Modelagem de Dados Geográficos (2)

8646 caracteres

Na edição passada, foram apresentados os principais conceitos sobre modelagem de dados geográficos, destacando sua importância no desenvolvimento de aplicações de geoprocessamento. Também foram apresentados alguns dos recursos de representação de informações geográficas do modelo Geo-OMT, incluindo a classificação dos fenômenos em geo-campos e geo-objetos, e as formas básicas de relacionamento entre eles. Nesta continuação, vamos apresentar outras maneiras de representar relacionamentos entre dados espaciais, que nos permitirão construir modelos de aplicações reais.

O modelo Geo-OMT, como outros modelos orientados a objetos, introduz uma primitiva de *generalização*, que permite representar classes mais genéricas (*superclasses*) a partir de classes com características semelhantes (*subclasses*). O processo inverso é a *especialização*: classes mais específicas são detalhadas a partir de classes genéricas, adicionando-se novas propriedades na forma de atributos. Cada subclasse *herda* atributos, operações e associações da superclasse. A noção de herança, também típica de sistemas orientados a objetos, é muito útil em modelagem, por oferece um recurso ideal para a compreensão de fenômenos complexos em graus variáveis de detalhamento.

No modelo Geo-OMT, as abstrações de generalização e especialização se aplicam tanto às classes georreferenciadas como às classes convencionais, utilizando um triângulo para interligar uma superclasse à suas subclasses. (Figura 1). Se as propriedades gráficas (por exemplo, cor, tipo de linha, etc.) variarem nas subclasses, é utilizada a g*eneralização espacial*. Esse tipo de generalização é útil para registrar que deve existir uma distinção *visual* entre as subclasses, que não pode ser desconsiderada na implementação. A notação utilizada na generalização espacial só varia no tipo de linha utilizada na ligação entre a superclasse e as subclasses: são utilizadas linhas pontilhada em lugar das contínuas (Figura 1).

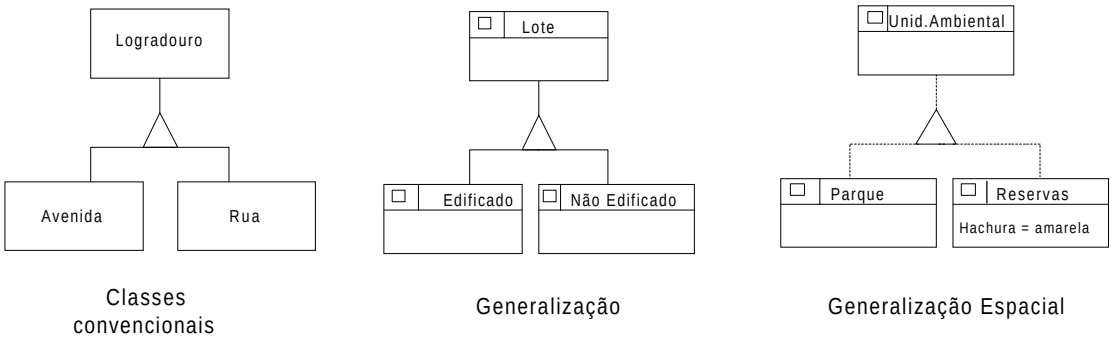

Figura 1 - Generalização

Uma generalização (espacial ou não) pode ser especificada como *total* ou *parcial*. A generalização é total quando todas as instâncias da superclasse pertencem a alguma subclasse. Quando se pode garantir que isso ocorre, utiliza-se um ponto no ápice do triângulo. Quando existe a possibilidade de que alguma instância da superclasse pertença

a mais de uma subclasse, ou seja, que existe *superposição* entre elementos de subclasses diferentes, utiliza-se um triângulo preenchido. No caso contrário, ou seja, cada instância da superclasse pertence a apenas uma subclasse, diz-se que as subclasses são *disjuntas*. O caso mais comum em generalização é o de combinação de disjunção e totalidade, ou seja, cada instância da superclasse pertence a exatamente uma subclasse. Já na especialização podem ocorrer outras combinações, uma vez que é possível que instâncias das subclasses não existam na superclasse. A Figura 2 apresenta todas as combinações de disjunção e totalidade possíveis.

