



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-8564-PRE/4308

**MODELOS DE DADOS EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA**

Gilberto Câmara
Rogério Thomé

CAPÍTULO 4

MODELAGEM DE DADOS EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Este Capítulo possui três objetivos fundamentais. O primeiro visa realizar uma investigação sobre a forma como o conhecimento geográfico foi modelado e implementado em três SIGs de mercado: MGE, Arc/Info e SPRING. O segundo objetivo visa descrever os conceitos que envolvem o OPENGIS, mais especificamente *feição* e *coverage*. O terceiro busca realizar uma comparação entre os três SIGs apresentados, tendo como referência os conceitos do OPENGIS.

4.1 - MGE

4.1.1 - Conceitos e Fundamentos

O MGE, “Modular GIS Environment”, é um sistema gerenciador de dados geográficos que possibilita capturar, armazenar, recuperar, analisar e apresentar dados espaciais (Intergraph,1994).

O banco de dados geográfico construído por este sistema implementa uma arquitetura dual onde os mapas (informações gráficas) e tabelas (informações não gráficas) são armazenados em ambientes diferentes.

4.1.2 - Arquitetura do Sistema

Este sistema possui como característica fundamental a modularidade. São diversos pacotes que se agregam visando atender um propósito específico de trabalho. Existem três módulos primários sem os quais não se consegue desenvolver qualquer trabalho. São eles:

1) MGE Basic Nucleus (MGNUC): trata-se do ambiente que permite o MGE compilar e integrar todas os outros módulos e aplicações. Este módulo oferece funções básicas para o gerenciamento de projetos, ferramentas para consulta de dados, apresentação de dados geográficos, e se utiliza de sistemas de coordenadas de projeção.

2) MGE Basic Administrator (MGAD): componente que oferece ferramentas de gerenciamento de banco de dados para preparar o acesso aos dados de um projeto em um ambiente multi-usuário ou mono-usuário. O MGAD oferece uma configuração essencial e rotinas de gerenciamento para funcionalidades disponíveis no MGE Basic Mapper (MGMAP). O MGAD é necessário para um ambiente de rede local, quando um banco de dados relacional é configurado como parte do sistema MGE para tratar dados não espaciais ou alfanuméricos.

3) MGE Base Mapper (MGMAP): Contém funcionalidades que permitem capturar, generalizar, ajustar, manipular e validar dados do projeto em um ambiente interativo ou automático e funções para transformar descrições de localização em posição geográfica (espacialização).

Além destes módulos primários, existem também os módulos básicos que são a plataforma sobre o qual são executados módulos primários. São eles:

1) MicroStation: componente que oferece um completo ferramental gráfico para desenhar vetores geométricos que representam dados espaciais. Por exemplo, uma estrada pode ser uma série de linhas.

2) Relational Interface System (RIS): trata-se do software responsável pela comunicação com o banco de dados relacional. Este módulo torna o banco

de dados relacional transparente ao usuário e permite que a interfaces do MGE composta por menus acesse o banco de dados utilizado.

3) Relational Data Base (RDB): trata-se do SGBD utilizado para armazenar informações descritiva dos atributos que usualmente estão associadas aos dados gráficos provenientes do MicroStation. Por exemplo, pode-se armazenar o *nome* e o *tipo do pavimento* como atributos em um banco de dados relacional que descreve uma *estrada*. O MGE suporta muitos SGBD relacionais. São eles: INFORMIX, INGRES, ORACLE, SYBASE e DB2.

A Figura 4.1 abaixo ilustra a arquitetura do sistema MGE.

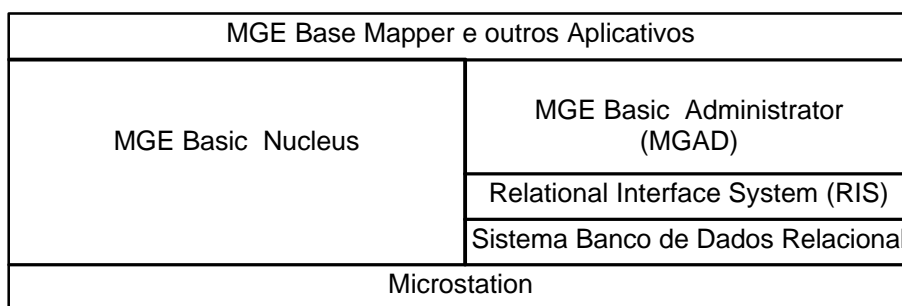


Fig. 4.1 - Arquitetura do Sistema MGE.

FONTE : adaptada de Intergraph (1994).

4.1.3 - Projeto

Um projeto no MGE combina todas as fontes de informações geográficas. Um projeto está associado a uma área de estudo e é uma coleção de informações geográficas (mapas e tabelas) relacionadas.

No projeto, as informações são estruturadas conforme sua origem. As feições geográfica são agrupados em categorias, os elementos alfanuméricos são armazenados em tabelas em um sistema gerenciador de banco de dados

relacional. Para isto deve existir um esquema que reflete esta estruturação no banco de dados. A seguir são apresentados esses conceitos mais detalhadamente.

4.1.3.1 - Esquema

Cada projeto MGE pode ter seu próprio esquema (uma coleção de tabelas e privilégios de acesso do projeto ao banco de dados) ou vários projetos podem compartilhar um esquema. Caso se esteja trabalhando sobre um ambiente multiusuário, torna-se possível usar esquemas residentes em sistemas remotos.

4.1.3.2 - Categorias e Classes de Feições

Em um projeto MGE os fenômenos geográficos são representados por categoria, classes de feições e feição geográfica. Cada feição geográfica, representada por um ponto, uma linha ou um polígono, é materializada em um mapa ou arquivo .DGN e deverá pertencer a uma classe de feição. As classes de feições são agregadas em categorias. A Figura 4.2 ilustra esta lógica.

4.1.3.3 - Representação da Informação Gráfica

As informações gráficas no MGE são armazenadas em arquivos de projeto no MicroStation (.DGN), também usualmente denominados como mapas digitais. Um elemento geográfico é representado sobre o mapa como uma feição geográfica. Os tipos de feições representadas no MGE são ponto, linha, fronteira de área¹ e identificador de área²:

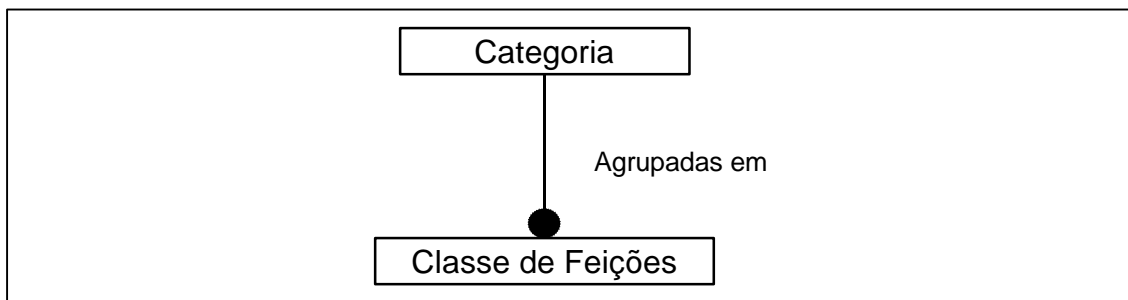


Fig. 4.2 - A representação de fenômenos geográficos no MGE: classe de feição e categoria.

- **Ponto:** Um ponto representa a localização de um elemento geográfico, tal como um poste ou hidrante, que é tão pequeno que não pode ser representado como uma linha ou área. Um ponto pode ser representado sobre o mapa como um ponto MicroStation (linha de tamanho zero), nó texto, texto, ou elemento de célula.
- **Linha:** Trata-se de um conjunto de pontos conectados. Ruas, rios são tipicamente feições lineares.
- **Fronteira de Área:** Trata-se de um conjunto de linhas fechadas sobre uma região geográfica, como a fronteira de uma lago ou a fronteira de uma cidade. As fronteiras são compartilhadas por áreas adjacentes, sendo que o elemento gráfico não necessita ser duplicado.
- **Identificador de Área:** Este tipo de feição contém informações sobre os atributos de uma área, e devem ser localizados em algum lugar no interior da fronteira da área.

¹ Traduzido do inglês 'area boundary'.

² Traduzido do inglês 'area centroid'.

No MGE deve-se criar tabelas com atributos para conter essas informações e ligá-las às feições. Um identificador de área pode ser apresentado sobre o mapa como um ponto, nó texto, texto ou elemento célula.

- **Indefinido:** Este tipo de feição pode ser tudo que o usuário do sistema determinar. Uma grade é um exemplo de uma feição indefinida.

4.1.3.4 - Representação da Fronteira não Espacial

As informações não espaciais no MGE ou atributos descritivos, conforme definido em no tópico 2.2.4.1 Arquitetura Dual, são armazenadas em tabelas em um SGBD relacional. Por exemplo, em um mapa de edificações é possível associar, a todas as ocorrências, dados alfanuméricos tais como: endereço, número de andares, nome da construtora, data de finalização da construção, etc.

O MGE permite aos usuários executar esta associação pela criação dos atributos na tabela, pelo cadastro dos dados, e pela ligação com as classes de feições.

A associação dos valores de um ou mais atributos ligados a uma classe de feição é chamado de definição de atributos. O MGE deixa o usuário definir o atributo automaticamente para as feições quando elas são digitalizadas (digitalização inteligente) ou, posteriormente, identificando-as uma a uma e cadastrando-as.

4.1.4 - Modelagem de Dados no MGE

Identificou-se, até este ponto, alguns conceitos gerais que refletem como o MGE interpreta os dados geográficos e os trata computacionalmente. Este item abordará com um grau maior de detalhe as estruturas internas de armazenamento e a manipulação dos dados geográficos.

De uma forma geral todos os dados deverão estar organizados em um projeto. O projeto constitui-se da seguinte hierarquia: projeto, índices, categorias (nível de índice), classe de feições (nível de feições) e atributos. A Figura 4.3 ilustra esta hierarquia.

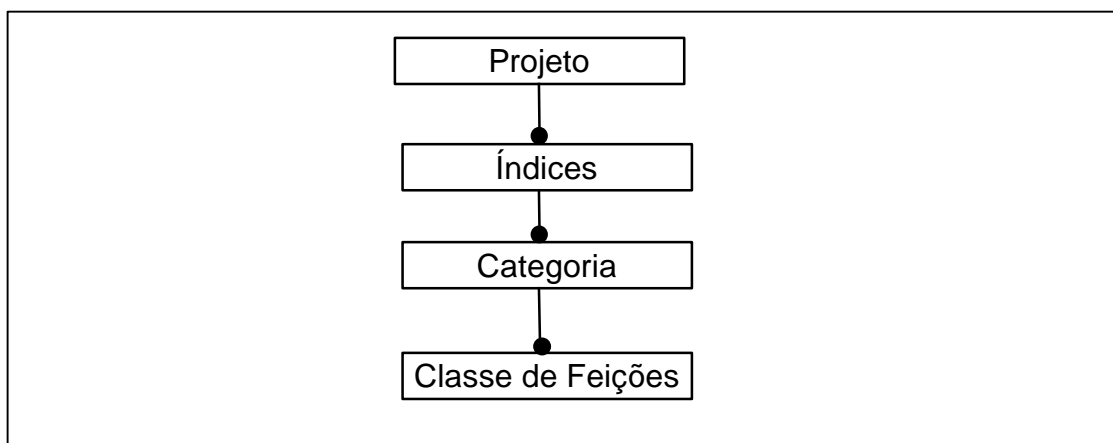


Fig. 4.3 - Organização Hierárquica de Dados Geográficos no MGE.

Um projeto é organizado por índices, que são denominados como arquivos de índices geográficos. Esses índices são arquivos (.dgn) que contêm formas geométricas que envolvem as classes de feições materializadas sobre o mapa.

Um índice pode ser composto por até 63 categorias. Cada categoria componente pertence a um único nível do índice.

Uma categoria contém qualquer número de classes de feições ou temas relacionados, que por sua vez agregam as feições geográficas materializadas em mapas. Um mapa é simplesmente um arquivo de projeto (dgn) que contém feições geográficas. Cada feição geográfica é classificada em uma classe de feição. Uma classe de feição pode ou não ter associada uma tabela de atributos definida pelo usuário, no qual contém informação não gráfica sobre cada feição geográfica.

