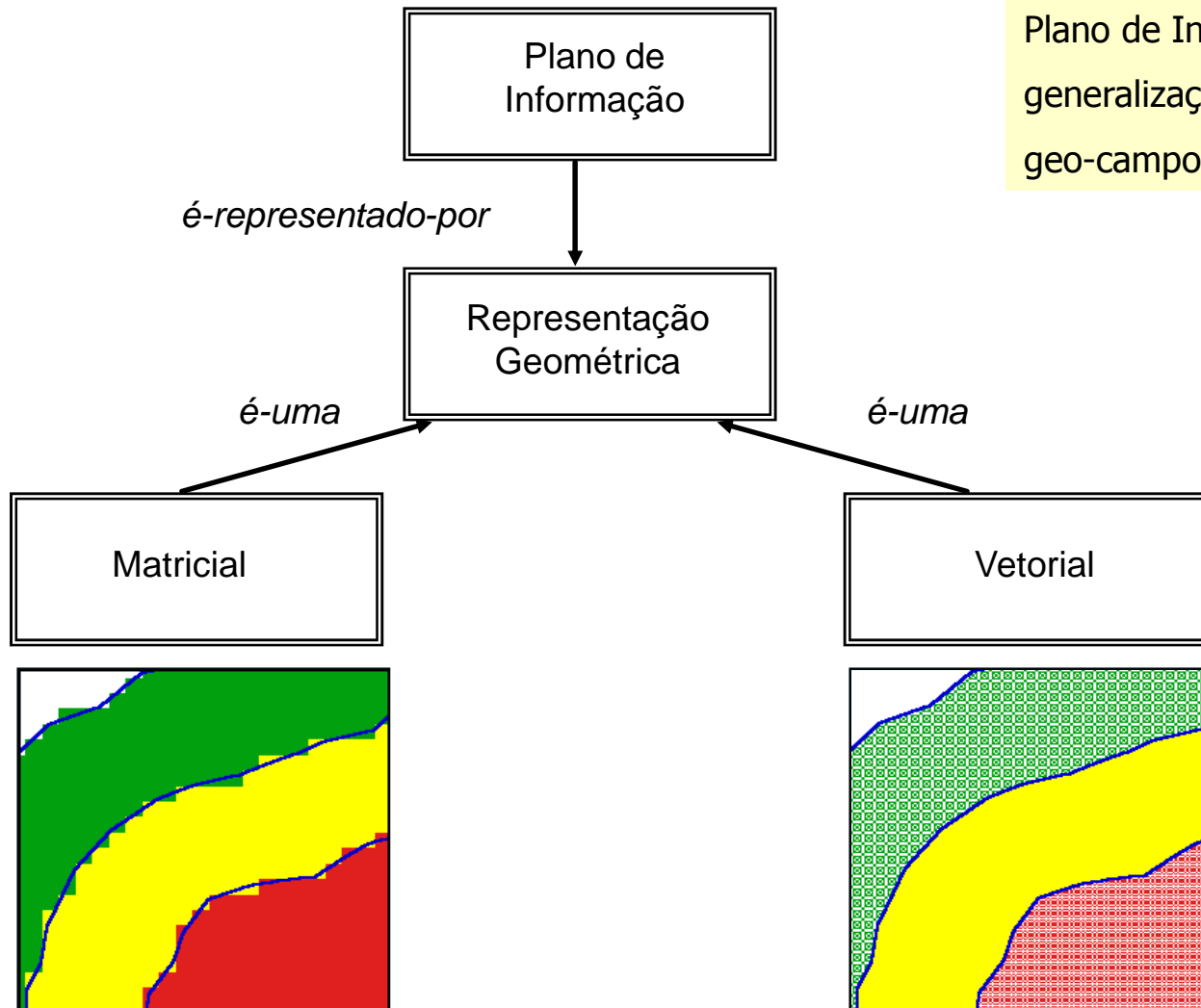
Resumo das representações

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

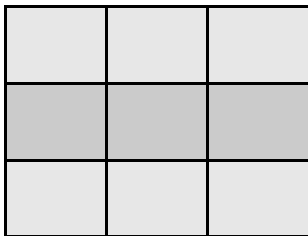
Universo de representação



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

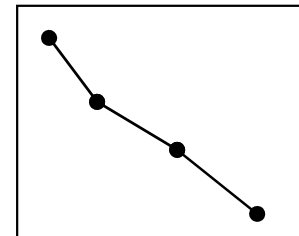
Dados geográficos digitais

Dado matricial



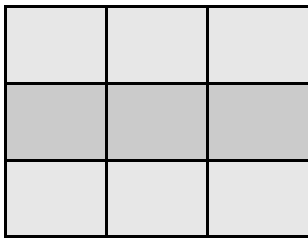
Como esses dados
são tratados
digitalmente?

Dado vetorial



Dados geográficos digitais

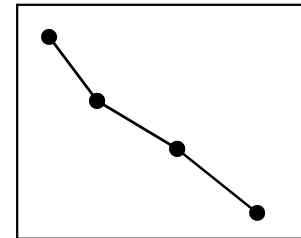
Dado matricial



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

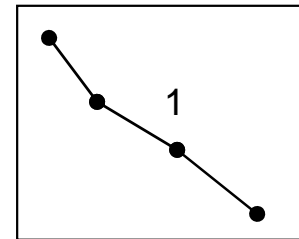
Dado matricial

0	0	0
10	10	10
30	30	30

altimetria, radiância, etc...

O quê?

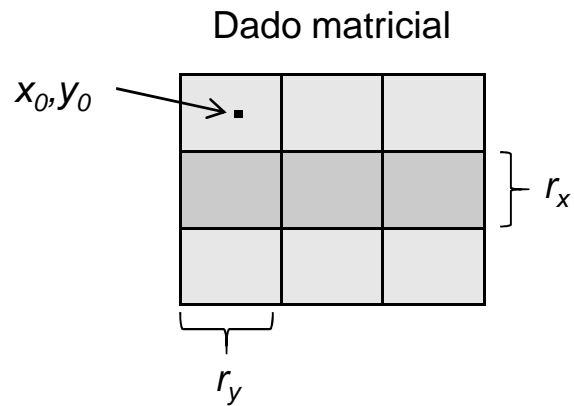
Dado vetorial



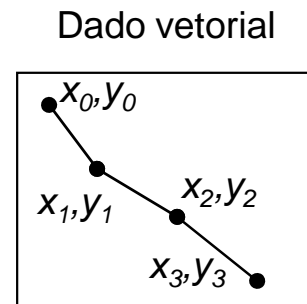
ID	Atr1	Atr2
1	10.4	xxxx

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).