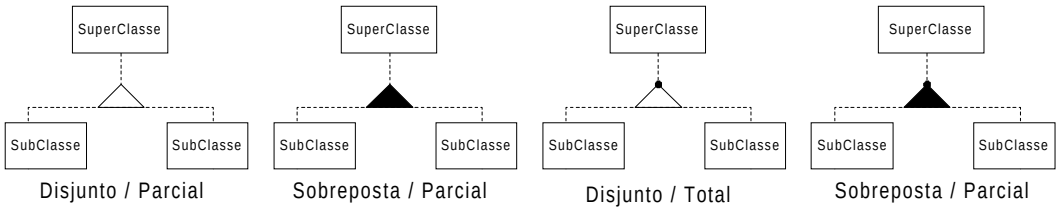

Figura 2 - Generalização espacial

O modelo Geo-OMT inclui uma primitiva de *agregação*. A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde um deles é composto de outros. O relacionamento entre o objeto primitivo e seus agregados é do tipo "é-parte-de" e o relacionamento inverso "é-componente-de". Quando a agregação for entre classes georreferenciadas, a linha que representa a associação deve ser pontilhada. Uma agregação pode ocorrer entre classes convencionais, entre classes georreferenciadas e entre classes georreferenciadas e classes convencionais.

A Figura 3 exemplifica o uso desta notação. No exemplo, o logradouro é uma agregação de trechos de logradouro. Se o logradouro tiver que existir geograficamente, a partir da junção de trechos, como uma única linha, ele será uma agregação entre classes georreferenciadas, e portanto utiliza-se linha pontilhada. No entanto, se o logradouro não for representado graficamente, correspondendo apenas a um cadastro de logradouros, ele será uma agregação entre uma classe convencional e uma classe georreferenciada. Neste caso, utiliza-se linha contínua, e a visualização do logradouro somente será possível através dos trechos.

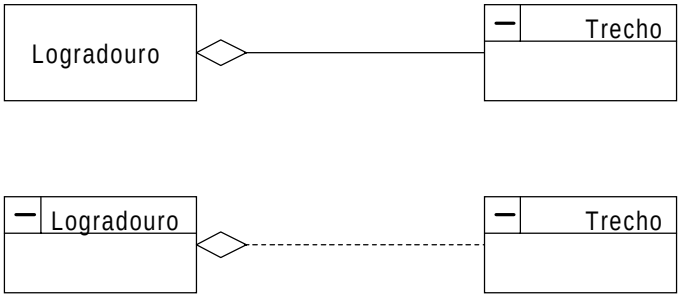

Figura 3 - Exemplo de agregação

Existe um caso especial de agregação, denominado *agregação espacial "todo-parte"*, onde são explicitados relacionamentos topológicos. Corresponde a situações em que um

determinado elemento geográfico é *subdividido* em outros, ou é formado pela *união* de outros, ou ainda *contém* outros. Em cada caso, a interseção da geometria de cada parte com a geometria do todo é não-nula. A Figura 4 contém exemplos dessas três possibilidades.

Na estrutura s*ubdivisão espacial*, o todo é subdividido em partes de mesma natureza geométrica, e a geometria do todo é coberta pela geometria das partes (por exemplo, a quadra é subdividida em lotes; para que um lote exista, a quadra já deve existir). A estrutura *união espacial* é o inverso da subdivisão espacial: o todo é formado a partir da união das partes. A diferença entre elas está na origem da geometria do todo (por exemplo, uma quadra é uma união de lotes; a quadra não existe sem que os lotes existam primeiro). Na estrutura *contém*, a geometria do todo contém a geometria da partes. Objetos de naturezas geométricas diferentes podem estar contidos no todo, sem a obrigação de preencher completamente o espaço total (por exemplo, edificações dentro de um lote).

A utilização da agregação espacial "todo-parte" impõe restrições de integridade espacial no que diz respeito à existência do objeto agregado e dos sub-objetos. Além do modelo ganhar mais clareza e expressividade, a observação dessas regras contribui para a manutenção da integridade do banco de dados geográfico. Muitos erros no processo de entrada de dados podem ser evitados se procedimentos baseados nessas restrições forem implementados.

