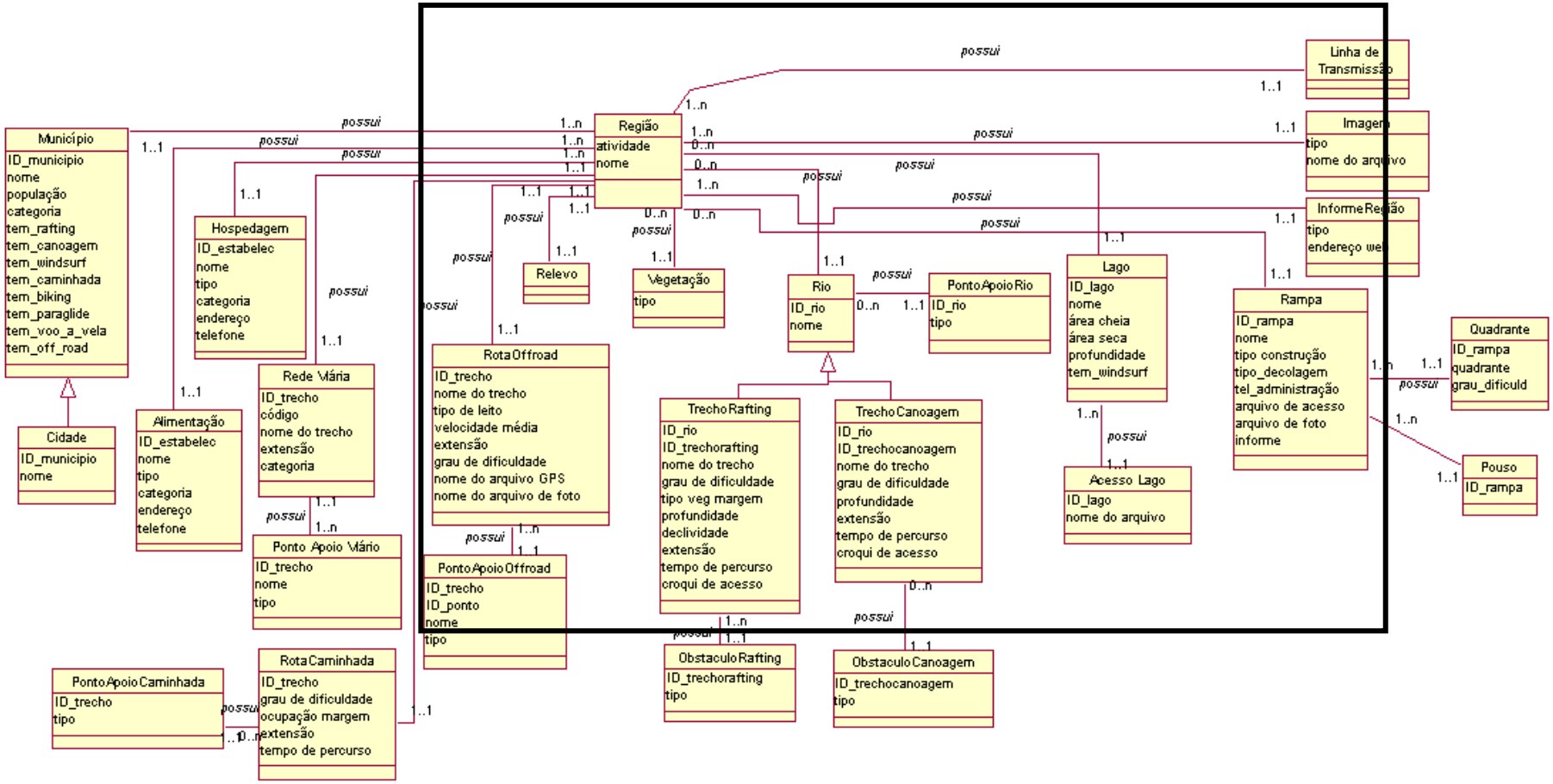
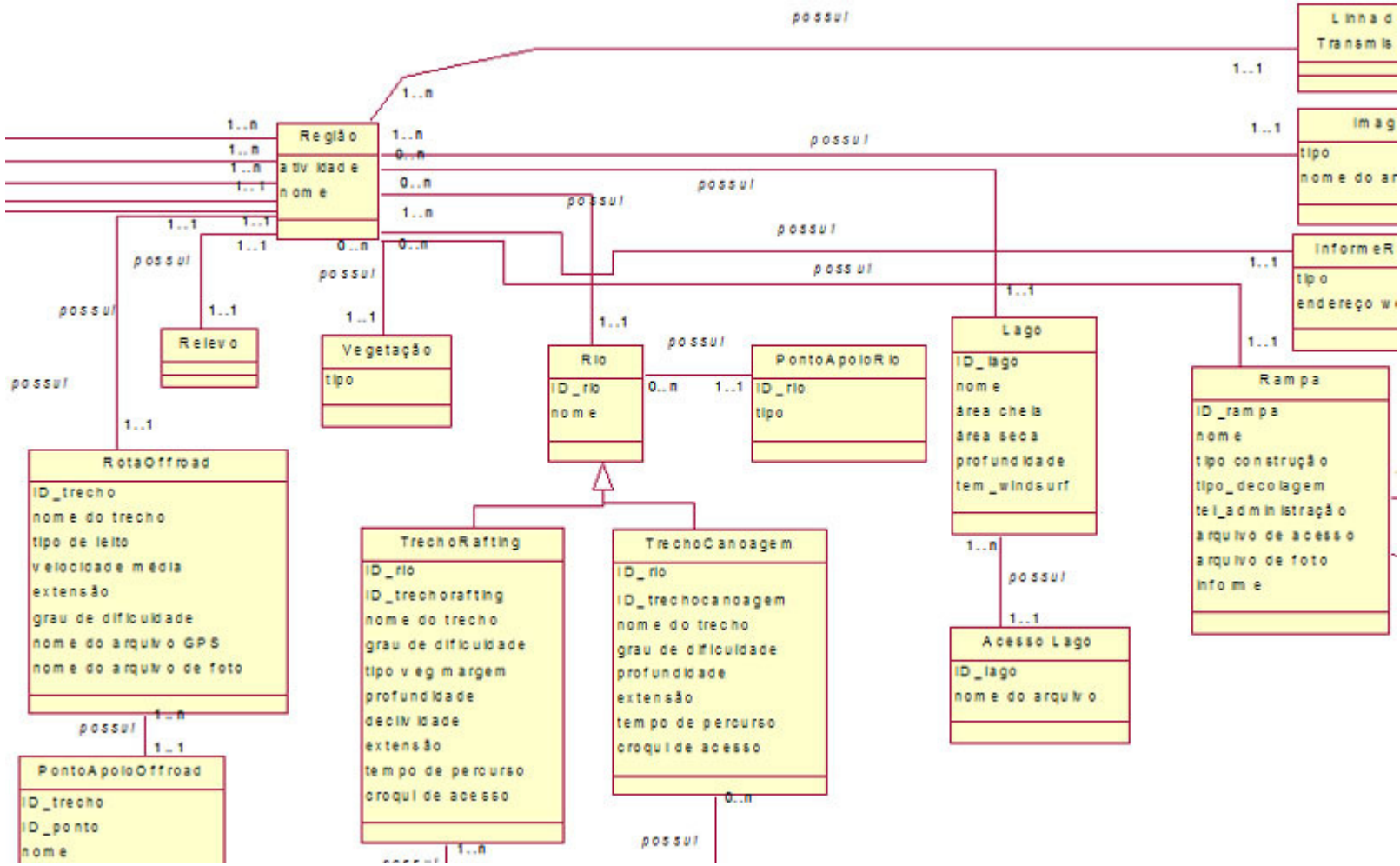
MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS

Parte II – Dados Espaciais

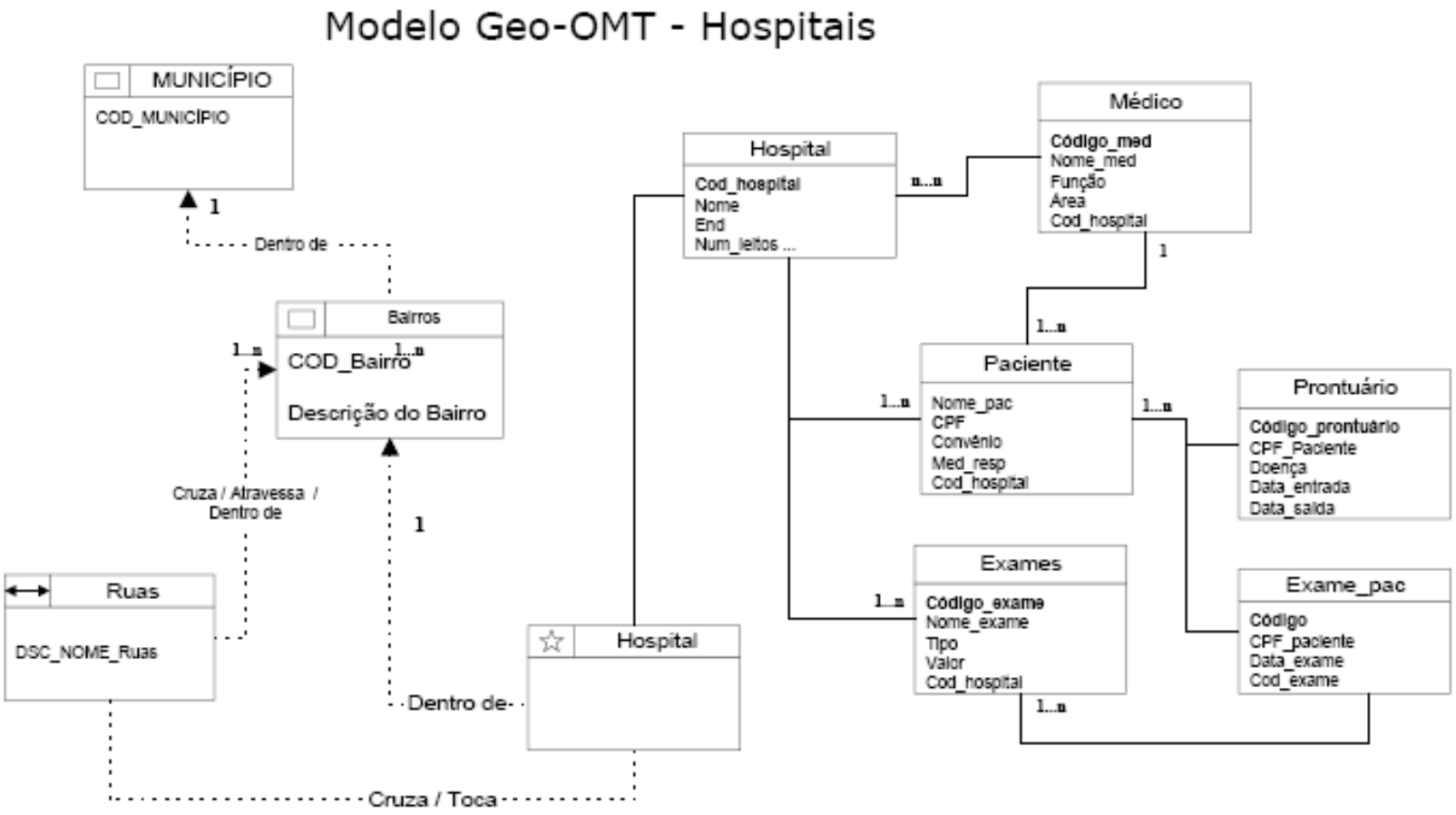
Modelagem da Serra da Mantiqueira



Modelagem da Serra da Mantiqueira



Modelo Geo-OMT - Exemplo



AGENDA 1

Definições

Modelagem

Modelo Orientado a Objetos (MOO)

Unified Modeling Language (UML) /
Open Distributed Processing (ODP)

Modelagem de Dados - Definição

A **modelagem** de dados pode ser definida como:

A **representação gráfica** dos dados de uma área de interesse ou aplicação. Frequentemente representa uma área funcional do negócio (da organização) que será automatizada [Singh,2001]

Um **modelo** é uma **representação simplificada** de uma entidade física, de uma estrutura, de um processo, ou de um fenômeno, visando a análise de seu comportamento em situações específicas(Teixeira e Christofoletti, 1997), com um objetivo específico.

Modelagem de Dados Espaciais

Analogamente, um modelo de **dados espaciais** pode ser definido como sendo aquele que:

- Representa as relações entre os dados de uma área de interesse ou aplicação, passíveis de representação espacial.
- É a representação simplificada e sistemática das relações espaciais entre entidades físicas, que definem uma estrutura, um processo ou um fenômeno.
- Pode ter como objetivo a análise do comportamento das relações espaciais destas entidades, com objetivos diversos.

AGENDA 1

Definições

Modelagem

Modelo Orientado a Objetos (MOO)

Unified Modeling Language (UML) /
Open Distributed Processing (ODP)

Modelos de Dados Conceituais

- Está relacionado com a maneira pela qual o observador vê o mundo.
- As informações são representadas graficamente.
- Sem detalhes de implementação (ou descrição de procedimentos).
- Existem diferentes metodologias usadas na modelagem de dados conceitual:
  - ✓ MER (Modelo Entidade-Relacionamento)
  - ✓ OMT (Object Modeling Technique)
    - UML (Unified Modeling Language)

Modelo de Dados Conceitual - Dados Espaciais

- Para modelagem de dados espaciais utilizam-se diversas metodologias de modelagem de dados convencionais, onde foram adicionados primitivas para representar os dados espaciais.

- Entre as metodologias de modelagem de dados espaciais destacam-se:
  - ✓ Geo-IFO (Is a relationship, Functional relationship, complex Object)
  - ✓ Geo-OMT

AGENDA 2

Apresentação

Conceitos fundamentais

Modelo Geo-OMT (OMT-G)

Exercícios

Modelagem de Dados Espaciais

- Refere-se aos aspectos da representação de elementos físicos da realidade - mundo real, para a compreensão do espaço geográfico e suas influências.

- A cognição humana é importante para a percepção do espaço geográfico.
  - ✓ É fator fundamental para definição de um modelo que represente o mundo real.

- No modelo humano de percepção espacial os conceitos usados para compreender o espaço são freqüentemente baseados em noções que não podem ser diretamente implementadas, necessitando de uma definição formal [Borges (1997)].

Modelagem de Dados Espaciais

Surgem, então, modelos e meios para a representação de dados espaciais, baseados nas seguintes premissas:

- A Existência de Fenômenos e Objetos Convencionais: com ou sem referência espacial;
- Aspectos Espaciais: possibilidade de modelagem das características espaciais;
- Relacionamentos espaciais: diferenciação dos demais relacionamentos;
- Aspectos Temporais: características temporais dos dados e fenômenos;

- Múltiplas Representações: possibilidade do fenômeno ter mais de uma representação espacial:
  - ✓ **Representações matriciais;**
  - ✓ **Representações vetoriais.**

AGENDA 2

Apresentação

Conceitos fundamentais

Modelo Geo-OMT (OMT-G)

Exercícios

Modelagem de Dados Espaciais

Surgem, então, modelos e meios para a representação de dados espaciais, baseados nas seguintes premissas:

- A Existência de Fenômenos e Objetos Convencionais: com ou sem referência espacial;
- Aspectos Espaciais: possibilidade de modelagem das características espaciais;
- Relacionamentos espaciais: diferenciação dos demais relacionamentos;
- Aspectos Temporais: características temporais dos dados e fenômenos;

- **Múltiplas Representações**: possibilidade do fenômeno ter mais de uma representação espacial:
  - ✓ **Representações matriciais;**
  - ✓ **Representações vetoriais.**

Conceitos Fundamentais (1)

O espaço geográfico é, em geral, modelado segundo duas visões complementares (Goodchild, 1992):

- o Modelo de Campos (Matricial) e
- o Modelo de Objetos (Vetorial).