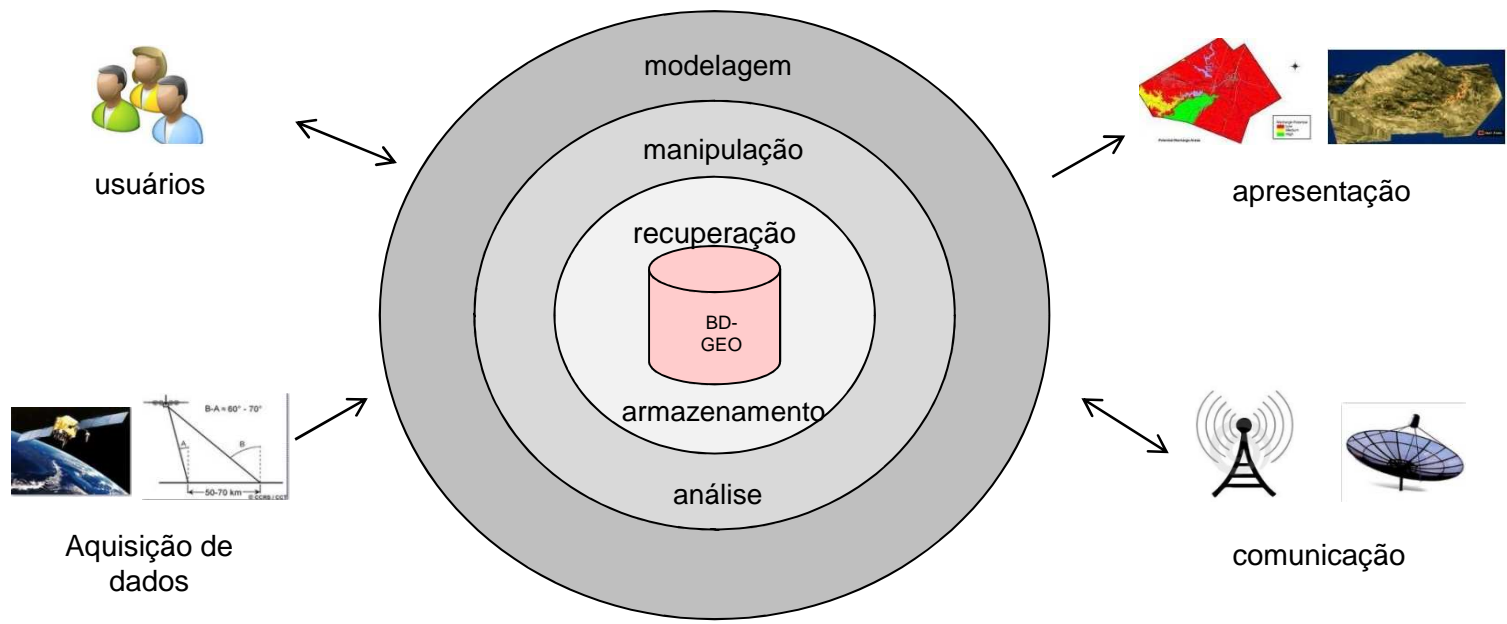
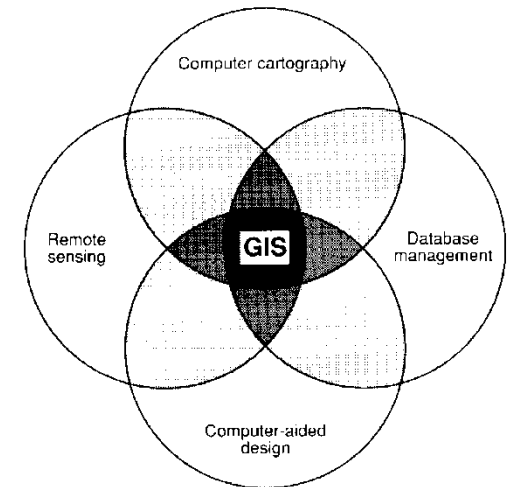


Figura adaptada de Worboys & Duckhan 2004

Cartografia para geoprocessamento

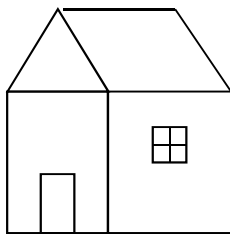
- **Cartografia**: preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico
- **Geoprocessamento** representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**,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

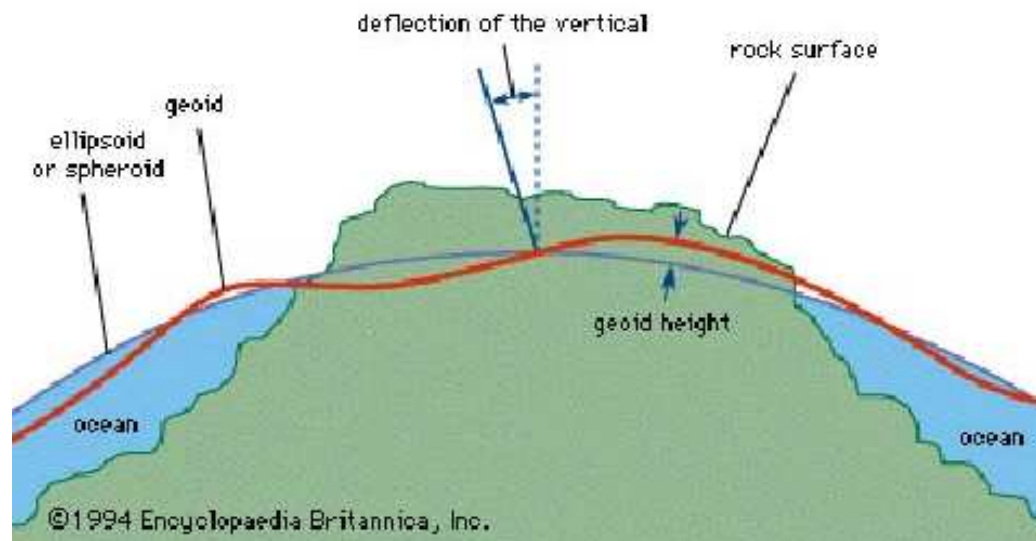
Qual a forma da Terra?

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**

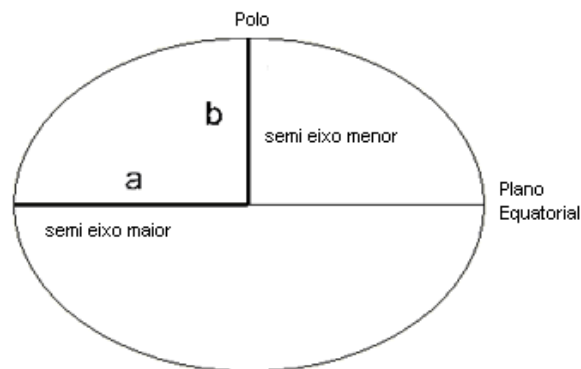
Conceitos de Geodésia

- 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



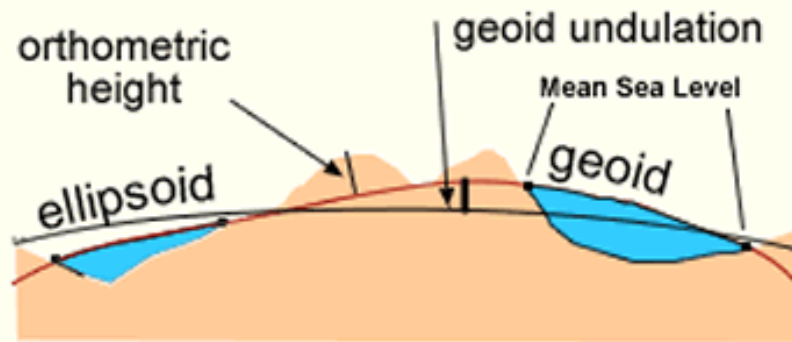
Conceitos de Geodésia

- 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)



