

MODELAGEM DE FENÔMENOS GEOGRÁFICOS

Modelo de Dados OMT-G

Modelos de dados são conceitos que descrevem a estrutura e as operações em um banco de dados. Têm por objetivo **traduzir a realidade** (entidades e respectivos comportamentos) **para mais próximo da linguagem de máquina**.

Um modelo de dados geográficos deve:

- fornecer um alto nível de abstração;
 - representar e diferenciar os diversos tipos de dados envolvidos nas aplicações geográficas (ponto, linha, área, imagem, etc.);
 - representar tanto as relações espaciais e suas propriedades como também as associações simples e de rede;
 - ser capaz de especificar regras de integridade espacial;
 - ser independente de implementação;
-

Modelo de Dados OMT-G

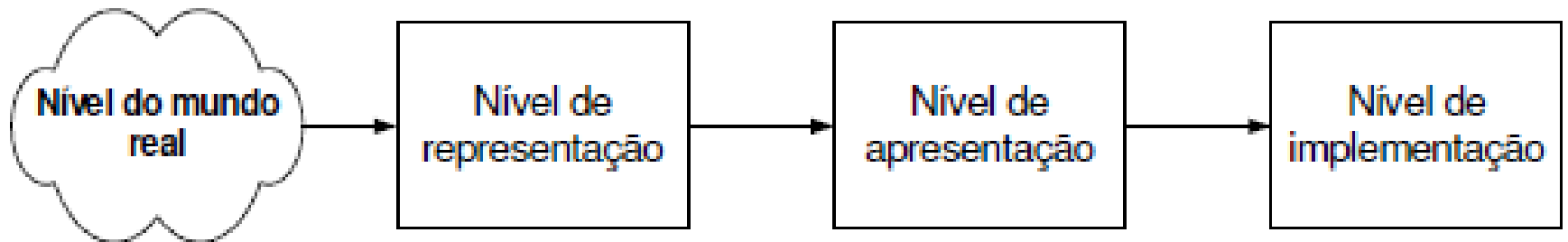
Deve também:

- suportar classes georreferenciadas e classes convencionais, assim como os relacionamentos entre elas;
 - ser adequado aos conceitos natos que o ser humano tem sobre dados espaciais, representando as visões de campo e de objetos;
 - ser de fácil visualização e compreensão;
 - utilizar o conceito de níveis de informação, possibilitando que uma entidade geográfica seja associada a diversos níveis de informação;
 - representar as múltiplas visões de uma mesma entidade geográfica, tanto com base em variações de escala, quanto nas várias formas de percebê-las;
 - ser capaz de expressar versões e séries temporais, assim como relacionamentos temporais.
-

Modelo de Dados OMT-G

Abstração dos objetos e fenômenos do mundo real, de modo a obter uma forma de representação conveniente, embora simplificada, que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados.

Modelos de dados são classificados de acordo com o nível de abstração empregado. Para aplicações geográficas, são considerados quatro níveis distintos de abstração:



Modelo de Dados OMT-G

Nível do mundo real: Contém os fenômenos geográficos reais a representar, como rios, ruas e cobertura vegetal;

Nível de representação conceitual: oferece um conjunto de conceitos formais com os quais as entidades geográficas podem ser modeladas da forma como são percebidas pelo usuário, em um alto nível de abstração.

Nível de apresentação: Oferece ferramentas com as quais se pode especificar os diferentes aspectos visuais que as entidades geográficas têm de assumir ao longo de seu uso em aplicações.

Nível de implementação: define padrões, formas de armazenamento e estruturas de dados para implementar cada tipo de representação, os relacionamentos entre elas e as necessárias funções e métodos.

Modelo de Dados OMT-G

O modelo OMT-G parte das primitivas definidas para o diagrama de classes da *Unified Modeling Language* (UML), introduzindo primitivas geográficas com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica daquele modelo.

Os principais pontos do modelo são sua expressividade gráfica e sua capacidade de codificação, uma vez que anotações textuais são substituídas pelo desenho de relacionamentos explícitos, que denotam a dinâmica da interação entre os diversos objetos espaciais e não espaciais.

Atua nos níveis de representação conceitual e apresentação.

Modelo de Dados OMT-G

Esse modelo propõe o uso de três diferentes diagramas no processo de desenvolvimento de uma aplicação geográfica:

- **Diagrama de classes:** no qual todas as classes são especificadas junto com suas representações e relacionamentos.
 - **Diagrama de transformação:** empregado quando o diagrama de classes especifica múltiplas representações ou a derivação de uma classe a partir de outra;
 - **Diagrama de apresentação:** usado para especificar as alternativas de visualização que cada representação pode assumir.
-

Modelo de Dados OMT-G

Definições Básicas de UML

- **Classe:** É a representação de um tipo abstrato de dados. Define *atributos* e *métodos* que implementam a estrutura de dados e as operações dos tipos abstratos de dados, respectivamente.

Uma classe abstrata representa uma coleção de características presentes em vários tipos de objetos, mas que não pode existir isoladamente. Por exemplo, podemos criar uma classe abstrata chamada *Animal*.

- **Objeto:** é uma instância de uma classe. Deve ser univocamente identificado pelo seu *nome* e definir um *estado* que é representado pelos valores dos *atributos* ao longo do tempo. O *estado* dos objetos muda de acordo com os *métodos* que lhe são aplicados. Esta seqüência de trocas de estado define o *comportamento* dos objetos.
-

Modelo de Dados OMT-G

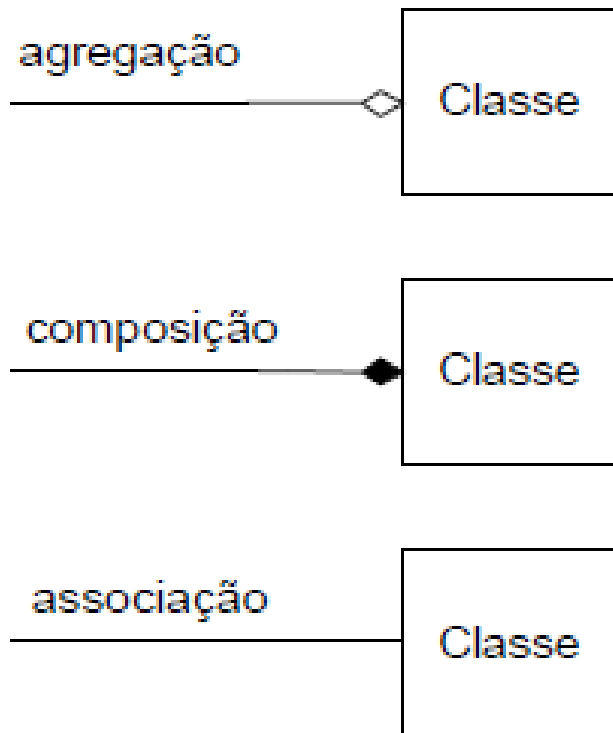
- **Atributos** (ou *propriedades*): são as características dos objetos. Quando definimos uma propriedade especificamos seu nome e seu tipo. Podemos fazer uma analogia entre as propriedades e as variáveis onde são armazenados os dados relacionados com os objetos.