Conceitos Fundamentais (2)

- No *modelo de campos (matricial)*, também conhecido como *raster*, o mundo real é visto como uma superfície contínua, onde os entes espaciais variam continuamente no espaço.
  - ✓ Um mapa de um atributo geoquímico (teor de areia, por exemplo) associa o teor deste mineral a cada ponto do mapa e descreve a sua distribuição espacial.

- O *modelo de objetos (vetorial)*, também conhecido como *visão de objetos*, representa o mundo real como entes identificáveis no espaço.
  - ✓ Num cadastro urbano espacial, os lotes de um município são identificados de forma individual, com atributos que o distinguem dos demais.

Conceitos Fundamentais (3)

- Modelo de campos (raster)

  Foco no espaço e o que nele há

- Modelo de objetos (vetorial)

  Foco no ente e onde ele está

Modelo de Campos

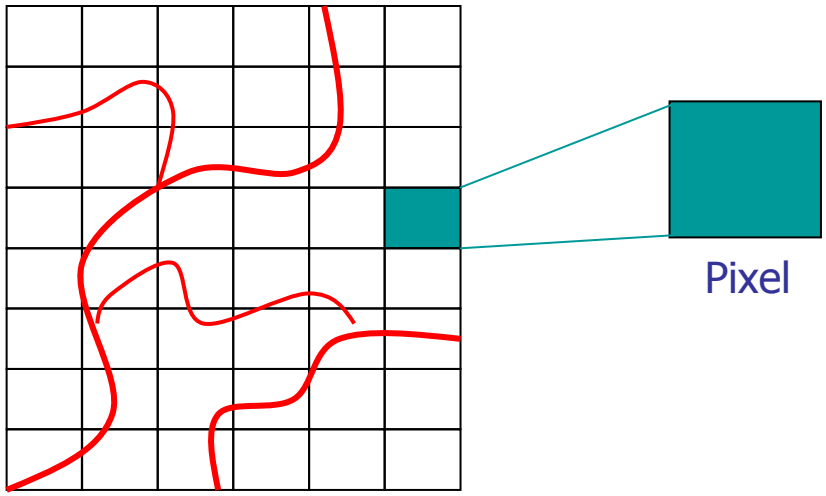
Características da visão do espaço representado por campos:

- É ideal para representar elementos de distribuição espacial difusa;
- Representa mais fielmente a realidade da variação espacial do que a representação discreta (vetores);
- Gera volumes elevados de informação;
- Em geral é adequado à interpretação da realidade geográfica natural;

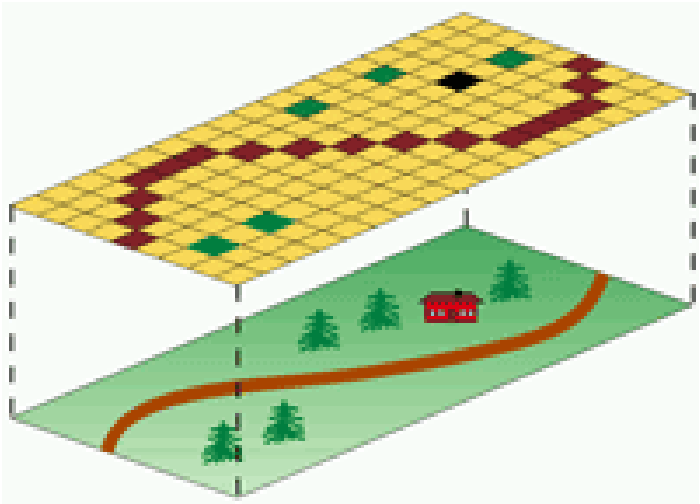
- Exemplo: teor de areia no solo.

Representação Matricial – definição (1)

As feições são representadas por células de tamanho fixo (ou "pixels") que compõem uma malha regular de linhas e colunas.

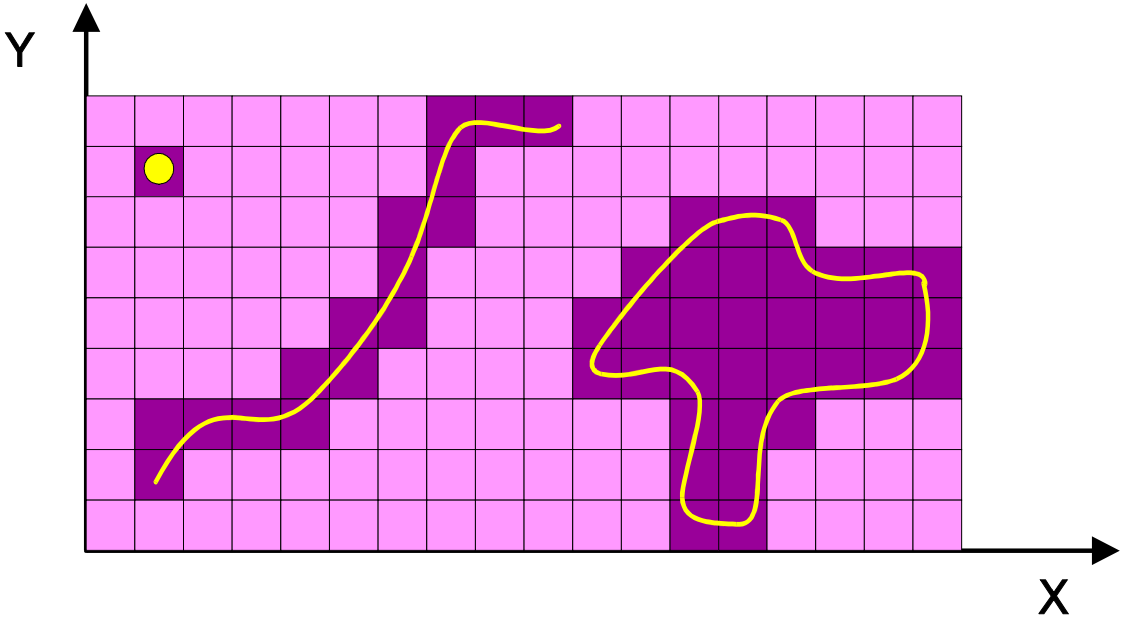


Grid de Células



Representação do mundo real no modelo matricial

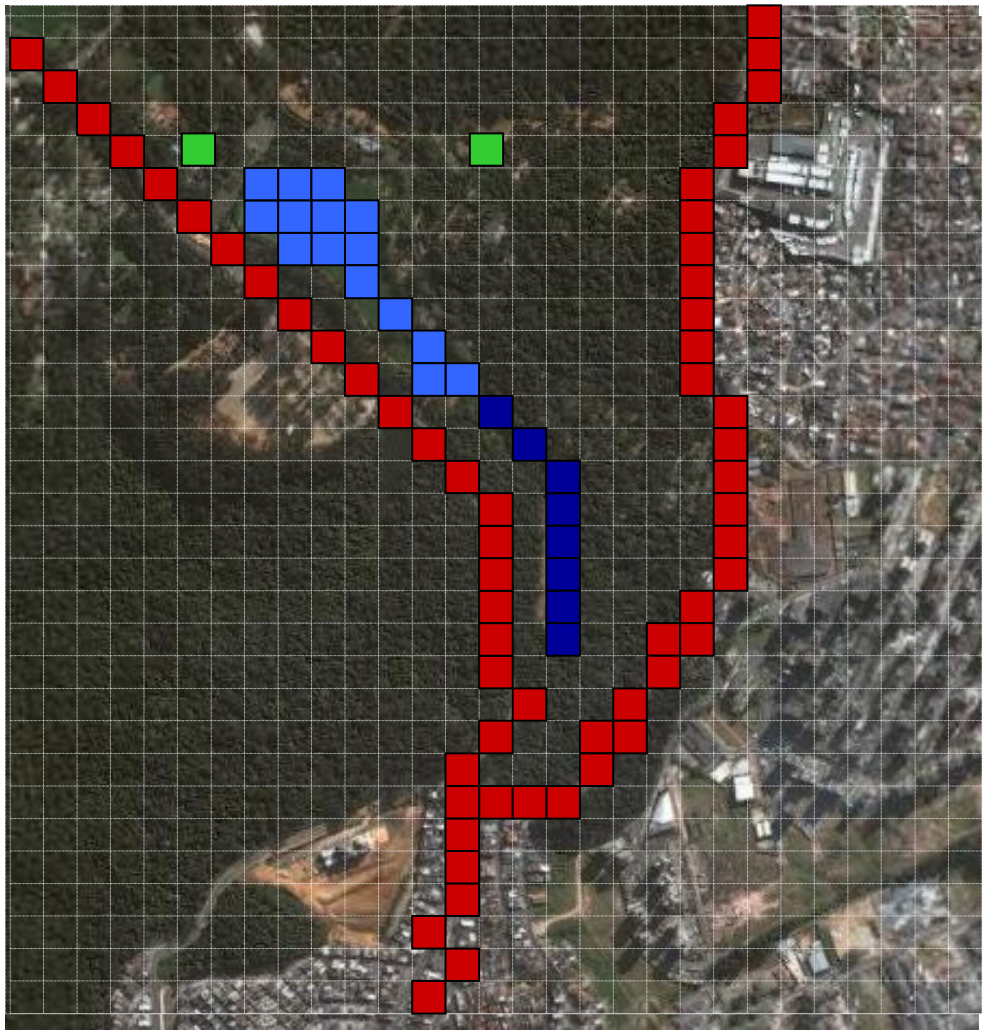
Representação Matricial – definição (2)



0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Representação Matricial – exemplo (1A)

Representação Matricial – exemplo (1B)



Modelo de Objetos (1)

No Modelo Vetorial (de Objetos) o mundo é representado por:

- um conjunto de objetos:
  - ✓ identificáveis e
  - ✓ localizáveis (endereçáveis),

- com geometria definida e

- com propriedades (características próprias) que não precisam, necessariamente, estar associadas a fenômenos geográficos específicos.

[Barbosa, C.C.F. et al].

Modelo de Objetos (2)

Características da visão do espaço representado por objetos:

- É ideal para representar elementos de distribuição espacial discreta
  - ✓ Exemplo: torres de telefonia, postes e ruas.
- A localização geográfica, a forma e os contornos dos entes é bem definida;
- Gera menores volumes de informação do que o modelo matricial (de campos);

Modelo de Objetos (3)

- Facilitam a representação de <u>relações topológicas:</u>
  - Conectividade
  - Pertinência
  - Adjacência
  - .....

Amassar o mapa !

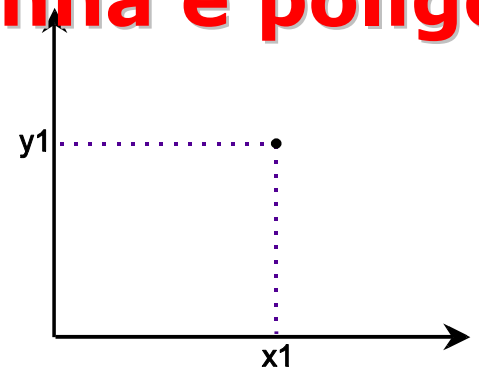
Representação Vetorial

- Associa entes a pontos, linhas e polígonos (áreas) referencidos por um sistema de coordenadas.

- Exemplos
  - Ponto (ex: poste)
  - Linha (ex: estrada)
  - Polígono (ex: quadra)

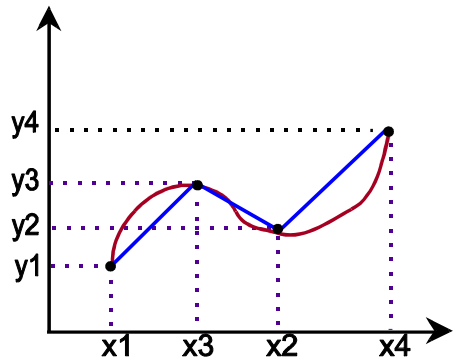
Representação Vetorial: ponto, linha e polígono

- Ponto



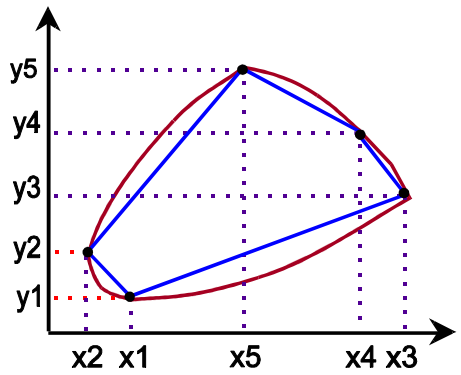
x1, y1

- Linha



x1, y1
x2, y2
x3, y3
x4, y4

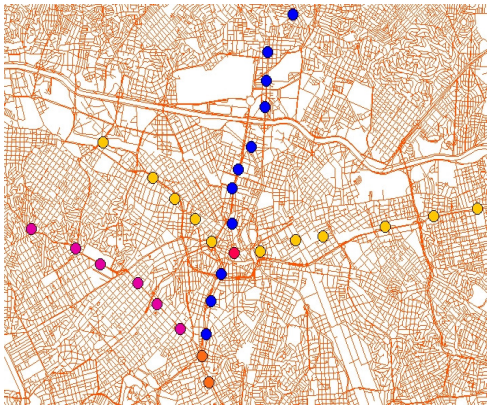
- Polígono



x1, y1
x2, y2
x3, y3
x4, y4
x5, y5
x1, y1

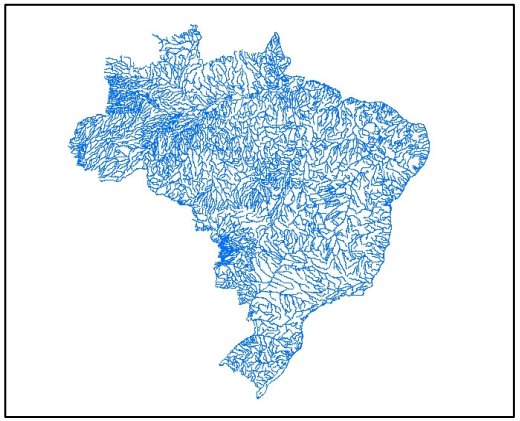
Representação Vetorial – exemplos (1A)

- Pontos



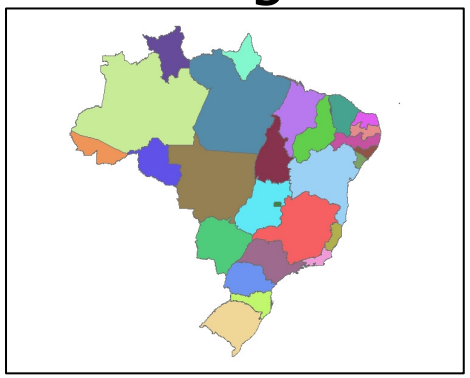
Pontos representando a localização de estações de Metrô

- Linhas



Linhas representando Hidrografia

- Polígonos

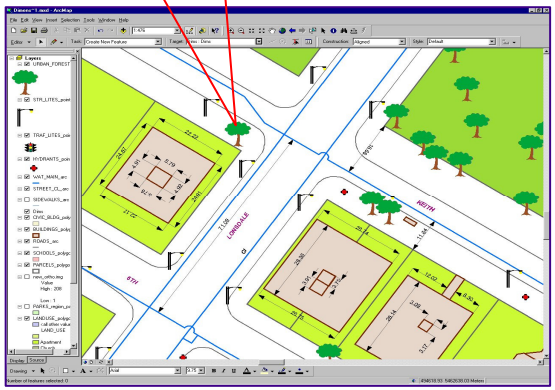


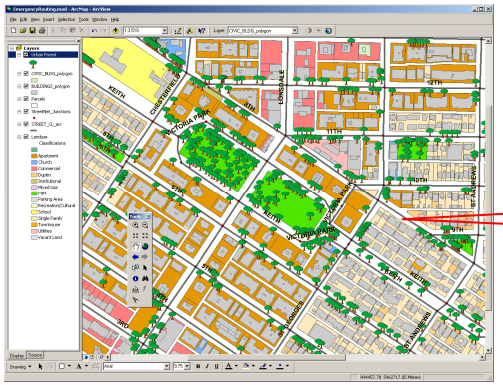
Polígonos representando os Estados brasileiros

Representação Vetorial – exemplos (1B)

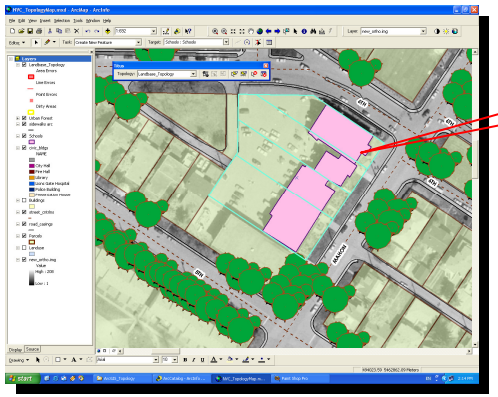
Os entes vetoriais (ponto, linha e polígono) simbolizam o mundo real.