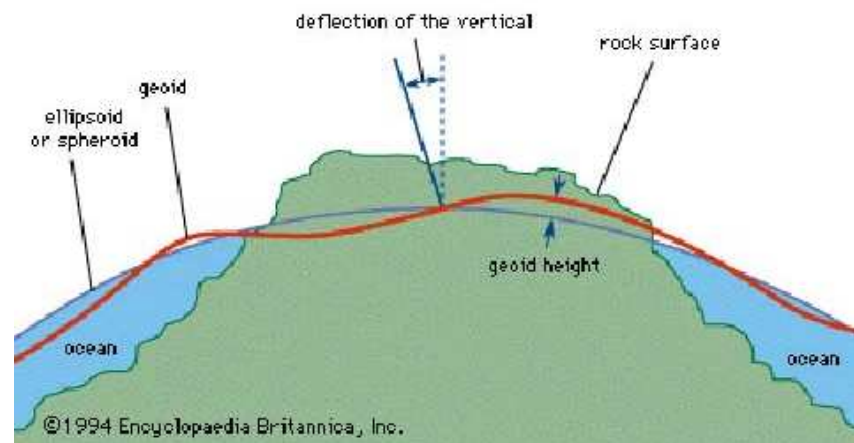
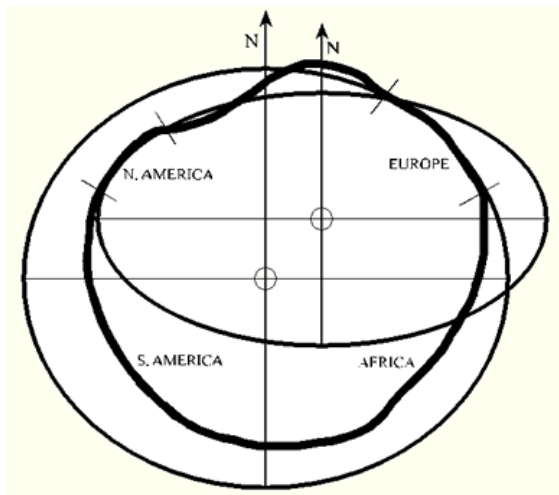
Datum planimétrico

- 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



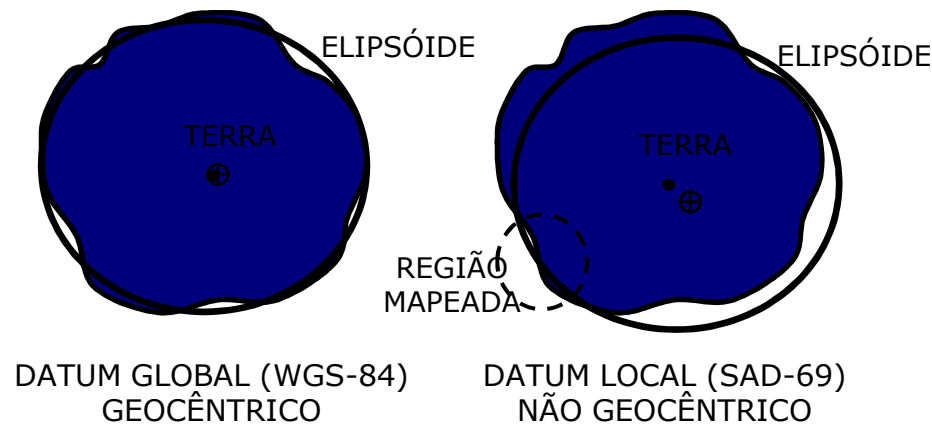
Datum planimétrico

- 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

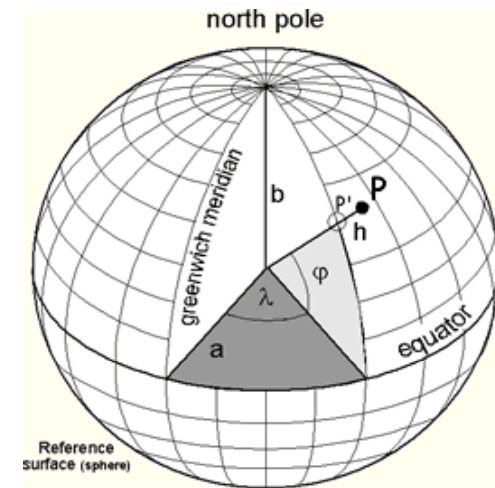
- Conceito confuso para os usuários de SIG
- Pode ser global (o centro do elipsóide coincide com o centro de massa da Terra) ou local (o centro do elipsóide está deslocado do centro da Terra)



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° a 90° (norte ou sul)
- Longitude geodésica ou geográfica
 - ângulo entre o meridiano que passa pelo ponto e o meridiano origem (Greenwich, por convenção). Varia 0° a 180° (leste e oeste)



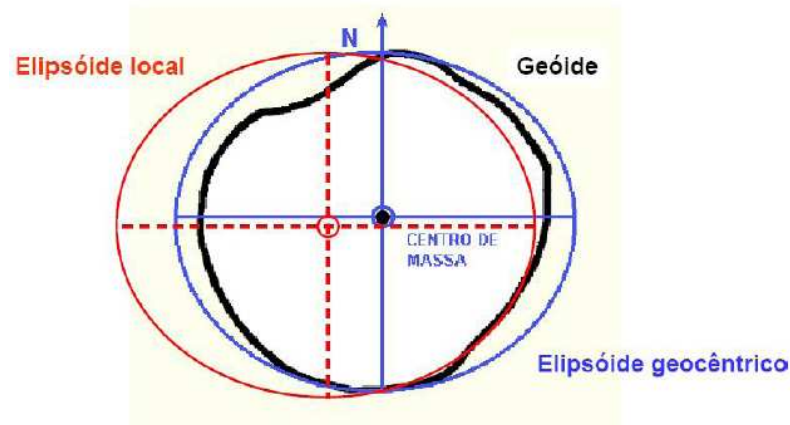
- φ – latitude geodésica (graus)
- λ – longitude geodésica (graus)
- h – altitude elipsoidal (metros)

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

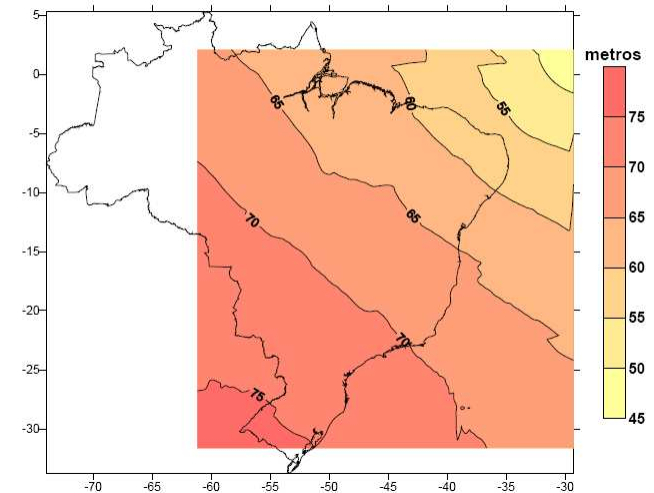
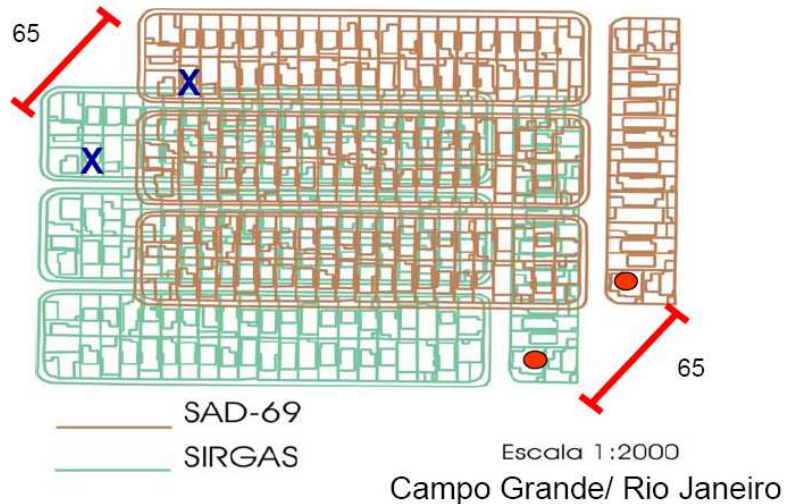