Para exemplificar alguns destes conceitos vejamos o exemplo de modelagem e estruturação no MGE da Figura 4.4. É mostrado um exemplo de um projeto onde que modelou-se uma realidade natural e uma realidade artificial que ocorreu como decorrência da intervenção do homem. (Intergraph, 94) adaptado.

Um projeto necessita de um conjunto de dados que incluem arquivos de mapas, arquivo de índices geográficos, banco de dados com as tabelas predefinidas, arquivos de suporte e arquivos padrão.

Os arquivos de mapas são arquivos no formato 'dgn' que contêm as feições digitalizadas. Cada feição é um elemento do MicroStation com pelo menos um atributo de ligação para a tabela de feição e opcionalmente, uma ligação com uma tabela de atributos definida pelo usuário. Um mapa também contém um sistema de coordenada MGE. A Figura 4.5 modela esta lógica.

O limite espacial de um mapa é denominado *índice geográfico*. Um nível em um arquivo índices geográficos contém os limites espaciais dos mapas que compõem uma categoria. Podem existir tantos níveis quantos forem o número de categorias existentes. O nível e o nome do arquivo de índice para uma categoria são armazenados na tabela de categoria na banco de dados. A Figura 4.6 ilustra a idéia.

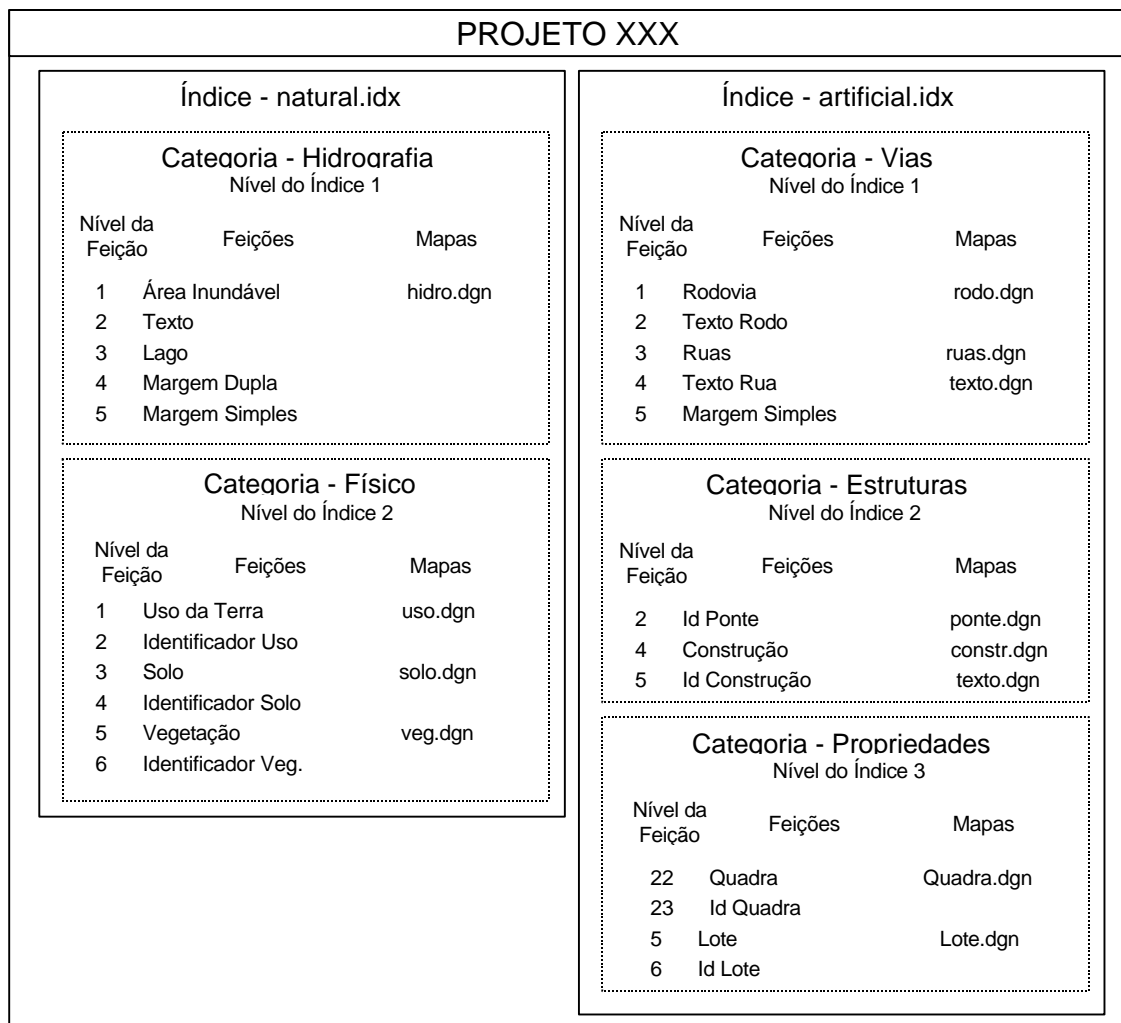


Fig. 4.4 - Exemplo de organização dos dados no MGE.

FONTE : adaptada de Integrph (1994).

O objetivo do arquivo de índices geográficos é, como o próprio termo “índice” sugere, servir de uma primeira aproximação para definir a área geográfica de interesse. Após ser realizada esta aproximação, através de ferramentas de “zoom” por exemplo, sobre os arquivos de índices geográficos que armazenam somente os limites espaciais envolventes do conjuntos de feições geográficas, carrega-se, em detalhes, todas as feições geográficas. Um segundo objetivo é a organização que se impõe ao projeto no sentido de

referenciar categorias com determinadas semelhanças em um mesmo arquivo de índice geográfico.

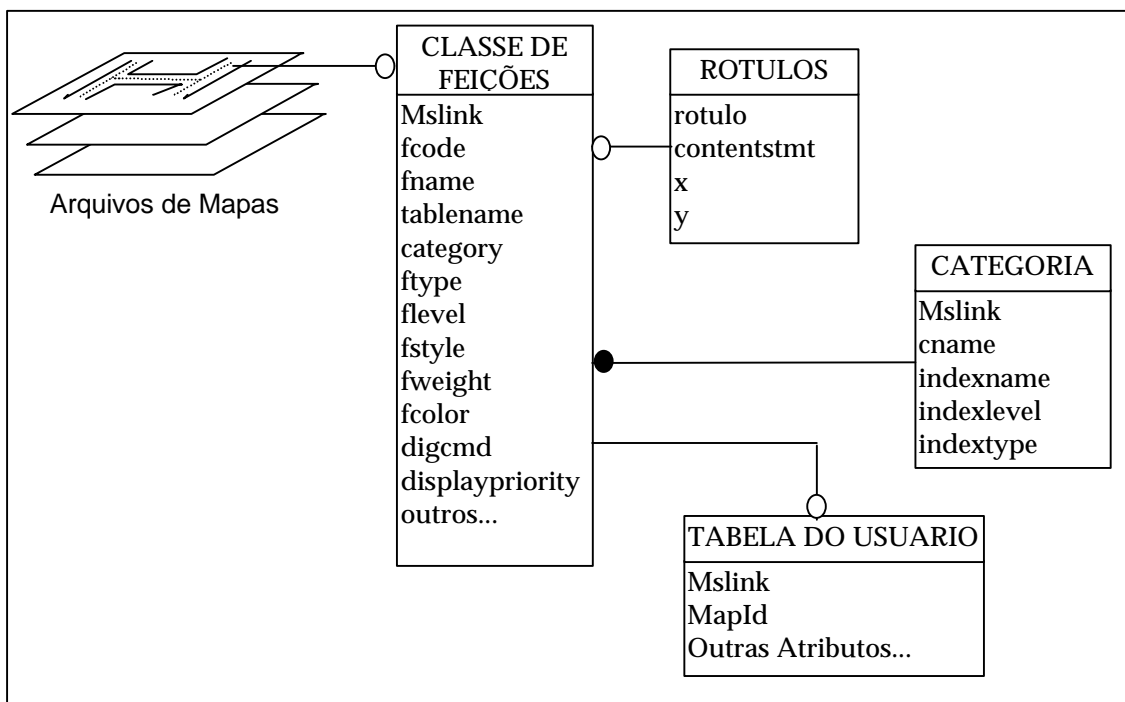


Fig. 4.5 - Modelo de Dados implementado no MGE para arquivo de mapas.

A utilização deste mecanismo é tanto conveniente e importante quanto for a dimensão e volume de dados gráficos do projeto. A Figura 4.7 reflete o modelo de dados implementado para suportar isto.

4.1.5 - Topologia no MGE

Os arquivos de projeto originais, no fomato "dgn" provenientes do Microstation, não possuem topologia para análise espacial. Por isto é preciso fazer uso de diversos processos do MGE para construir a "inteligência topológica" ou arquivos topológicos.

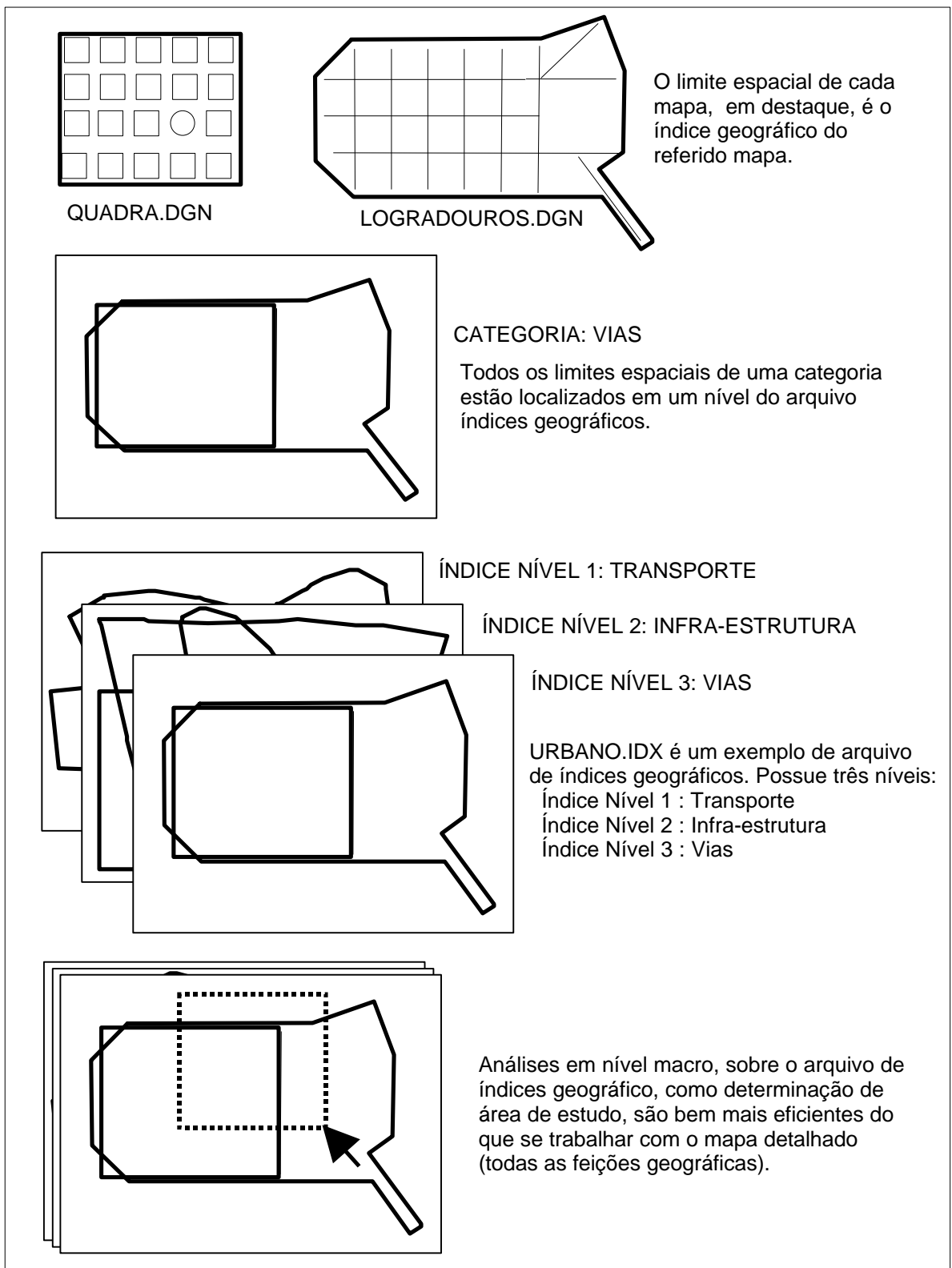


Fig. 4.6 - Ilustração do conceito de índices geográficos.