- **Métodos**: são as funcionalidades associadas aos objetos. Quando estamos programando as classes as chamamos de métodos. Os métodos são como funções que estão associadas a um objeto.

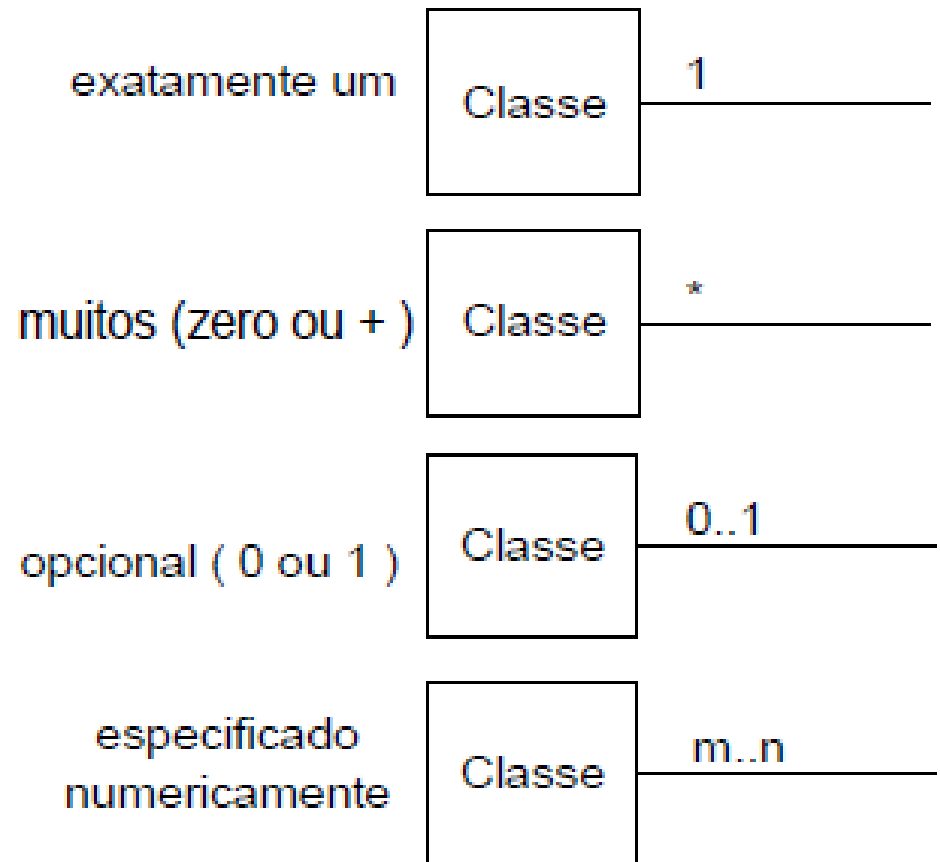
- **Associação**: indicação do relacionamento entre classes.

Agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde se considera que um deles é formado a partir de outros. No caso particular de agregação em que o objeto-parte não existe se não existir o objeto-todo, a associação tem o nome de **composição**.