Outros Datum

- 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: ≤ 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

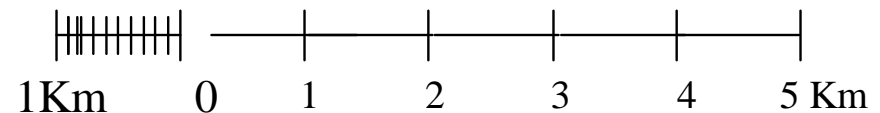
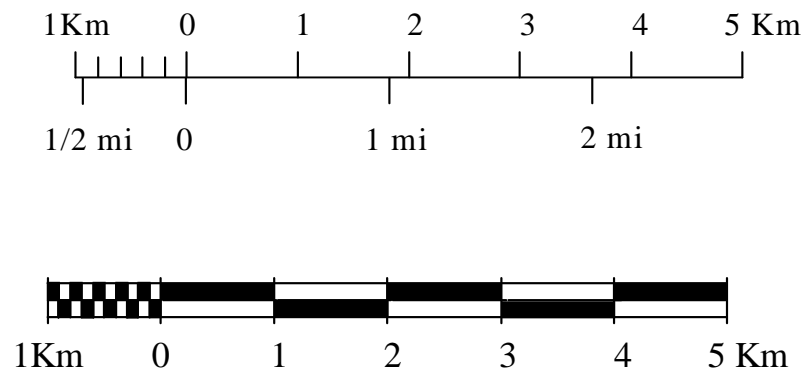
D: distância real

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

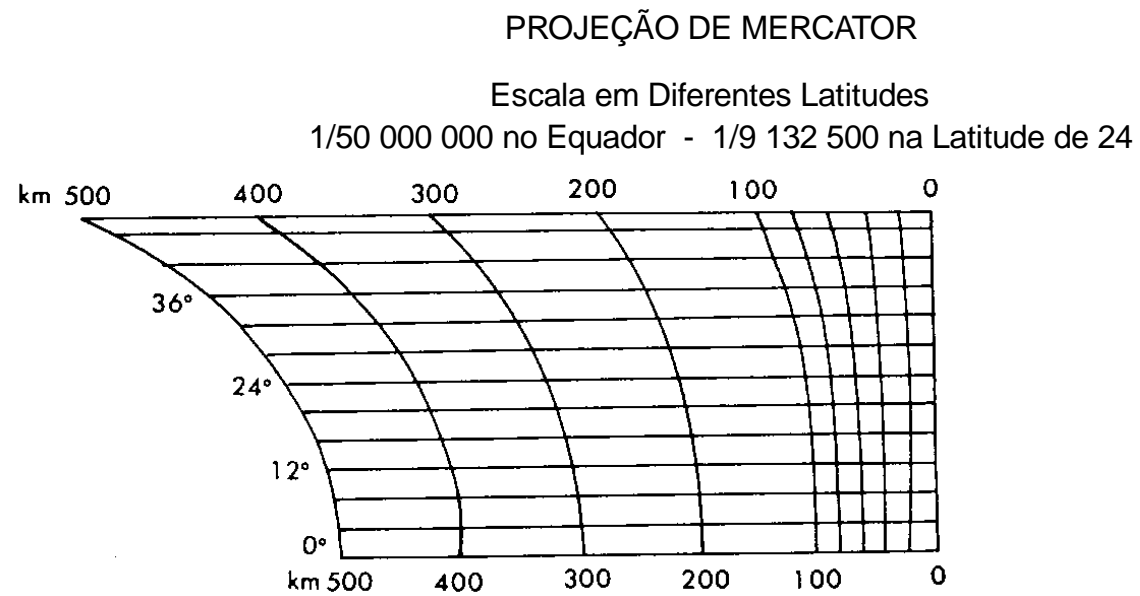


Escalas especiais

- 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:

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

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

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

$$E = 1:50.000$$

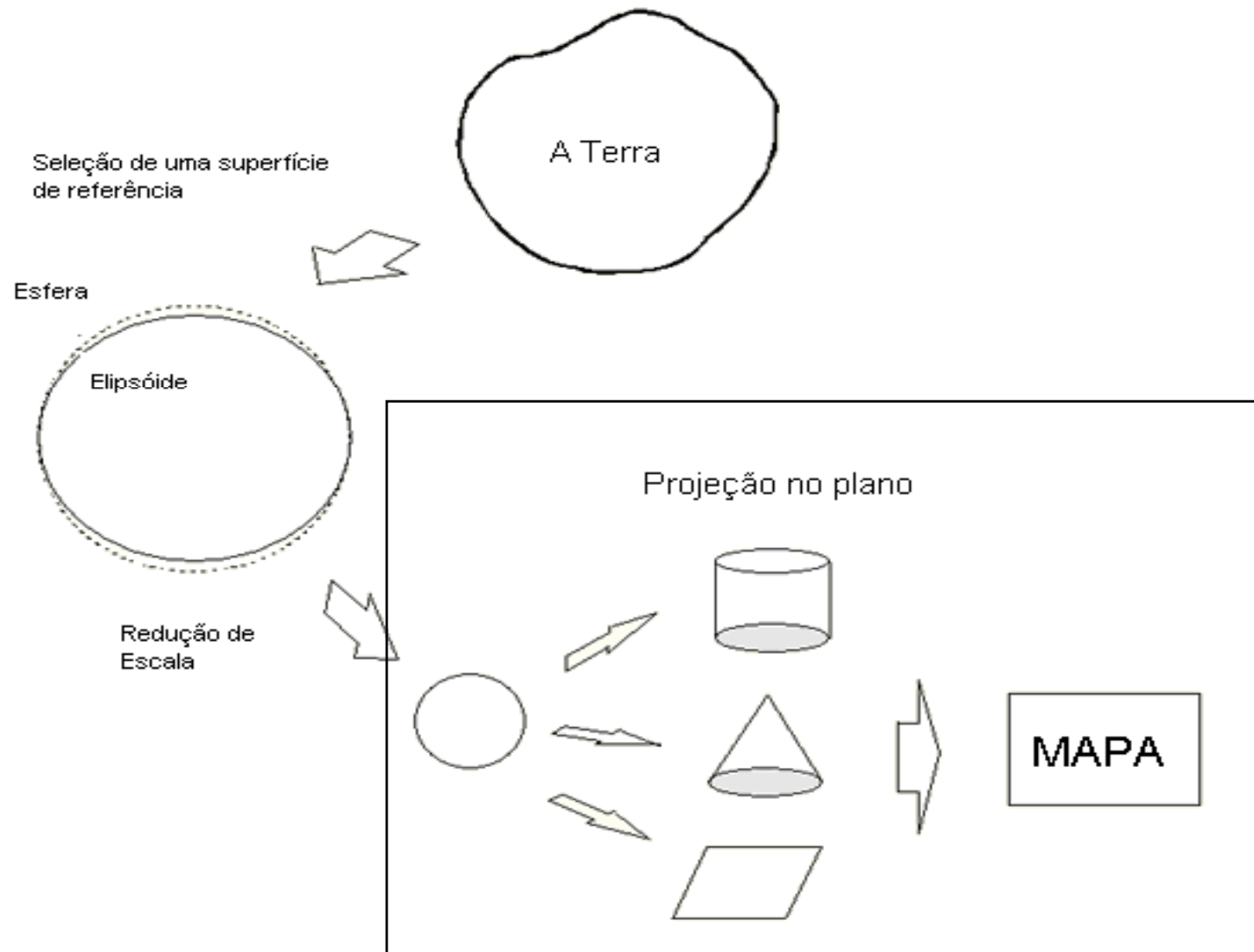
Escala

- 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)