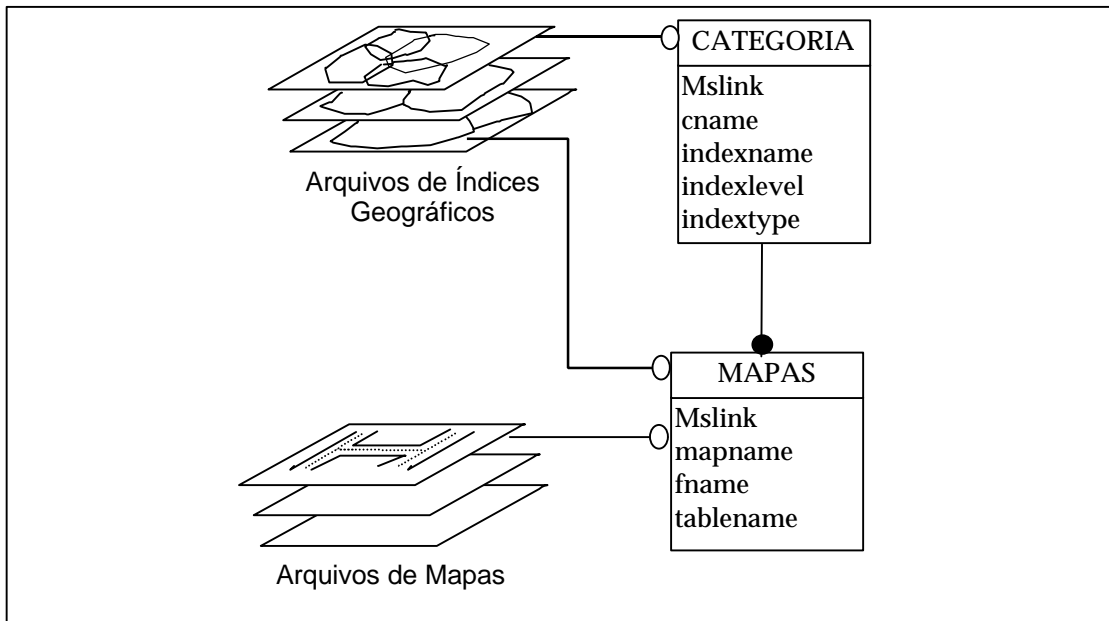


Fig. 4.7 - Modelo de dados do MGE que reflete o conceito de arquivo de índice geográfico.

A definição de topologia empregada pelo MGE pode ser vista conforme já descrita no tópico 2.2.5 Topologia em SIG.

Existem duas formas para se criar estes arquivos. Na primeira todos os arquivos no formato “dgn”, deverão passar, um a um, pelos processos de criação da topologia. Na segunda, somente as feições geográficas contidas na área delimitada³ pelo usuário deverão passar pelo referido processo.

O aplicativo do MGE responsável pela análise espacial vetorial é o “MGE analyst” (MGA). Através dele cria-se um arquivo com a topologia dos diversos mapas temáticos. Os mapas são então “cruzados”, utilizando-se ferramentas do referido aplicativo, resultando informações derivadas, como mostra o exemplo na Figura 4.8.

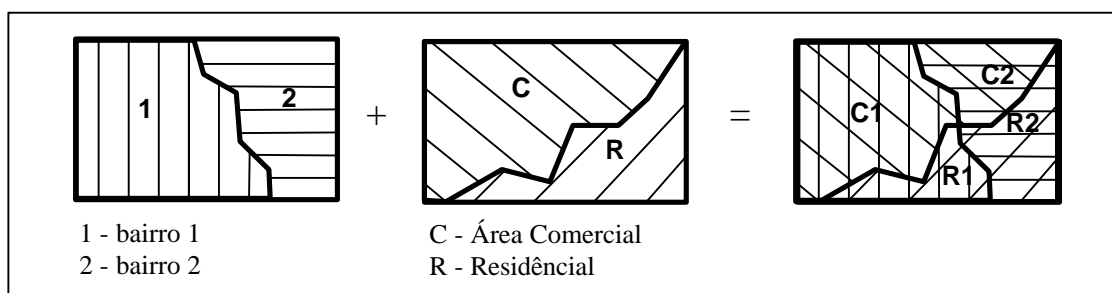


Fig. 4.8 - Exemplo de análise espacial no MGE.

4.2 - ARC/INFO

O Arc/Info suporta três modelos de dados para representar computacionalmente as feições geográficas. Feições geográficas são entidades do mundo real que podem ocorrer naturalmente como rios e vegetação, ou podem ser construções como ruas, infra-estrutura subterrânea e prédios, ou podem ser subdivisões da terra como municípios, propriedades e divisões políticas. Os modelos suportados são: modelo de dados vetorial, modelo de dados matricial, e o modelo de dados de rede irregular triangular (TIN).

4.2.1 - Conceitos e Fundamentos

O Arc/Info implementa um modelo de dados híbrido chamado geo-relacional que representa feições geográficas. Uma feição geográfica é representada no SIG por dois tipos de informação: localização e descrição.

³ Proveniente do inglês fence.

A principal estrutura para representar o modelo de dados vetorial do Arc/Info é a *Coverage* (ESRI, 94). Esta estrutura suporta o modelo geo-relacional vetorial. Antes de avançarmos neste conceito, torna-se necessário explicitar alguns fundamentos típicos do modelo de dados vetorial.

O dado de localização (espacial) é armazenado usando uma estrutura de dados vetorial ou matricial como definido no tópico 2.2.3. O dado descritivo de cada feição geográfica é armazenado em um conjunto de tabelas. Os dados espaciais e descritivos são ligados de tal forma que ambos os conjuntos de informação estão disponíveis ao usuário (ESRI, 94).

4.2.2 - Modelo de Dados Vetorial

O modelo de dados vetorial representa as feições geográficas assim como o mapa. Os pontos representam feições geográficas tão pequenas que não podem ser mostradas como linhas ou áreas, por exemplo poços, telefones públicos e postes. As linhas representam feições geográficas que não podem ser apresentadas como áreas, por exemplo ruas, rios e contornos de elevação. As áreas representam feições geográficas homogêneas tal como estados, municípios, propriedades e tipos de solos. Um sistema de coordenadas cartesiana x,y referencia as localizações do mundo real.

No modelo de dados vetorial cada localização é armazenada com coordenada x,y. Pontos são armazenados como uma única coordenada. Linhas ou arcos são armazenadas como uma série ordenada de coordenadas x,y. Áreas ou polígonos são armazenadas como uma série de coordenadas de x,y que define um ou mais segmento de linha ou arco que se fecham para formar uma área ou polígono.

À cada uma das feições representadas está associada um identificador único. Portanto a lista de coordenadas de cada feição está associada com o identificador da feição. A Figura 4.9 ilustra a definição.

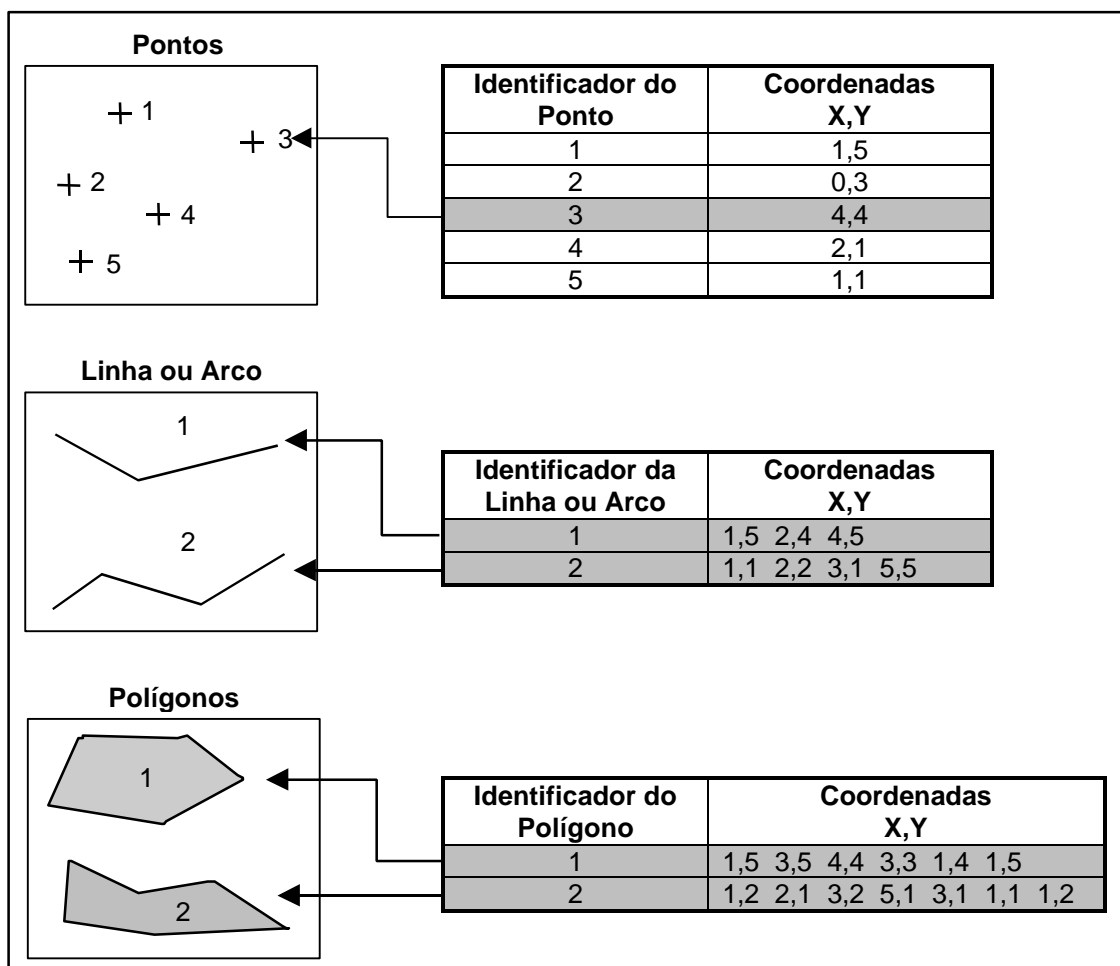


Fig. 4.9 - Ilustração da representação computacional de dados vetoriais no Arc/Info.

FONTE : adaptada de ESRI (1994).

4.2.2.1 - Topologia no Arc/Info

O conceito de topologia implementado no Arc/Info é baseado na estrutura Arc-Nó, descrita no tópico 2.2.5.1, e implementa os três conceitos: *Conectividade*, *Definição de Área* e *Contiguidade*, já apresentados no capítulo 2.

4.2.2.2 - Regiões

As regiões suportam a modelagem de relacionamentos complexos entre feições geográficas representadas como polígonos. Uma região é representada por um conjunto de polígonos. Por exemplo, uma região de floresta e uma outra região de floresta destruída pelo fogo são representadas por polígonos que indicam as áreas de florestas antes do incêndio e as áreas destruídas após o incêndio. Neste caso, pode ocorrer sobreposição dos polígonos que compõem as duas regiões modeladas. Outro caso é o das ilhas que formam um arquipélago. Por exemplo, o país Japão é uma região representada por vários polígonos.

Assim como ponto, linha e polígono, à cada região é dado um identificador único e o cálculo da área e perímetro são mantidos.

Construir regiões com polígonos é similar a construir polígonos com arcos. Assim como o polígono é uma lista de arcos, uma região é um lista de polígonos. Porém existe uma distinção importante: a ordem dos polígonos não é relevante. A Figura 4.10 ilustra o conceito de região.

