

EDSON CARLOS TEIXEIRA DOS SANTOS

**PROPOSTA DE ESTRUTURAÇÃO DE DADOS PARA UMA REDE DE
INFRA-ESTRUTURA URBANA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciência da Computação.

UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS

Orientador: Prof. Eduardo Macedo Bhering

.

BARBACENA

2004

EDSON CARLOS TEIXEIRA DOS SANTOS

**PROPOSTA DE ESTRUTURAÇÃO DE DADOS PARA UMA REDE DE
INFRA-ESTRUTURA URBANA**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado à obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência da Computação da Universidade Presidente Antônio Carlos.

Barbacena – MG, 23 de Junho de 2004.

Prof. Eduardo Macedo Bhering - Orientador do Trabalho

Prof. Ms. Elio Lovisi Filho - Membro da Banca Examinadora

Prof. Ms. Wender Magno Cota - Membro da Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, a minha esposa Janaina, pela compreensão, aos meus filhos, Matheus e João Victor pelo carinho, aos meus pais, a minha família pelo incentivo, aos meus companheiros de classe, que compartilharam todas dificuldades e alegrias, e a todo corpo docente do curso de ciência da computação, em especial ao meu orientador Eduardo Macedo Bhering.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de estruturação de uma base de dados de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para uma rede de infra-estrutura e saneamento básico urbano de um município. Apresenta também a implementação do esquema proposto utilizando um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) Objeto-Relacional. Para a criação do esquema conceitual foi utilizada a ferramenta CaseGeo, que suporta o modelo UML-GeoFrame. A validação é feita através do desenvolvimento de um protótipo, e sua manipulação realizada através do SIG comercial Intergraph GeoMedia.

SUMÁRIO

<u>FIGURAS.....</u>	<u>8</u>
<u>1 INTRODUÇÃO.....</u>	<u>9</u>
<u>2 CONCEITOS.....</u>	<u>13</u>
<u>3 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA.....</u>	<u>33</u>
<u>4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....</u>	<u>47</u>
<u>5 CONCLUSÃO.....</u>	<u>52</u>
<u>ANEXO A – SCRIPTS DE DEFINIÇÃO DAS CLASSES.....</u>	<u>56</u>

FIGURAS

Figura 1. Exemplo de representação matricial e vetorial.....	17
Figura 2. Diagrama de classes do Geoframe.....	22
Figura 3. Espectro eletromagnético Geoframe.....	24
Figura 4. Arquitetura da ferramenta CaseGeo.....	27
Figura 5. Ambiente de trabalho Visio.....	28
Figura 6. Exemplo de edição de uma classe.....	29
Figura 7. Exemplo de um esquema.....	30
Figura 8. Modelo Conceitual para o MUB. [SIL03].....	34
Figura 9. Modelo proposto para rede de esgoto.....	38
Figura 10. Modelo proposto para rede de água.....	42
Figura 11 Modelo proposto.....	44
Figura 12.Consulta A1.....	49
Figura 13.Consulta A2.....	50

1 INTRODUÇÃO

Projetar o Banco de Dados é uma das tarefas mais importantes no desenvolvimento de um sistema de informação. O projeto de banco de dados deve ser realizado com apoio de um modelo de alto nível, também conhecido como modelo conceitual. O processo de modelagem conceitual de banco de dados permite representar os elementos encontrados na realidade da aplicação, de maneira abstrata, formal e não ambígua, facilitando a comunicação entre os projetistas e usuários da base de dados [BHE02].

É necessário que as restrições do problema sejam levantadas na fase de projeto da aplicação, através de um método de modelagem que permita a especificação das características inerentes às aplicações. Esta é também uma forma de assegurar a qualidade de uma base de dados, impondo restrições de integridade, que devem ser verificadas à medida que os dados são inseridos ou modificados [LIS00].

A utilização de ferramentas CASE (Computer Aided Software Engineering), que auxiliem os profissionais da área na tarefa de modelagem e geração dos esquemas conceituais, bem como na tradução destes esquemas em seus respectivos esquemas lógicos, facilita o trabalho dos projetistas e administradores de dados. Outra vantagem é a possibilidade de representação do esquema de dados de forma clara e de fácil entendimento, através de uma ferramenta que possibilite também a adequada documentação do esquema [EAS95].

Um caso específico de modelagem de banco de dados é aquele destinado à implementação de banco de dados geográficos, ou seja, banco de dados contendo informações que possuem referência espacial. A necessidade de um novo modelo conceitual para se modelar uma aplicação de banco de dados geográficos vem sendo estudada desde o final da década de 80. De lá para cá surgiram diversas propostas nesse sentido, embora ainda não se tenha atingido uma padronização para este processo [LIS00].

Sistemas de Informação Geográficas (SIGs) são sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Compostos de software e hardware, eles representam, armazenam e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. O que possibilita aos

administradores uma visão ampla e diferenciada sobre o ambiente de trabalho, uma vez que todas as informações ficam disponíveis e inter-relacionadas sobre uma base comum, a localização geográfica. O inter-relacionamento mencionado diz respeito à integração de bancos de dados e mapas.

O saneamento básico é uma das áreas em que se pode usufruir as vantagens de utilização dos SIGs. Para se modelar um sistema de infra-estrutura como este é necessário primeiramente conhecer com que tipo de dados o sistema estará lidando e que tipo de problema estará sendo solucionado com a informação digital [LIS00].

A área de saneamento do Brasil é conhecidamente problemática. Problemas, como desperdício e desvio de recursos (água tratada), são agravados pela falta de informações que auxiliem no processo de tomada de decisão.

A tecnologia SIG permite a criação de sistemas muitos mais poderosos, abrangendo todo o processo, da coleta da água até a abastecimento na residência dos usuários. Uma modelagem coerente desta estrutura é muito importante para o sucesso de aplicações desta natureza [LIS99].

Em vários aplicativos SIG, o componente de gerenciamento do banco de dados manipula somente as informações espaciais, sendo os dados descritivos relacionados gerenciados por um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) convencional, normalmente um SGBD relacional. Inúmeras limitações surgem dessa abordagem: Como o SIG é responsável pelo gerenciamento de sua base de dados, surgem problemas de segurança, compartilhamento, eficiência, entre outros. Normalmente estes sistemas não oferecem mecanismos de especificação e implementação de restrições de integridade espacial, disponibilizando apenas mecanismos de verificação das restrições topológicas básicas (como adjacência e conectividade) [BHE02].

Com o surgimento e difusão dos SGBD's Orientados a Objeto e os Objeto-Relacional (ODMS), que permitem o armazenamento de estruturas complexas, através da definição de classes que representam os objetos espaciais e possibilidade de definição dos métodos e restrições aos objetos da classe, surge uma tendência de utilização destes gerenciadores para a manutenção de uma base integrada (gráfica+descritiva) por parte dos softwares de SIG comerciais. Desta forma, os SIGs passariam a contar com os benefícios do gerenciamento pelo SGBD. Um exemplo seria a possibilidade de inclusão de restrições de integridade que,

uma vez definidas através do SGBD, não seriam violadas, devido à existência de mecanismos para assegurar que as restrições especificadas sejam atendidas. Alguns sistemas disponíveis no mercado já adotam mecanismos de acesso à base de dados armazenada em SGBD's Objeto-Relacional [LIS00].

1.1 OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é apresentar uma proposta de estruturação de dados para uma aplicação da área de saneamento básico, que possa ser integrada a um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Com o objetivo de validar a proposta, será implementado um protótipo a partir do modelo proposto, através de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto Relacional (SGBD-OR), e testando sua integração com um SIG comercial disponível no mercado.

1.2 ORGANIZAÇÃO

A estrutura deste trabalho é composta deste e mais quatro capítulos, que estão descritos a seguir:

No capítulo 2 é apresentada uma revisão dos conceitos de Banco de Dados Geográficos, Sistema de Informação Geográfica, explicando seus componentes e sua utilização, e outras ferramentas que foram utilizadas.

No capítulo 3 é apresentado o desenvolvimento da proposta, a partir de uma a proposta de estruturação do Mapeamento Urbano Básico (MUB) e integração com os modelos das redes de água e coleta de esgoto.

No capítulo 4 é descrita a implementação do protótipo utilizado para validar a proposta de estruturação de dados.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta algumas conclusões, e sugestões para trabalhos futuros.

2 CONCEITOS

Neste capítulo serão abordados estudos sobre conceitos e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

2.1 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO

Projetar Banco de dados é uma das tarefas mais importantes no desenvolvimento de um sistema de informação. Um sistema de Banco de Dados (SBD) é um sistema de manutenção de registros por computador, que tem como objetivo global manter informações significativas (necessárias ao processo de tomada de decisão) e torná-las disponíveis quando solicitadas. Sendo que SGBD é o software responsável pela manutenção de todos acessos ao banco de dados [LIS00].

Um Banco de Dados Geográficos é o repositório de dados de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como as informações descritivas (atributos não-espaciais). Ele funciona como um modelo da realidade por representar um conjunto selecionado de fenômenos da realidade, que podem estar associados a diferentes períodos de tempo (passado, presente, futuro) [LIS00].

Tradicionalmente, os SIG's armazenavam os dados geográficos e seus atributos em arquivos internos. Este tipo de solução vem sendo substituído pelo uso cada vez maior de sistemas de gerência de banco de dados (SGBD), para satisfazer à demanda do tratamento eficiente de bases de dados espaciais cada vez maiores.

A maioria dos SIGs atuais utilizam um sistema dual utilizando um SGBD relacional e algum tipo de software que permite a inclusão e o gerenciamento de atributos espaciais, onde os dados são tratados separadamente.