Ponto = Árvore





Linhas = Ruas



Polígonos = Lotes

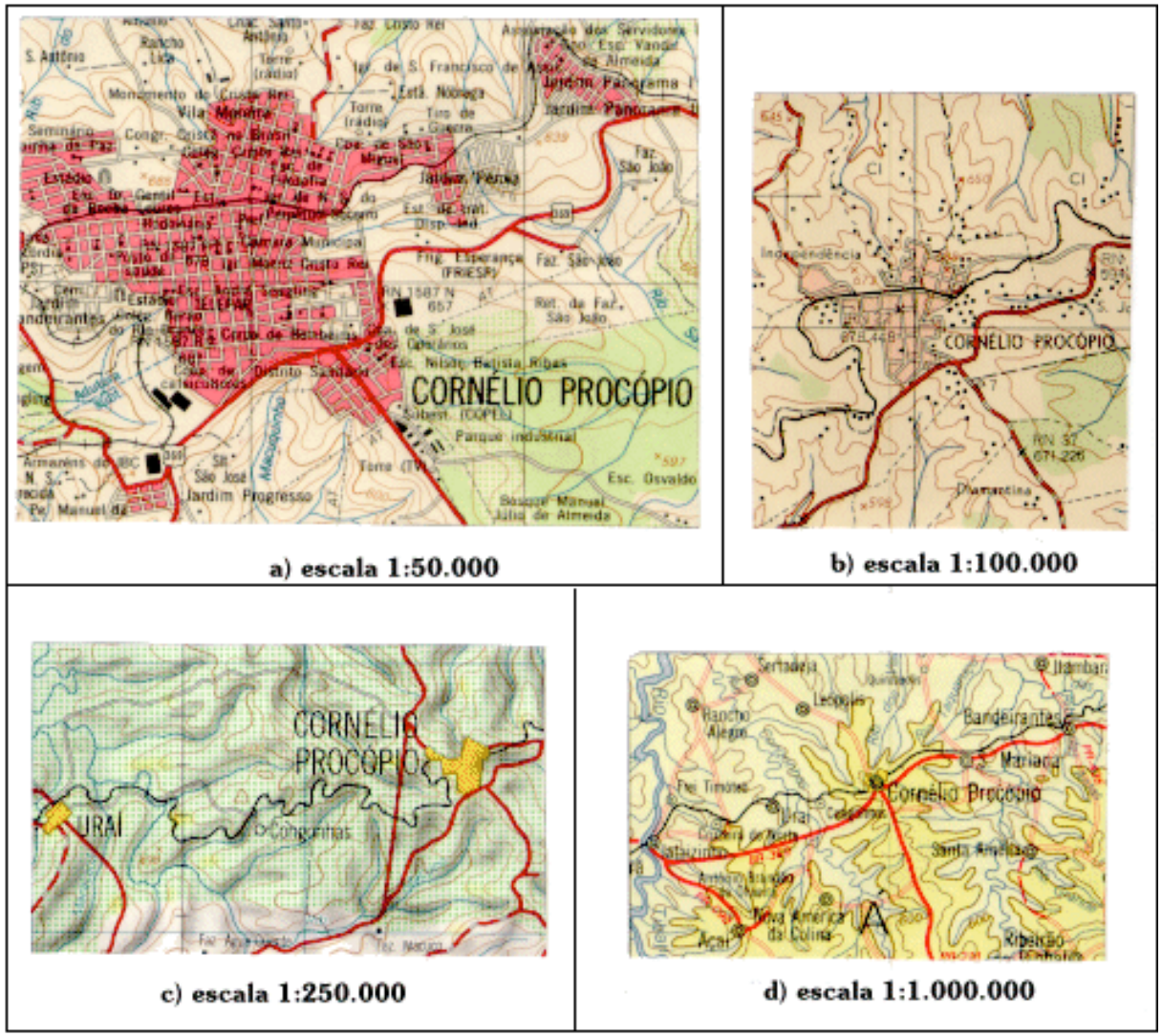
Representação Vetorial – exemplos (2A)

Representação Vetorial – exemplos (2B)

Representação Vetorial: Generalização

- Generalização é a simplificação de detalhes
- Pode ser associada à escala de representação de uma carta
- Diminuir a escala implica na simplificação dos objetos
- Pode ser necessário:
  - ✓ ignorar as áreas muito pequenas
  - ✓ transformar polígonos em pontos ou linhas

Representação Vetorial: Exemplo de Generalização



a) escala 1:50.000

b) escala 1:100.000

c) escala 1:250.000

d) escala 1:1.000.000

Fonte: IBGE

Podemos observar o processo de generalização a medida que a escala da carta diminui. Na figura "a" são representados os lotes, na "b" apenas as quadras, na "c" apenas um polígono com mancha urbana e na "d" a mancha urbana é representada apenas por um ponto.

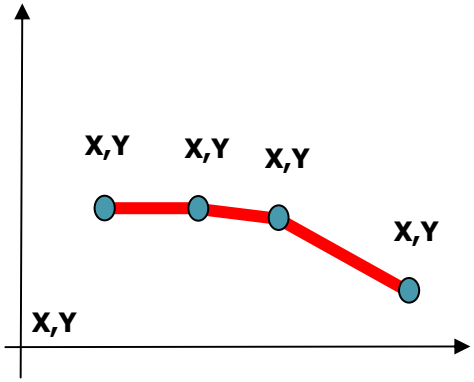
Modelagem de Dados Espaciais

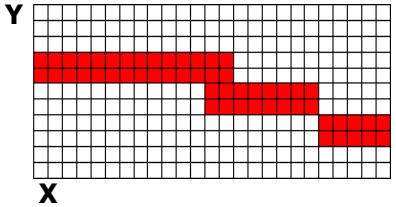
Surgem, então, modelos e meios para a representação de dados espaciais, baseados nas seguintes premissas:

- A Existência de Fenômenos e Objetos Convencionais: com ou sem referência espacial;
- Aspectos Espaciais: possibilidade de modelagem das características espaciais;
- Relacionamentos espaciais: diferenciação dos demais relacionamentos;
- Aspectos Temporais: características temporais dos dados e fenômenos;

- **Múltiplas Representações**: possibilidade do fenômeno ter mais de uma representação espacial:
  - ✓ **Representações matriciais;**
  - ✓ **Representações vetoriais.**

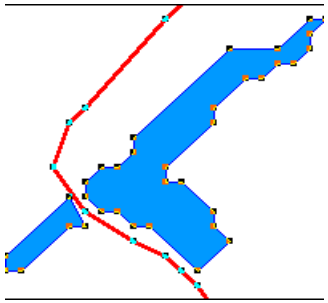
O Mundo Real representado nos formatos Vetorial e Matricial

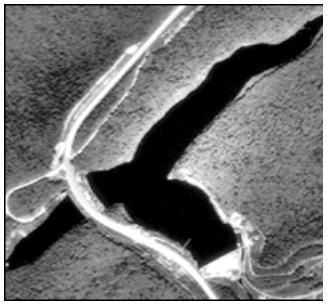


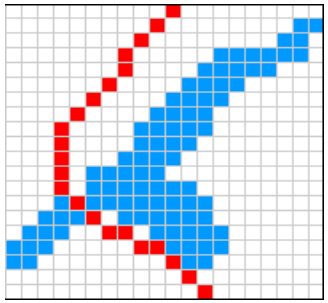


Rodovia representada nos formatos vetorial (à esquerda) e matricial (à direita)

Rios representados nos formatos vetorial (à esquerda) e matricial (à direita)







Representações: escolha

A escolha entre a representação matricial e vetorial para um mapa temático depende do objetivo em vista.

Para a produção de cartas e em operações que requeiram maior precisão, a representação vetorial é mais adequada.

As operações de álgebra de mapas são mais facilmente realizadas no formato matricial.

No entanto, para um mesmo grau de precisão, o espaço de armazenamento necessário para uma representação matricial é substancialmente maior.

Comparação entre Vetor e Raster

- Qual é melhor, modelo raster ou vetorial?”.
  - Nenhuma das duas classes de representação de dados é melhor em todas as condições ou para todos os dados;
  - Ambos apresentam vantagens e desvantagens relativas a cada um:
    - Em alguns casos é preferível manter dados no formato raster;
    - e em outros no formato vetorial;
    - Mesmo assim, a maioria dos dados podem ser representados em ambos os formatos, podendo ainda ser convertidos entre eles.

Comparação entre Vetor e Raster: vantagens do modelo vetorial

- Algumas vantagens do modelo de representação vetorial sobre o modelo de representação raster:
  - Os modelos vetoriais geralmente destacam-se, como de armazenamento mais compacto;
  - Grandes regiões homogêneas são armazenadas pelas coordenadas dos seus limites no modelo vetorial, enquanto que no modelo raster são armazenadas como um grupo de células;
  - **Dado vetorial é mais adequado para representar redes (networks) e outras feições lineares conectadas;**
  - **Modelos vetoriais permitem a criação de modelos topológicos.**

Comparação entre Vetor e Raster: vantagens do modelo raster

- Algumas vantagens do modelo de representação raster sobre o modelo de representação vetorial:
  - **O raster é particularmente conveniente para representar temas ou fenômenos que mudam com freqüência no espaço**;
  - A forma de organização das células em linhas e colunas é muito simples e com codificação numa estrutura lógica na maioria das linguagens de computador;
  - A representação de dados em raster facilita a sobreposição de camadas (ou temas), especialmente quando se deseja sobrepor um grande número de camadas.

Comparação entre Vetor e Raster: tabela comparativa (1)

Característica	FORMATO MATRICIAL	FORMATO VETORIAL
Estrutura de Dados	Geralmente simples.	Geralmente complexo.
Requisito de Armazenagem	Grande para a maioria dos dados sem compressão.	Pequena, para a maior parte dos dados.
Conversão de Sistema de Coordenadas	Pode ser lenta, devido ao volume, e requerer reamostragem.	Simples.
Análises	Fácil para dados contínuos; simples para combinação de *layers*.	Preferido para análises de redes, mas complexo para muitas operações espaciais.
Precisão Posicional	Degraus contornando células.	Limitado somente pela qualidade posicional de levantamento.
Acessibilidade	Fácil para modificar através do uso de programas; estrutura de dados simples.	Freqüentemente complexo.
Visualização e saída	Bom para imagens	Parecido com mapas, com curvas contínuas; pobre para imagens.

Comparação entre Vetor e Raster: tabela comparativa (2)

CARACTERÍSTICA	FORMATO VETORIAL	FORMATO MATRICIAL
Relações espaciais entre objetos	Possibilita o armazenamento de informações sobre relacionamentos entre objetos	Os relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com bancos de dados	Facilidade em associar atributos a elementos gráficos	Associação de atributos apenas a classes do mapa
Análise, Simulação e Modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos A álgebra de mapas é limitada	Representa melhor fenômenos com contínua variação no espaço Simulação e modelagem mais fáceis

AGENDA 2

Apresentação

Conceitos fundamentais

Modelo Geo-OMT (OMT-G)

Exercícios

Modelo Geo-OMT

- Modelo proposto por Borges (1997) em sua dissertação de Mestrado.

- Propostas:

  - Unificar as primitivas desenvolvidas por diversos autores em um único modelo;

  - Introduzir novas primitivas, buscando suprir algumas deficiências existentes.

Modelo Geo-OMT

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS:

- É um modelo baseado na Orientação a Objetos;
- É uma extensão do modelo OMT.
- Utiliza conceitos de abstrações baseados na orientação a objeto como: Classe, Herança, Objeto, etc.
- Utiliza representação gráfica, permitindo a rápida compreensão e identificação do ente do mundo real.

Modelo Geo-OMT

Permite a diferenciação entre atributos alfanuméricos e gráficos;

Permite diferenciar as representações gráficas (georreferenciadas) das classes convencionais;

Utiliza conceitos do modelo de campos e do modelo de objetos em classes.