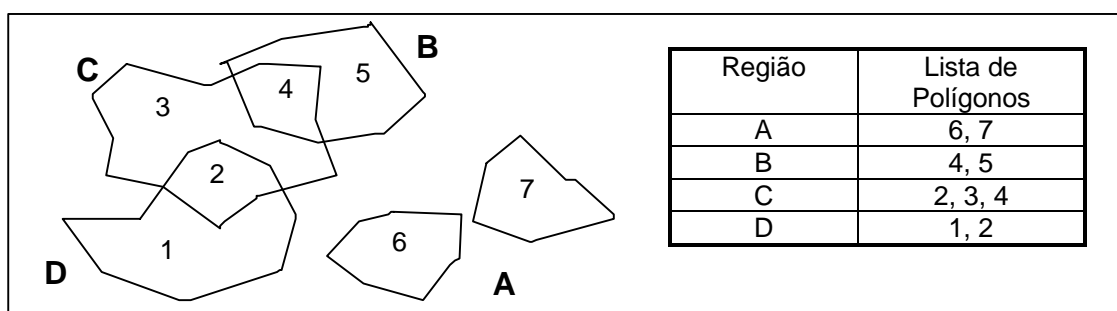


Fig. 4.10 - Ilustração do conceito de região.

FONTE : adaptada de ESRI (1994).

4.2.2.3 - Rotas

As rotas definem caminhos ao longo de um conjunto de feições lineares existentes. As rotas baseiam-se em arcos. Como exemplos de utilização pode-se citar, para o caso de rota de um ponto a outro, o caminho de casa para a escola ou, no caso de um circuito que começa e termina em um mesmo ponto, uma rota de ônibus.

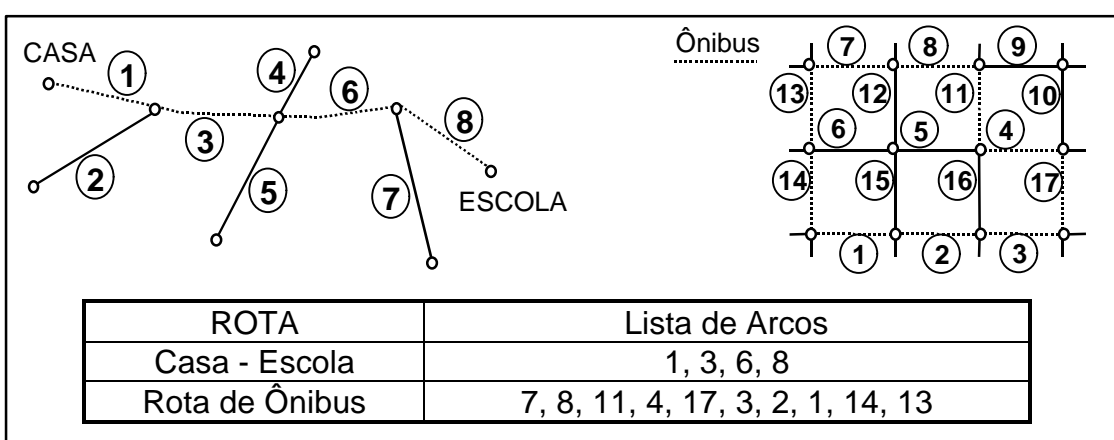


Fig. 4.11 - Ilustração do conceito de rota.
 FONTE : adaptada de ESRI (1994).

O modelo de dados vetorial implementado pelo Arc/Info está alicerçado no conceito de topologia. O armazenamento organizado, e a leitura indexada do dados fornecem ao sistema a possibilidade de realizar manipulações espaciais à qualquer momento.

4.2.2.4 - Representação das Informações Descritivas

Até agora apresentamos as formas de representação das feições geográficas baseadas no conceito de topologia. No entanto, é necessário apresentar a forma de representação das informações descritivas associadas às feições

geográficas. O mecanismo de ligação entre as duas representações também é abordado.

Os atributos descritivos associados às feições geográficas são armazenados da mesma forma que as coordenadas. O arquivo com os dados descritivos é denominado de *tabela de atributos*. Cada *linha* desta tabela é chamada de contém as informações descritivas de uma única feição. As colunas ou campos definidas na tabela são as mesmas para cada linha.

A ligação entre as feições geográficas e a tabela de atributos é garantida pelo modelo geo-relacional implementado pelo Arc/Info. Na prática um identificador único materializa a ligação entre as coordenadas das feições geográficas e os atributos descritivos, mantendo uma correspondência um para um, entre o registro espacial e o registro de atributos.

Uma vez que esta conexão é estabelecida, pode-se apresentar as informações descritivas sobre o mapa e armazenar novas informações descritivas. A Figura 4.12 ilustra a representação.

No exemplo da Figura 4.12, a coluna denominada “polígono” armazena o identificador único que estabelece a ligação entre os dados espaciais e os dados descritivos. Neste caso, o polígono com identificador “A” tem seus atributos espaciais descritos na tabela “Topologia Polígono-Arco” e os atributos descritivos ou não espaciais descritos pela “Tabela de Atributos de Polígonos”. Nesta tabela pode-se criar tantos atributos quantos forem necessários para descrever devidamente o dado espacial, ou fazer uso de outras tabelas que possuam um atributo em comum com a “Tabela de Atributos de Polígonos” como é o caso da “Tabela de Propriedade”. Neste último caso faz-se uso de funções típicas de um ambiente relacional tais como “Join” entre tabelas, para se acessar todos os atributos.

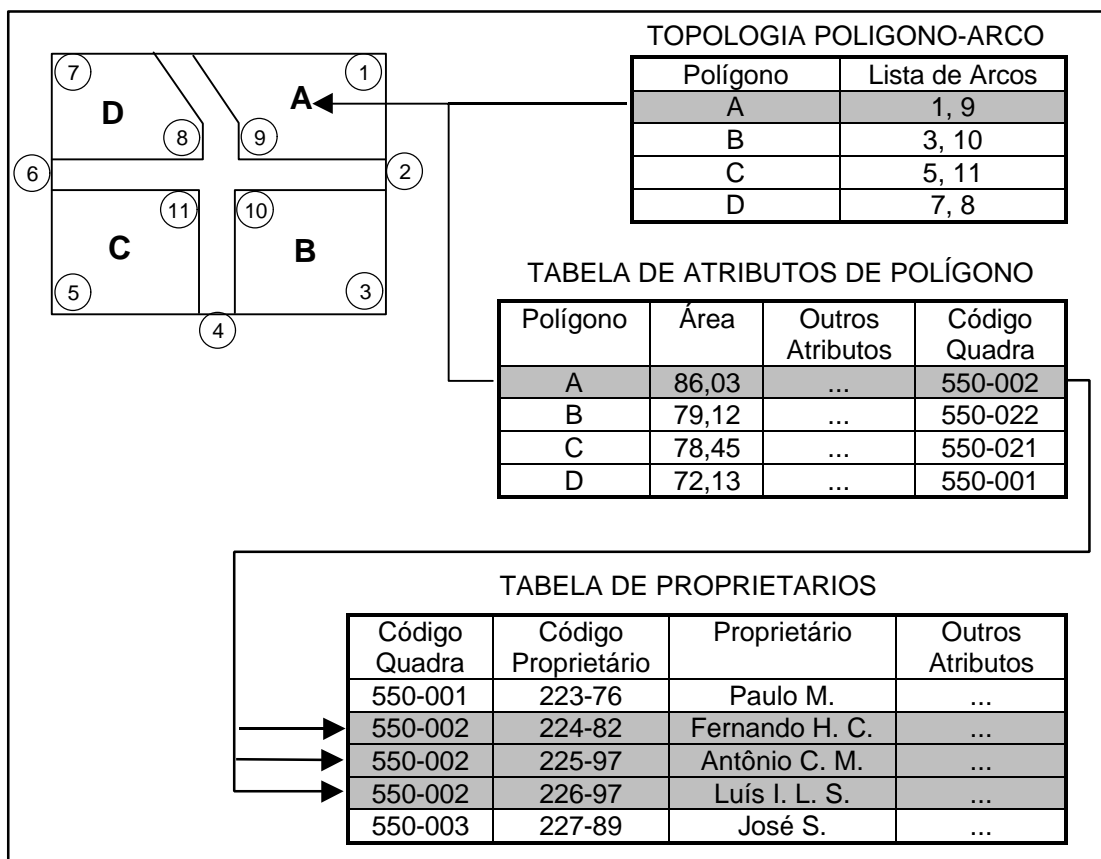


Fig. 4.12 - Ilustração da representação das informações descritivas.

FONTE : adaptada de ESRI (1994).

O Arc/Info gerencia três tipos de tabelas de atributos. O primeiro tipo consiste das tabelas de atributo das feições geográficas, que abrange as tabelas de topologia para polígono, arco, nó, ponto, rota, região, na Figura 4.12 é indicada como TOPOLOGIA POLÍGONO-ARCO. O segundo tipo consiste dos arquivos de dados INFO, que são similares às tabelas provenientes dos SGBD relacionais de mercado, na Figura 4.12 é indicada como TABELA DE ATRIBUTOS DE POLÍGONO. E o terceiro tipo consiste das tabelas de atributos externas cuja fonte são os próprios SGBDR tais como ORACLE, INGRES, INFORMIX, SYBASE, indicada também na Figura 4.12 como TABELA DE PROPRIETARIOS.

4.2.3 - Coverage⁴

Para a organização dos dados no Arc/Info, visando representar a realidade geográfica, é utilizado o conceito de *coverage*. *Coverage* é uma estrutura para o armazenamento de dados vetoriais. Ela representa um único conjunto de objetos geográficos tal como, ruas, propriedades, tipos de solos ou padrões de florestas. Uma *coverage* suporta o modelo geo-relacional onde contempla tanto dados espaciais quanto os atributos para as feições geográficas.

Uma *coverage* contém um conjunto de feições, onde cada uma é representada por uma classe de feição como arco, nó, ponto, anotações ou polígono. A combinação das classes de feições presentes em uma *coverage* depende do fenômeno geográfico a ser representado. A Figura 4.14 ilustra esta idéia.

Conforme o modelo geo-relacional, uma feição geográfica em uma *coverage* é identificada por um único número. O dado espacial e o atributo são ligados por este número.

4.2.4 - Outras Representações

Além do modelo de dados vetorial, tendo a *coverage* como o principal método de representação no Arc/Info, existem o modelo de dados matricial e o modelo de rede irregular triangular.

⁴ Palavra proveniente do inglês cujo significado direto é cobertura. Aplicada à área de geoprocessamento pode-se traduzir como sendo área de estudo coberta. Pela ampla utilização achamos prudente manter o termo em inglês neste trabalho.

O modelo de dados matricial representa as feições geográficas como uma fotografia materializada por uma grade regular de pontos. Cada ponto desta grade é denominado “célula” ou “pixel”. As células possuem valores que podem representar três interpretações: uma classificação, como o tipo de vegetação por exemplo; uma medida da quantidade de luz refletida pela Terra proveniente de uma imagem de satélite; e finalmente uma medida de elevação.

Portanto o método utilizado para representar o modelo de dados vetorial é a grade regular ou “grid”. Para maiores detalhes ver Esri (1994).

O modelo de rede irregular triangular ou “TIN”⁵ é uma outra estrutura utilizada para representar superfícies contínuas, assim como a grade regular. O TIN representa a superfície por uma série de pontos ligados de forma triangular. Cada três pontos, que geram um triângulo, podem ocorrer em qualquer localização geográfica, daí decorre a irregularidade, diferença básica da grade regular. Além disto os relacionamentos topológicos entre os triângulos são criados e armazenados por este modelo. Para maiores detalhes ver Esri (1994).