Relacionamentos

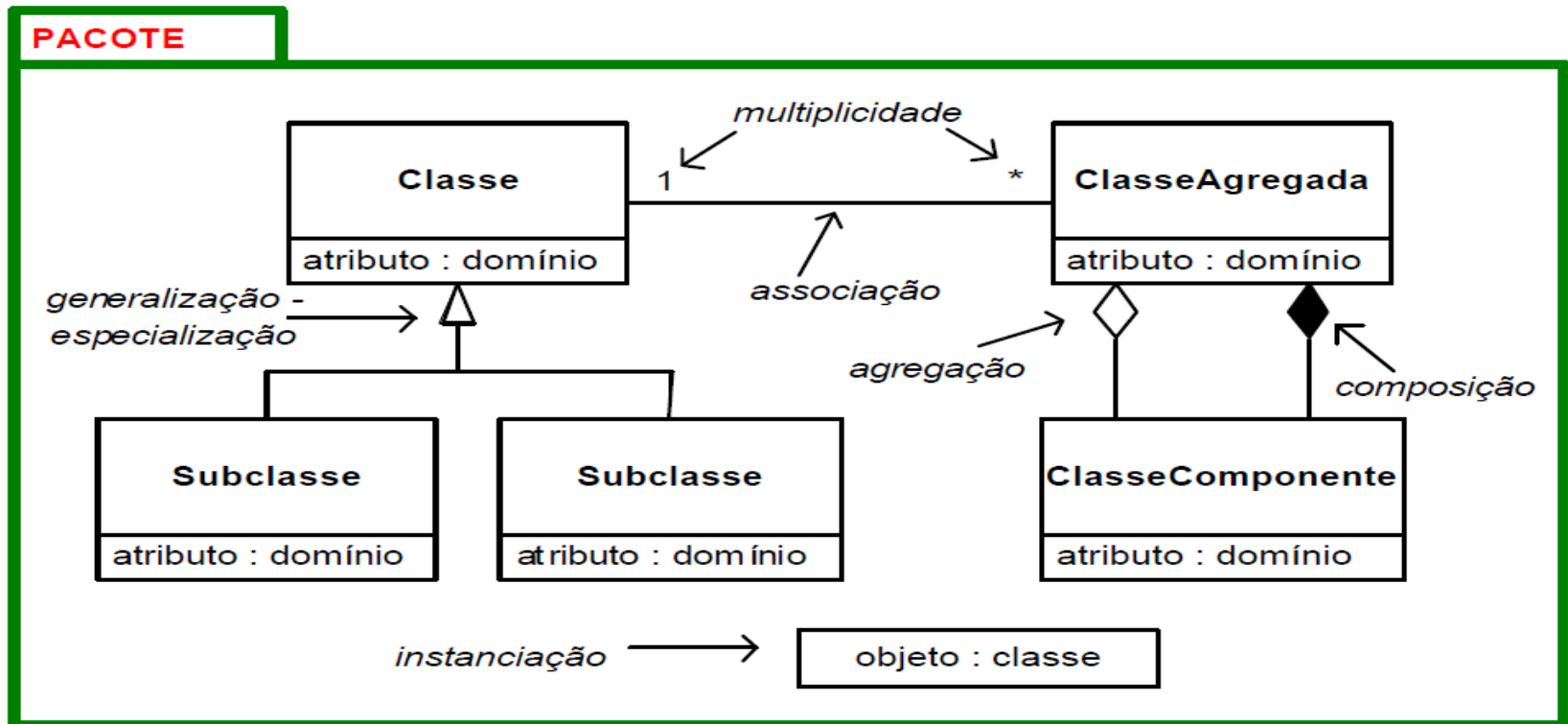


Multiplicidade



Modelo de Dados OMT-G

- **Especialização / Generalização:** Seu objetivo é identificar superclasses, chamadas gerais, e subclasses, chamadas especializadas. Significa ser capaz de incorporar os atributos e métodos de uma outra classe previamente definida (conceito de *herança*).

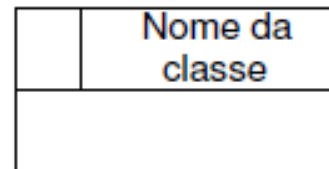
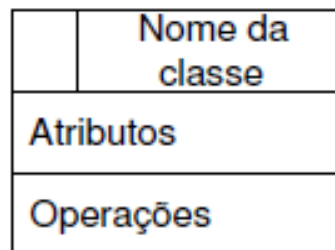


Modelo de Dados OMT-G


Particularidades do modelo OMT-G

As classes podem ser **georreferenciadas** ou **convencionais**. Essa distinção permite que aplicações diferentes compartilhem dados não espaciais.


A classe georreferenciada descreve um conjunto de objetos que possuem representação espacial e estão associados a regiões da superfície da terra, representando a visão de campos e de objetos. são simbolizadas no modelo OMT-G de forma semelhante à UML, incluindo no canto superior esquerdo um retângulo que é usado para indicar a forma geométrica da representação.




Rede triangular
irregular

	Temperatura


Isolinhas

	Curvas de nível


Subdivisão planar

	Pedologia

Tesselação


	Imagem LANDSAT

Amostras


	Pontos cotados

Geo-campos


Ponto

	Árvore

Linha


	Meio-fio

Polígono


	Edificação

Geo-objetos com geometria


Linha unidirecional

	Trecho de esgoto

Linha bidirecional

	Tubulação de água

Nó de rede

	Cruzamento

Geo-objetos com geometria e topologia

Modelo de Dados OMT-G

O modelo OMT-G representa três tipos de relacionamentos entre suas classes: ***associações simples, relacionamentos topológicos em rede e relacionamentos espaciais.***

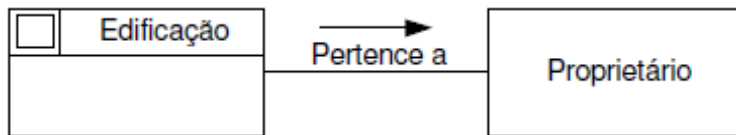
Associações simples são associações como na UML, envolvendo apenas classes convencionais.

Relacionamentos espaciais representam relações topológicas, métricas, de ordem e *fuzzy*. Relacionamentos topológicos definidos com base nas matrizes de 4 interseções e de 9 interseções têm sido adotados de forma crescente pelos SIG e SGBD espaciais comerciais.

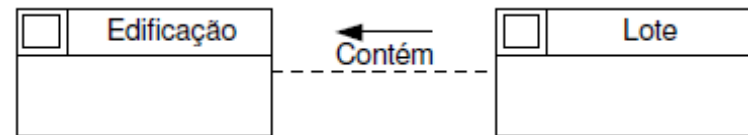
Modelo de Dados OMT-G

No modelo OMT-G, associações simples são indicadas por linhas contínuas, enquanto relacionamentos espaciais são indicados por linhas pontilhadas.

Os relacionamentos de rede são relacionamentos entre objetos que estão conectados uns com os outros, normalmente especificados entre uma classe de nós e uma classe de arcos. São indicados por *duas linhas pontilhadas paralelas*.