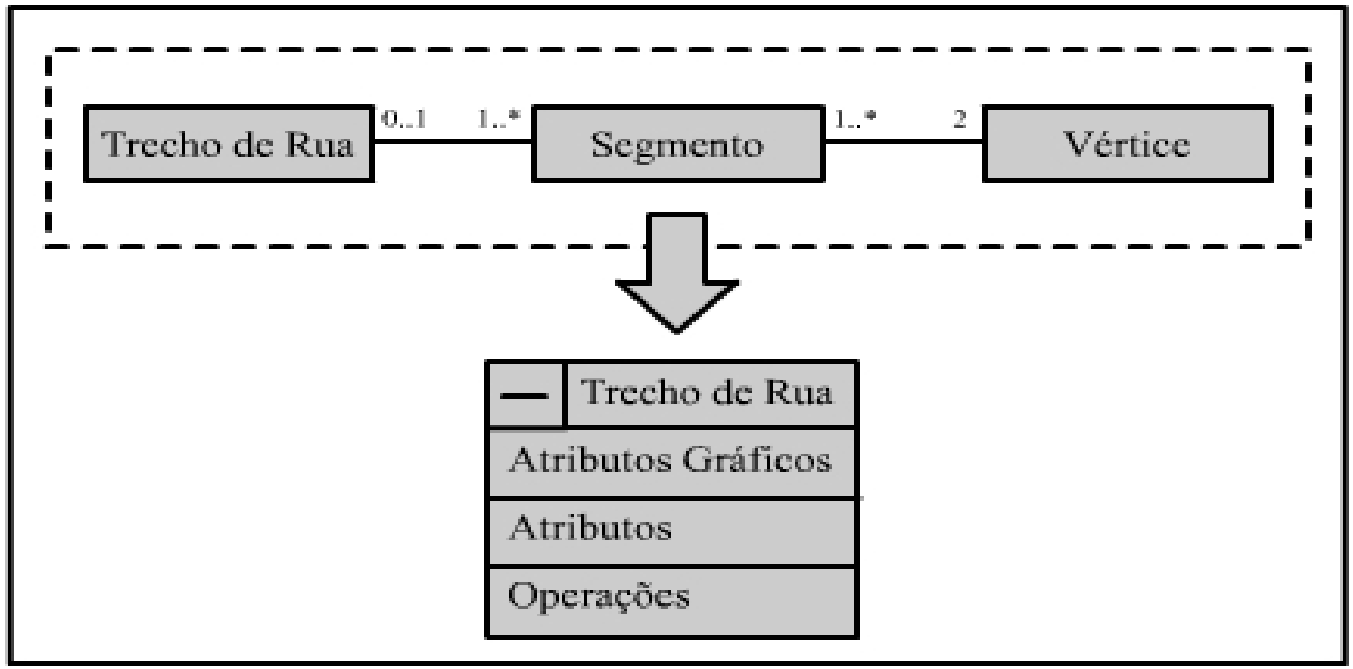
Classes Básicas

- O Modelo Geo-OMT possui duas classes básicas:
  - Classes Georreferenciadas
  - Classes Convencionais

- Essas classes permitem representar os três tipos de dados:
  - Contínuos
  - Discretos
  - Não-espaciais

Modelo Geo-OMT

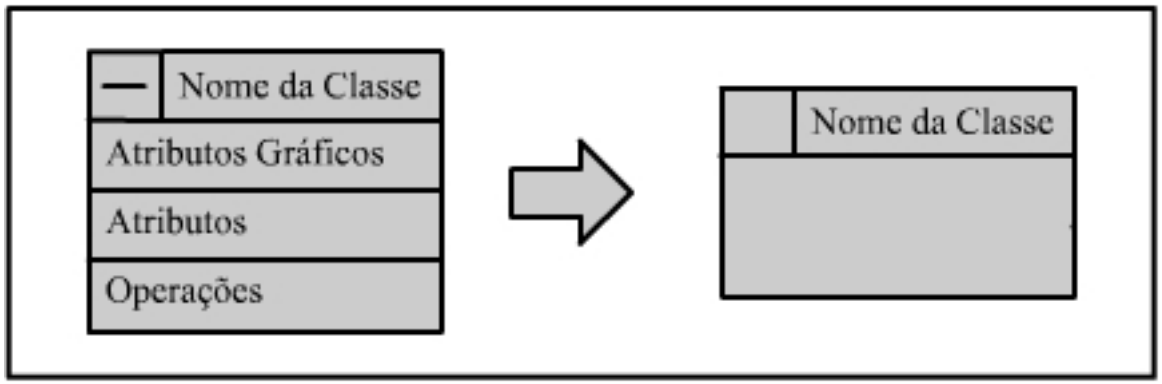
As classes georreferenciadas possuem representações gráficas simbólicas, o que facilita a identificação da entidade abstraída do mundo real.



Representação

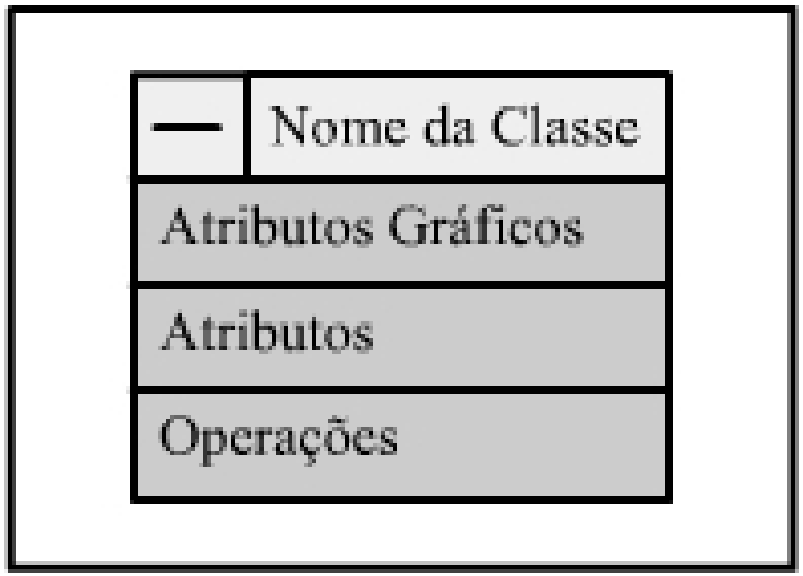
A representação de uma classe georreferenciada é graficamente definida como sendo um retângulo subdividido em quatro partes.

A seguir, a sequência de slides mostra cada parte da representação



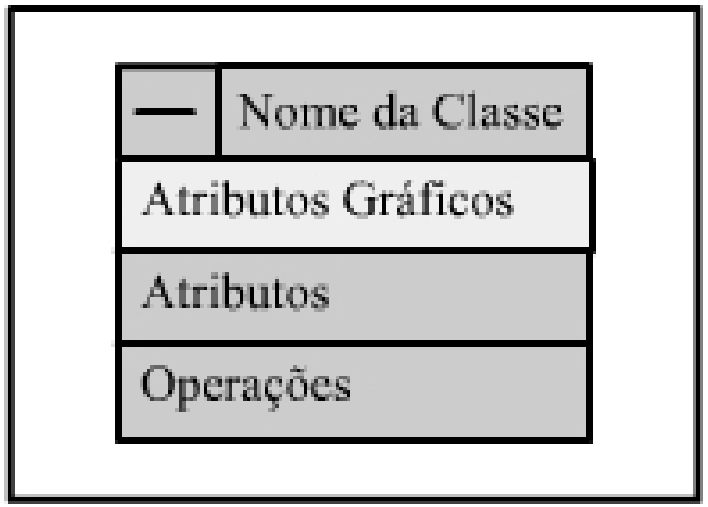
Representação - Primeira Parte (Símbolo e Nome da Classe)

- Esta primeira parte esta subdividida em outras duas partes.
  - ✓ Na parte Direita: apresenta o nome da classe.
  - ✓ Na parte Esquerda: contém um símbolo representando a forma gráfica da classe georreferenciada.



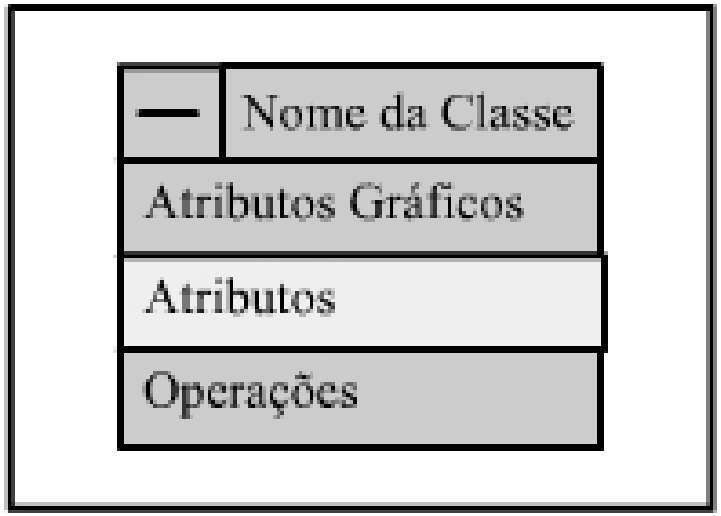
Representação - Segunda Parte (Atributos Gráficos)

- Nesta segunda parte do retângulo encontra-se a lista dos atributos gráficos da classe.
- Uma classe georreferenciada deve possuir uma lista de atributos gráficos.
  - ✓ Sistemas de coordenadas e projeção cartográfica podem ser representadas como sendo atributos gráficos.



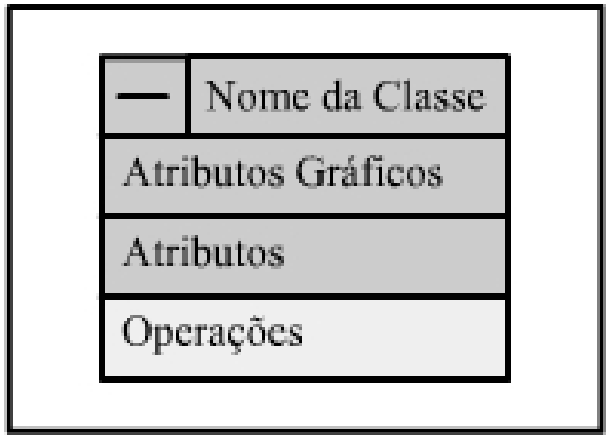
Representação - Terceira Parte (Atributos)

- Na terceira parte estão os atributos convencionais, ou também chamados de atributos alfanuméricos.
- Em uma classe georreferenciada este campo tanto pode conter valores, como pode estar vazio.
  - ✓ Dados como nome da cidade, população e dimensão são atributos alfanuméricos de uma classe georreferenciada.



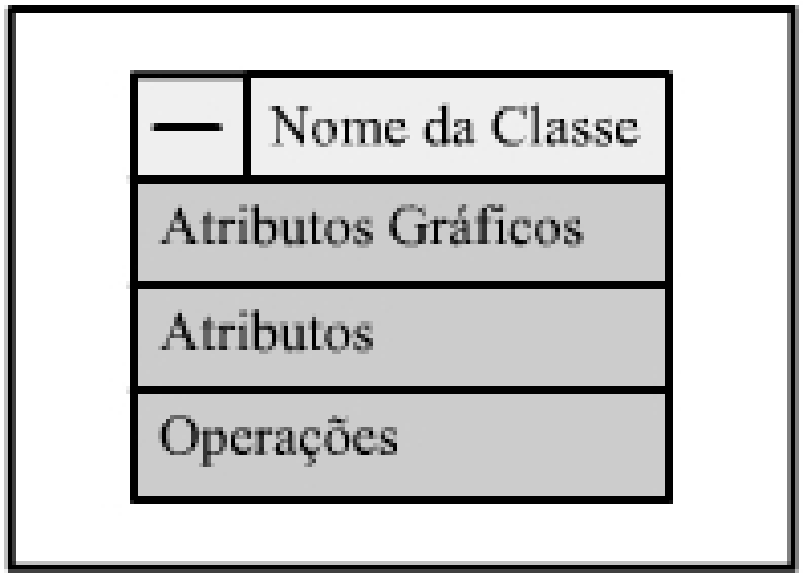
Representação - Quarta Parte (Operação)

- Na última parte do retângulo estão localizadas as operações da classe.
- Uma classe pode possuir como sua operação: Atualiza_População.
- Exemplo: esta operação será responsável pela alteração do número da população de uma classe chamada Município.



Representação - Primeira Parte (Símbolo)

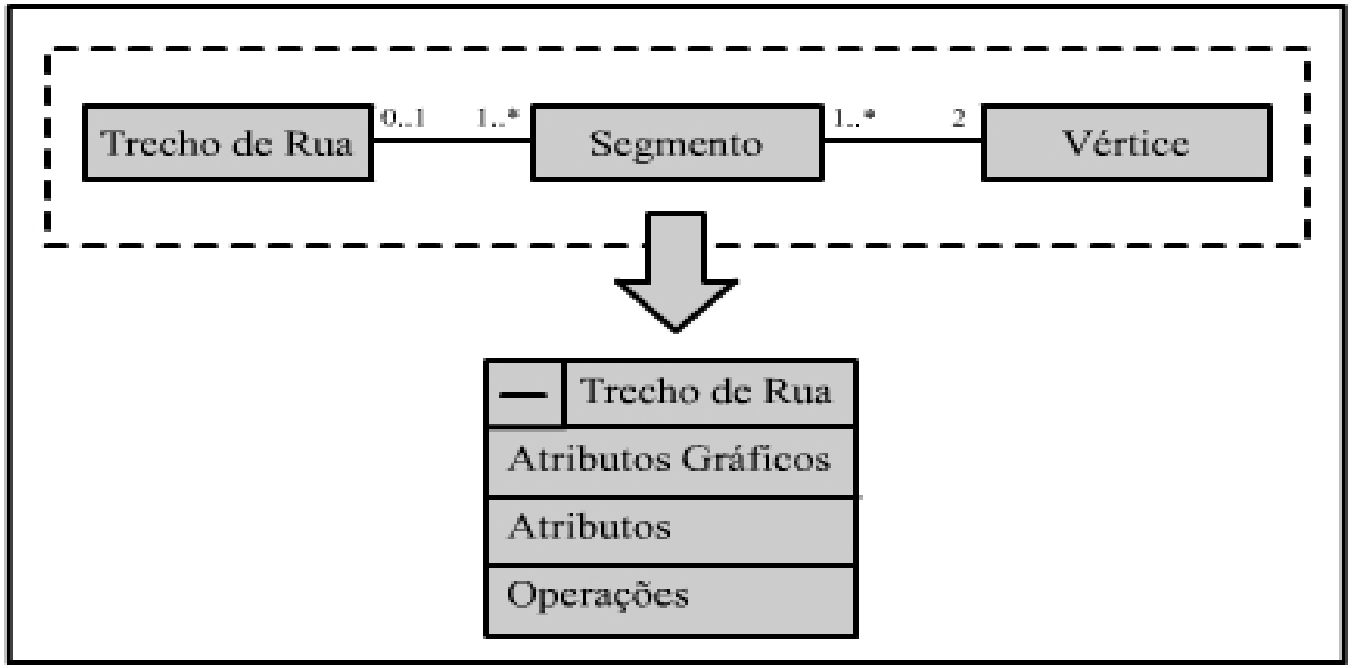
- Esta primeira parte esta subdividida em outras duas partes.
  - ✓ Na parte Direita: apresenta o nome da classe.
  - ✓ Na parte Esquerda: contém um símbolo representando a forma gráfica da classe georreferenciada.



Modelo Geo-OMT

As Classes Georreferenciadas possuem duas especializações:

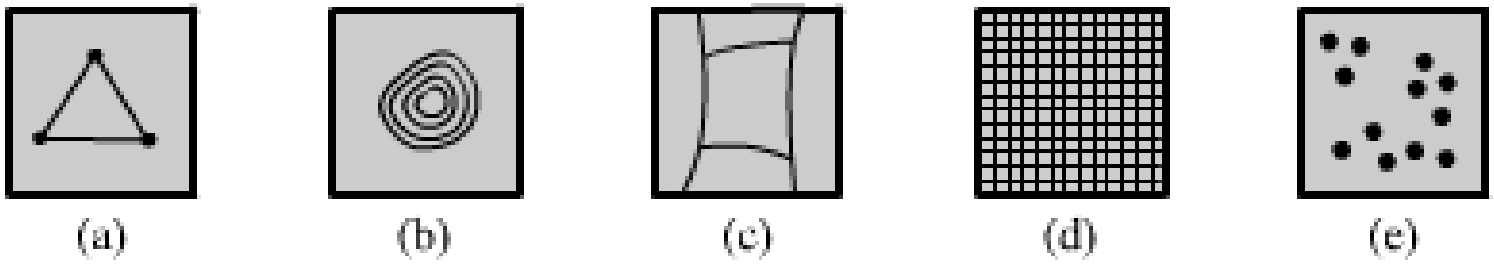
- Geo-Campo ('raster')
- Geo-Objeto ('vetorial')



Modelo Geo-OMT: Geo-Campo ('raster')

Refere-se a qualquer posição no espaço geográfico considerado, corresponde a algum valor da variável representada.