4.3 - SPRING

4.3.1 - Apresentação

O SPRING, Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para ambientes UNIX e Windows (em desenvolvimento) possui as seguintes características (SPRING, 1998A):

⁵ Proveniente de abreviatura em inglês “Triangulated Irregular Network”

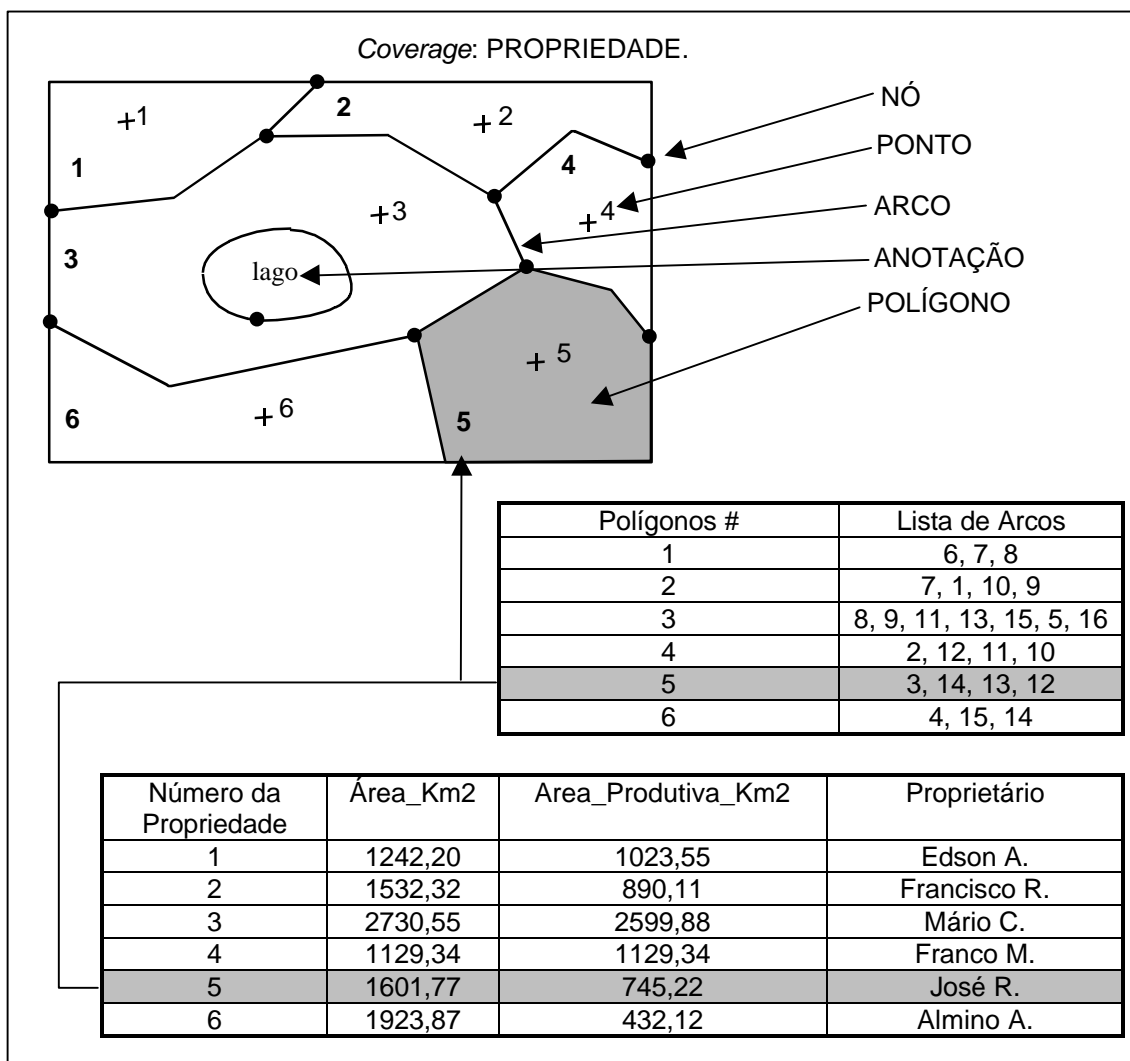


Fig. 4.13 - Exemplo de uma coverage: Propriedade.

- opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- administra tanto dados vetoriais como dados matriciais, e realiza a integração de dados de sensoriamento remoto;
- provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente

programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), e

- consegue escalonabilidade completa, isto é, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde micro-computadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

O desenvolvimento de uma nova geração de sistemas de processamento de imagens e geoprocessamento no INPE iniciou-se em 1991, e teve seu primeiro resultado concreto em 1993, com o lançamento da versão 1.0 do SPRING. A evolução do sistema SPRING durante estes anos levou ao lançamento em 1996 da versão 2.0.

Seguindo uma estratégia de utilizar sistemas competitivos e no estado da arte, o INPE está migrando o sistema para o ambiente de microcomputadores (MS-Windows), gerando assim o SPRING For Windows. Este produto mostra-se altamente promissor, uma vez que incorpora todas as funcionalidades e vantagens do SPRING/UNIX em um ambiente simples e de larga utilização no mercado.

4.3.2 - Arquitetura do Sistema

O sistema SPRING é composto por três módulos IMPIMA, SPRING e SCARTA. Segue suas definições (SPRING, 1998B):

- IMPIMA : executa leitura de imagens digitais de satélite, gravadas pelo INPE, através dos dispositivos CD-ROM (Compact Disc - Read Only Memory), CCT (Computer Compatible Tapes), "streamer" (60 ou 150 megabytes) e DAT (Digital Audio Tape - 4 ou 8mm) adquiridas a partir dos sensores TM/LANDSAT-5, HRV/SPOT e AVHRR/NOAA. Converte as

imagens dos formatos BSQ, Fast Format, BIL e 1B para o formato GRIB (Gridded Binary).

- **SPRING** : é o módulo principal de entrada, manipulação e transformação de dados geográficos, executando as funções relacionadas à criação, manipulação e consulta ao banco de dados, funções de entrada de dados, processamento digital de imagens, modelagem numérica de terreno e análise geográfica de dados. As funções da janela principal, na barra de menus, estão divididas em: Arquivo, Editar, Exibir, Imagem, Temático, Numérico Cadastral, Rede, Objetos e Utilitários. Para cada opção há um menu (janela de diálogo) associado às operações específicas.
- **SCARTA** : edita uma carta e gera arquivo para impressão a partir de resultados gerados no módulo principal SPRING, permitindo a apresentação sob a forma de um documento cartográfico. Permite editar textos, símbolos, legendas, linhas, quadros e grades em coordenadas planas ou geográficas. Permite exibir mapas em várias escalas, no formato varredura ou vector, através do recurso "O que você vê é o que você tem" (What You See Is What You Get, Wysiwyg).

O banco de dados geográfico construído pelo SPRING implementa uma arquitetura dual onde as representações dos dados espaciais e as informações descritivas (dados não espaciais) são armazenados em ambientes diferentes.

As representações gráficas se utilizam de arquivos convencionais do tipo binário onde são armazenados as coordenadas x, y que definem a geometria de um objeto geográfico ou campo do SPRING. Este armazenamento é realizado segundo algoritmo R-tree para prover uma indexação dos dados.

Os atributos descritivos destes objetos ou campos são armazenados em tabelas em um banco de dados relacional.

Um identificador único é responsável pela ligação dos dois componentes.

Com a evolução do SPRING, sistemas gerenciadores de banco de dados relacionais foram adotados, para implementar uma estratégia para portabilidade de software. Hoje a visão estática, é implementada em SGBDR de mercado tais como CODEBASE e ORACLE.

A visão funcional e dinâmica representada pelos métodos das classes modeladas no SPRING e as ligações e associações entre seus objetos foram implementadas pela linguagem de programação C++.

4.3.3 - Modelo Conceitual do SPRING

A realidade geográfica é representada no SPRING por uma modelo conceitual baseado no paradigma orientado por objetos. A persistência dos dados é realizada em um ambiente dual conforme exposto anteriormente.

Na busca de um melhor detalhamento e compreensão do modelo de conceitual implementado pelo SPRING, além da documentação disponível na Internet, foram construídos e aplicados dois tipos de questionários. Um questionário foi dirigido aos desenvolvedores, e o outro foi aplicado aos usuários do sistema. A íntegra dos questionários está no Apêndice A.

Como resultado desta pesquisa, além da tabulação das respostas apresentadas no Apêndice B, a discussão, principalmente com os desenvolvedores do sistema ajudou-nos a compreender a semântica do

modelo orientado por objetos apresentado na Figura 4.14, representada pela técnica TMO.

O Banco de Dados Geográfico é definido no SPRING por um nome e um caminho (path) que devem ser fornecidos pelo usuário. O sistema criará no caminho indicado um diretório, que corresponde fisicamente ao seu banco. Tudo que for criado e definido para este banco será armazenado debaixo deste diretório. Após criar um Banco de Dados é necessário ativá-lo para que se possa prosseguir. Somente um Banco de Dados pode estar ativo de cada vez (SPRING, 1998E)

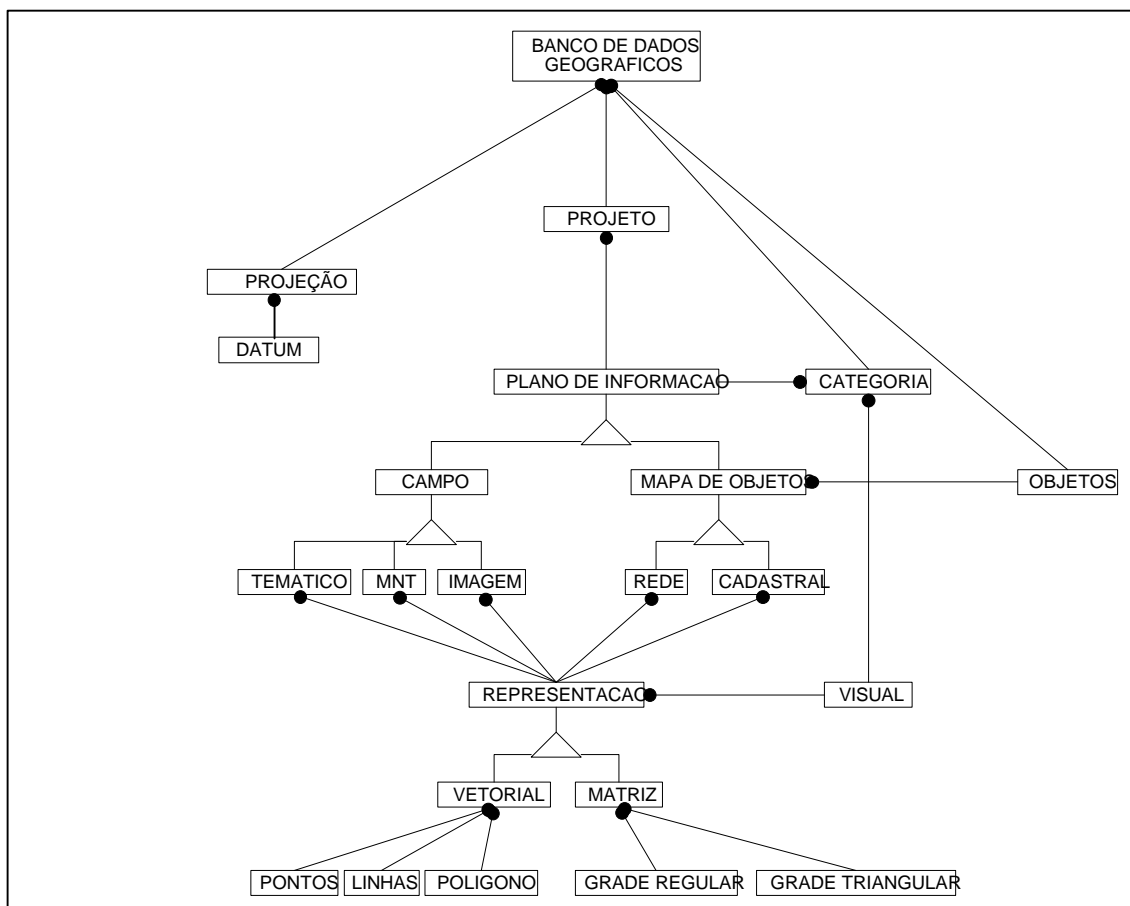


Fig. 4.14 - Modelo Orientado por Objetos do SPRING.

As Categorias e Classes Temáticas devem ser definidas a priori, para que cada tipo de dado a ser tratado pelo SPRING seja associado a uma categoria. Cada categoria pertence a um modelo de dados (Temático, Numérico, Imagem, Cadastral, Redes e Objeto). O usuário não precisa definir todas as categorias de imediato, mesmo porque, muitas vezes não se sabe tudo que será necessário para chegar no seu objetivo. A qualquer momento pode-se acrescentar ou definir novas categorias. Apenas nas categorias do modelo Temático é necessário definir classes. Classes temáticas definem o modo (visual) como pontos, linhas e áreas serão apresentadas no monitor (cor, hachura, preenchimento, etc).

Um projeto define a área física de trabalho. Para criar um projeto deve-se fornecer um nome, projeção e retângulo envolvente. Ao se fazer isso, um subdiretório, embaixo do diretório correspondente ao banco, será criado, e todos os dados referentes à uma dada região serão armazenados nele. A condição para criar um projeto é apenas ter um banco ativo, não sendo necessário definir as categorias. Pode-se ter quantos projetos se desejar, mas somente um pode estar ativo de cada vez.