Com o SGBD é possível introduzir dados de um atributo como informação tabular estáticos e subsequente extrair tabulações especializadas e sumárias estáticas para gerar novos relatórios tabulares. Entretanto, mais importante é o fato de que sistema de gerenciamento de banco de dados nos permite analisar dados de um atributo. Muitas análises de mapas não têm um SGBD freqüentemente funcionando muito bem [EAS95].

Segundo [EAS95] um sistema de gerenciamento de banco dados oferece um conjunto valioso de ferramentas para aplicações em SIGs, permitindo análise sobre informações tabelas armazenadas em um arquivo de banco de dados. Não há nenhum componente espacial nas operações efetuadas em SGBD. Para incluir esse componente torna-se necessário integrar o SGBD com SIG. Quando utilizado dentro de um SIG, O SGBD habilita a informação contida em banco de dados a ser ligado a arquivos de definição geográfica em formato raster vetorial. Essa ligação possibilita a passagem de informação entre os componentes SGBD do SIG e outros componentes, como o sistema de análise geográfica e o sistema de visualização cartográfica.

Além de tudo isso, O SGBD nos permite a interoperabilidade entre sistemas, ou seja, o SGBD não depende de um software específico para funcionar.

As suas principais funções são:

- Explorar Bases de Dados,
- Executar consultas por localização ao banco de dados,
- Visualizar atributos do banco de dados na forma de mapas,
- Executar consultas por atributos simples e múltiplos de banco de dados,
- Solucionar problemas envolvendo álgebra de mapas

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIGS)

Sistemas de Informação Geográfica (SIG), caracterizam-se como sistemas que tornam possível a captura, modelagem, manipulação, análise e apresentação de dados referenciados geograficamente. Um SIG não é apenas um software integrado com várias funções, mas sim um conjunto de ferramentas que possibilitam a integração de dados georreferenciados. Algumas dessas ferramentas necessárias para um SIG são: Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados geográficos, procedimentos para obtenção, manipulação, exibição e impressão de dados com representação gráfica; e algoritmos e técnicas para análise de dados espaciais, que podem ser agrupadas em quatro grandes componentes [EAS95]:

- Componentes de captura de dados
- Componentes de armazenamento
- Componentes de análise
- Componentes de apresentação

Uma das principais características de um SIG é sua capacidade de manipular dados geográficos e não geográficos de maneira integrada, provendo uma forma consistente para análise e consulta [SIL03].

Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes. Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real [LIS99].

Um SIG pode, ainda, ser definido como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. Os dados são georreferenciados quando estes possuem basicamente duas características: dimensão física e localização espacial, [ARO89].

Em resumo, as principais características de SIG's são:

- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados.
- Consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.
- Os dados tratados em SIG's incluem: imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapas temáticos, redes e dados tabulares.

Uma característica básica e geral num SIG é sua capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos. Denota-se por *topologia* a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos. Armazenar a topologia de um mapa é uma das características básicas que fazem um SIG se distinguir de um sistema CAD. A outra diferença fundamental é a capacidade de tratar as diversas projeções cartográficas. Para aplicações em análise geográfica e redes, o armazenamento da topologia permite o desenvolvimento de consultas a um banco de dados espacial, que não seriam possíveis de outra maneira. [CAL03].

Segundo [DAV01] Sistemas de informação geográficas (SIGs) urbanos têm como uma de suas características a grande diversidade temática. Nos ambientes urbanos, agentes bastantes distintos interagem, cada qual percebendo os elementos da paisagem urbana de maneira diferente e em variados graus de detalhamento. As aplicações são igualmente variadas, abordando atividades, parcelamento de uso e ocupação do solo, planejamento

urbano, educação, saúde, transporte e trânsito, infra-estrutura urbana (redes de energia elétrica, telecomunicações, abastecimento de água, drenagem pluvial, esgotamento sanitário), localização de atividades econômicas, marketing, policiamento, e muitas outras.

As dificuldades inerentes a esse largo espectro de aplicações geográficas são muitas. Uma das mais importantes é a necessidade de construir um banco de dados básico (que tem sido denominado inadequadamente, de Mapa Urbano Básico – MUB) que precisa conter no mínimo um esboço do tratado das ruas, acompanhado de informações sobre logradouros e endereços além de unidades administrativas [CAL03].

Uma vez disponíveis esses dados estabelecem a concepção e a implementação de um grande conjunto de aplicações. O processo de levantamento e conversão dos dados especifica de cada aplicação. A complexidade dessas aplicações, aliada ao intenso ritmo de mudanças das características dos ambientes urbanos mais densamente ocupados, leva a uma grande dificuldade de manutenção dos dados geográficos, sejam eles básicos (Componentes MUB) ou temáticos [DAV01].

A implementação de um SIG gera uma grande variedade de classes de objetos, necessitando especialistas em cada área tornando a centralização da tarefa bastante difícil.

2.2.1 REPRESENTAÇÃO DE DADOS EM MAPAS

Um sistema de informação geográfica armazena dois tipos de dados que são encontrados em um mapa, as definições geográficas das superfícies da terra e os atributos ou quantidades que estas feições possuem. Nem todos os sistemas usam a mesma lógica para fazer isso, mas quase todos usam uma ou a combinação de duas técnicas de representação de objetos georreferenciados: estrutura vetorial e estrutura raster.

A Figura 1 apresenta os dois tipos possíveis de representação de uma imagem através da estrutura matricial e vetorial.

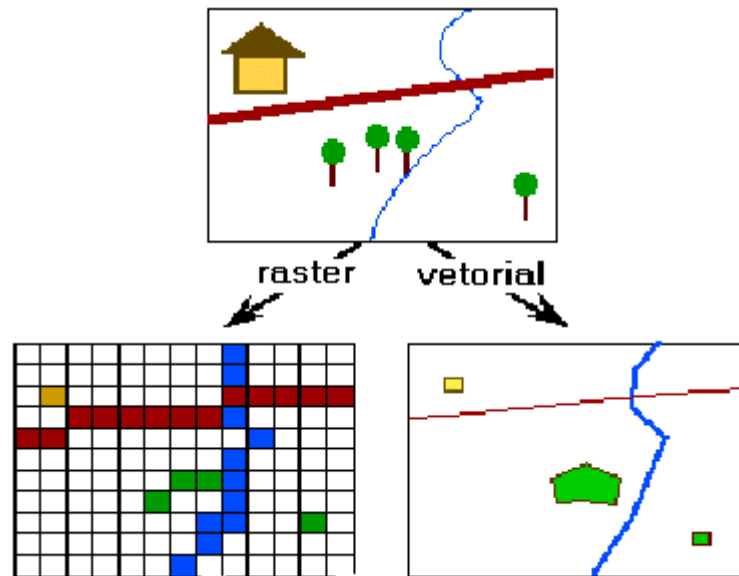


Figura 1. Exemplo de representação matricial e vetorial.

2.2.2 ESTRUTURA VETORIAL

Na estrutura vetorial os objetos são representados através de pontos, linhas e polígonos, as coordenadas (x,y) representam a localização do objeto mediante o local, os atributos e feições são gerenciados pelo próprio SIG. Atributos de informações contendo endereço, nome do proprietário, avaliação da propriedade e uso da terra podem também existir. A ligação entre estes dois arquivos de dados pode ser um simples identificador. As linhas são formadas por segmentos de pontos assim como os polígonos são formados por um conjunto de linhas [SIL03].

Existem diversas técnicas para armazenamento de objetos geográficos na estrutura vetorial, porém grande parte dos autores divide estas estruturas em dois grandes grupos: estrutura spaghetti e estruturas de dados topológicos.

- Estruturas de dados spaghetti – armazenam os polígonos/linhas como seqüências de coordenadas de pontos. São utilizadas em pacotes de

cartografia automatizada, onde as informações sobre os relacionamentos entre as entidades não são importantes.

- Estruturas de dados topológicos – armazenam alguns tipos de relacionamentos espaciais, sendo que a ênfase principal é dada nos relacionamentos de conectividade entre linhas de uma rede e nos relacionamentos de adjacência entre polígonos. São empregadas na maioria dos SIG.

2.2.2 ESTRUTURA MATRICIAL (RASTER)

O plano é dividido em inúmeras células, cada célula armazena características de seu respectivo local, tanto características visuais quanto físicas, um objeto pode ser representado na estrutura matricial como um conjunto de células de mesmo valor.

A resolução da imagem matricial depende do tamanho de suas células quanto menor for a célula maior será a resolução.

Devido ao grande volume dados necessários para representar a estrutura matricial, tornou-se necessário a criação de formas para compactação que temos como as principais: Códigos de Cadeia, Códigos em sequência, Códigos de bloco, Árvores quaternárias.

2.3 ARCVIEW

O ArcView foi desenvolvido pelo *Environmental System Research Institute* (ESRI), para efetuar análises em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica. É pouco exigente em termos computacionais e pertence à categoria dos “*desktop GIS*”. É um dos utilitários mais usados no mundo devido a grande facilidade de operação, manuseio e a interface amigável, que permite ao usuário a manipulação de dados gráficos e tabulares, bem como a interligação destes entre si [SAN02].