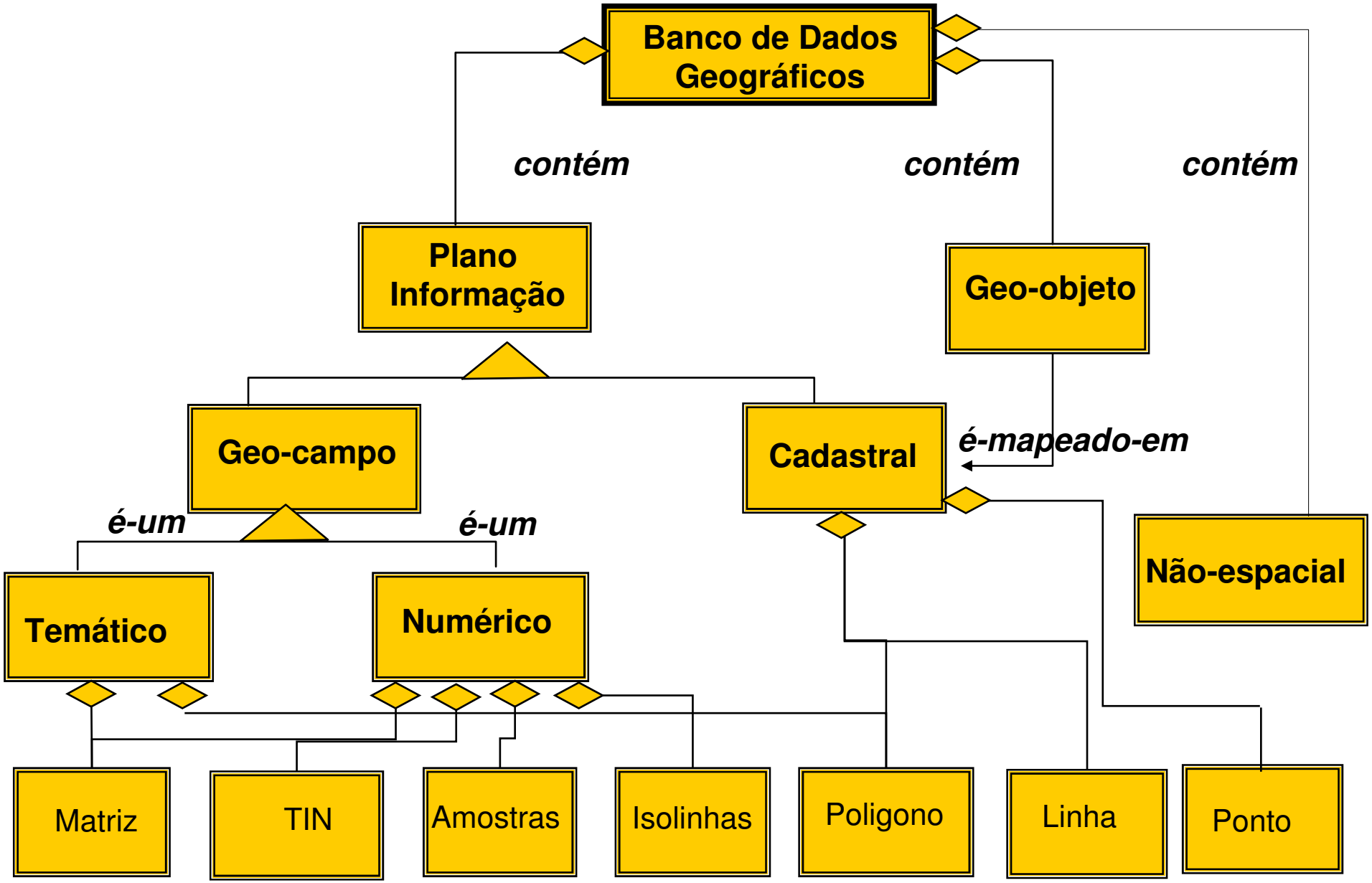
O modelo Geo-OMT possui cinco subclasses do tipo Geo-Campo:



(a) Rede Triangular Irregular - **Exemplo:** TIN
(b) Isolinhas - **Exemplo:** Nível
(c) Polígonos Adjacentes - **Exemplo:** Divisão de Bairros
(d) Tesselação - **Exemplo:** Imagens de Satélite
(e) Amostragem - **Exemplo:** Pontos cotados

OMT-G: Características

- Paradigma de "orientação-por-objetos"
  - notação básica: OMT
  - conceitos: especialização e agregação
- Uso de conceitos espaciais
  - geo-campos e geo-objetos
  - representações geométricas (matriz, vetor)
  - relacionamentos espaciais (e.g., "toca")
  - estruturas topológicas
  - restrições de integridade espacial
- Visão integrada do problema modelado
  - classes espaciais e convencionais


Banco de Dados Geográficos
contém
contém
contém
Plano Informação
Geo-objeto
Geo-campo
Cadastral
é-mapeado-em
é-um
é-um
Não-espacial
Temático
Numérico
Matriz
TIN
Amostras
Isolinhas
Poligono
Linha
Ponto

OMT-G: Imagem

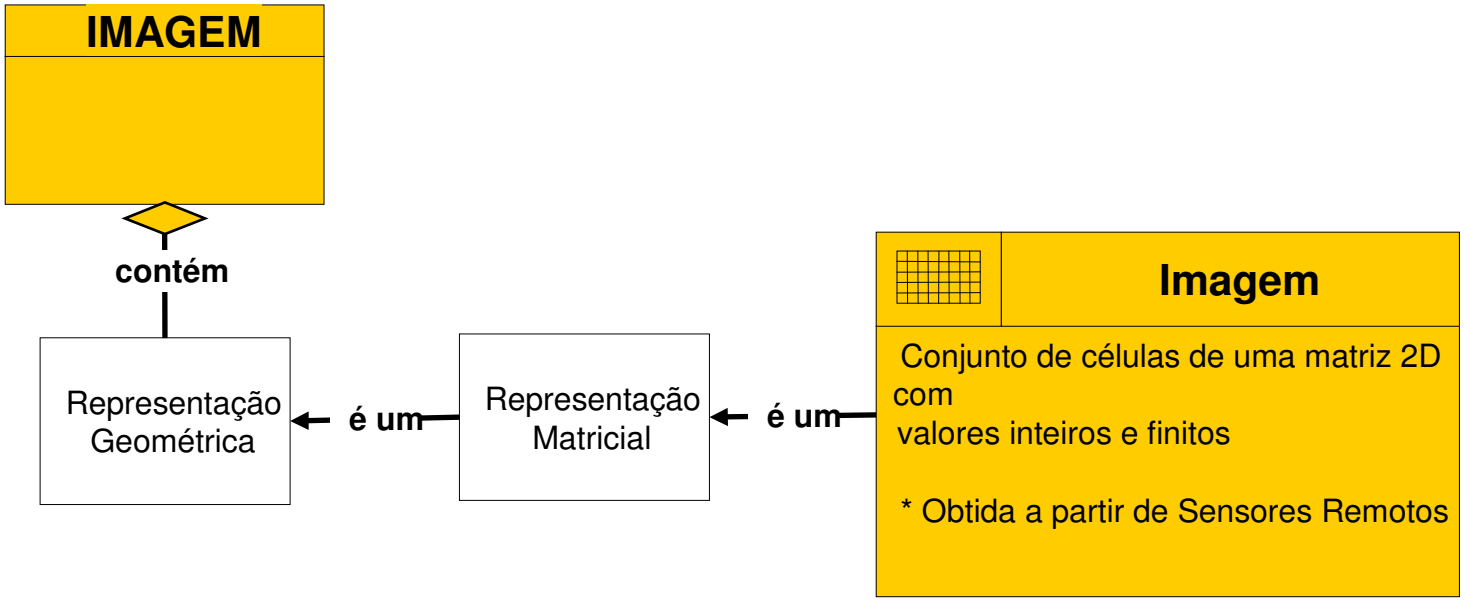
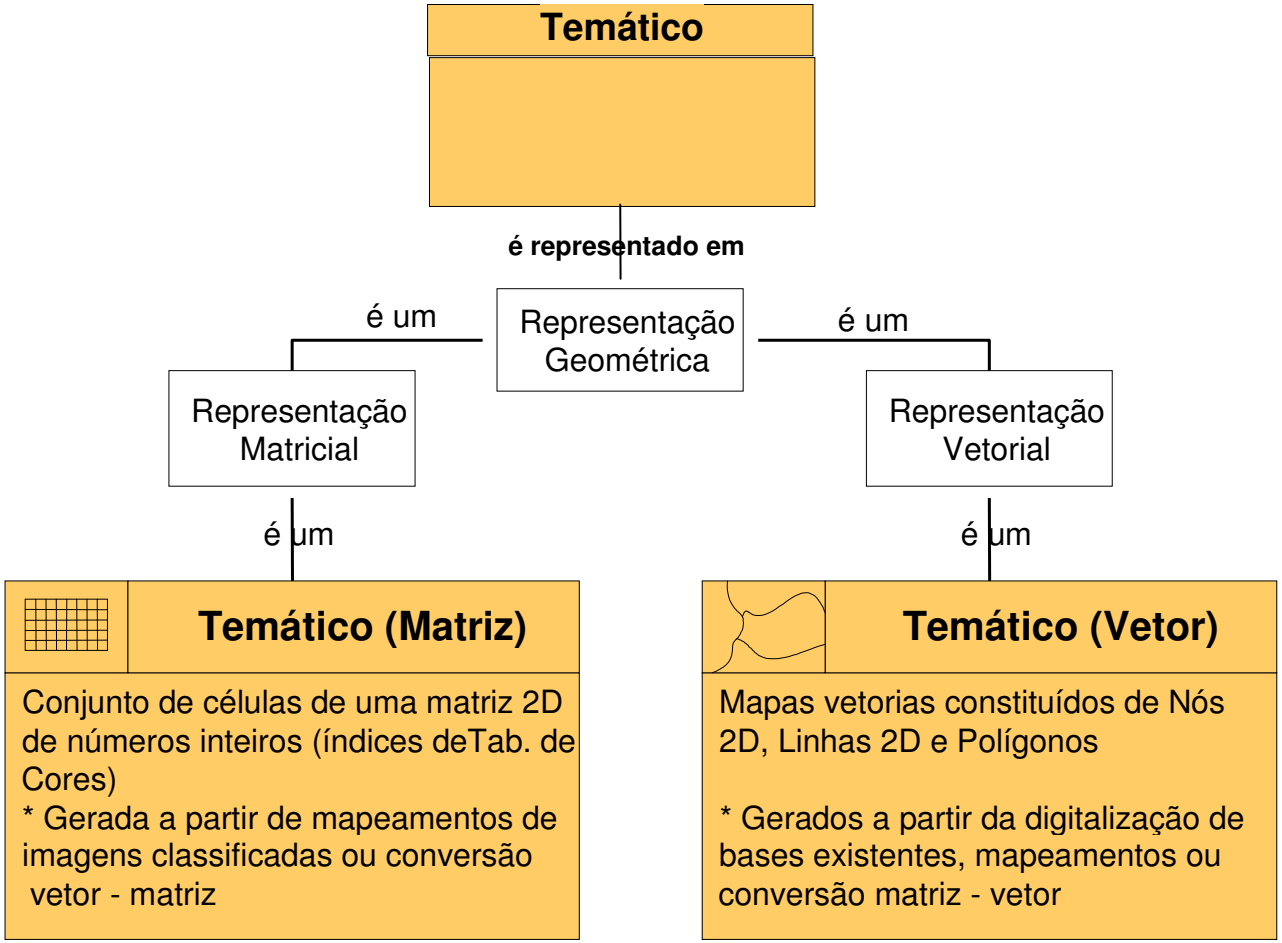
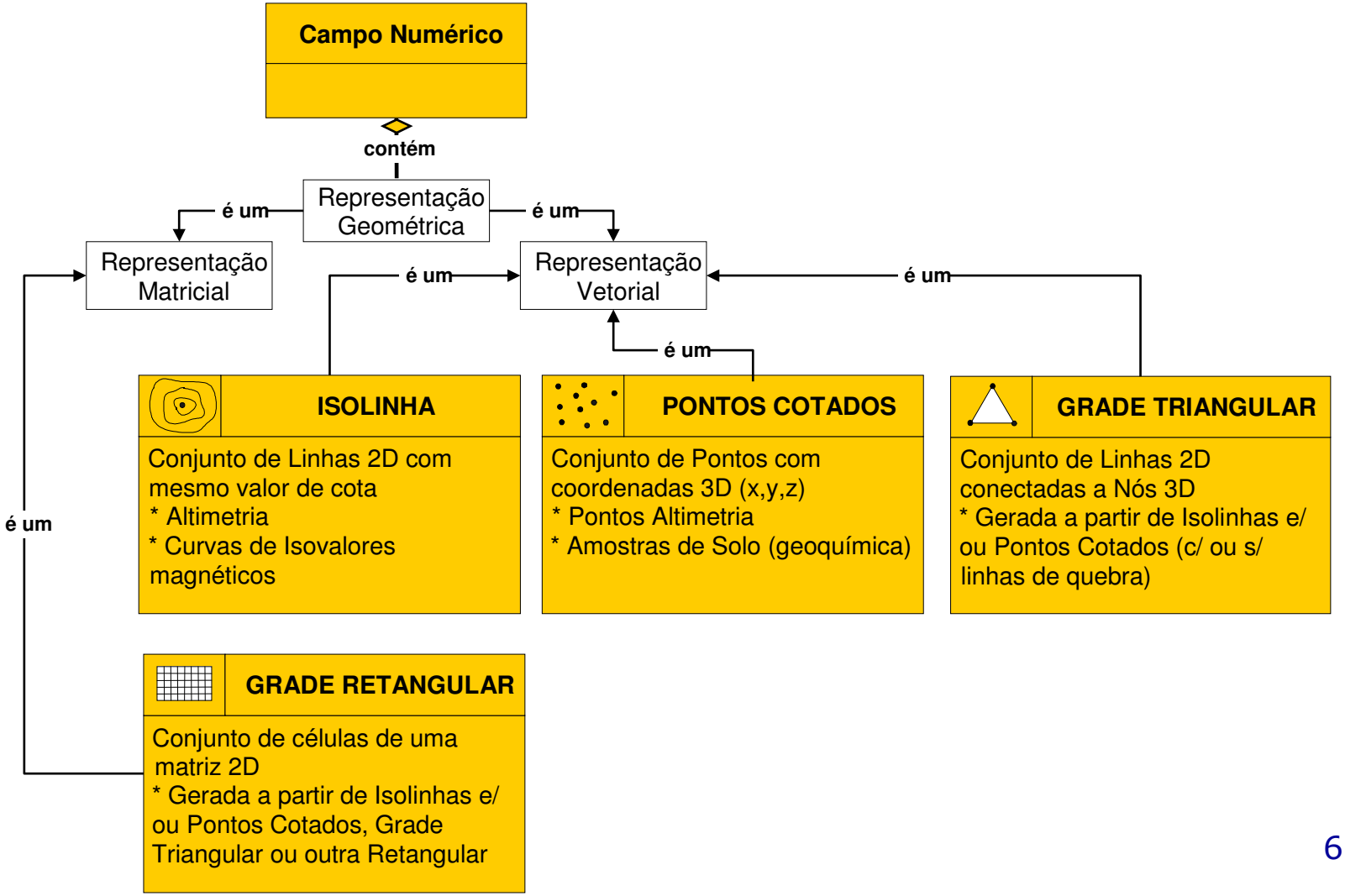


IMAGEM
contém
Representação Geométrica
é um
Representação Matricial
é um
Imagem
Conjunto de células de uma matriz 2D com
valores inteiros e finitos
* Obtida a partir de Sensores Remotos

OMT-G: Temático



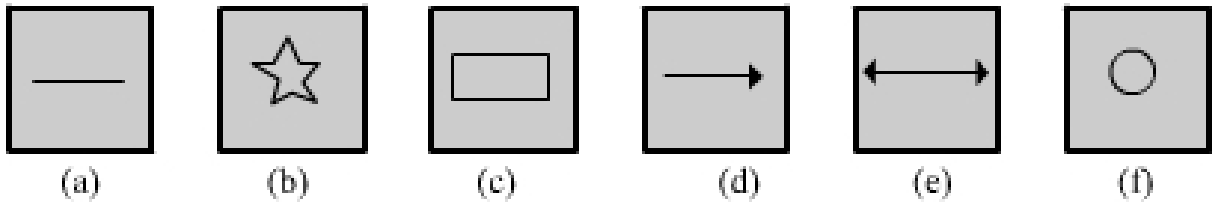
OMT-G: Geocampos Numéricos



Modelo Geo-OMT: Geo-Objeto ('vetorial')

O modelo Geo-OMT possui duas subclasses do tipo Geo-Objeto:

- Geo-Objeto com Geometria;
- Geo-Objeto com Geometria e Topologia.