Os planos de informações (PIs) são armazenados dentro de um projeto. Os PIs representam mapas de solos, mapas de estradas, imagens, etc., que estejam na mesma área geográfica de estudo definido pelo retângulo envolvente. Um PI é criado fornecendo-se um nome, a categoria à qual ele pertencerá (previamente definida), a escala (quando PI Temático, Numérico ou Cadastral) e a resolução (quando PI Numérico ou Imagem), desde de que tenha um Banco de Dados e um Projeto ativos. Pode-se ter quantos PIs se desejar da mesma categoria ou não, mas apenas um estará ativo.

Um dado no SPRING pode estar representado no formato matricial e/ou vetorial, dependendo do modelo (categoria) ao qual ele pertence. Para editar

pontos, linhas e áreas no formato vetorial, pode-se utilizar uma mesa digitalizadora, para transferir os dados do mapa para computador, ou importar arquivos de outros softwares ou formatos. Para dados matriciais pode-se utilizar leitura de imagens gravadas em formatos específicos, interpolar grades (matrizes) numéricas ou mesmo converter dados da representação vetorial para matricial.

Uma vez que tem-se os dados (PIs) editados, pode-se obter outros dados através de análises, cruzamentos, etc., por meio de funções específicas do software ou de uma linguagem de programação para mapas.

No SPRING as feições geográficas do mundo real são modeladas por dois grandes tipos de dados: geo-objetos e geo-campos. A seguir é mostrada, com maior detalhe, os tipos de dados suportados pelo SPRING provenientes dos tipos de plano de informação (SPRING, 1998C):

- 1)** Os tipos de dados cadastrais, sub-tipo de geo-objetos, descrevem a localização de elementos de sistemas de informação de cadastro urbano ou rural, e utilizam a topologia arco-nó-polígono para armazenamento. Um item específico sobre a estrutura topológica implementado pelo SPRING será apresentado à frente.

- 2)** Os dados do tipo rede, sub-tipo de geo-objetos utilizam a topologia arco-nó, e armazenam a localização e a simbologia associadas a estruturas linearmente conectadas. Informações adicionais neste tipo de mapas incluem direções de fluxo e segmentação dinâmica.

- 3)** Os dados do tipo mapa temático, sub-tipo de geo-campos, representam uma dada região geográfica R, associando a cada ponto do espaço um

tema de um mapa (p.ex. um mapa de solos é caracterizado pelo conjunto {latosolo roxo, litosolo, cambisol, ...})

4) Os tipos de dados numéricos, sub-tipo de geo-campos, de associam para cada ponto do espaço, de uma região geográfica, um valor real (p. ex. um mapa de campo magnético, um modelo numérico de terreno);

5) O tipo de dados denominado de Imagem de satélite, sub-tipo de geo-campo, é obtida através de discretização da resposta recebida por um sensor (passivo ou ativo) para todos os pontos de uma dada região geográfica.

Seja qual for o tipo de dado ele possui uma representação gráfica que pode ser vetorial ou matricial, excluindo o caso dos objetos não espaciais. É evidente que para cada plano de informação especializado, ou tipo de dados tratado, existe uma representação mais utilizada. No entanto o sistema oferece mecanismos de conversão entre os dois tipos de representações possíveis.

Na representação vetorial, a parte gráfica do objeto espacial ou campo, é implementada usando uma das três geometrias básicas: pontos, linhas e polígonos. Já na representação matricial, a realidade geográfica é implementada por dois métodos: grade regular ou grade triangular irregular.

Para finalizar a descrição da semântica do modelo orientado por objetos do SPRING, existe o conceito de “visual” que é associado à categoria e à representação gráfica dos objetos e campos. O visual define as propriedades tais como cor, espessura de linha, estilo da linha, etc. que pode ser pré-definida para as categorias, podendo ser específico para uma dada representação gráfica de um determinado objeto. Desta forma, todo o plano de informação de uma dada categoria “herda” estas propriedades de visual da

categoria. Além disto, o sistema permite ao usuário modificar o visual específico de cada representação gráfica alterando o visual herdado pela referida categoria.

4.3.4 - Topologia no SPRING

O conceito de topologia implementado no SPRING é baseado na estrutura Arco-Nó, descrita no item 2.3.1 Estrutura de dados arco-nó, e implementa os três conceitos topológicos importantes: *Conectividade*, *Definição de Área* e *Contiguidade*, já apresentados pelo itens 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 respectivamente.

4.4 O - Padrão OPEN GIS

O desenvolvimento do assunto deste tópico tem como objetivo, além de apresentar e elucidar alguns resultados alcançados por esta organização, servir de marco de referência para uma comparação entre os três SIGs apresentados anteriormente.

4.4.1 - Conceito

O Consórcio OPEN GIS - OGC é uma organização sem fins lucrativos dedicada a tornar os sistemas de geoprocessamento abertos (OGC, 1998). O OGC almeja a integração completa de dados geográficos e recursos de geoprocessamento através do uso de sistemas de informação geográficas interoperáveis.

O comitê técnico do consórcio está em processo de estabelecer uma especificação que define uma arquitetura de software abrangente para sistemas abertos de geoprocessamento. Os sistemas construídos baseados nesta especificação serão capaz de praticar a interoperação entre aplicações

em uma rede local, e serão capaz, também, de navegar sobre um ambiente heterogêneo e distribuído, como a Internet, e de acessar dados geográficos heterogêneos e recursos de geoprocessamento.

Para a criação dessa especificação, o consórcio OPEN GIS utiliza-se de um processo de consenso entre seus membros. Tal consenso é traduzido para uma especificação abstrata e uma especificação de implementação para cada um dos componentes de software relacionados aos Sistemas de Informação Geográfica.

Através dos grupos de trabalho formados pelos membros do consórcio, o modelo essencial (isto é, a descrição formal do mundo real) e a especificação do modelo (isto é, a descrição de como o sistema representará o mundo real), são desenvolvidos. O modelo essencial e a especificação do modelo, juntas, são denominadas de “especificação abstrata”.

Quando a especificação abstrata está suficientemente madura, os membros do OGC constróem os requisitos para uma proposta de especificação de implementação. As respostas desta proposta fornecem uma especificação de implementação para uma plataforma neutra, incluindo uma linguagem de definição de interface.

Quando todos os membros do OGC chegam a um consenso, a proposta de especificação de implementação passa a ser parte da base de especificações da OGC. Então, para cada software indicado pelos membros será verificada a conformidade com as especificações de implementação. Caso atenda às especificações, o software passará a ter o certificado OGC.

4.4.2 - O Conceito de Comunidade de Informação Geo-espacial

Uma comunidade de informação geo-espacial (CIG) é uma coleção de sistemas ou indivíduos que compartilham informações espaciais, definições, interesses e tecnologia.

Os indivíduos que não pertencem à mesma comunidade de informação e querem compartilhar informações são impedidos de fazê-lo por três motivos:

- ignorância da existência da informação fora de sua comunidade;
- modelagem do fenômeno sem interesse mútuo e
- modelagem do mesmo fenômeno em duas representações distintas, em dois CIG diferentes, fazendo com que uma representação não reconheça a outra e vice-versa.

A especificação OGC visa superar estas limitações. O OGC capacita os CIG a articular seus domínios de interesse, ao fornecer duas novas tecnologias que objetivam:

- anunciar sua existência e suas informações para que estes outros CIGs possam descobri-lo e acessá-lo, sempre que exista o interesse de compartilhar informações, e
- preservar a semântica quando ocorre a transferência de dados de um CIG para outro.

A aplicação e o amadurecimento da tecnologia OGIS deverão resultar no crescimento do tamanho e formalismo do CIG, além de incrementar a disponibilidade de informações pelo referido CIG. Esta tendência pode ser

acompanhada com uma redução gradual do número de CIGs distintos, à medida que estes apliquem o padrão OGIS.

Para formalizar um projeto do mundo real em um CIG, serão brevemente apresentados os diversos níveis de abstração para modelar os fatos do mundo real como coleções de feições no OPEN GIS. Existem duas tecnologias fundamentais para modelar fatos do mundo real: feições com geometria (*features*) e *coverage*. Os conceitos relativos a estes dois termos serão introduzido em tópicos mais à frente.

Nove níveis de abstração são identificados, com oito interfaces entre elas. Os níveis de abstração, seus nomes, as linguagem utilizadas, suas interfaces e os métodos que suportam a navegação através da interface são todos apresentados na Figura 4.15.

Os nove níveis podem ser vistos em OGIS (1998B) com detalhe. Os cinco primeiro níveis de abstração, do nível do “mundo real” para o nível do “visão do mundo”, objetivam gerar a abstração dos fatos do mundo real e não são diretamente implementados em um software. Os quatro últimos níveis, do nível “pontos do OGIS” até o nível “coleções de feições do mundo OGIS”, visam gerar modelos matemáticos e simbólicos do mundo e são diretamente implementáveis no software. Assim, o modelo essencial gerado ao final dos quatro últimos níveis dá uma especificação abstrata para as suas implementações. O nível final é a abstração da realidade especificada em uma linguagem de coleções de feições OGIS.

4.4.3 - Feição e Conceitos Associados

Feição é definida na documentação do OGIS como sendo uma representação abstrata do mundo real, ou seja, o átomo da representação geográfica.

Este conceito geral é especificado e adotado pelo OGIS somente dentro do contexto da Comunidade de Informação Geoespacial e será apresentado a seguir.

A feição OGIS é compreendida pela comunidade como sendo uma classe abstrata sobre a qual se derivam duas sub-classes principais responsáveis pela sua representação. São elas: feição com geometria e *coverage*. A Figura 4.16 ilustra a idéia.

4.4.3.1 - Noção Geral de Informação Geo-espacial

Informação geo-espacial é qualquer coisa que pode ser aprendida olhando em um mapa, não em qualquer mapa, mas em mapas novos, criativos, e com anotações. Um mapa pode ser interpretado como uma metáfora do mundo real. Uma imagem de satélite é aceita por esta comunidade como um tipo de mapa, bem como as coleções estruturadas de exemplos de fenômenos da Terra (OGIS 1998A).

A informação geo-espacial digital é a informação geo-espacial codificada na forma digital. A codificação é feita por recursos computacionais aplicados para automatizar processos da informação geo-espacial tais como: armazenamento, transmissão, análises e assim por diante.

O modelo OGIS, não trata, por agora, o caso de mapas que representam a variação temporal de fenômenos geográficos.

A unidade básica da informação geo-espacial é chamada de feição. Feições podem ser definidas recursivamente como variações delas próprias. Por

exemplo, dependendo da aplicação ou interesse da informação, qualquer item a seguir pode ser uma feição:

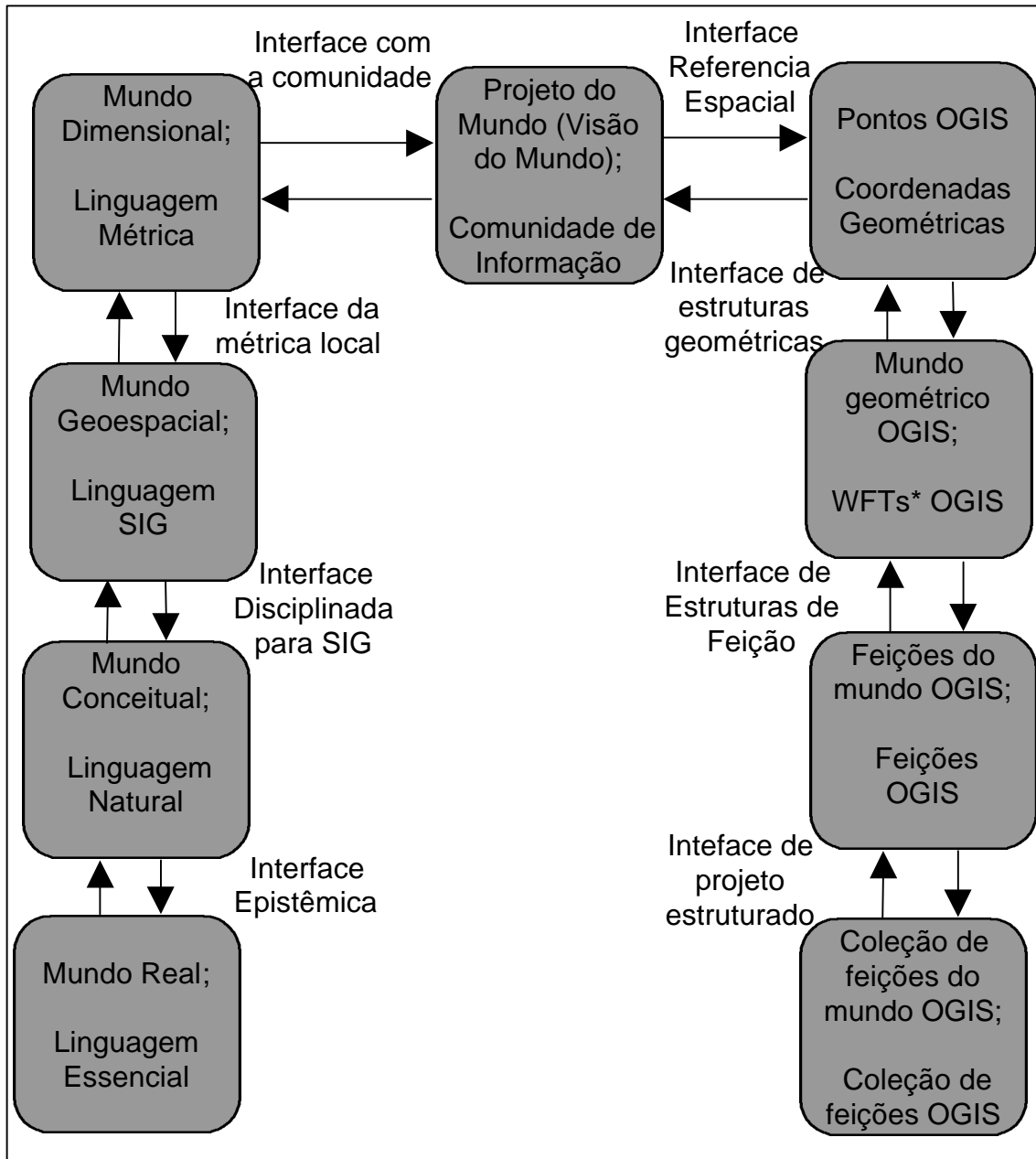


Fig. 4.15 - Os nove níveis de abstração definidos pelo OGIS.

FONTE : adaptada de OGC (1998A).

(*) "Well-Known-Types", ou seja, tipos bem conhecidos.

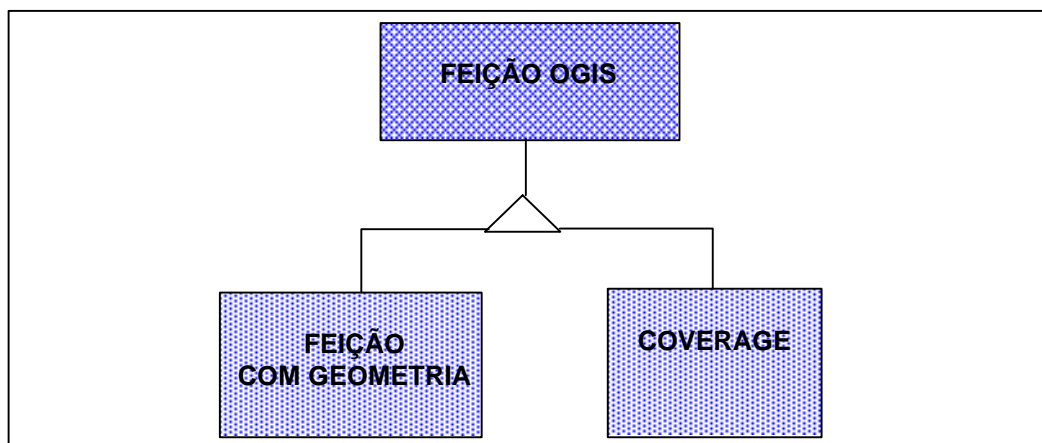


Fig. 4.16- Feição OGIS e seus subtipos.

FONTE : adaptada de OGC (1998B).

- um segmento de uma rodovia entre duas intercessões consecutivas;
- uma rodovia constituída de muitos segmentos;
- uma imagem de satélite georeferenciada;
- um pixel de uma imagem de satélite georeferenciada;
- uma rede de drenagem e
- uma rede triangular irregular.

Existem diferentes maneiras para criar a representação digital da informação geo-espacial. Esta riqueza de alternativas tem se tornado mais um problema do que um benefício. A variedade de estruturas de dados e formatos do SIGs torna a área confusa e aparentemente caótica, e atualmente tem criado obstáculos para os usuários.

A especificação abstrata que está sendo criada pelo OGIS tem o objetivo de colocar ordem neste caos.

4.4.3.2 - Especificação Abstrata de Feições

4.4.3.3 - Tipos de Feições

Até o presente momento o consenso existente sobre a definição de feição geográfica é apresentada, resumidamente, no parágrafo a seguir.

Uma feição pode ser composta por outras feições. Uma feição pode ser derivada de um tipo principal de feição. Uma feição deve ser instanciada de um tipo, quando solicitada por um cliente OPEN GIS e enviada a ele em um formato "bem conhecido".

O termo "bem conhecido" neste contexto significa: definido usando significados compreendidos pelos clientes OPEGIS. Isto pode ser definido explicitamente em uma especificação de implementação, mas provavelmente alguns significados são disponíveis pela tecnologia de distribuição que será utilizada (ex.: SQL, CORBA IDL.) (OGIS 1998A).

4.4.3.4 - Atributos de Feições

A uma feição são associados atributos. Cada atributo é distinto por um nome e um valor dentro do domínio de valores do atributo. Nomes e domínios de atributos associados são definidos pelo tipo do atributo.

Um subconjunto de atributos de uma feição pode ser geométrico (isto é, do tipo geométrico). Este subconjunto pode representar a extensão espacial de uma feição, ou pode ser vazio para feições de outros tipos.

4.4.3.5 - Identidade das Feições

Uma feição tem um identificador único dentro de um domínio e independe do valor de qualquer ou de todos os seus atributos associados.

4.4.3.6 - Persistência de Feições

Uma feição é geralmente persistente. Um consenso sobre o conceito de persistência está ainda em amadurecimento no OPENGIS. Esta é uma área onde é necessário trabalhos futuros.

4.4.3.7 - Instância de Feições

Uma feição pode ser referenciada como uma instância de feição.

4.4.3.8 - Coleção de Feições

Os membros do consórcio OGIS ainda não chegaram a um consenso em muitos assuntos sobre as coleções de feições. A seguir apresenta-se estes assuntos em discussão relacionado ao tema coleção de feição.

- uma feição pode ser uma composição de outras feições;
- uma área pode ser uma feição composta de feições contidas nela e
- uma feição pode ser “dividida” por limites de áreas, e pode ser reagrupada como uma única feição quando solicitada por uma interface ou por um serviço.

No entanto o mundo real, em alguns casos, é visto como uma coleção de feições que necessitam ser modeladas. Este mundo real inclui:

- projetos com limites bem definidos e feições que atendam certos critérios;

- produtos provenientes de agências governamentais, tais como SDTS e arquivos similares;
- bancos de dado de SIG e
- persistência e não persistência de coleções de feições presentes em um espaço de trabalho de um SIG.

Apesar destas dúvidas, a especificação do consórcio OPEN GIS expõe as seguintes características sobre coleção de feições em consenso.

- uma coleção de feições é uma instância de feição que agrupa outras feições;
- uma coleção de feições é também uma feição e por isso possui um tipo, identificador, um conjunto de atributos associados e podem participar de certos processos, e
- a utilização de coleção de feições inclui a representação lógica ou física de feições; feições complexas ou compostas; o resultado de uma consulta; uma coleção de feição criada para determinado propósito.

4.4.4 - Feição com Geometria

Feição com geometria é uma forma de representação dos fenômenos geográficos que ocorrem na Terra. Estes fenômenos geográficos, também denominados de feições geográficas, estão posicionados no mundo real em um sistema de coordenadas da Terra. A representação destes fenômenos no sistema de informação geográfica (SIG) se dará pelo “mapeamento” do seu posicionamento no sistema de coordenadas adotado pelo SIG. A Figura 4.17 ilustra a idéia.

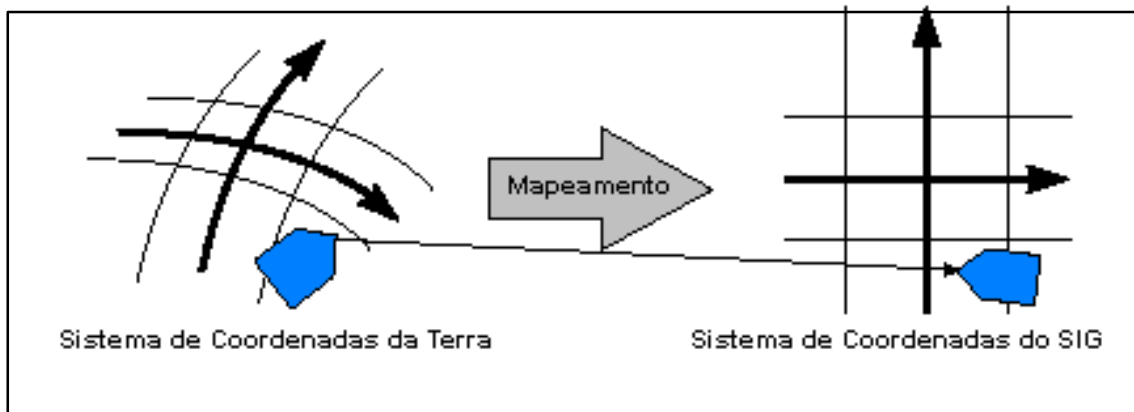


Fig. 4.17 - Uma forma de representação de feições geográficas.

FONTE : adaptada de OGC (1998C).

As feições geográficas são compostas por informações que as posicionam em coordenadas relativas da Terra, ou relativas a algum outro sistema. A técnica mais comum para representar o posicionamento e a forma de uma feição geográfica é a geometria (OGC, 1998C).

Portanto, estas feições geográficas são vistas como um ponto, um polígono ou alguma outra representação geométrica. Os SIGs fornecem tecnologia para a representação destas geometrias no seu sistema de coordenadas.

4.4.4.1 - Geometria

Geometria é a combinação de coordenadas geométricas e um sistema de referência. A coordenadas geométricas consistem de quatro itens:

- 1) Uma sequência de coordenadas (pontos), todas provenientes de um mesmo sistema de referência.
- 2) Uma coleção de geometrias, todas provenientes de um mesmo sistema de referência.

3) Um algoritmo de interpretação que usa estas geometrias e coordenadas para construir uma entidade geométrica que define uma geometria no tempo e no espaço. Uma entidade geométrica pode ser composta de outras entidades geométricas, e uma entidade geométrica pode ser compartilhada, como componente, por outras entidades.

4) Um sistema de referência espaço-temporal para dar à geometria uma melhor interpretação do mundo real.

A representação geométrica da feição geográfica segue critérios e especificações para garantir a sua manipulação por operadores topológicos tais como: interior, adjacência, intersecção, união, subtração, disjunção, dentro de, contido em, sobreposição, etc.. Para uma especificação em detalhes destes critérios e operadores topológicos consultar (OGIS, 1998C).

4.4.5 - Coverage

As *coverages* em SIG, incluindo o caso de imagem de satélite, são metáforas de duas ou mais dimensões de fenômenos de uma área da superfície da Terra. Constituem a segunda forma de representação de feições geográficas.

Fundamentalmente, *coverages* fornecem uma visão n-dimensional, onde n é usualmente 2 e ocasionalmente 3 ou maior, de um espaço de feições geográficas. Esta visão deverá ser geo-espacialmente registrada com a Terra.

É útil utilizar a seguinte analogia: o domínio espacial de uma *coverage* é como uma “view port” sobre a tela de um vídeo, e existe uma função (FUNÇÃO_C) que associa as cores de uma “viewport” aos fenômenos reais que ela busca representar.

As *coverages* tem a capacidade de modelar e tornar visível os relacionamentos espaciais entre fenômenos da Terra e a sua distribuição espacial.

4.4.5.1 - Propriedades

Uma *coverage* possui uma propriedade denominada de “Função_Coverage” cujo valor é uma FUNCAO_C. A FUNCAO_C é uma função que tem um domínio espacial e seu intervalo de valores é um conjunto de tuplas homogêneas. Este intervalo pode ser simplificado para ser uma coleção de vetores homogêneos (que são coordenadas numéricas).