As atividades no ArcView estão organizadas e ocorrem dentro do contexto de um projeto, que é um arquivo texto e se constitui de uma série de diferentes tipos de documentos. [SAN02]. Para acessar e organizar as categorias de tarefas do ArcView, utiliza-se de [SAN02]:

- *Views* (vistas), que proporcionam o acesso às janelas de visualização de temas e criação de novas janelas. Permite visualizar, explorar, consultar e executar análises em bases de dados espaciais, contendo um ou mais temas georreferenciados.
- *Theme* (tema), é um plano de informação contendo feições geográficas de um mesmo tipo (pontos, linhas, polígonos, células, etc).
- *Tables* (tabelas), que proporcionam o acesso às tabelas de atributos de temas que foram inseridas ou solicitadas pelo usuário. É o documento que o ArcView disponibiliza para visualização, consulta e edição de dados tabulares.
- *Charts* (gráficos), controlam o acesso a gráficos criados ou solicitados pelo usuário referentes a determinado tema em particular.
- *Layouts* (esquemas), usados para elaboração de mapas para impressão. Pode incorporar vistas, tabelas, gráficos, legendas e elementos cartográficos usuais.
- *Scripts* (roteiros) permitem ao usuário a implementação de rotinas (macros) personalizadas. São usados para escrever e compilar programas em Avenue, que é a linguagem de programação do ArcView, orientada a objetos. *Scripts* permitem personalizar e estender a funcionalidade do ArcView, possibilitando o acesso a várias funções que não estão disponíveis na interface gráfica padrão.

2.4 GEOMEDIA

O GeoMedia é um SIG proposto pela InterGraph Corporation que permite conexões com diversos tipos de SGBDs, dentre eles o ORACLE, a partir dessas conexões é possível a visualização de todas as tabelas gráficas contidas no SGBD e a elaboração de consultas. É válido lembrar que estes tipos de consultas são realizados a partir de um padrão definido pelo GeoMedia, o que impossibilita a elaboração de consultas via SQL[SIL03]. O GeoMedia é um SIG proposto pela InterGraph Corporation que permite conexões com diversos tipos de SGBDs, dentre eles o ORACLE, a partir dessas conexões é possível a visualização de todas as tabelas gráficas contidas no SGBD e a elaboração de consultas[SIL03].

O *GeoMedia Professional* é um *software*, na linha dos *Desktop Mapping*, que inclui uma série de potencialidades que permitem a sua utilização, não só ao nível da visualização e manipulação dos dados geográficos, mas também na construção, implementação e manutenção de um Sistema de Informação Geográfica (SIG)[LIS00].

O GeoMedia é um software vetorial, ou seja, possibilita apenas a representação espacial de objetos do tipo ponto, linha ou polígono. Portanto, não é possível realizar um mapeamento automático dos objetos que são modelados como campo. Porém as representações de campos geográficos nada mais são do que agregações de pontos, linhas e polígonos, acoplados a características espaciais. Um campo com representação espacial do tipo *Isolinhas*, por exemplo, pode ser mapeado em um *layer* de representação do tipo linha, possuindo um valor (cota) associado a cada linha. De acordo com esta análise, o programa propõe algumas sugestões de mapeamento para o projetista, que pode optar por uma delas. Além dos atributos sugeridos, são acrescentados à tabela também os atributos pertencentes a cada classe [LIS00].

GeoMedia Viewer ferramenta de uso livre contendo um subconjunto das características do GeoMedia profissional . Permite a visualização e consulta, sem permitir a alteração da base de dados.

2.5 GEOFRAME

O GeoFrame é um *framework* conceitual baseado no formalismo de orientação a objetos utilizando a linguagem UML. Um projeto genérico em um domínio que pode ser adaptado a aplicações específicas, servindo como um molde para construção de aplicações [RUS01].

Ele oferece um diagrama de classes, que está especificado no pacote PGgeoframe. Este diagrama de Classes de um domínio de aplicação, no caso, de aplicações geográficas (pacote tema). Os esquemas de dados produzidos com o uso desse *framework* podem ser denominados como esquemas UML-GeoFrame [RUS01].

A modelagem conceitual de Banco de Dados Geográficos com base na linguagem UML e no *framework* Geoframe produz um esquema de banco de dados de fácil entendimento, melhorando a comunicação de esquemas de banco de dados. O modelo UML-GeoFrame é adequado para especificação de padrões de análise. Um esquema conceitual de dados geográficos construído com base no modelo UML-GeoFrame inclui, por exemplo, a modelagem dos aspectos espaciais da informação geográfica e a diferenciação entre objetos convencionais e objetos geográficos. O UML-Geoframe possui um diagrama de classes peculiar que possibilita a modelagem de qualquer aplicação georreferenciada. As classes TEMA e REGIÃO GEOGRÁFICA formam a base das aplicações geográficas, que têm como objetivo a manipulação de um conjunto de dados para uma determinada região de interesse, constituindo o BDGeo. Para cada região geográfica, pode-se especificar uma coleção de temas. O agrupamento de classes que descrevem os fenômenos geográficos, em temas, funciona como um mecanismo para redução da complexidade em grandes esquemas de dados. O uso de temas permite, ao projetista, dividir o esquema de dados em subesquemas coesos, nos quais são agrupadas classes que estão fortemente relacionadas entre si [LIS02]. Como mostra a Figura 2.

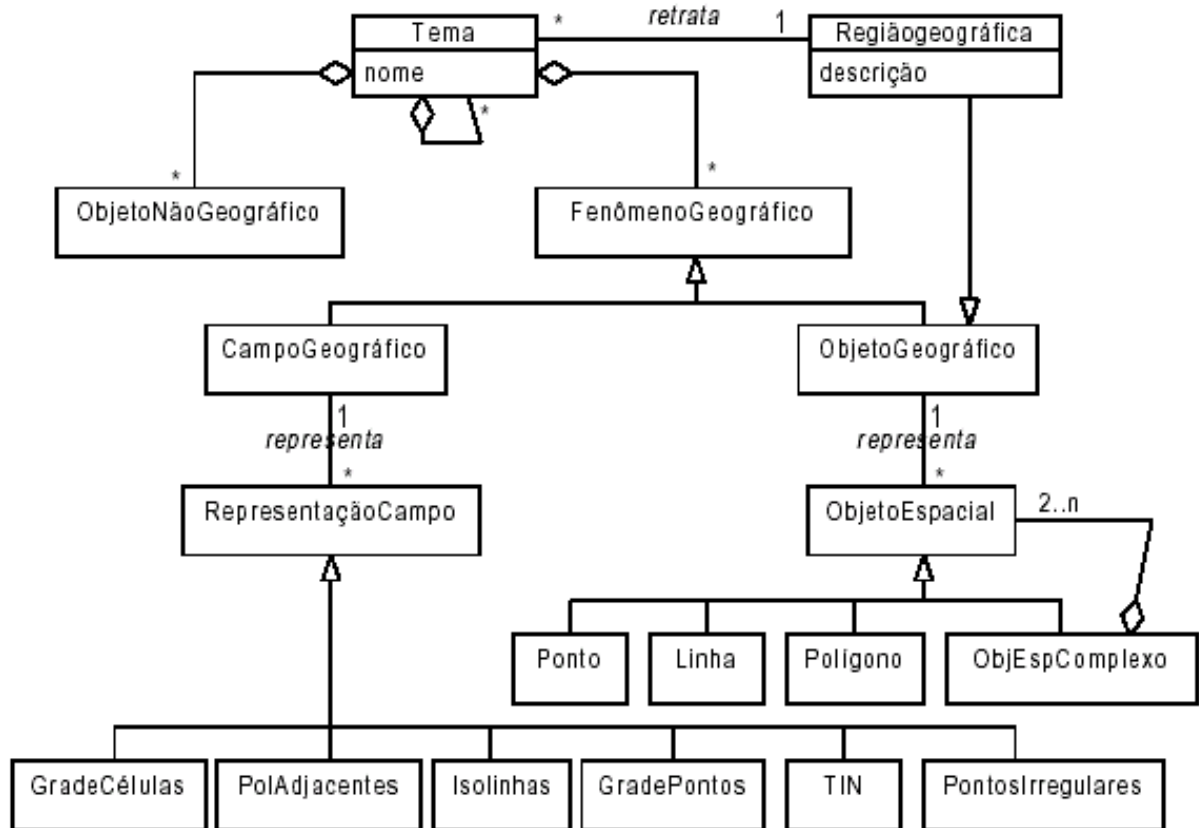


Figura 2 Diagrama de classes do GeoFrame.

O GeoFrame poderia ser definido como uma extensão da UML, para adaptação de um tipo de modelagem específica que um SIG precisa.

Os mecanismos de abstração e os respectivos elementos construtores da linguagem UML, que são utilizados na abordagem UML-GeoFrame, estão resumidos a seguir [LIS00]:

- **Classificação** – Nos modelos orientados a objetos, um fenômeno de interesse da aplicação é representado como um objeto, que possui uma estrutura, capaz de armazenar suas características (atributos) e um comportamento, descrito pelo conjunto de operações que podem ser realizadas com o objeto. Objetos semelhantes são modelados através da definição de uma classe, que especifica um conjunto de atributos que descrevem a estrutura e um conjunto de métodos

(ou operações) que definem o comportamento dos objetos definidos pela classe.

- Instanciação – Um objeto pertencente a uma classe é dito ser uma instância desta classe.
- Generalização – Classes semelhantes podem ser agrupadas e descritas de forma generalizada. Neste caso, as propriedades da classe genérica (superclasse), ou seja, atributos, métodos e associações, são herdados pelas classes que foram generalizadas (subclasses).
- Especialização – A especialização é o mecanismo inverso da generalização, no qual uma classe genérica (superclasse) pode ser especializada em uma ou mais classes específicas (subclasses), as quais herdam as propriedades da superclasse, além de novas propriedades poderem ser definidas.
- Associação – Representa os relacionamentos que podem haver entre objetos de diferentes classes.
- Multiplicidade – Nome dado à cardinalidade de uma associação.
- Agregação – Tipo especial de associação para representar relacionamentos entre objetos compostos e suas partes.
- Composição – Tipo especial de agregação onde a existência do objeto composto (o todo) depende da existência dos objetos componentes (suas partes). Além dos mecanismos de abstração relacionados anteriormente, a abordagem UML-GeoFrame utiliza elementos próprios da linguagem UML.