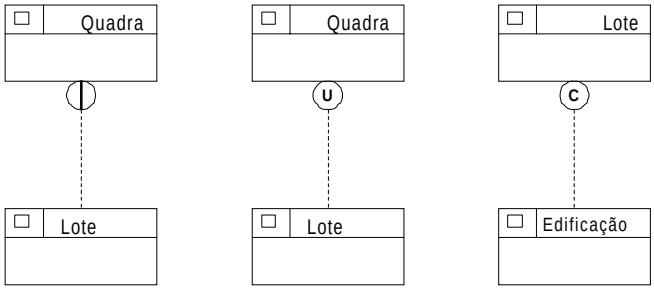

Figura 4 - Agregação espacial

Em Cartografia, a generalização é uma operação que, por meio de transformações na forma de representação visual das informações espaciais, procura melhorar a legibilidade e compreensão dos dados em diferentes escalas. Por exemplo, uma cidade pode ser representada por um ponto em um mapa, e por um polígono em outro, de escala maior. No entanto, em geoprocessamento, deseja-se que o banco de dados subjacente seja único, e portanto é necessário permitir que entidades geográficas possam ter múltiplas formas de representação em escalas diferentes. Também existem situações em que se quer permitir representações variadas na mesma escala, cada qual adequada a uma finalidade de comunicação ou utilização cartográfica diferente. Para que fosse possível explicitar estes dois casos, o modelo Geo-OMT introduziu a primitiva espacial chamada de *generalização cartográfica*. A generalização cartográfica é usada para representar uma classe (superclasse) que é percebida por diferentes visões, que alteram a sua natureza gráfica. As subclasses possuem formas geométricas que as diferem da superclasse, porém herdam os atributos alfanuméricos.

A notação para *generalização cartográfica* é um quadrado interligando uma superclasse à suas subclasses. Para diferenciar entre os dois casos, é usada a letra E para *variação por escala* e a letra F para *variação pela forma*. O quadrado será vazado para representar a restrição de disjunção, e preenchido para indicar sobreposição (Figura 5).

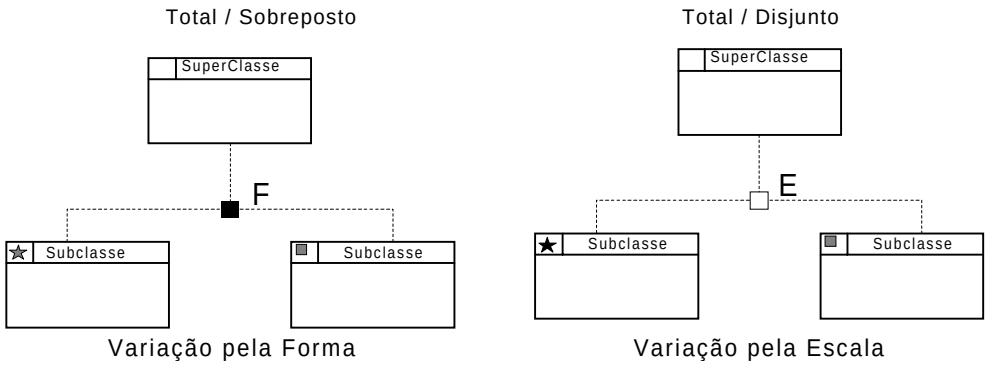

Figura 5 - Generalização cartográfica

Exemplo

A Figura 6 apresenta um modelo de dados simplificado, para uma aplicação de geoprocessamento em hidrologia: um banco de dados hidrológico georreferenciado. As unidades espaciais básicas são a bacia hidrográfica, que se divide em subbacias, e os rios contidos nelas. Cada um dos rios está segmentado em trechos (arcos) e nós, formando uma rede fluvial. Observe-se que os arcos poderão ser representados tanto da maneira tradicional, cartográfica, como de maneira esquemática (representação topológica). Os nós são inicialmente especializados entre confluências, usinas hidrelétricas e estações fluviométricas, cada qual com sua representação gráfica específica. Caso surjam outras especializações ao longo do ciclo de vida da aplicação, estas poderão ser facilmente incorporadas ao modelo. As estações fluviométricas estão relacionadas com diversas séries temporais, como vazões e cotas, obtidas pela observação diária do rio ou por meio de cálculos hidrológicos. Existe também uma série de vazões mensais, formada pela agregação de valores diários. Em cada classe, estão relacionados os atributos alfanuméricos que serão considerados pela aplicação, sendo que identificadores (chaves) estão em negrito, e campos derivados, calculados a partir de outros, estão precedidos por uma barra (/).

É importante observar como as notações gráficas propostas no modelo Geo-OMT facilitam a leitura e a compreensão do que se pretende com a aplicação. Todas as decisões quanto à forma de representação, aparência gráfica, características e comportamento de cada entidade envolvida no problema são apresentadas de maneira compacta, porém completa, facilitando o trabalho do analista e aumentando o grau de compreensão do usuário. O modelo também é peça de fundamental importância para a documentação do sistema, visando sua operação, manutenção e expansão futuras.