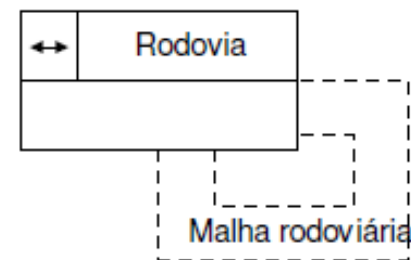
(a) Associação simples



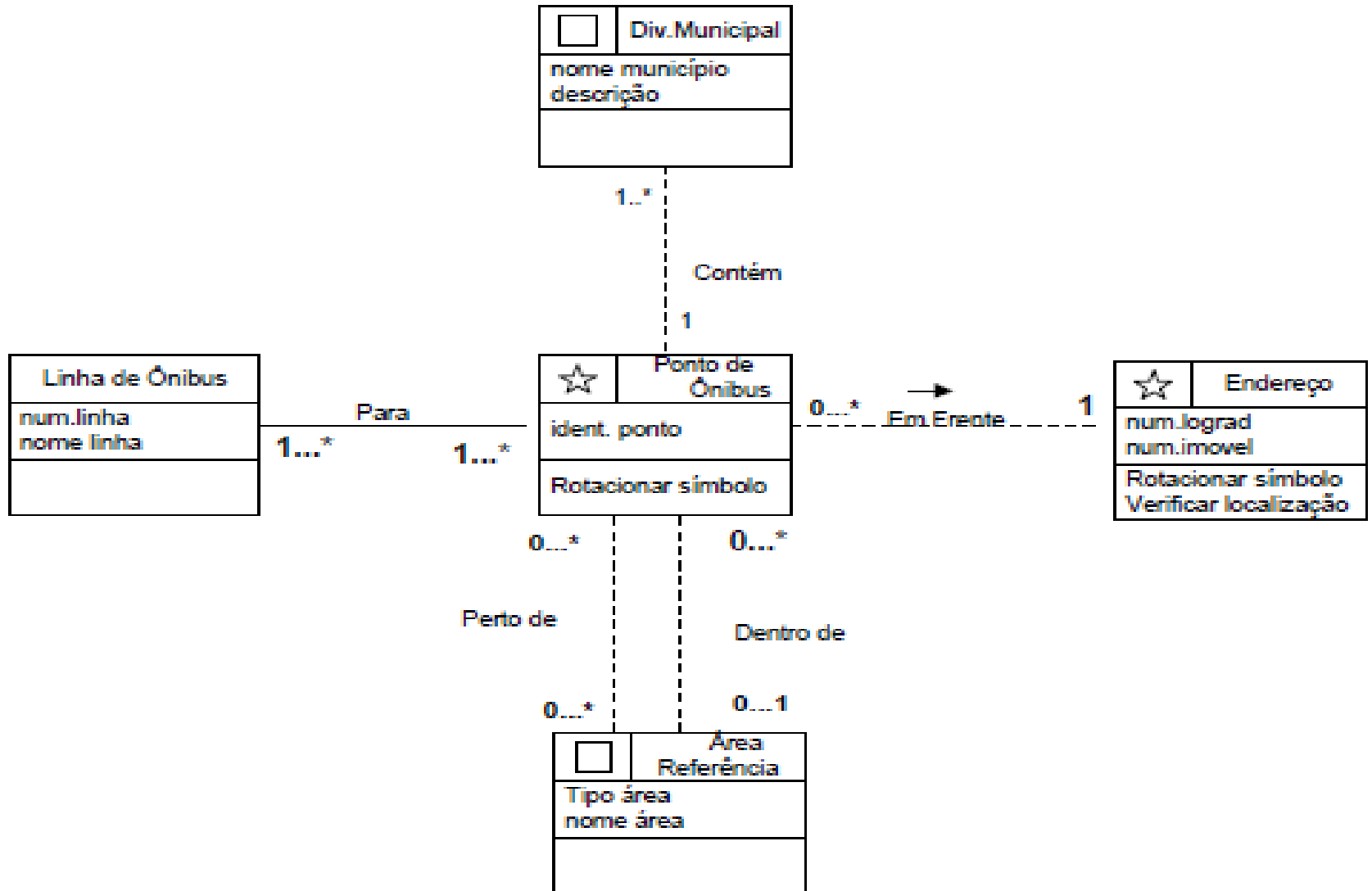
(b) Relacionamento espacial

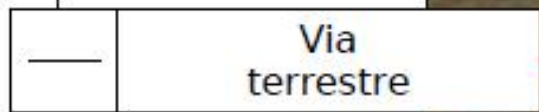
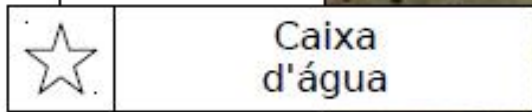
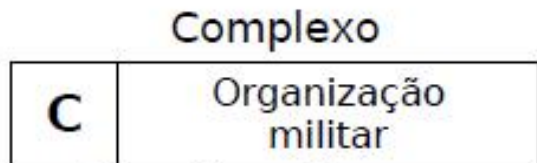


(c) Relacionamento de rede arco-nó



(d) Relacionamento de rede arco-arco





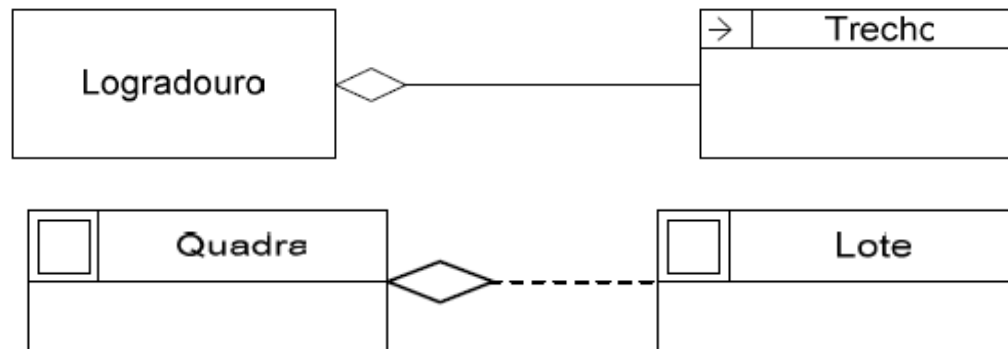
Modelo de Dados OMT-G

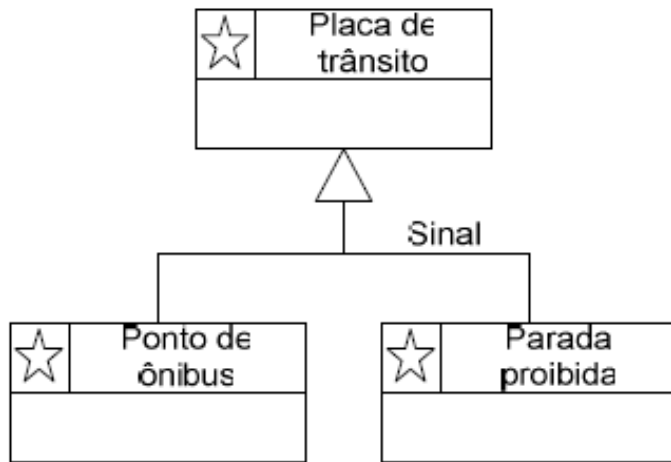
O modelo OMT-G também prevê a indicação de:

Generalização total: quando não há objetos em classes que não sejam as subclasses indicadas. Caso contrário, trata-se de uma *generalização parcial*. É indicada por um ponto no topo do símbolo.