GEO-OBJETO com Geometria

(a) Linha - **Exemplo:** Muro

(b) Ponto - **Exemplo:** Árvore

(c) Polígono - **Exemplo:** Lote

GEO-OBJETO com Geometria e Topologia

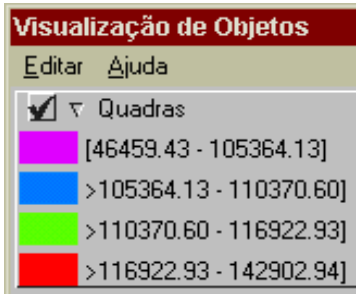
(d) Linha Uni-direcionada - **Exemplo:** Trecho de Rede de Esgoto

(e) Linha Bi-direcionada - **Exemplo:** Trecho de Rede de Água

(f) Nó - **Exemplo:** Entroncamento de Rodovias

Geo-Objetos e Agrupamentos

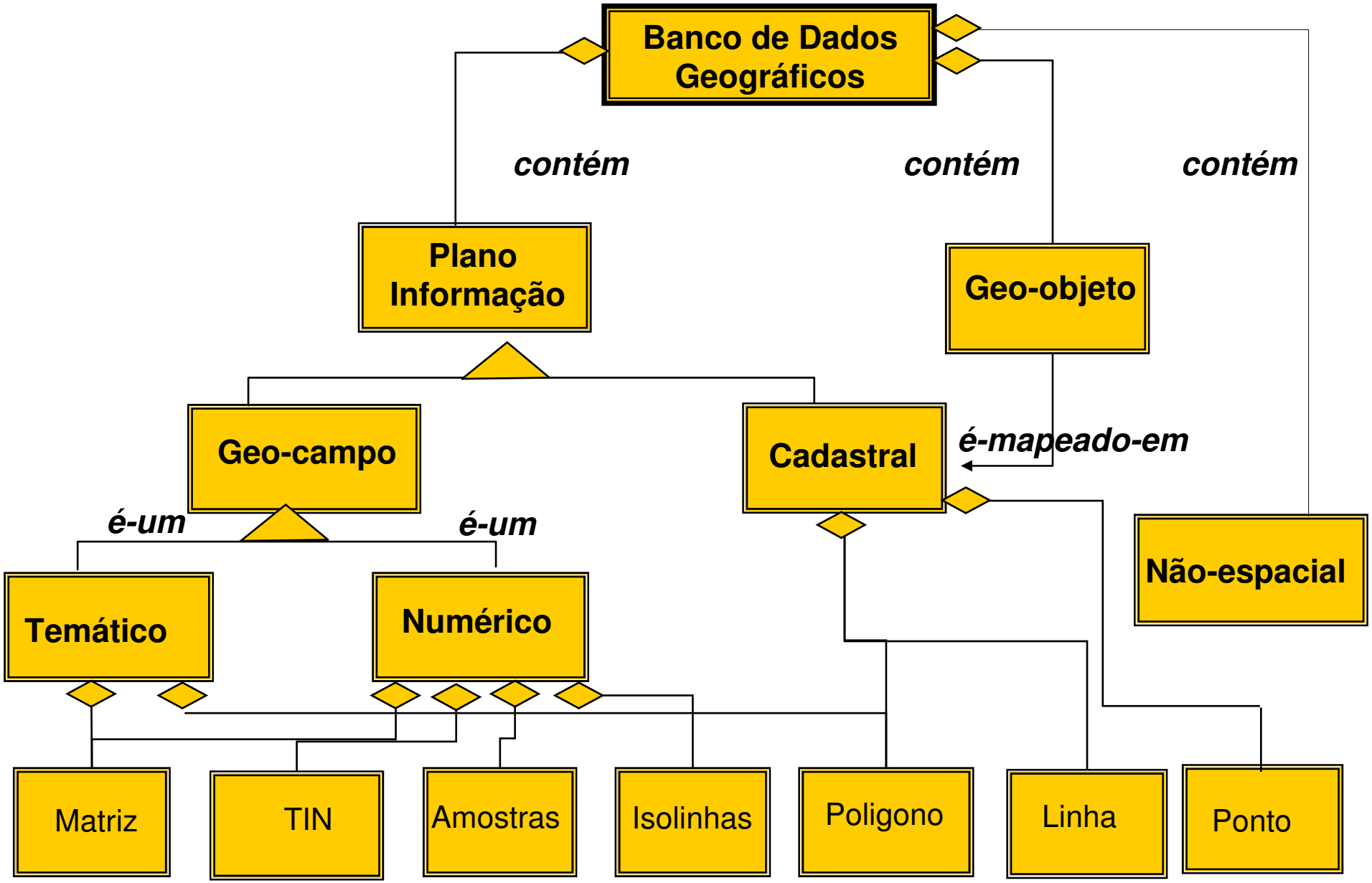
Tipos de Dados em Geoprocessamento



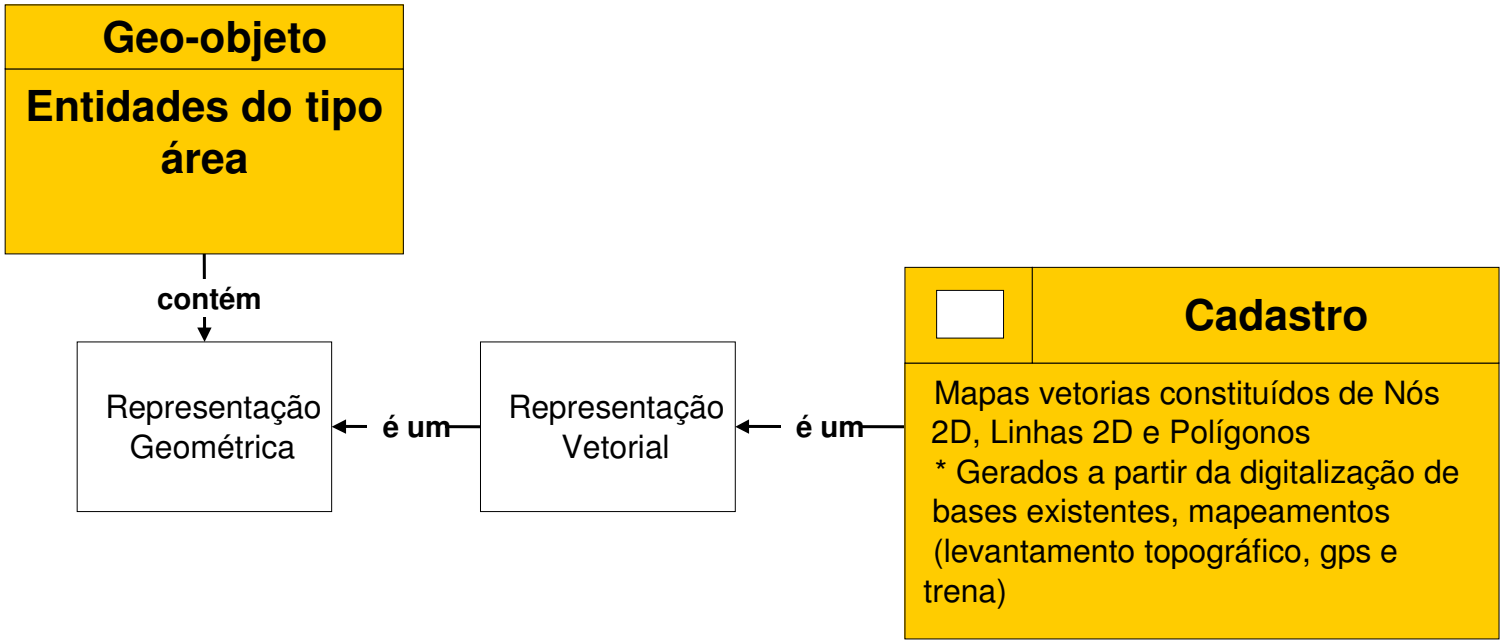
- As entidades (pontos, linhas e polígonos) são *objetos geográficos*
- *Objetos* possuem atributos
- Podem estar associados a várias representações gráficas.
- Podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas.
- Ex: Mapas de Lotes, Quadras, Propriedades Rurais

São armazenados em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia *arco-nó-polígono* associada.

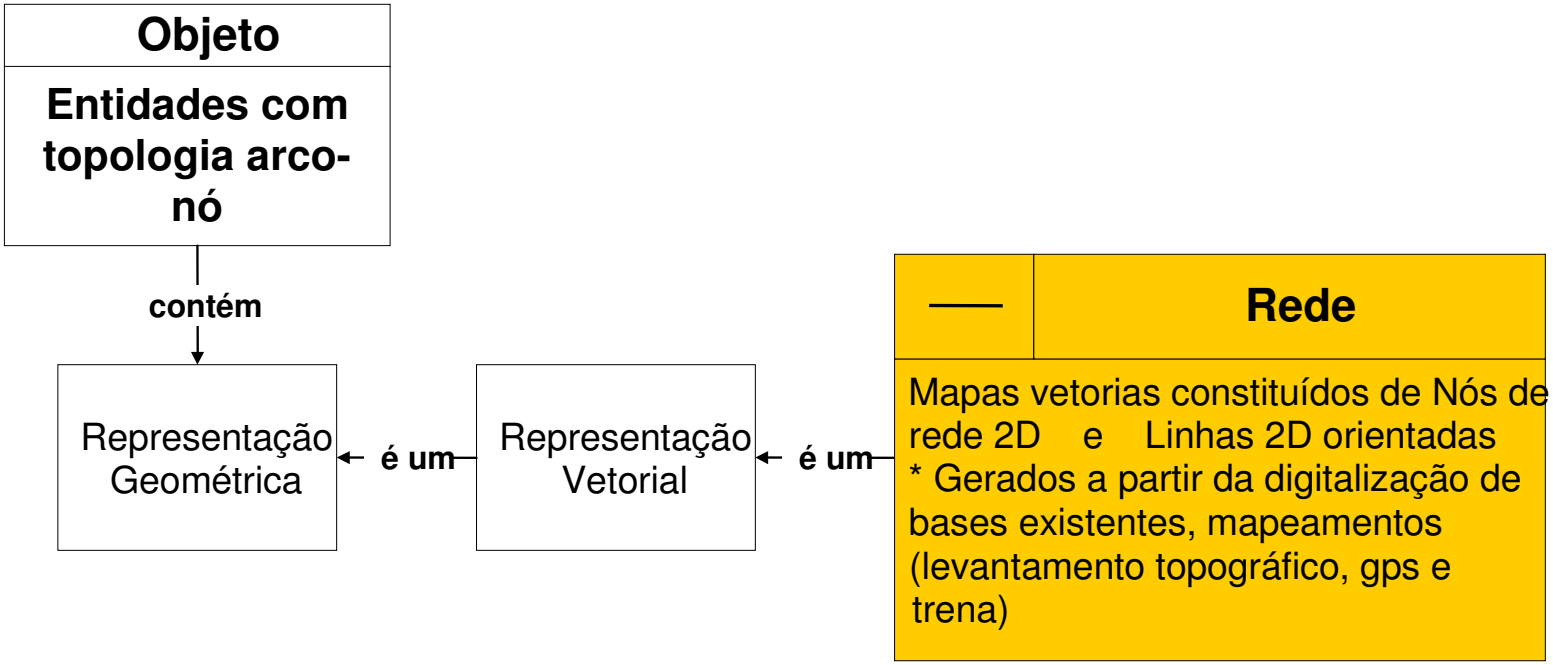
Não é usual representar estes dados na forma matricial.


Banco de Dados Geográficos
contém
contém
contém
Plano Informação
Geo-objeto
Geo-campo
Cadastral
é-mapeado-em
é-um
é-um
Não-espacial
Temático
Numérico
Matriz
TIN
Amostras
Isolinhas
Poligono
Linha
Ponto

OMT-G: Objeto e Cadastro



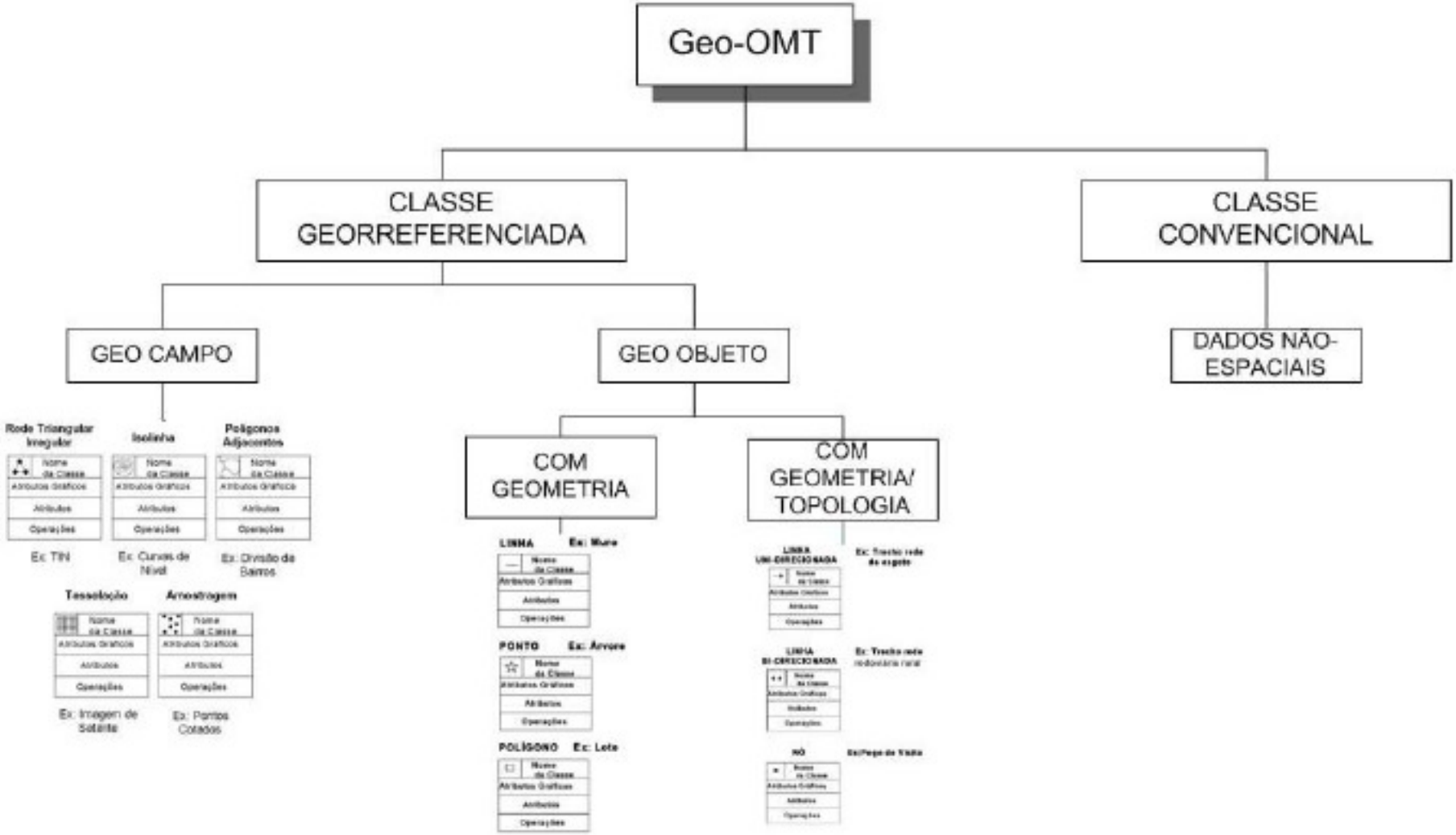
OMT-G: Geo-Objeto e Redes



Relação entre Conceitos e Estruturas de Dados

	Vetorial	Matricial
Campos temáticos	Polígono	Grade (de inteiros)
Cadastrais	Polígono	
Rede	Arco-nó	
Campos Numéricos	Malha triangular e Isolinhas / pontos	Grade regular (de reais)
Imagens		Matriz de bytes