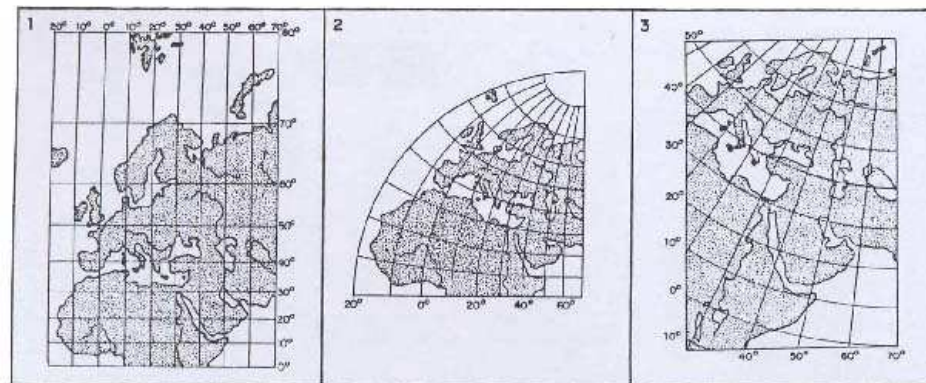
Projeções Cartográficas

- 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, ϕ, λ – coordenadas geográficas)

$$\begin{array}{ll} x = f_1(\phi, \lambda) & y = f_2(\phi, \lambda) \\ \lambda = g_1(x, y) & \phi = g_2(x, y) \end{array}$$