Segundo [LIS00] a abordagem UML-GeoFrame permite a solução da maioria dos requisitos de modelagem. Um esquema conceitual de dados geográficos construído com base no GeoFrame inclui, por exemplo, a modelagem dos aspectos espaciais da informação geográfica e a diferenciação entre objetos convencionais e objetos/campos geográficos.

O processo de modelagem com base na abordagem UML-GeoFrame, envolve três etapas:

- Passo 1: identificar temas e sub-temas para cada área geográfica;
- Passo 2: para cada tema, elaborar o sub-diagrama de classes. Associar classes de diferentes temas;
- Passo 3: modelar o componente espacial para cada fenômeno geográfico identificado.

O modelo UML-GeoFrame possui duas classes fundamentais para representação dos dados espaciais, são elas:

- Objeto Geográfico – Seus componentes representam a modelagem vetorial, são eles, ponto, linha, polígono;
- Campo Geográfico - Seus componentes são utilizados para representar a estrutura raster, são eles, pontos irregulares, grades de pontos, polígonos adjacentes, isolinhas, grade de células.

Além disso, há também os objetos não-geográficos que representam os dados convencionais de uma aplicação em SIG.

A especificação de temas é feita através de um construtor chamado pacote, da linguagem UML, enquanto a modelagem do componente espacial é feita com base em um conjunto de estereótipos, os quais são ilustrados na Figura 3.

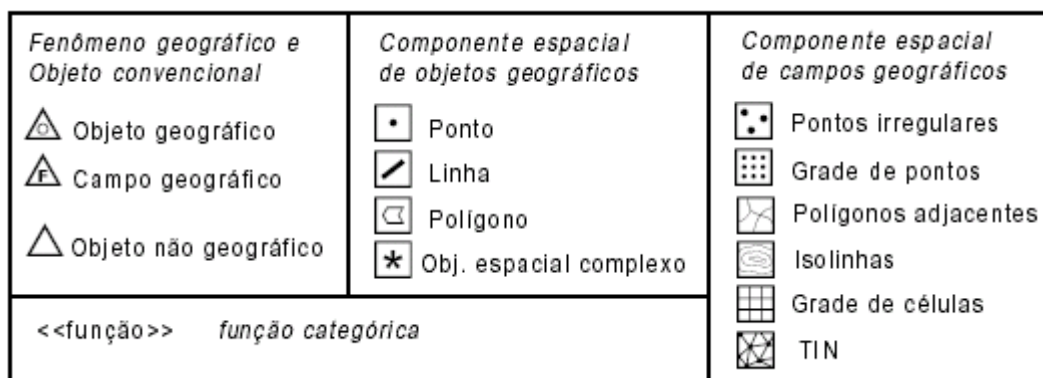


Figura 3 Estereótipos do *framework* geoframe.

O esquema de modelagem do UML-Geoframe nos trás algumas vantagens como:

- Apenas os elementos essenciais para aplicação são modelados, o que faz a modelagem ser bastante objetiva;
- A visualização da modelagem se torna bastante clara e de fácil diferenciação;
- Devido a alto nível de acoplamento entre as classes dentro de um mesmo tema, o número de associação entre as classes fica reduzido.

2.6 CASEGEO

A necessidade de um novo modelo conceitual para se modelar uma aplicação específica em banco de dados geográficos, deu-se pelo motivo de que o modelo atual não tratar o tema abordado como deveria.

Para modelar objetos geográficos existem vários tipos de ferramentas que manipulam dados espaciais, como os sistemas de cartografia automatizada e os sistemas de CAD (Projeto Auxiliado por Computador), porém, os SIG se diferenciam desses sistemas por dois motivos principais. Primeiro, por sua capacidade de representar os relacionamentos espaciais (ou topológicos) entre fenômenos geográficos. Segundo, por permitir a realização de complexas operações de análise espacial com os dados geográficos [LIS99].

A ferramenta CaseGeo auxilia os projetista a desenvolverem suas aplicações de SIG com qualidade, pois podem utilizar-se das regras já consagradas em banco de dados para criar o seu esquema lógico espacial, gerar documentação (esquema conceitual, dicionário de dados e os mapas vetoriais) para consulta e visualização posteriores, o que facilita também uma futura manutenção do sistema e a geração imediata de uma nova versão da aplicação com as atualizações.[LIS99].

O CaseGeo é uma ferramenta Case desenvolvida pelo Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, e têm como objetivo permitir a modelagem conceitual de aplicações geográficas[LIS02]. Este tipo de modelagem é baseado na abordagem UML-Geoframe. Segundo [LIS02], os programas analisados, para o desenvolvimento do CaseGeo, foram o Rational ROSE e o Visio Professional (estes dois comerciais), além de alguns softwares livres disponíveis na Internet (ex.: Dia - Gnome). O pacote Visio possui um ambiente de programação acoplado à linguagem Visual Basic for Application (VBA), o que

possibilita a implementação de rotinas que podem ser associadas aos elementos gráficos do esquema. Desta forma, o Visio foi escolhido para ser utilizado no desenvolvimento da ferramenta CASEGEO [LIS02]. Esta solução também foi empregada no desenvolvimento das ferramentas Perceptory e AIGLE.

O CaseGeo possui quatro módulos segundo [LIS02]:

- Módulo Gráfico – permite ao projetista levar para o papel o modelo, desenhando o diagrama de classes, fornecendo uma paleta gráfica (Stencil GeoFrame), que possui os construtores do modelo UML-GeoFrame;
- Módulo Dicionário de Dados – este módulo armazena o esquema de dados criado pelo usuário sendo os dados gráficos ou semânticos.
- Módulo de Geração Automática – faz a transformação de modelos conceituais em modelos lógicos.
- Módulo de Engenharia Reversa – Este ainda não foi implementado, possibilitara obter esquemas conceituais a partir de aplicações SIGs existentes.

A Figura 4 apresenta a visualização dos módulos da ferramenta.

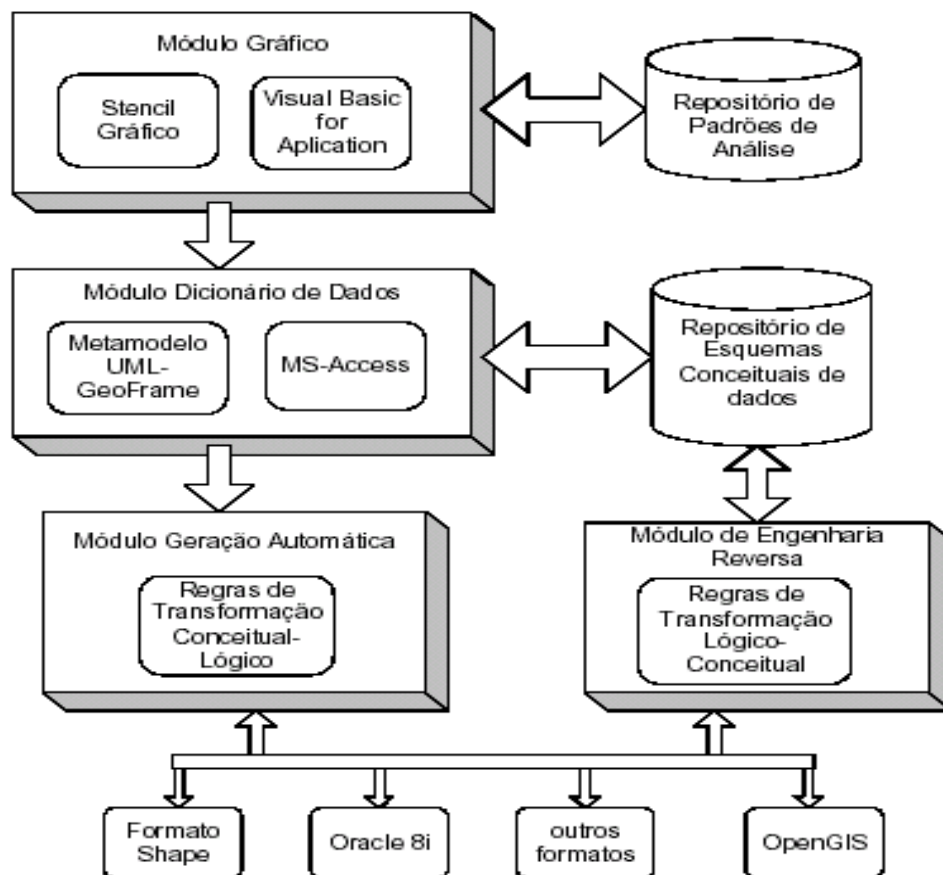


Figura 4 Arquitetura da ferramenta CaseGeo.

O Stencil GeoFrame possui os seguintes componentes:

- Objeto Geográfico – permite a introdução de atributos convencionais, e possui os componentes espaciais de objetos geográficos, ponto, linha, polígono e objeto espacial complexo.
- Campo Geográfico – permite a introdução de atributos convencionais, e possui os componentes espaciais de campos geográficos, pontos irregulares, grade de pontos, polígonos adjacentes, isolinhas, grade de células.
- Objeto Não-Geográfico – este tipo de classe não possui apresentação geográfica, é um componente convencional.