Um domínio espacial pode ser qualquer geometria ou uma coleção de geometrias. Usualmente, a geometria é acompanhada por uma referência em um sistema espacial, e seus pontos estão associados às localizações. Normalmente um domínio espacial inclui retângulos fechados, conjuntos de pontos, grades, triângulos, e outras coleções de geometrias.

Uma *coverage* pode ter mais que uma propriedade FUNCAO_C como valor.

O intervalo de valores de uma FUNCAO_C é um conjunto de valores usualmente representados como uma coleção de vetores.

FUNCAO_C: (Geometria no domínio espacial) -> (v1, v2, v3, ..., vn)

Por exemplo, uma FUNCAO_C pode associar a cada ponto valores de temperatura, pressão, umidade, e velocidade do vento de noite. Neste caso, todo ponto é mapeado para um vetor de 4 dimensões.

Uma *coverage* é projetada para representar uma única feição ou um conjunto de feições. Por exemplo, uma *coverage* pode ter um domínio espacial que contenha um único município ou um único país. Em um outro caso uma

coverage pode ser tratada para modelar uma única feição (país), ou como uma coleção de feições (coleção de municípios).

A Figura 4.18 ilustra os diversos subtipos de *coverage* prevista no OGIS.

Para um maior detalhamento sobre os tipos de *coverage* apresentados e suas propriedades ver OGIS (1998B).

Como decorrência deste estudo sobre a especificação OPEN GIS, concluímos preliminarmente, que ainda existem muitos pontos a serem amadurecido e consolidados e que qualquer interpretação desta especificação pode ser considerada uma “aproximação”. Neste sentido elaboramos e propomos um modelo semântico orientado por objetos que, segundo nosso entendimento, mais se aproxima ao estágio atual da especificação OPEN GIS. A Figura 4.19 apresenta este modelo.

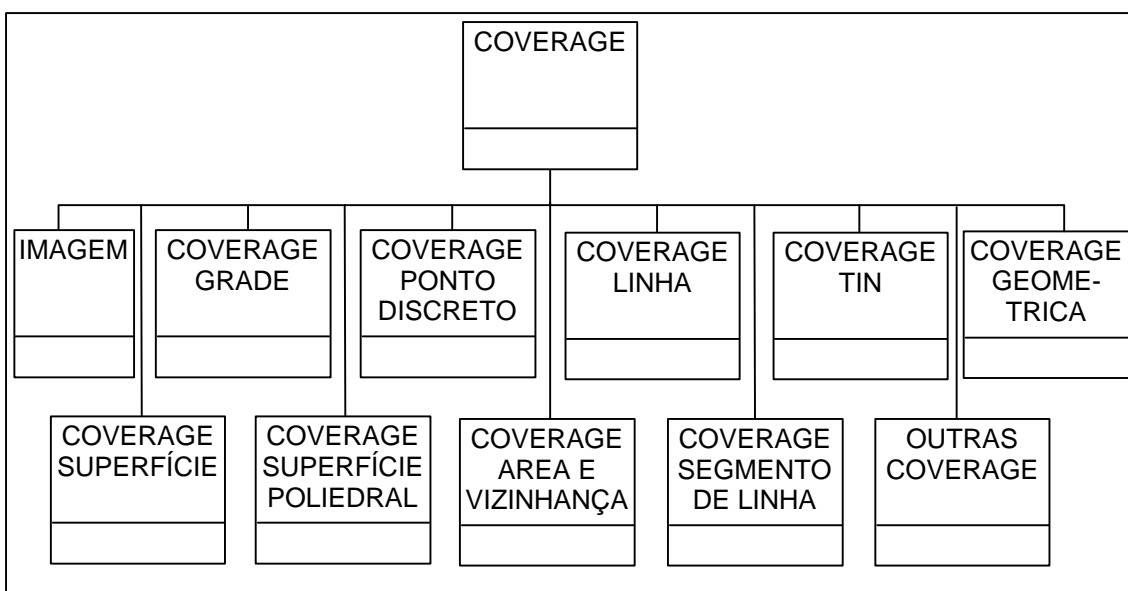


Fig. 4.18 - Subtipos de Coverage.

FONTE : adaptada de OGC (1998B).

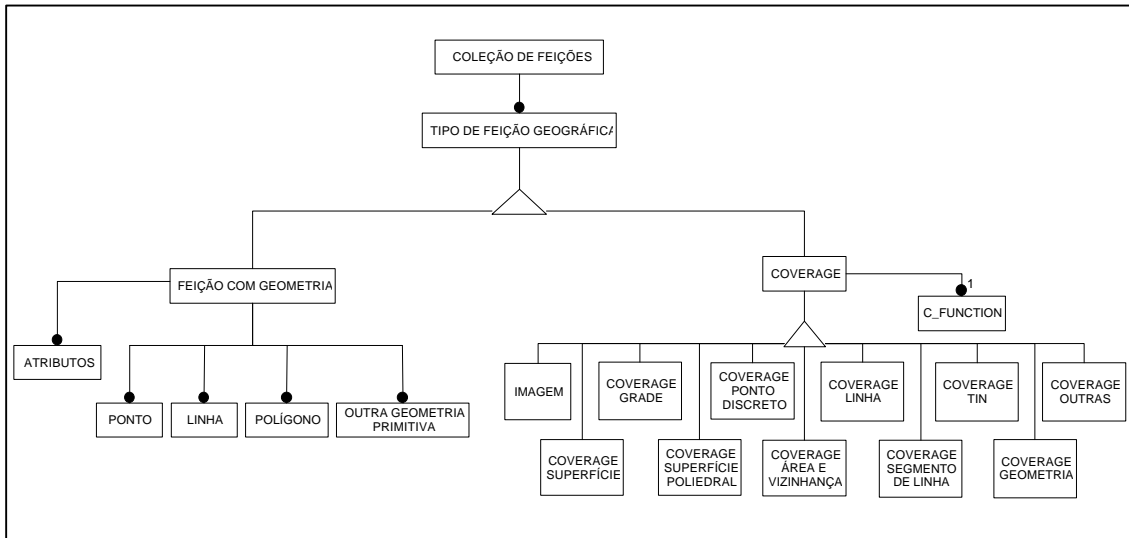


Fig. 4.19 - Modelo semântico que se aproxima da especificação OPEN GIS.

4.5 - Comparação entre os SIGs e o padrão OGIS

Este item tem a pretensão de realizar uma comparação entre os três SIGs apresentados, tomando como referência dois conceitos do OGIS: feição com geometria e *coverage*. Trata-se de um desenvolvimento onde será buscado mostrar até onde cada um destes sistemas aderem a esses dois conceitos.

4.5.1 - MGE e OGIS

4.5.1.1- Feição com Geometria

O conceito de feição geográfica é apresentada pelo MGE como sendo a representação dos fenômenos geográficos do mundo real e possui informações descritivas no banco de dados. A representação geométrica de cada feição é materializada em um mapa. Cada feição com geometria possui um identificador e é classificada em uma classe de feição que compõe uma categoria. A definição de que feição com geometria pode ser composta por

outras feições com geometria pode ser contemplada por este item através do mecanismo existente entre categoria de feições que podem ser compostas por classes de feições.

4.5.1.2 - Coverage

O MGE não captura a visão semântica do modelo OGIS que considera as diferentes especialização do conceito *coverage*. Alguns subtipos de *coverage* no MGE são tratados de forma independente por módulos específicos como é o caso de grade irregular triangular e grade regular. Neste caso a aderência ao modelo OGIS é parcial.

4.5.2 - Arc/Info e OGIS

4.5.2.1 - Feição com Geometria

O modelo de dados vetorial é responsável por representar as feições geográficas através do modelo geo-relacional onde a parte gráfica é especializada pelas geometrias ponto, linhas e polígonos, e a parte descritiva é representada por tabelas de atributos no SGBD relacional. Apesar da parte gráfica possuir uma representação geométrica, ela somente pode ser materializada no sistema através de uma estrutura denominada *coverage*. Não é possível conceber feição com representação geométrica sem a existência de *coverage*. Portanto concluímos que o Arc/info adere parcialmente ao conceito de feição com geometria.

4.5.2.2 - Coverage

Coverage, no Arc/Info, é definido como o método primário para representar o modelo de dados vetorial, assim como “GRID” é o método para representar o

modelo de dados matricial, e o “TIN” é o método para representar o modelo de dados de rede irregular triangular. Devido à existência de um sub-tipo de *coverage* denominado *coverage* geométrica, deduzimos que este sub-tipo é o mais próximo correspondente à estrutura *coverage* do ARC/INFO.

Já o modelo de dados matricial e o modelo de dados de rede irregular triangular são contemplados no OGIS como sub-tipos de *coverage*: *coverage* grade e *coverage* TIN respectivamente. No Arc/Info estes modelos possuem representações específicas, no caso: “GRID” e “TIN”. Portanto para este item a aderência é parcial.

4.5.3 - SPRING e OGIS

4.5.3.1 - Feição com Geometria

No SPRING, as feições geográficas do mundo real são modeladas por dois grandes tipos de dados: geo-objetos e geo-campos. Os geo-objetos representam feições geográficas com identidades únicas e possuem uma descrição no banco de dados. Além disto eles são representados por uma ou mais geometrias no sistema, como é o caso de uma representação de um mesmo geo-objeto em duas escala diferentes: em uma ela pode ser um ponto em outra pode ser um polígono.

Portanto a definição de geo-objetos adere à definição de feição com geometria do OGIS. Ressalve-se porém, que a da feição com geometria que pode ser composta por outras feições com geometria, conceito este não encontrado no referido sistema

4.5.3.2 - Coverage

A definição de geo-campos implementada pelo SPRING representa a distribuição espacial das feições geográficas no mundo real. Dentro deste contexto, o geo-campo e suas especialidades contemplam a definição de *coverage* do OGIS.

A Tabela 4.1 mostra um resumo das comparações realizadas anteriormente tendo como referência o conceito OGIS para feição com geometria e *coverage*.

4.5.4 - Uma Breve Conclusão

Sob o ponto de vista semântico nenhum dos sistemas apresentados adere por completo ao padrão OGIS. Pode-se citar, para exemplificar esta afirmação, os seguintes fatos:

- 1)** No MGE, a noção de especialização de tipos de feições, representada por categoria e classes de feições, não é contemplada pelo OGIS de forma explícita e direta.
- 2)** No Arc/Info existe a noção de *coverage* e não contempla a idéia de feição com geometria como entidade independente da *coverage*. A noção de *coverage* no Arc/Info pode ser mapeado parcialmente para o conceito de *coverage* geométrica no OGIS.
- 3)** A separação explícita entre feição geográfica e sua geometria, presente no SPRING, não é disponível diretamente no OGIS.

Como a especificação do padrão OGIS é um processo em evolução, isto é, não se esgotou até o momento destas análises, é possível que em versão mais avançadas no futuro, tais fatos poderão ser contemplados de forma explícita.

**TABELA 4.1 - QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS TRÊS SIGS E OS
CONCEITOS FEIÇÃO COM GEOMETRIA E COVERAGE DO OGIS**

SIGs		Feição c/ Geometria	Coverage
Arc/Info	aderência	LIMITADA(*)	PARCIAL
	detalhe	As feições com geometria somente se materializam com a existência das <i>Coverages</i> . Não há o conceito uma feição com geometria que pode ser composta por outras feições com geometria	O modelo de dados vetorial adere ao sub-tipo Coverage Geométrica, o modelo de dados de Grade Regular adere ao sub-tipo de Grade Coverage, e o modelo de dados de grade irregular triangular adere ao sub-tipo TIN coverage.
MGE	aderência	PARCIAL	LIMITADA
	detalhe	Não há o conceito uma feição com geometria que pode ser composta por outras feições com geometria.	O modelo de dados matricial e de grade triangular irregular possui método de representação específico. Existem os módulos específicos para a representação de feições geográfica distribuídas espacialmente.
SPRING	Aderência	PARCIAL	PARCIAL
	detalhe	Geo-objetos e suas especialidades. Não tem o conceito uma feição com geometria que pode ser composta por outras feições com geometria	Geo-Campos e suas especialidades. Porém não suporta a noção de vetor de valores para cada ponto.

(*) As classes de avaliação adotadas são: TOTAL, PARCIAL e LIMITADA