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

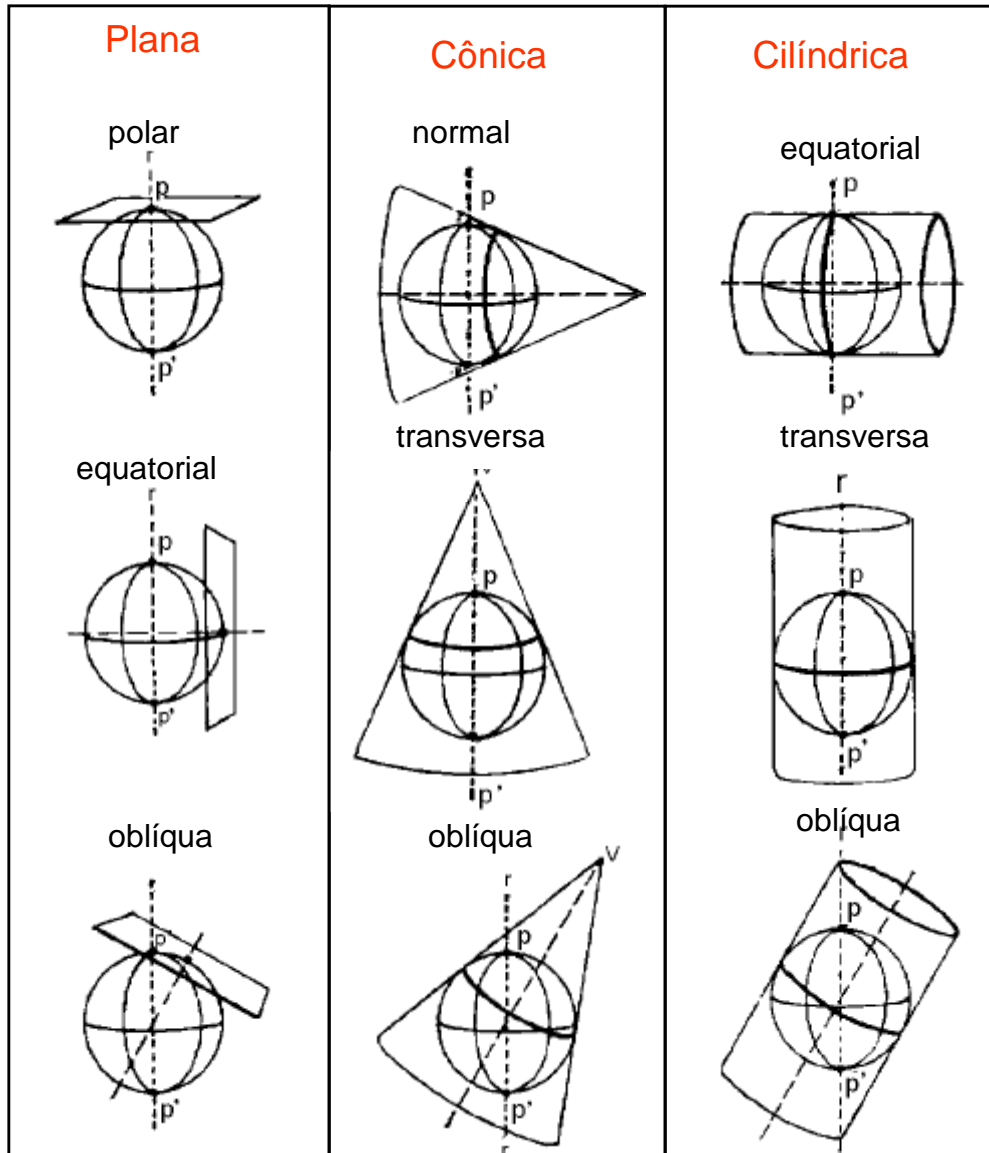


Cilíndrica

Plana

Cônica

Classes de projeção



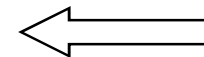
Equidistantes:
preservam distâncias

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

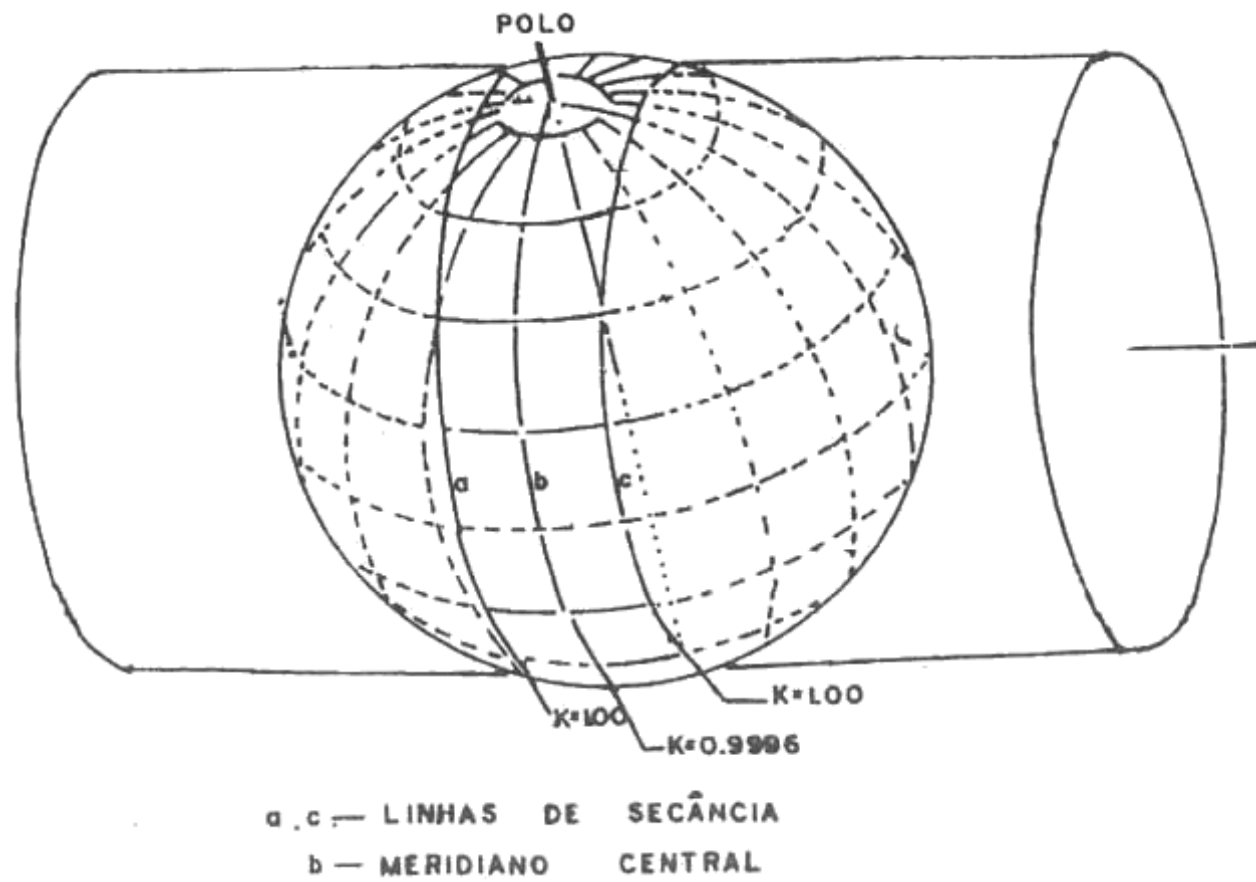
- Projeções conformes ou isogonais
 - preservam ângulos
 - UTM, Mercator, cônica conforme de Lambert
- Projeções equivalentes ou isométricas
 - preservam áreas
 - cônica equivalente de Albers
- Projeções equidistantes
 - representam distâncias em verdadeira grandeza ao longo de certas direções
 - cilíndrica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

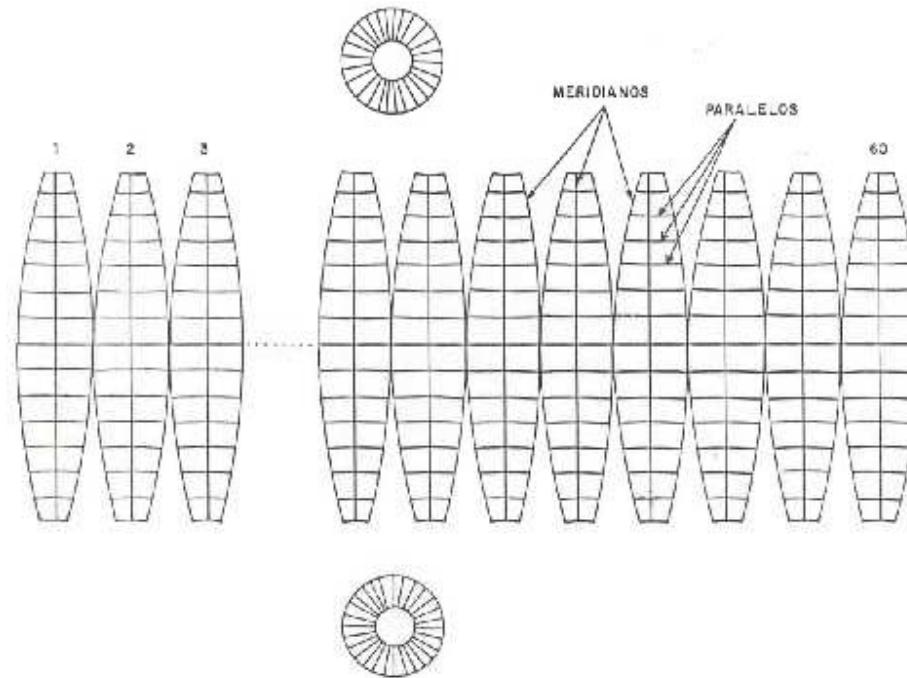
Projeções Cartográficas

- 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

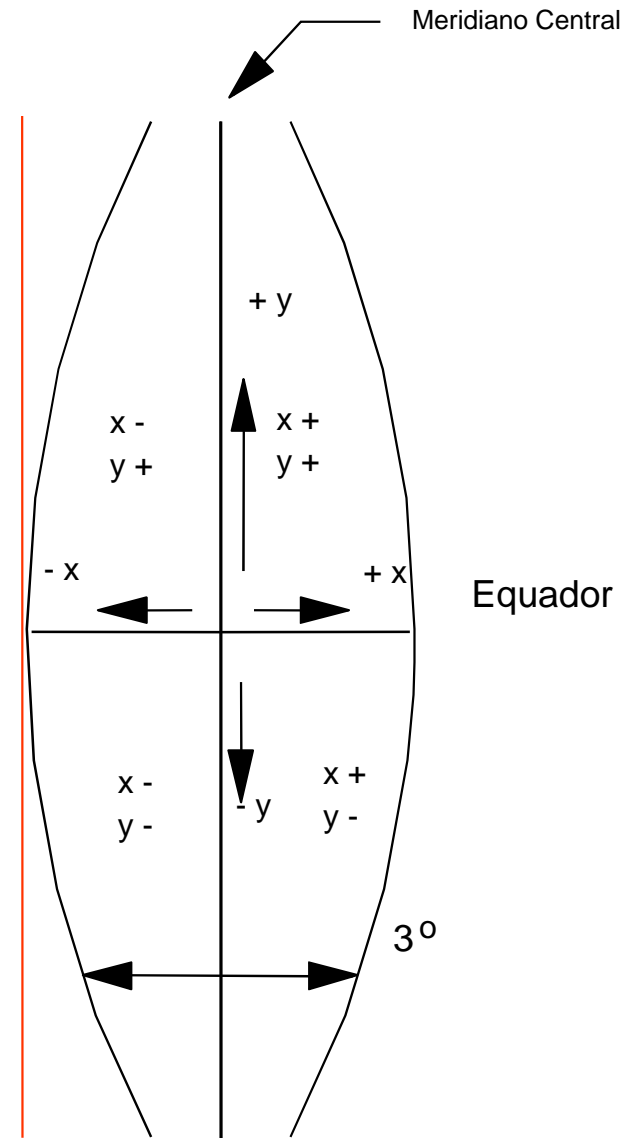
- Adota 60 cilindros de eixo transversal, de maneira que cada um cobre a longitude de 6° (3° para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo 80° N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito
- Para evitar coordenadas negativas a partir da origem 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