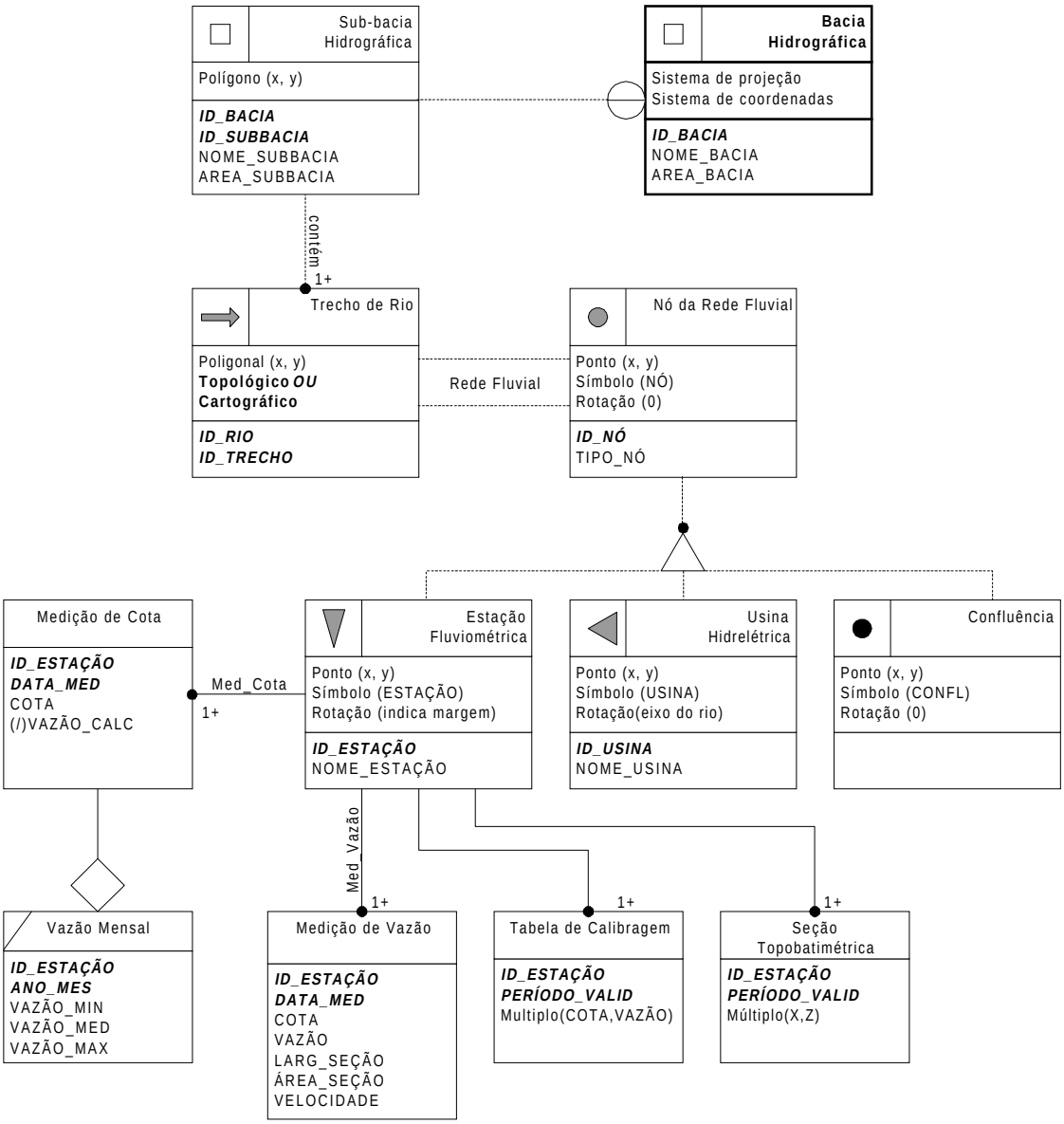

Figura 6 - Modelo de dados para aplicação em hidrologia

Referências

Borges, K. A. V. *Modelagem de Dados Geográficos: Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas*, Dissertação de Mestrado, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1997.

Lisboa F., J. *Modelos conceituais de dados para sistemas de informações geográficas*. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1997. EQ- 12.

Elmasri, R., Navathe, S. *Fundamentals of database systems.* 2nd Edition. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1994. 873p.

Sobre o autor:

Clodoveu Davis é engenheiro civil, analista de sistemas, mestre em Ciência da Computação e Assessor de Desenvolvimento e Estudos da Prodabel - Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte.

Endereço:
Rua Alagoas, 314/1501 - 30130-160 - Belo Horizonte - MG
Tel.:(031)978-1422 - FAX: (031)224-0022
e-mail: cdavis@uol.com.br