- Associação – permite introduzir relacionamentos entre qualquer tipo de classe.
- Generalização – permite através de uma classe especificar esta classe em outras classes.
- Pacote Geográfico – permite a modelagem de várias classes em um só pacote.

A Figura 5 apresenta o ambiente de trabalho do Visio, com a utilização da paleta CaseGeo. Pode notar na visualização, que a paleta tem todos componentes do Geoframe, como foi visto anteriormente.

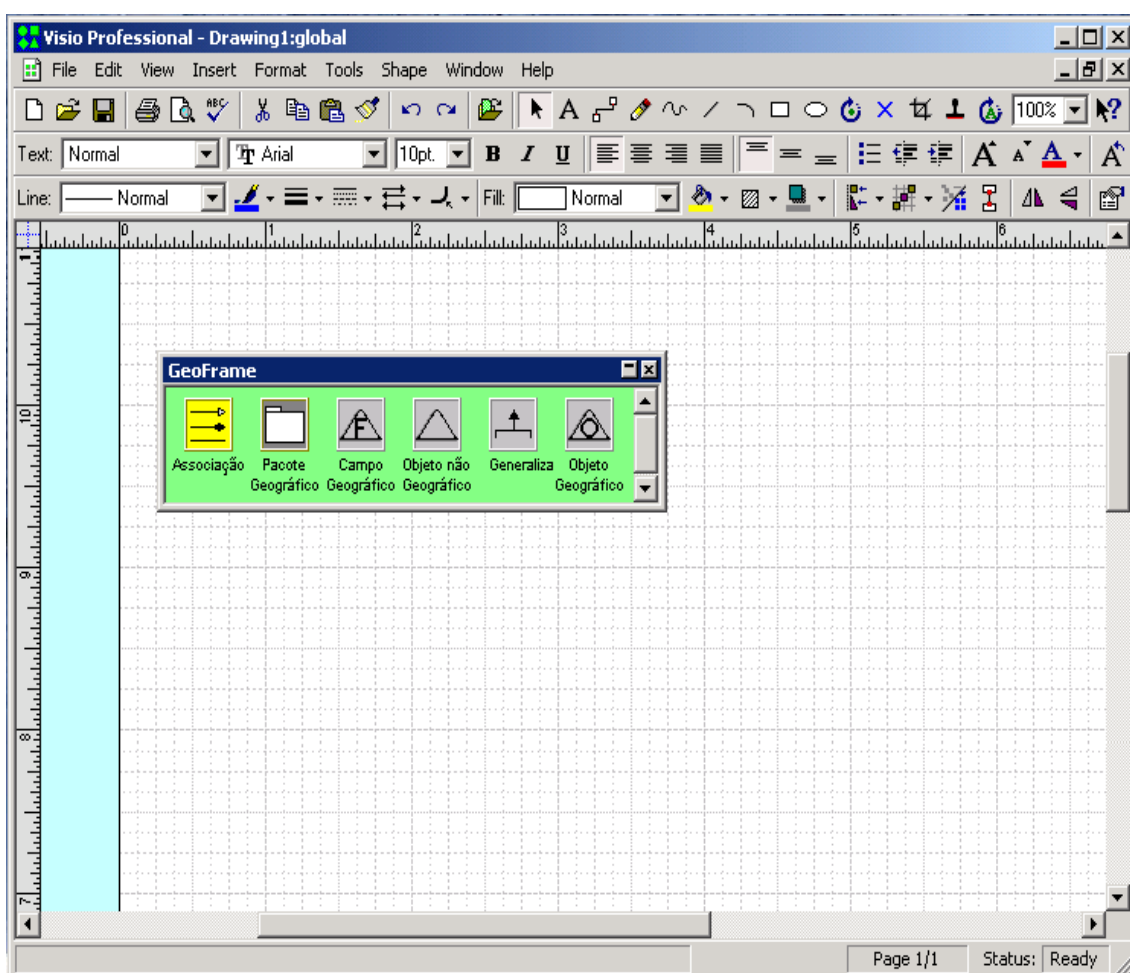


Figura 5 Ambiente de trabalho Visio.

A Figura 6 apresenta a edição de uma classe após a inserção do objeto geográfico, após a seleção do objeto pode ver todos os tipos de opções para edição da classe.

As definições dos campos das classes são as seguintes:

- Nome: Edição do nome da classe;
- Atributo: Define quais atributos a classe irá possuir;
- Operação: Define quais os métodos classe possuirá;
- Símbolos de representação: Possui os objetos ponto, linha, polígono e objeto complexo. Na sequência da esquerda para a direita.

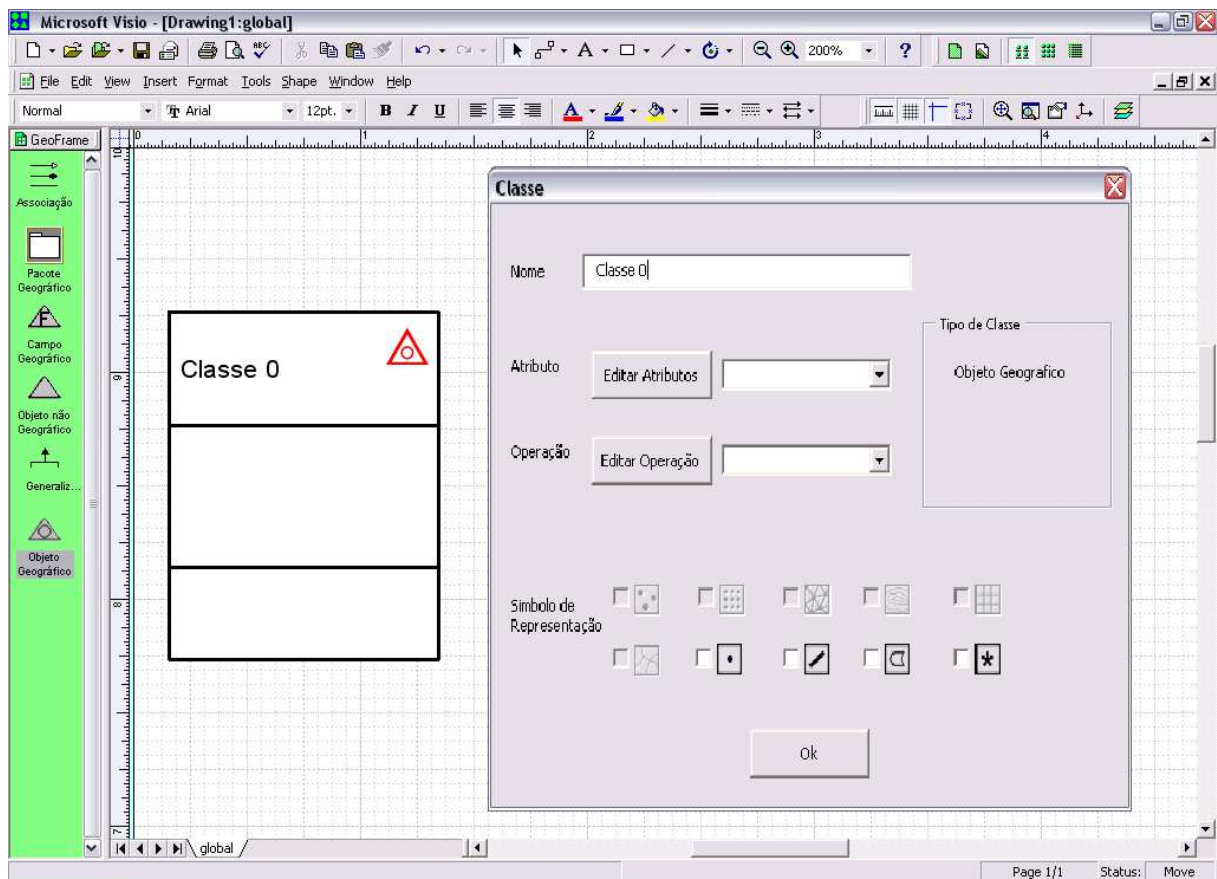


Figura 6- Exemplo de edição de uma classe.

A Figura 7 ilustra um esquema pronto de um diagrama, com as classes, Município, EmpresaCarbonifera, MinaCarvão e Jazida, dentro de um pacote Ativ_Carvão. Estas classes utilizam os componentes da paleta do CaseGeo. Esse diagrama gera um arquivo mdb (banco de dados do ACCESS).