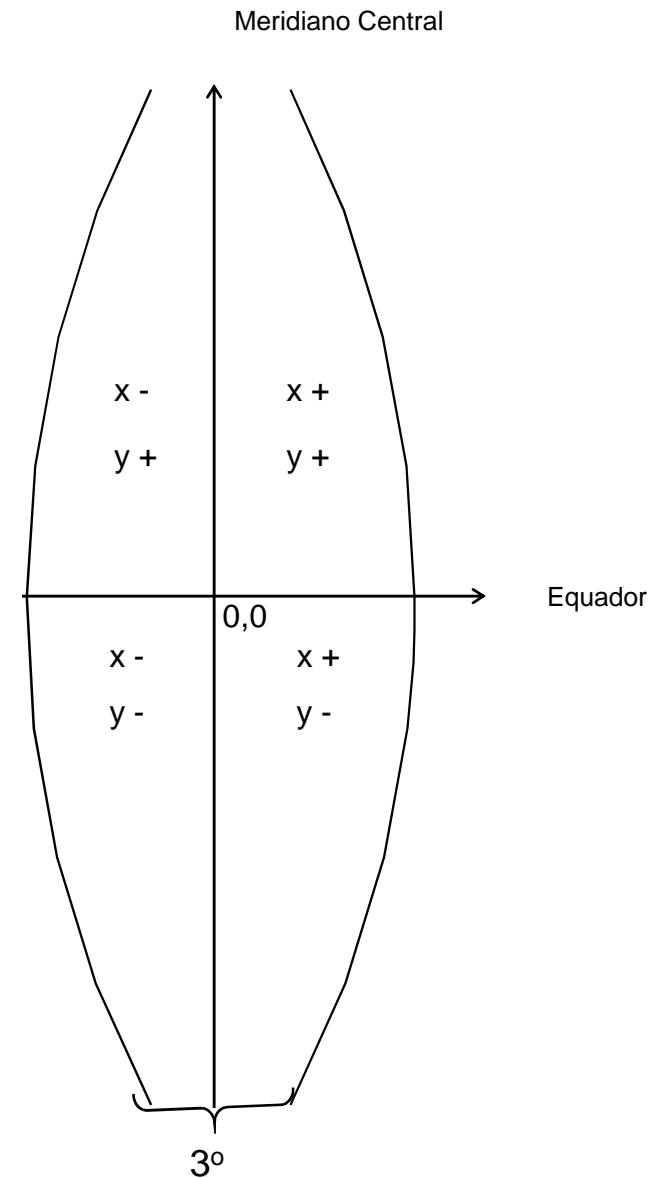
Universal Transversa de Mercator

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



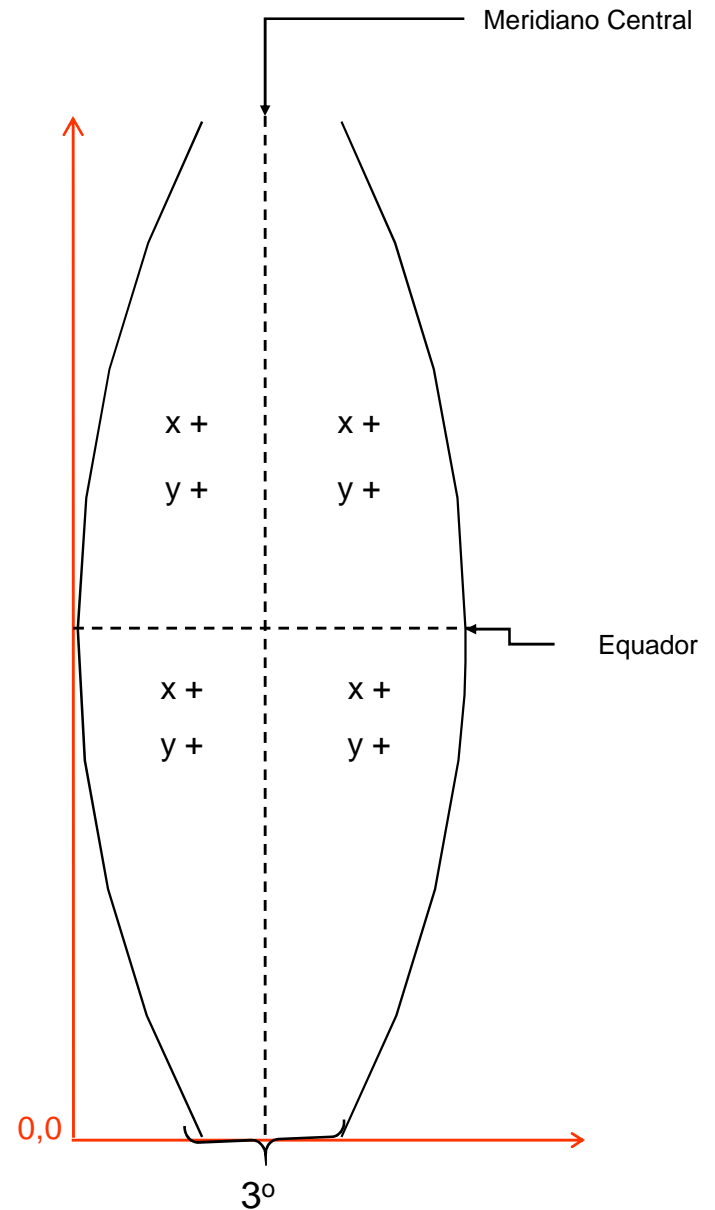
Universal Transversa de Mercator

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

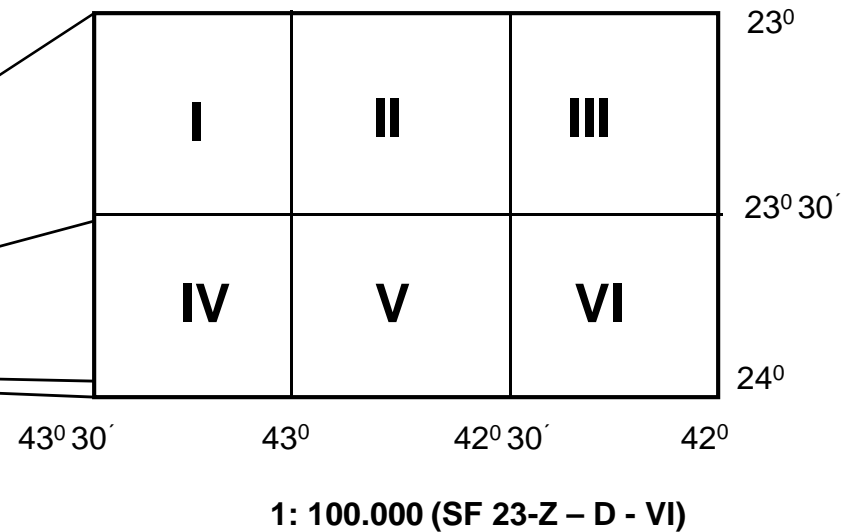
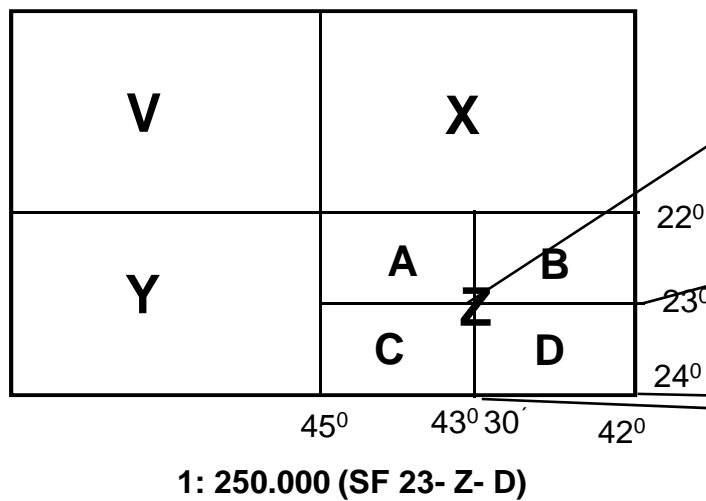
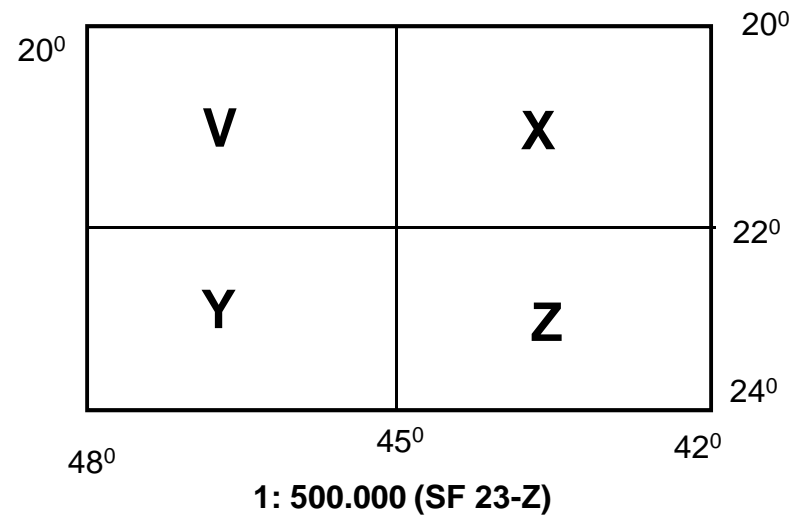