Geo-OMT: MOO - Classes

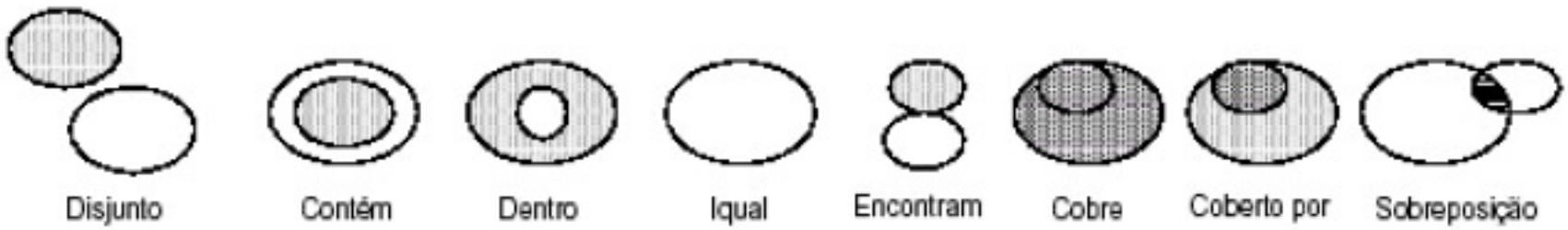


Modelo Geo-OMT: Relacionamentos (1)

Relacionamentos: as principais relações espaciais (topológicas) entre as classes georrefenciadas estão descritas abaixo:

- Disjunto;
- Contém;
- Dentro de;
- Toca;
- Sobrepõe
- Adjacente;
- Perto de;
- Acima/Abaixo;
- Entre;
- Coincide;
- Em frente a;
- À esquerda / à direita.

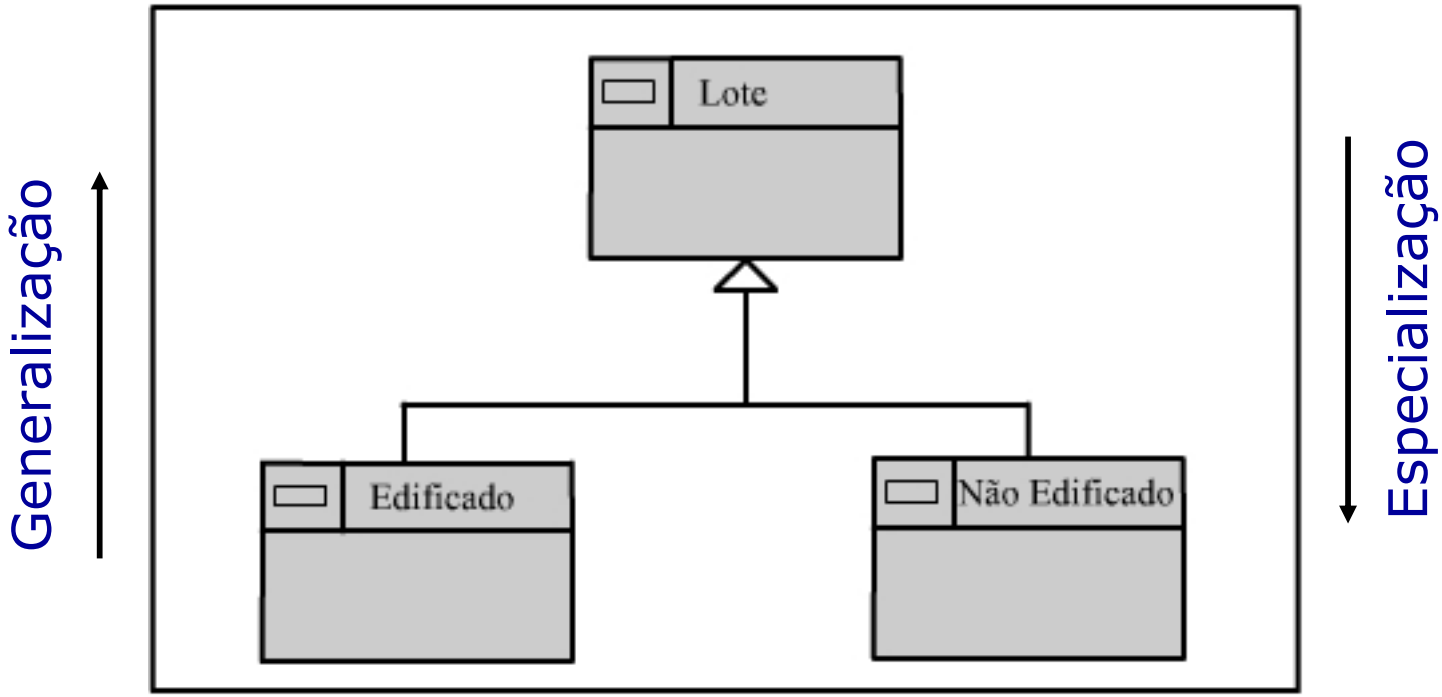
Modelo Geo-OMT: Relacionamentos (2)



Relacionamentos espaciais entre Polígonos

Modelo Geo-OMT: Generalização e Especialização

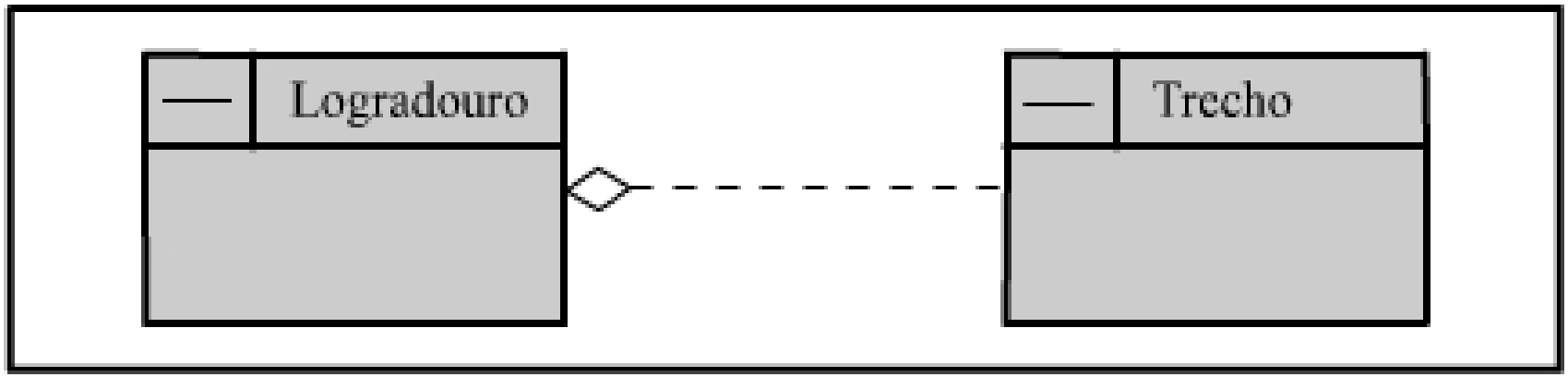
Generalização refere-se ao processo de definir classes genéricas (superclasses) a partir de classes com características semelhantes (subclasses).



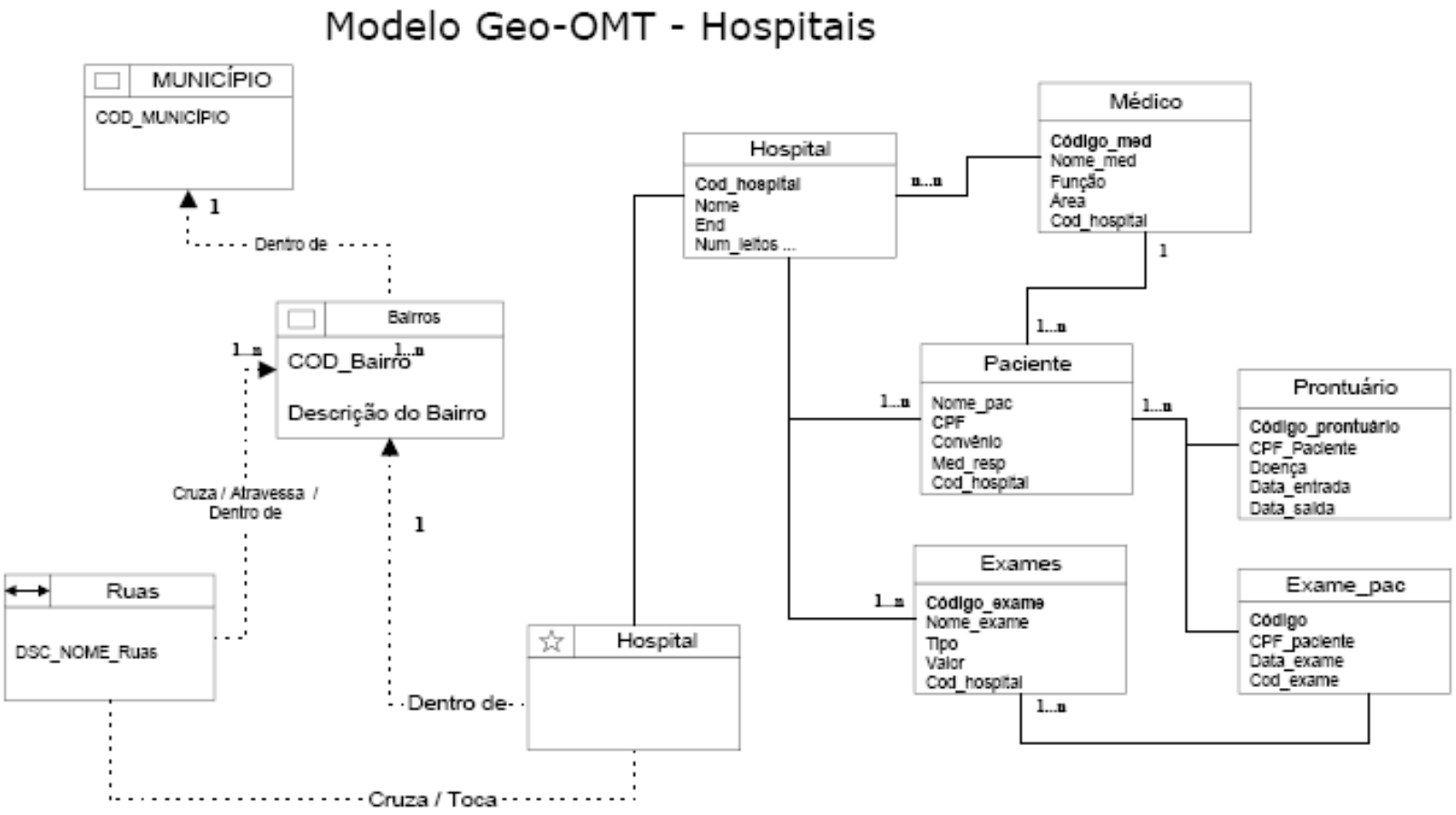
Modelo Geo-OMT: Agregação

- A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde um deles é considerado composto por outros.

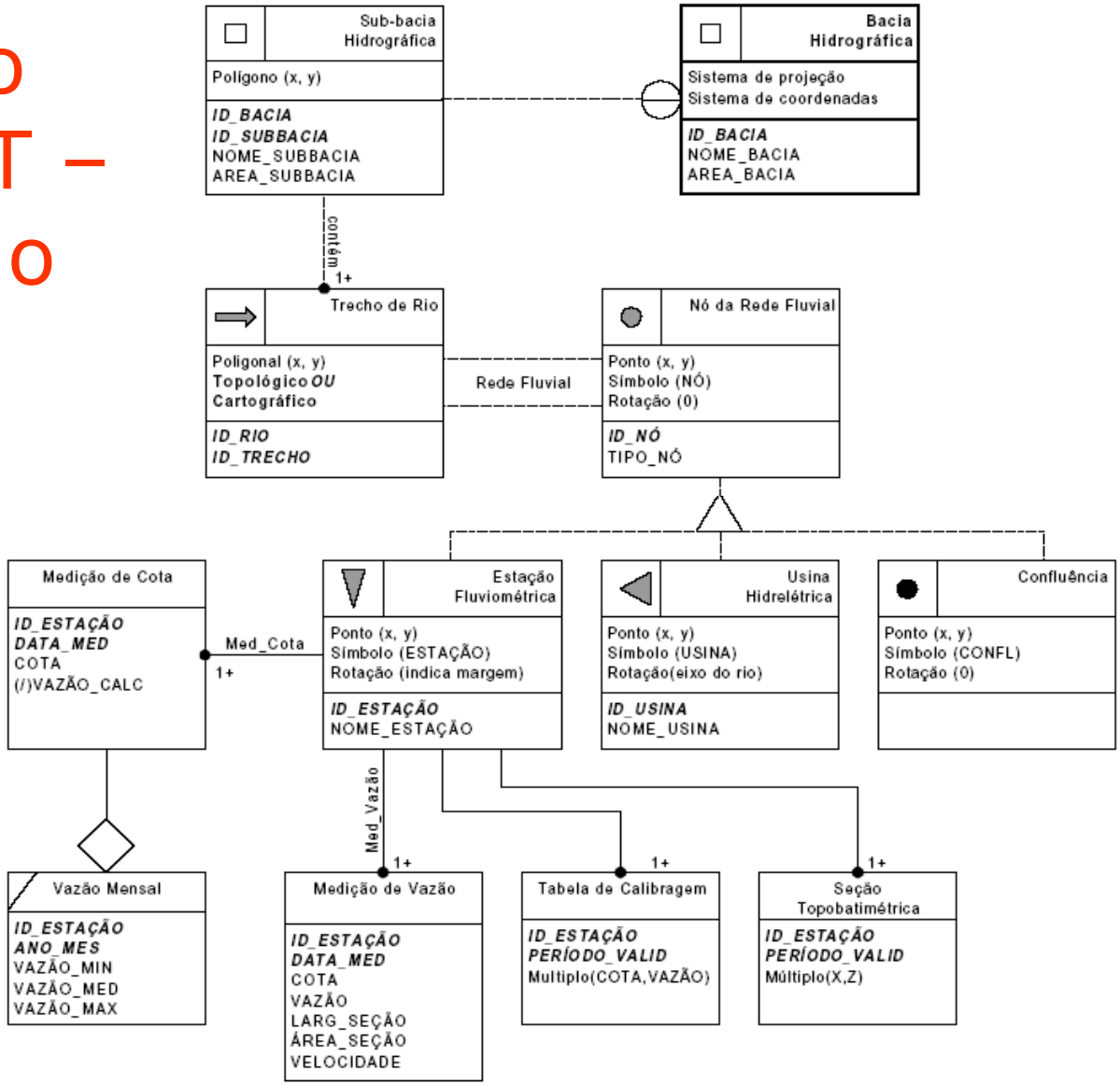
- Exemplo: o logradouro é composto por trechos.