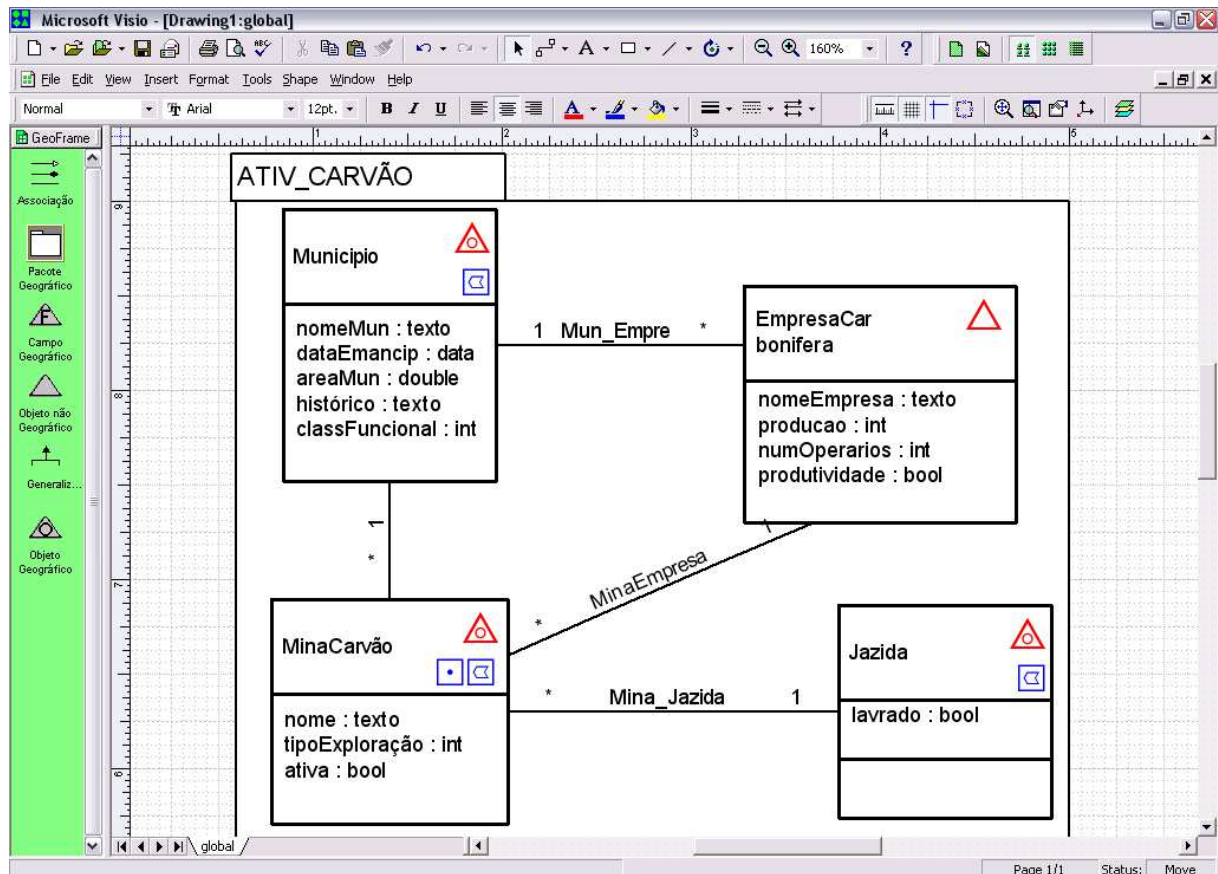


Figura 7 - Exemplo de um esquema.

2.7 ORACLE

O ORACLE é um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) desenvolvido pela Oracle Corporation, uma das maiores empresas da atualidade na criação de sistemas de BD. Utilizado nos maiores BD de empresas por todo mundo, o ORACLE é um SGBD

Objeto-Relacional, isto é, ele continua a prover funcionalidades de um SGBD relacional e, além disso, suporta conceitos de orientação a objetos. Isso fornece níveis mais elevados de abstração, de modo que os desenvolvedores de aplicações podem manipular objetos da aplicação, em vez de construir os objetos a partir de dados relacionais. Isto permite, por exemplo, a definição de tipos (classes) complexos, e de métodos associados a esses tipos. Além disso, declarações de tipo de objeto podem ser reutilizadas através de herança, reduzindo-se o tempo e o trabalho para o desenvolvimento da aplicação [FIG03].

Os SGBD objeto relacionais surgiram como uma maneira de se estenderem as características do modelo relacional, que é bastante limitado porém extremamente utilizado, com algumas das características que apareceram em orientação a objetos . Ou, por outro lado, acrescentar aos bancos de dados puramente Orientação a Objetos as características do modelo relacional e com isso ganhar espaço no mercado [FIG03].

O ORACLE é distribuído juntamente com o ORACLE SPATIAL, um pacote adicional que traz a definição de tipos para a manipulação de objetos geográficos. Isso simplifica o processo de desenvolvimento de aplicações que manipulam este tipo de aplicação, ao mesmo tempo que permite a troca de informações geográficas entre SIG's.

2.8 SHP2SDO

O SHP2SDO é um utilitário disponibilizado pela ORACLE para dar suporte ao processo de transformação (conversão) de dados provenientes do ArcView (formato SHP - ESRI ShapeFile) para um banco de dados Objeto Relacional. Essa ferramenta lê um tema geográfico definido no formato SHP e cria os arquivos necessários para que os mesmos sejam incorporados no BD ORACLE. Para isso, são gerados os scripts em PL-SQL (linguagem nativa do ORACLE) para a definição das classes correspondentes ao tema (utilizando como base os tipos pré-definidos no ORACLE SPATIAL), e para a importação dos dados contidos no tema original [FIG03].

3 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Nesta seção foram apresentados a estrutura de um município com seus respectivos dados geográficos, onde foram acrescentadas as modelagens de rede de água e de coleta de esgoto.

As redes de água e coleta de esgoto foram incluídas em forma de temas separadamente.

3.1 MAPEAMENTO URBANO BÁSICO

De acordo com [SIL03] é apresentado uma proposta de estruturação dos dados para o mapeamento urbano básico (MUB) de um município, e mostra como seria possível armazenar os dados utilizando um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto Relacional (SGBD-OR). O esquema proposto atende os requisitos básicos necessários para a descrição da estrutura de dados do município, que servirá de base para a construção da proposta de estruturação das redes de água e esgoto.

A metodologia utilizada no projeto conceitual, apresentada segue a mesma metodologia utilizada na modelagem das redes de água e esgoto.

As principais classes desse esquema são:

- Trecho de Logradouro: Ao trecho de logradouro, que corresponde à representação lógica da linha central de um trecho de logradouro que segue de um cruzamento a outro, serão associados os objetos da rede de esgoto e saneamento básicos relativos ao trecho. Essa associação é especialmente importante, considerando possíveis consultas futuras sobre as redes de esgoto e saneamento básico, a partir dos dados do MUB.
- Unidade imobiliária: Corresponde a uma unidade habitacional do município, seja ela edificada ou não. Às unidades serão associados aos pontos terminais da rede de água através dos medidores de consumo (hidrômetros) e aos pontos iniciais da rede de esgoto, através dos pontos de coleta de esgoto.

O detalhamento e descrição das demais classes do esquema podem ser obtidas em [SIL03].

A Figura 8 abaixo demonstra o esquema conceitual proposto por [SIL03].

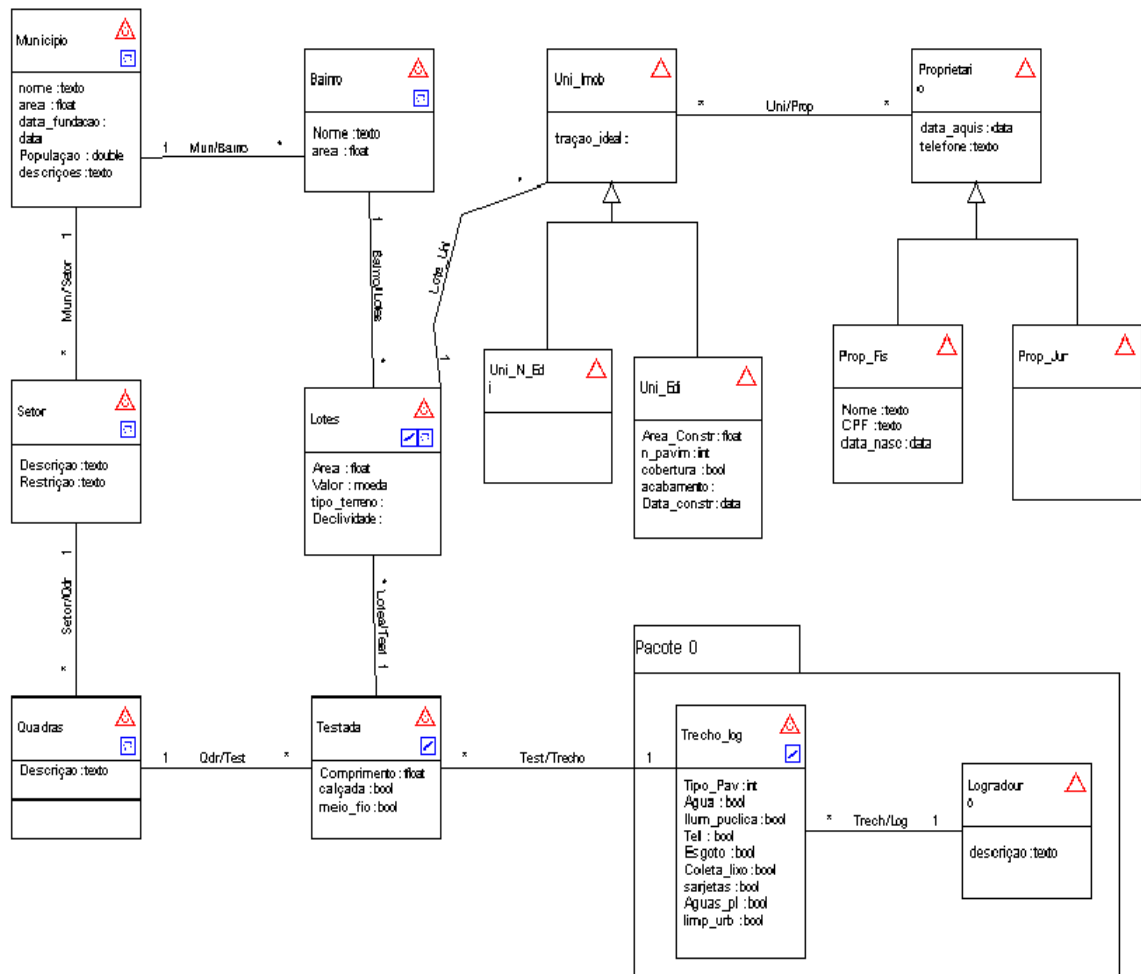


Figura 8. Modelo Conceitual para o MUB [SIL03].