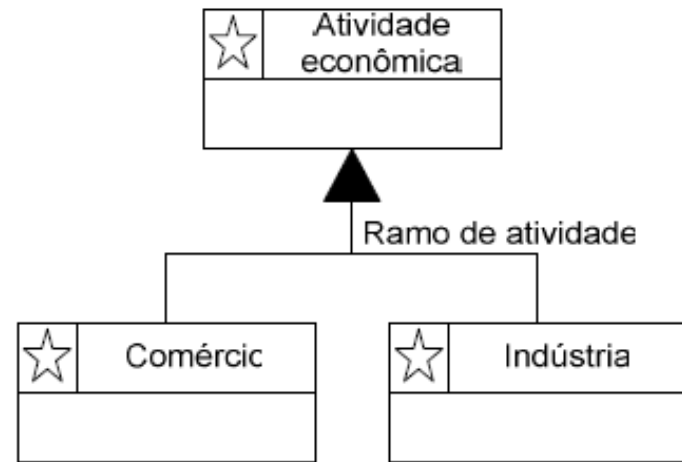
Generalização disjunta: cada objeto pode pertencer a apenas uma das subclasses. Caso contrário, trata-se de uma *generalização sobreposta*. Em uma generalização disjunta o triângulo é deixado em branco e em uma generalização sobreposta o triângulo é preenchido.

Agregação Espacial: ocorre quando a agregação envolve classes georreferenciadas. É possível, porém, a agregação entre uma classe convencional e uma georreferenciada, representada como uma agregação comum (UML).

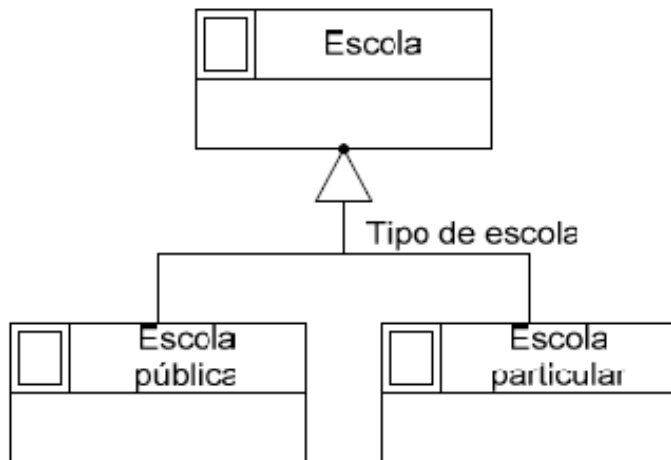




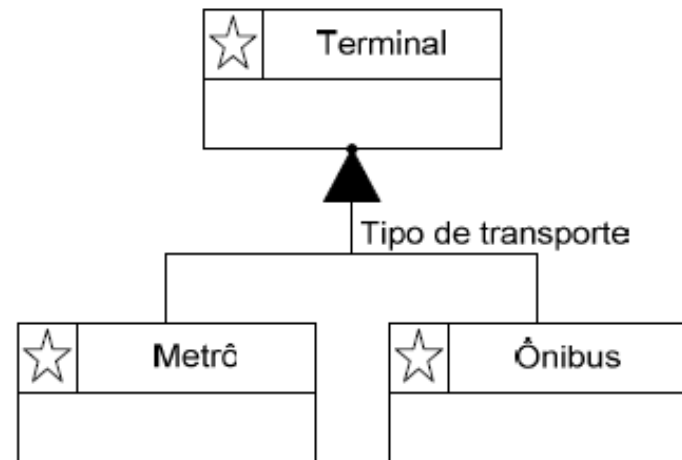
(a) Disjunto/parcial



(b) Sobreposto/parcial



(c) Disjunto/total



(d) Sobreposto/total

Modelo de Dados OMT-G

Generalização conceitual

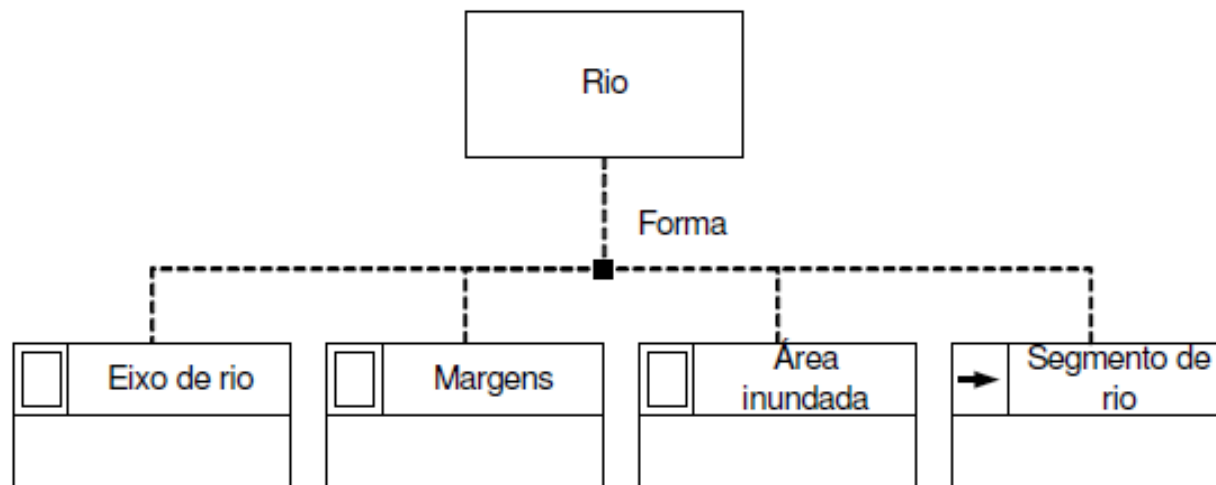
A primitiva de *generalização conceitual* foi incluída no modelo OMT-G para registrar a necessidade de representações diferentes para um mesmo objeto.

As subclasses são representadas por formas geométricas distintas, podendo herdar os atributos alfanuméricos da superclasse e ainda possuir atributos próprios.

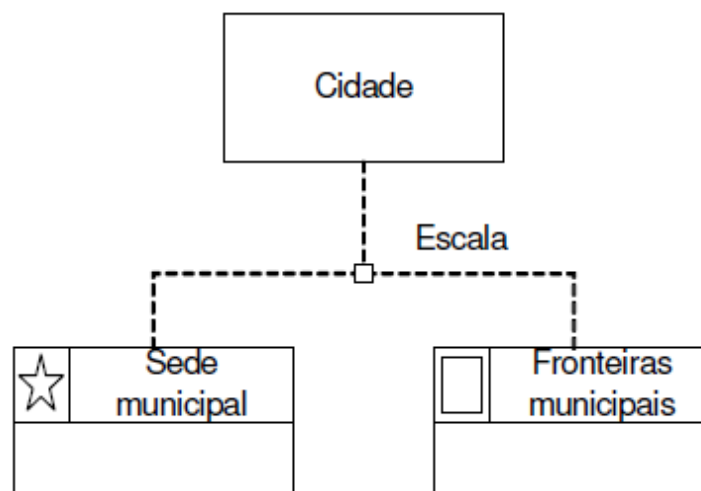
Pode ocorrer em duas variações: de acordo com a ***forma geométrica*** ou de acordo com a ***escala***.