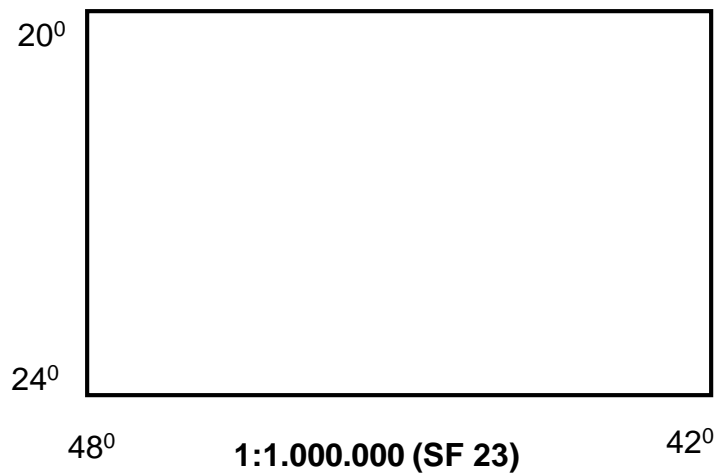


Universal Transversa de Mercator

- 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)

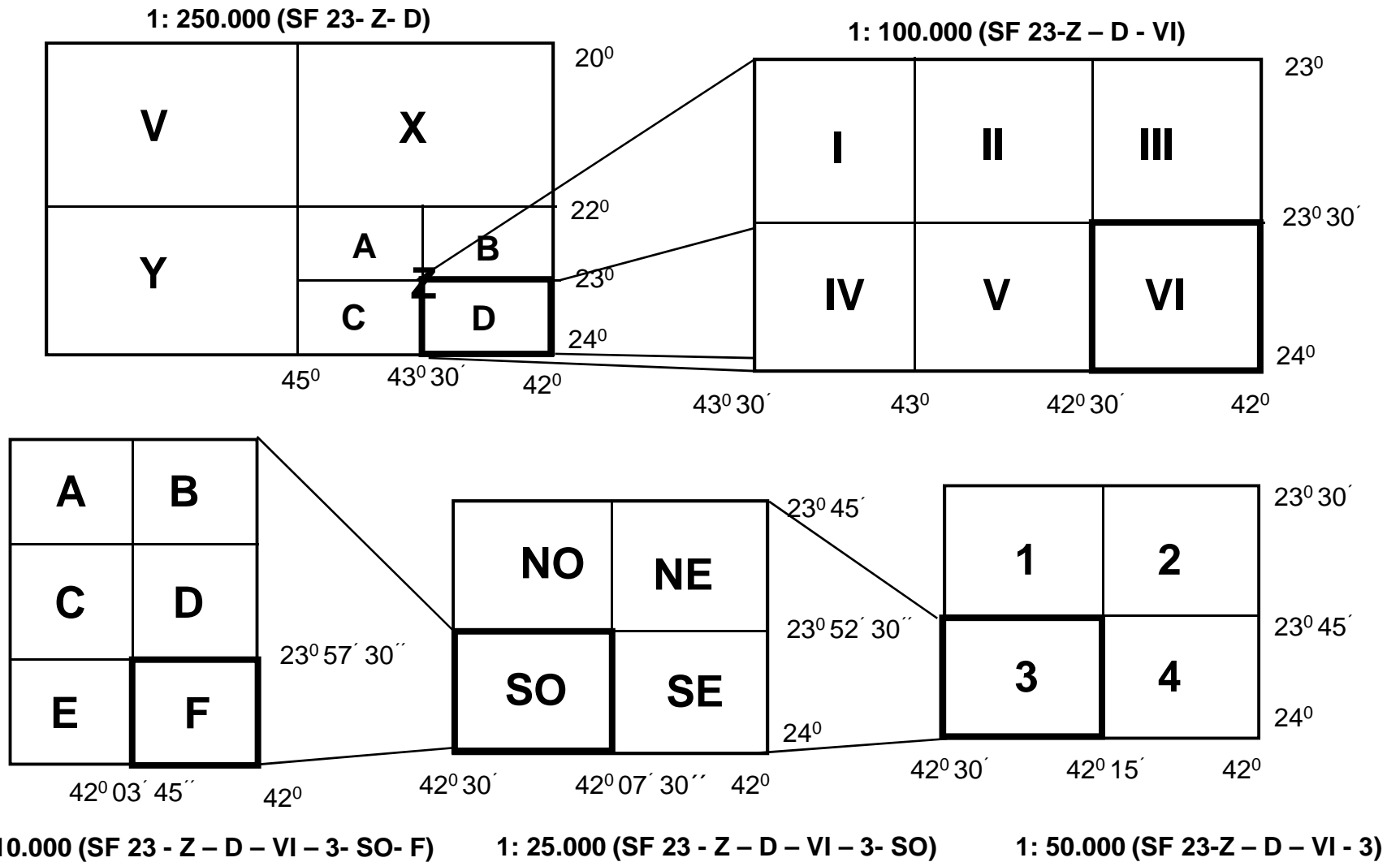


Nomenclaturas Folhas



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

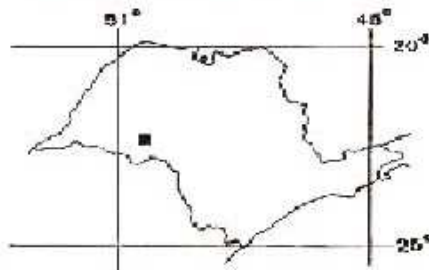
PRIMEIRA EDIÇÃO — 1974

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