Estão descritas a seguir somente algumas classes, que interessam diretamente com o propósito do projeto.

Bairro – Essa classe contém informações para identificação física do bairro e para informações pertinentes ao mesmo é formada pelo objeto geográfico polígono. Seus atributos são:

Nome: nome do bairro.

Área: área física do bairro.

Setor – Contém toda descrição do setor, além de sua localização física. É bom deixar bem claro que o SETOR varia conforme as necessidades de cada cidade, nessa modelagem optou-se por fazer os setores serem constituídos de quadras, é formado pelo elemento geográfico polígono. Seus atributos são:

Descrição: Alguma descrição adicional que se deseja citar.

Restrições: uma forma genérica de permitir que diferentes cidades façam seus próprios tipos de restrições.

Quadras – Armazena informações sobre as quadras, e é também formado pelo objeto geográfico polígono.

Descrição: Alguma descrição adicional que se deseja citar.

Testada – Armazena informações físicas e lógicas sobre as testadas, e é formada pelo objeto geográfico linha. Seus atributos são:

Comprimento: comprimento da testada.

Calçada: contém informação sobre a existência de calçada na testada.

Meio fio: contém informação sobre a existência de meio fio.

OBS: Testa é a interseção entre o vértice da quadra e o vértice do lote.

Lotes – Armazena informações sobre a localização física do lote e informações adicionais sobre o lote. É formado pelo objeto geográfico linha e polígono. Seus atributos são:

Área: área abrangente do lote.

Valor: valor estimado do lote.

Tipo de terreno: informações sobre o solo e as condições do terreno.

Declividade: declividade do terreno.

Unidade Imobiliária – contém informações sobre a unidade imobiliária, esta classe é uma classe comum, portanto não contém elementos geográficos.

Proprietário – contém informações sobre o proprietário de um lote. Seus atributos são:

Data de aquisição: contém informações sobre a data de aquisição do imóvel.

OBS: Outras informações como nome, telefone, CPF do proprietário irá depender se este é um proprietário físico ou jurídico.

Trecho do logradouro – contém informações físicas sobre o trecho do logradouro é constituído do objeto geográfico linha. Seus atributos são:

Tipo de pavimentação – contém informações sobre o tipo de pavimento que existe em um determinado logradouro.

Iluminação pública – contém informação sobre a existência de iluminação pública no determinado logradouro.

Telefone – contém informação sobre a existência de serviço de telefonia existente na região do logradouro.

Coleta de lixo – informações sobre a existência de coleta de lixo na região.

Sarjetas – informações sobre a existência de sarjetas na região.

Limpeza urbana – informações sobre a existência de serviço de limpeza urbana na região.

Logradouro – informações adicionais sobre o logradouro.

OBS: As classes Trecho_log e logradouro estão armazenados em forma de pacote, e dentro da classe Trecho_log estão os atributos de água e esgoto, que serão

especificados em forma de pacotes com todas as suas ramificações em uma modelagem conceitual em forma de pacotes.

3.2 REDE DE ESGOTO

Uma cidade produz três tipos principais de resíduos: domésticos (compreende o retorno das águas servidas pela companhia de água, incluindo matéria fecal), industriais (resíduos orgânicos das indústrias de alimentos, resíduos agressivos e poluentes, etc.) e águas pluviais (procedentes das chuvas). A estrutura do sistema de coleta de esgoto doméstico começa pelos ramais prediais, que coletam os resíduos das casas até a rede pública de coleta [BHE02].

Os resíduos seguem para os coletores, que por sua vez se comunicam com os coletores troncos, tubulações que recebem apenas a contribuição do esgoto dos coletores. Opcionalmente, interceptores podem fazer parte do sistema. Os interceptores correm nos fundos de vale margeando cursos d'água ou canais. Eles são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de esgoto, evitando que o mesmo seja lançado nos corpos d'água. Emissários são tipos particulares de interceptores que não recebem contribuição ao longo do seu percurso. Outros elementos importantes são os poços de visita, câmaras cuja finalidade é permitir a inspeção e limpeza da rede [BHE02].

Quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, devido à baixa declividade do terreno ou à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. Bombas elevatórias são usadas com este objetivo. A partir desse ponto, os esgotos podem voltar a fluir por gravidade. Estações de tratamento de esgoto (ETE's) também podem fazer parte do sistema, com a finalidade de remover poluentes que poderiam deteriorar a qualidade dos cursos d'água. Um sistema de esgotamento sanitário só pode ser considerado completo se incluir a etapa de tratamento. A última etapa do processo é a disposição final, quando o esgoto é lançado no corpo d'água receptor ou aplicado no solo, preferencialmente após passarem pela etapa de tratamento [LIS00].

A rede de esgoto pode ser modelada como um grafo, associando os vértices aos diversos tipos de pontos notáveis (conexões, poços de visita, etc.) da rede, e associando às arestas, os elementos da tubulação que realizam a interconexão dos pontos notáveis. Assim como em um grafo, a cada aresta (trecho da rede), estão associados dois pontos: os pontos notáveis correspondentes ao ponto de início e término da aresta. Os diversos tipos de pontos notáveis podem ser representados através de uma estrutura hierárquica (generalização), tendo os diversos tipos de elementos da rede como suas subclasses. A Figura 9 apresenta essa estruturação, através do modelo UML-GeoFrame [LIS00].

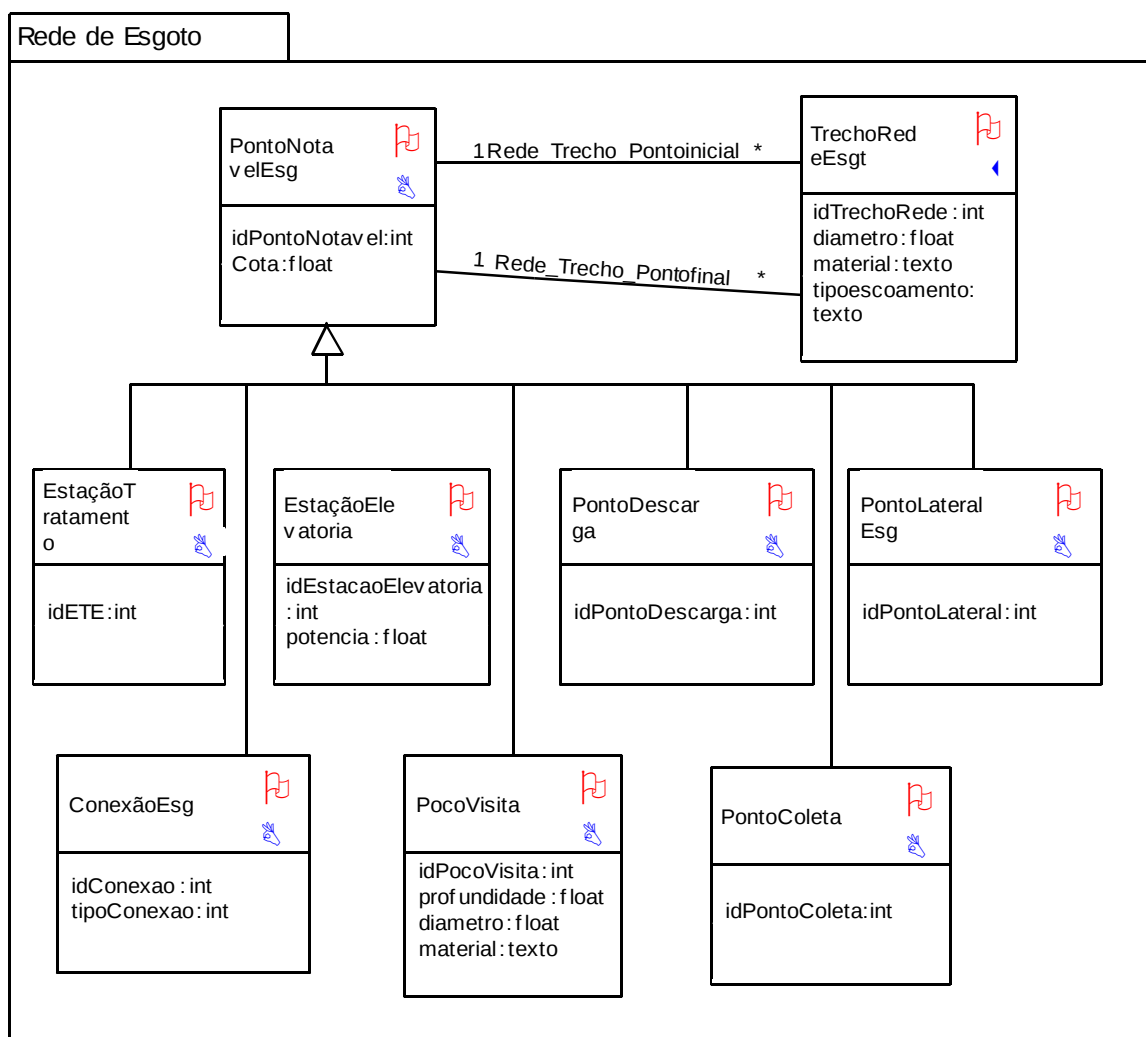


Figura 9. Modelo proposto para rede de esgoto.