A variação de acordo com a forma é utilizada para registrar a existência de ***múltiplas representações para uma classe, independente de escala***.

A variação de acordo com a escala é usada na representação de diferentes aspectos geométricos de uma classe, ***cada aspecto corresponde a uma faixa de escalas***.



(a) Variação de acordo com a forma (sobreposto)



(b) Variação de acordo com a escala (disjunto)

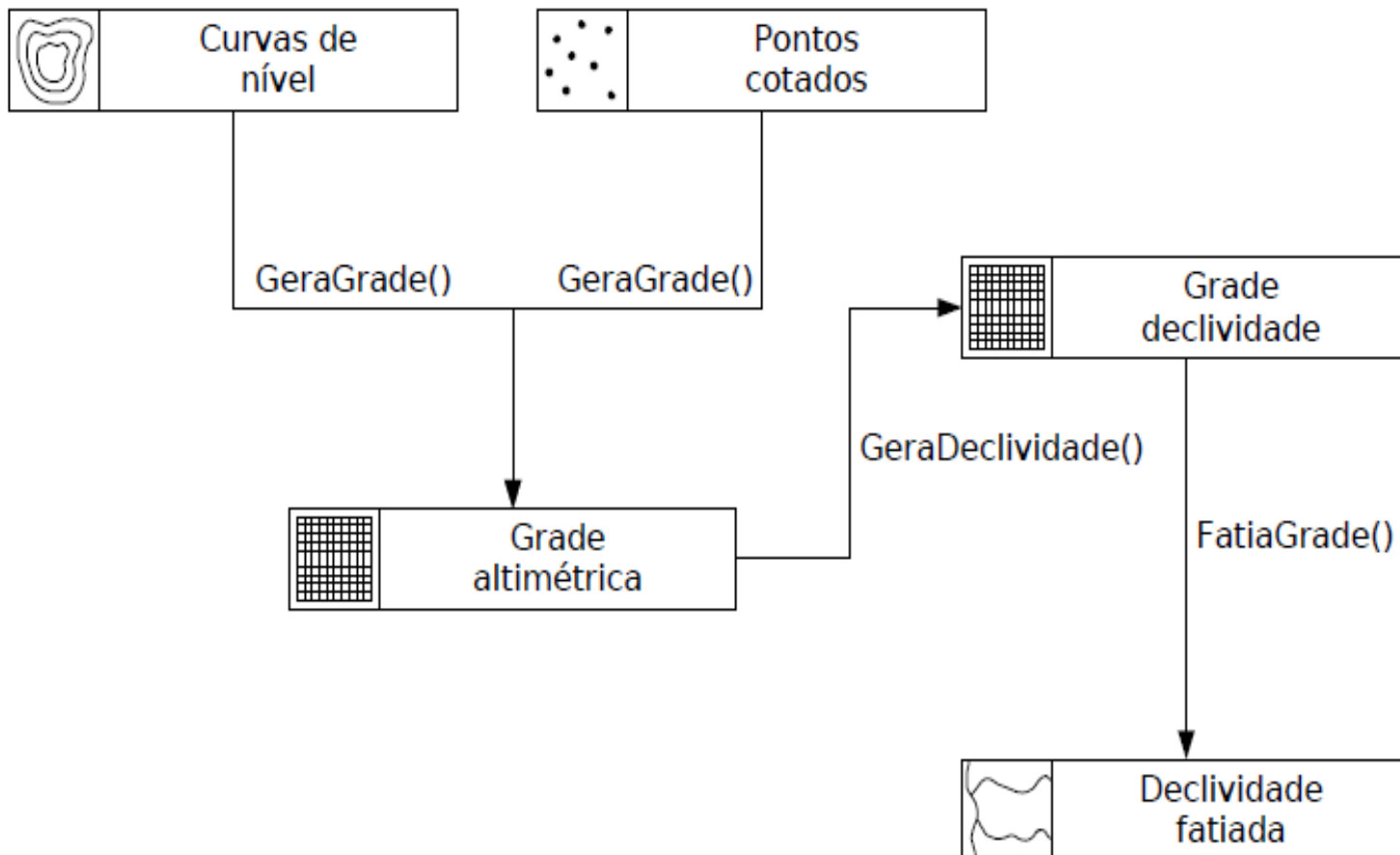
Modelo de Dados OMT-G

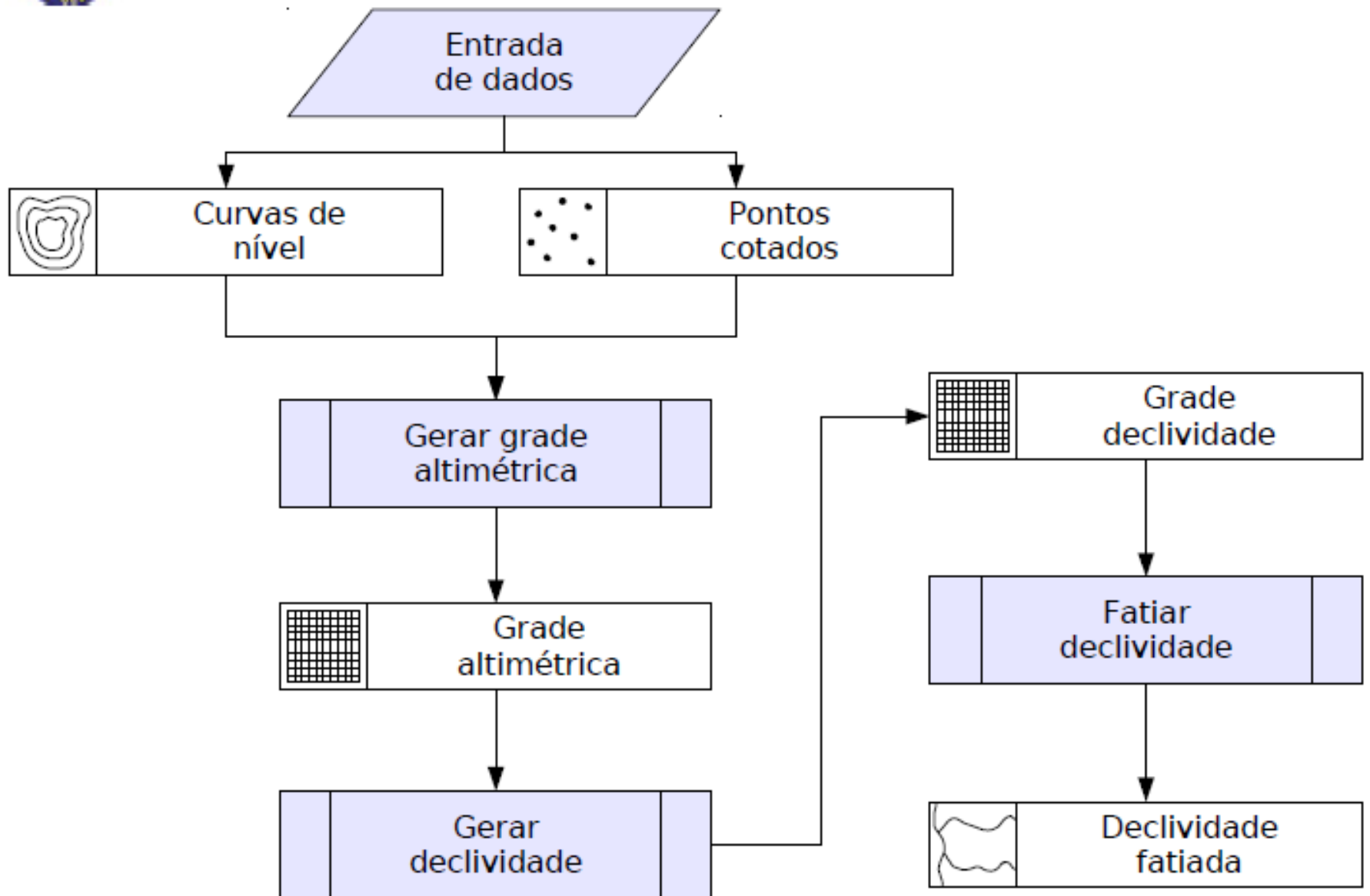
Diagrama de transformação

Adota uma notação semelhante à proposta na UML para os diagramas de estados e de atividades e é usado para ***especificar transformações entre classes***. Como tanto a origem quanto o resultado das transformações são sempre as representações de cada classe, o diagrama de transformação também está no **nível conceitual de representação**.

As classes que estão envolvidas em algum tipo de transformação são conectadas por meio de *linhas contínuas*, com setas que indicam a direção da transformação. Os operadores de transformação envolvidos e seus parâmetros, quando houver, são indicados por meio de texto sobre a linha que indica a transformação.

É possível indicar se o resultado da transformação precisa ou não ser materializado. Classes armazenadas apenas temporariamente são indicadas usando linhas tracejadas em seu contorno. As classes resultantes de alguma transformação e que precisam ser materializadas são denotadas com linhas contínuas.