Modelo Geo-OMT – Exemplo (1)



Modelo Geo-OMT – Exemplo (2)



Bibliografia (1)

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco; DAVIS, Clodoveu; VINHAS, Lúbia; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. **Bancos de Dados Geográficos.** Curitiba: Editora MundoGeo, 2005.

http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/

(OMT-G: Capítulo 3)

Bibliografia (2)

BORGES, Karla A.V. **Modelagem de Dados Geográficos: Uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas.** Belo Horizonte, 1997. 139p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Governo, Fundação João Pinheiro.

ALVES, M.E. O. **Modelagem de Sistemas de Informação Geográfica**. Dourados, MS: UNIGRAN - Centro Universitário da Grande Dourados. Disponível em <http://www.unigran.br/biblioteca/producaointelectual/sig.pdf> Acesso em 04/08/2004.

AGENDA 2

Apresentação

Conceitos fundamentais

Modelo Geo-OMT (OMT-G)

Exercícios

Exercício – sala de aula

- Encontrar favelas localizadas em regiões de difícil implantação de rede de água e esgoto na área de proteção ambiental da Represa de Guarapiranga
- Verificar as características econômicas das regiões que tem esgoto na área de Guarapiranga

"Encontrar favelas localizadas em regiões de difícil implantação de rede de água e esgoto na área de proteção ambiental de Guarapiranga"

- simplificadamente regiões de difícil implantação de redes de água e esgoto serão as áreas de declividade > 47 %
- as informações altimétricas da área de proteção estão em um mapa de curvas de nível

Favela

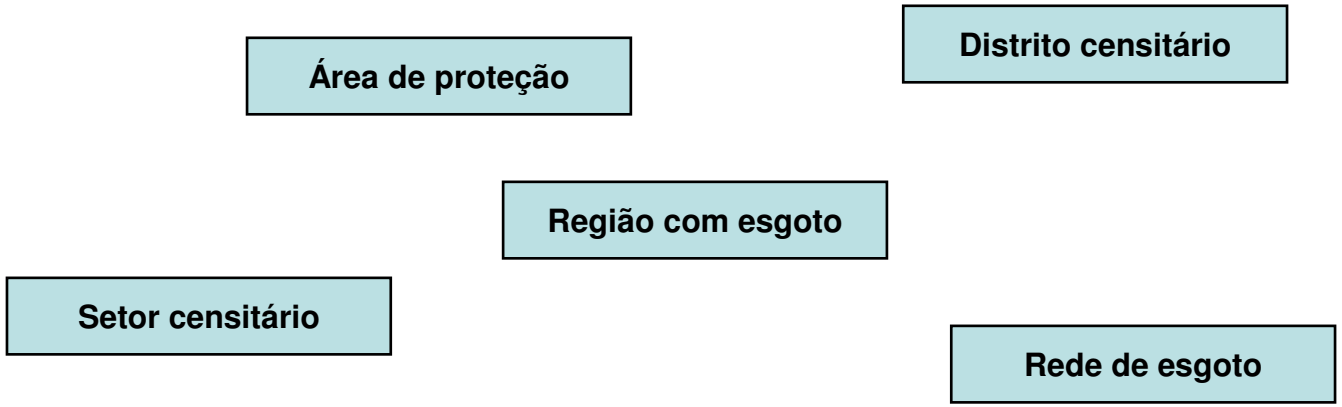
Declividade

Área de proteção

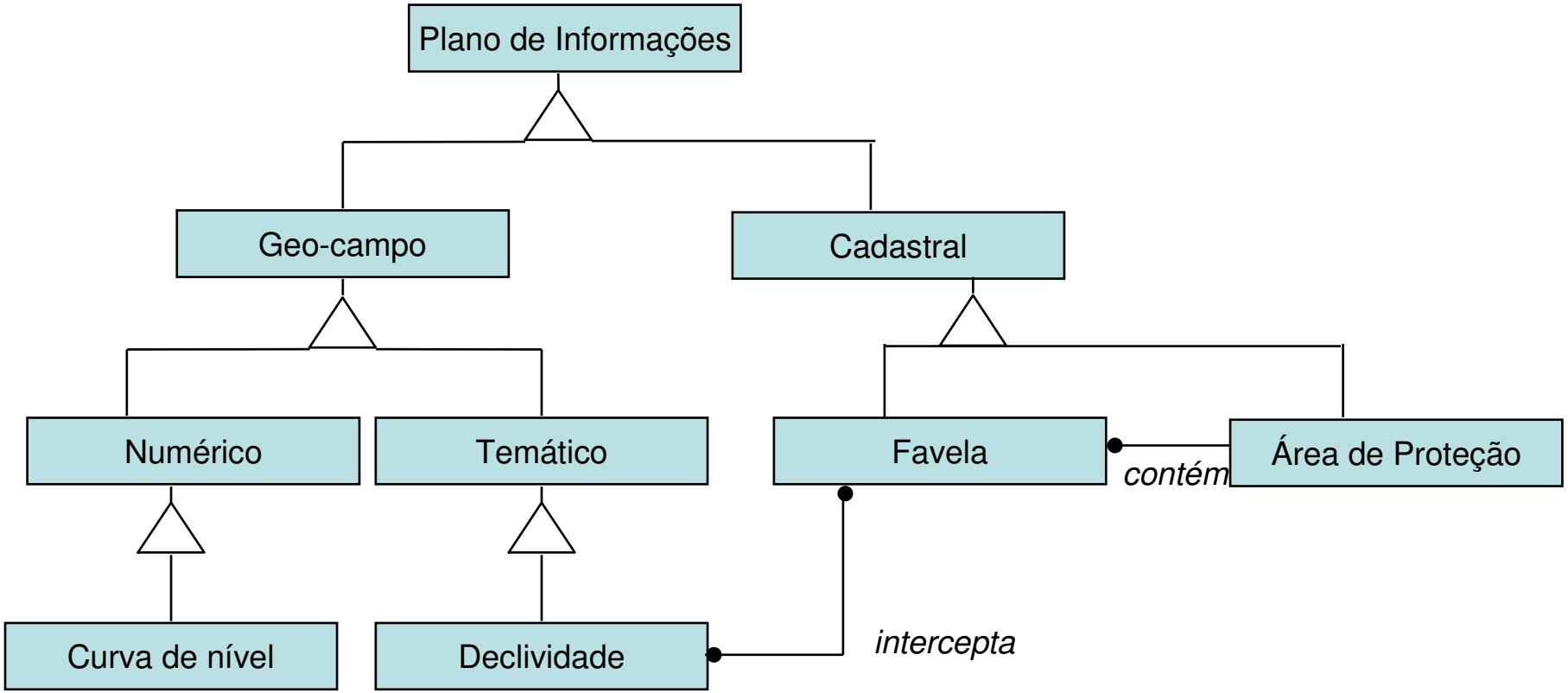
Curva de nível

"Verificar as características econômicas das regiões que tem esgoto na área de Guarapiranga"

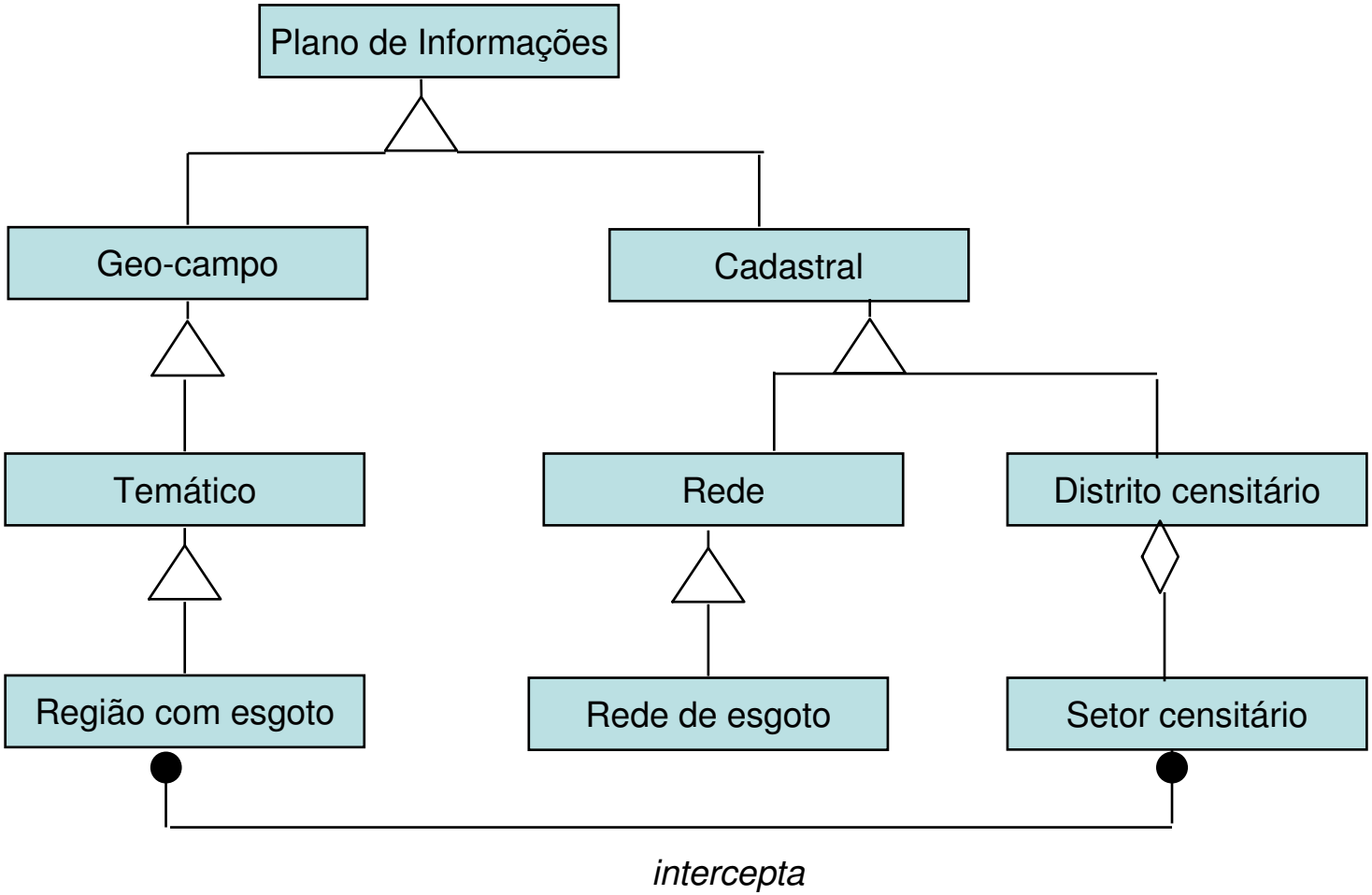
- temos para a área de Guarapiranga os distritos censitários com informações econômicas associadas
- os setores censitários estão dentro de distritos censitários
- temos mapeada a rede de esgoto da região

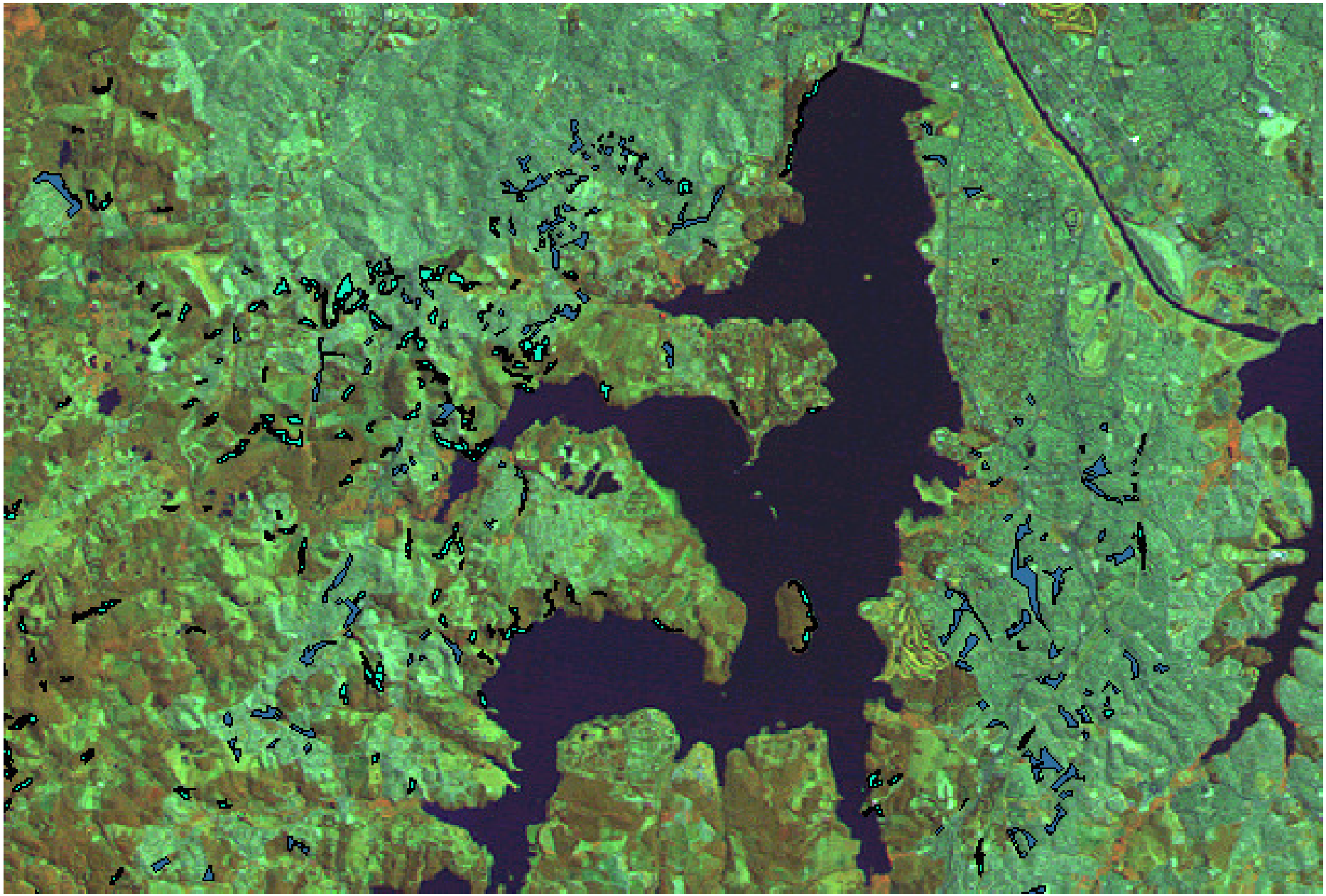


"Verificar as características econômicas das regiões que tem esgoto na área de Guarapiranga" (1)



"Verificar as características econômicas das regiões que tem esgoto na área de Guarapiranga" (2)





Exercício – para ser entregue na próxima aula

- Complementar o exercício da aula anterior, que utilizou a tabela extraída da Norma PNE199071-1, contendo as informações que devem ser disponibilizadas pelos equipamentos sensores quanto às variáveis atmosféricas.
- Propor um Diagrama de Classes UML, com extensão a dados espaciais, se possível, utilizar o Modelo Geo-OMT.
- Mostrar para cada classe seus atributos convencionais (alfanuméricos) e associá-las a outras classes ou complementá-las com atributos gráficos, de forma que a modelagem possa representar os conceitos de espacialidade - inerentes às condições do clima atmosférico.