Modelo de Dados OMT-G

Diagrama de apresentação

O diagrama de apresentação para o modelo OMT-G pertence ao **nível de apresentação**. Em contraste com o conceito de representação, o termo apresentação é usado no sentido de **determinar o aspecto visual ou gráfico** (envolvendo parâmetros como cor, tipo de linha, espessura da linha e padrão de hachura), de geo-objetos e geo-campos, no papel ou na tela do computador.

Cada apresentação é definida a partir de uma representação contida no diagrama de classes ou no diagrama de transformação do nível de representação.

Cada classe georreferenciada especificada no diagrama de classes precisa ter **pelo menos uma apresentação** correspondente especificada no diagrama de apresentação. Caso exista mais de uma apresentação para uma dada representação, uma delas deve ser identificada como a *default*.

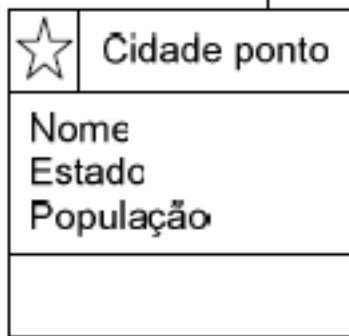
Necessita de apenas três primitivas.

a) A primeira é a própria **primitiva de classes**, definida para os diagramas de classes e de transformação;

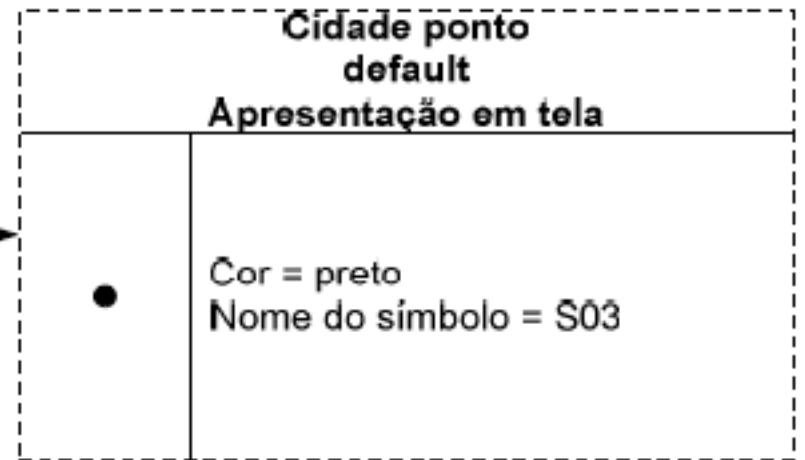
b) A segunda é usada para indicar a **operação de transformação para apresentação** (TA), como a usada para denotar as transformações no diagrama de transformação. As linhas indicando operações TA são tracejadas para distingui-las visualmente das operações TR, especificadas no diagrama de transformação com linhas contínuas;

c) A terceira primitiva serve para **especificar uma apresentação**, e contém duas seções.

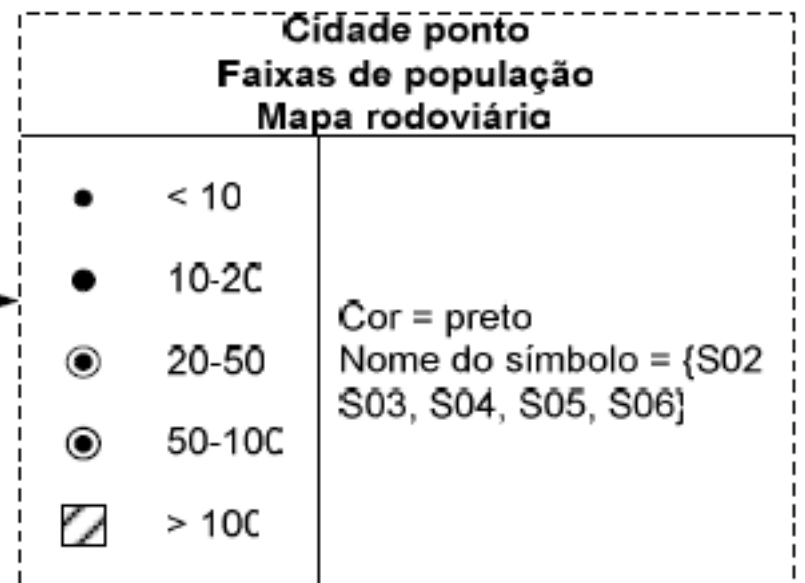
- A seção superior indica o nome da classe, o nome da apresentação, e a aplicação na qual é usada;
 - A segunda é dividida em duas partes: à esquerda, um pictograma indica o aspecto visual dos objetos após a transformação e à direita são lançadas especificações mais precisas quanto aos atributos gráficos (cor da linha, tipo e espessura de linha, padrão de preenchimento, cor de preenchimento, e nome do símbolo).
-



ApresentarSimbolo()



Simbolizar(População / 1000)



Modelo de Dados OMT-G

Restrições de integridade espaciais

Restrições de integridade topológica são definidas através de regras para:

- *geo-campos,*
- *relacionamentos espaciais,*
- *relacionamentos em rede, e*
- *para agregação espacial.*

Restrições de integridade semântica são definidas através de regras associadas a relacionamentos espaciais.

Restrições de integridade definidas pelo usuário podem ser modeladas como métodos associados a cada classe.

Modelo de Dados OMT-G

Restrições de integridade espaciais - Geo-campos

Restrição de Preenchimento do Plano: Seja C um geo-campo e seja P um ponto no espaço, o valor de C em P pode ser univocamente determinado.

Isolinhas: Sejam $n+1$ pontos no plano e n segmentos que conectem esses pontos. Esses segmentos formam uma isolinha L se, e somente se,

- (1) a interseção dos segmentos adjacentes em L ocorre apenas no ponto extremo compartilhado pelos segmentos;
- (2) segmentos não adjacentes não se interceptam; e
- (3) o valor de C em cada ponto P é constante.

Tesselação: Sejam C um geo-campo e T um conjunto de células de forma regular que cobrem C . T é uma tesselação de C se, e somente se, para qualquer ponto P , existe exatamente uma célula correspondente e, para cada célula, o valor de c é determinado.

Modelo de Dados OMT-G

Restrições de integridade espaciais - Geo-campos

Subdivisão Planar: Sejam C um geo-campo e A um conjunto de polígonos contidos no espaço. A forma uma subdivisão planar que representa C se, e somente se, para qualquer ponto P existir EXATAMENTE um polígono correspondente para o qual o valor de C é determinado (os polígonos não se sobrepõem e cobrem C completamente).

Malha Triangular: Sejam C um geo-campo e T um conjunto de triângulos contidos no espaço. T forma uma malha triangular que representa C se, e somente se, para qualquer ponto P existir EXATAMENTE um triângulo correspondente para o qual o valor de C é determinado em todos os vértices de T .

Modelo de Dados OMT-G

Restrições de integridade espaciais - relacionamentos espaciais

touch: aplica-se a pares de geometrias dos tipos região/região, linha/linha, linha/região, ponto/região e ponto/linha:

$$\langle \lambda_1, touch, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^\circ = \emptyset) \wedge$$

$$((\partial \lambda_1 \cap \lambda_2^\circ \neq \emptyset) \vee (\lambda_1^\circ \cap \partial \lambda_2 \neq \emptyset) \vee (\partial \lambda_1 \cap \partial \lambda_2 \neq \emptyset))$$

in: aplica-se a pares de geometrias com qualquer combinação de tipos:

$$\langle \lambda_1, in, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^\circ \neq \emptyset) \wedge (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^- = \emptyset) \wedge (\partial \lambda_1 \cap \lambda_2^- = \emptyset)$$

cross: aplica-se a pares de geometrias dos tipos linha/linha e linha/região. No caso de linha/região, temos:

$$\langle L, cross, R \rangle \Leftrightarrow (L^\circ \cap R^\circ \neq \emptyset) \wedge (L^\circ \cap R^- \neq \emptyset)$$

No caso de linha/linha, temos:

$$\langle L_1, cross, L_2 \rangle \Leftrightarrow \dim(L_1^\circ \cap L_2^\circ) = 0$$

Modelo de Dados OMT-G

Restrições de integridade espaciais - relacionamentos espaciais

overlap: aplica-se a pares de geometrias dos tipos região/região e linha/linha. No caso de região/região, temos:

$$\langle A_1, \text{overlap}, A_2 \rangle \Leftrightarrow (A_1^{\circ} \cap A_2^{\circ} \neq \emptyset) \wedge (A_1^{\circ} \cap A_2^{-} \neq \emptyset) \\ \wedge (A_1^{-} \cap A_2^{\circ} \neq \emptyset)$$

No caso de linha/linha, temos:

$$\langle L_1, \text{overlap}, L_2 \rangle \Leftrightarrow (\dim(L_1^{\circ} \cap L_2^{\circ}) = 1) \wedge (L_1^{\circ} \cap L_2^{-} \neq \emptyset) \\ \wedge (L_1^{-} \cap L_2^{\circ} \neq \emptyset)$$

disjoint: aplica-se a pares de geometrias com qualquer combinação de tipos:

$$\langle \lambda_1, \text{disjoint}, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^{\circ} \cap \lambda_2^{\circ} = \emptyset) \wedge (\partial \lambda_1 \cap \lambda_2^{\circ} = \emptyset) \wedge \\ (\lambda_1^{\circ} \cap \partial \lambda_2 = \emptyset) \wedge (\partial \lambda_1 \cap \partial \lambda_2 = \emptyset)$$