Todas as classes estão armazenadas no tema rede de esgoto, chamada de pacote, as principais estão descritas a seguir:

PontoNotável – Representa a classe Ponto Notável, que é uma classe abstrata, constituída do objeto geográfico ponto, admite sete especializações: EstaçãoTratamento, EstaçãoElvatória, PontoDescarga, PontoLateralEsg, ConexãoEsg, PocoVisita, , PontoColeta. Todo ponto notável possui o atributo cota, que garante que todo ponto representado terá sua posição conhecida nas três dimensões.

TrechoRedEsg – Representa a classe Trecho de Rede, que se conecta sempre a dois pontos notáveis, uma para cada extremo do trecho. O sentido do fluxo fica indicado claramente, portanto, pelos pontos inicial e final do trecho.

3.3 REDE DE ÁGUA

A água é um elemento imprescindível para a sustentação da vida na terra. Por isso, as comunidades, ao longo do tempo, aprimoraram formas variadas de extrair da natureza esse recurso tão necessário ao desenvolvimento de suas atividades. De uma forma muito simples, pode-se classificar em dois os tipos de fornecimento de água: O individual e o coletivo [ART00].

Os sistemas de abastecimento de água individuais são mais indicados para assentamentos de baixa densidade, como o caso das áreas rurais. Apresentam-se, pois, como soluções precárias para centros urbanos. Entretanto, enquanto se aguarda a implantação de soluções coletivas para o abastecimento de água em determinadas áreas de uma cidade, as soluções individuais não devem ser de todo desprezadas, ainda que estas apresentem maior consumo energético associado [CAL03].

Quando a comunidade cresce e a densidade demográfica aumenta, a solução coletiva passa a ser mais econômica e permanente para o abastecimento de água. Do ponto de vista

sanitário, a solução coletiva é mais interessante que a solução individual por unificar a proteção do manancial e a supervisão do sistema. O consumo de água se altera em função de uma série de fatores, tais como o clima, o padrão de vida da população, o sistema de fornecimento e cobrança (serviço medido ou não), a qualidade da água fornecida, o custo e o sistema tarifário, a pressão na rede distribuidora, a existência ou não de redes de esgoto, o tipo de uso, além de outros fatores menores. Existe uma relação entre o consumo de água e o consumo de energia elétrica utilizada para disponibilizar esta água tratada para população. Portanto um processo que busca a eficiência energética deve partir do princípio de buscar menor consumo energético com, no mínimo, a mesma garantia de abastecimento e qualidade da água [ART00].

De maneira geral, os sistemas de abastecimento de água são constituídos por unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição.

O processo de distribuição de água tem seu início com a coleta no manancial. Daí, a água é transportada por meio de adutoras até a estação de tratamento, onde se torna potável e apta para consumo humano. A água segue então para a rede de distribuição, um conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais, destinados a transportar a água de forma contínua a todos os usuários do sistema. Outros elementos importantes são as estações elevatórias, destinadas a transportar e elevar as águas. Há ainda os reservatórios, que garantem um abastecimento contínuo, já que o consumo sofre variações ao longo do dia, além de permitirem a manutenção da pressão adequada na rede de distribuição. O ramal predial é o elemento de ligação da rede pública de distribuição com a instalação domiciliar dos usuários [BHE02].

Este ramal, finalmente, é ligado aos reservatórios das edificações, os quais encarregar-se-ão de abastecer as torneiras, máquinas de lavar, chuveiros, etc. Através das instalações prediais de água nos locais pré-estabelecidos.

As tubulações para distribuição da água podem ter origem logo após a captação, no caso de água de poços artesianos, nas Estações de Tratamento de Águas (ETAs), nas adutoras e subadutoras ou nos reservatórios. As redes de distribuição são normalmente projetadas de forma a abastecer os pontos mais desfavoráveis com uma pressão mínima suficiente. As

conformações e características de desenvolvimento das redes permitem classificá-las em ramificadas e malhadas [ART00].

As redes ramificadas dispõem de uma linha tronca e ramais secundários, sendo muito utilizadas em pequenas comunidades, com traçado linear, também chamada "espinha de peixe"; seu inconveniente é o fato de ser ampliada por um só lado. No caso de acidentes ou reparos, haverá interrupção do fornecimento de água no trecho situado além do bloqueio. Nas tubulações secundárias, a água se desloca em um único sentido, isto é, da tubulação-tronco para as extremidades mortas. Estas são as redes mais econômicas [ART00].

Já na rede malhada as tubulações são distribuídas pela área a ser abastecida, formando malhas. A água circula em qualquer direção de acordo com as solicitações do consumo, evitando assim as extremidades mortas no sistema. As redes malhadas são as mais comuns, já que quase todos os centros urbanos se estendem em várias direções. Ao invés de uma única tubulação-tronco, as redes malhadas têm vários condutos-mestres. Neste caso, as tubulações mais grossas circundam uma determinada área a ser abastecida, sendo por isso chamadas de anéis. No caso de cidades pequenas, pode haver um único anel; nas cidades maiores, poderão existir diversos, cada qual abastecendo um determinado setor da cidade [LIS00].

Quando a pressão se situa numa faixa abaixo do satisfatório, o sistema encontra-se prejudicado, pois não conta com pressão mínima que permita ao usuário receber água em vazão suficiente, ou sequer receber água. A pressão insuficiente na rede ainda pode comprometer a qualidade da água fornecida, uma vez que as infiltrações poderão ocorrer sendo a pressão externa à rede maior que a interna. No caso oposto, quando a pressão for maior que o satisfatório, a rede estará mais propensa a vazamento e, com isso, o desperdício de água será inevitável [BHE02].

Assim, quando se está projetando um sistema de abastecimento de água para uma comunidade, deve-se buscar alternativas possíveis para a distribuição da água tratada, e as tecnologias disponíveis, bem como estabelecer critérios de implantação e, principalmente, manter a gestão operacional orientada a objetivos de garantindo assim o abastecimento, e a qualidade da água fornecida.

Assim como a rede de esgoto, a rede de água pode ser modelada como um grafo, associando os vértices aos diversos tipos de pontos notáveis (conexões, hidrantes, registros, etc.) da rede, e associando às arestas, os elementos da tubulação que realizam a interconexão

dos pontos notáveis. A Figura 10 apresenta essa estruturação, através do modelo UML-GeoFrame [LIS00].

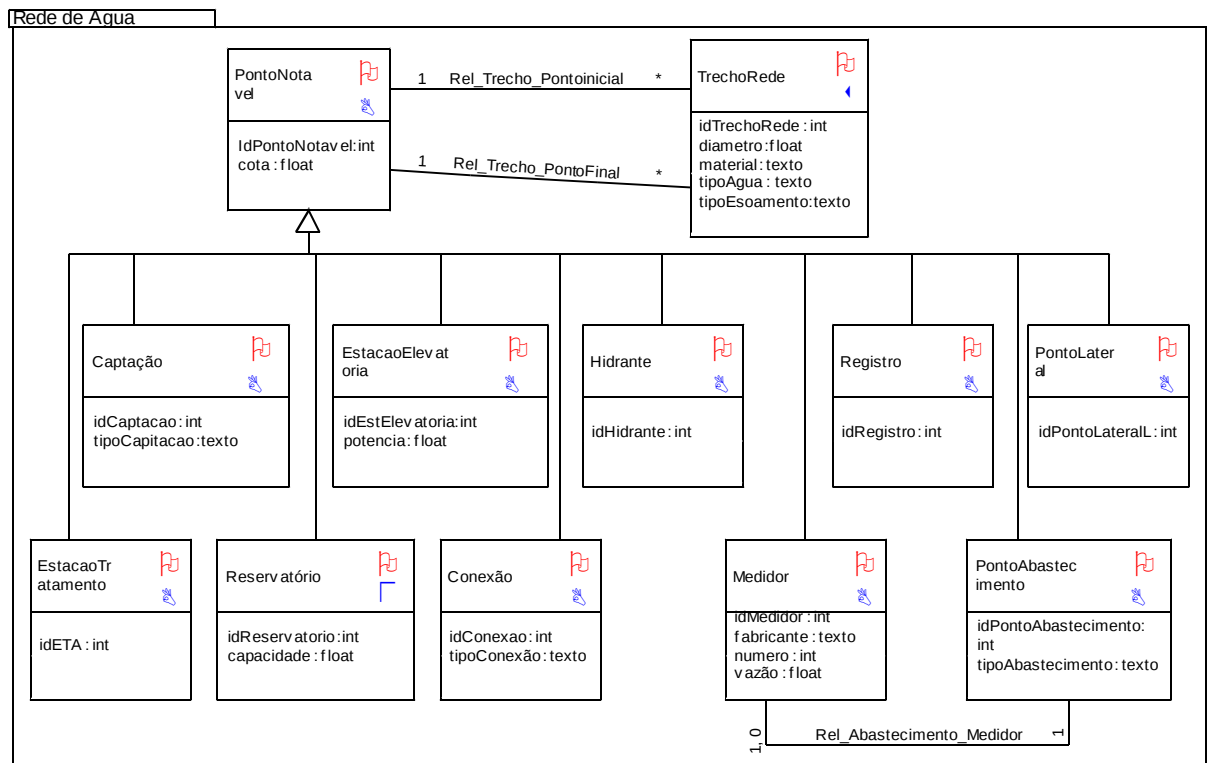


Figura 10. Modelo proposto para rede de água.

Todas as classes estão armazenadas no tema rede de água, chamada de pacote, as principais estão descritas a seguir:

Pontonoável – Representa a classe Ponto Notável, que é uma classe abstrata, constituída do objeto geográfico ponto, admite sete especializações: Estaçãotratamento, Captação, Reservatório, EstaçãoElvatória, Conexão, Hidrante, Medidor, Registro, PontoAbastecimento, PontoLateral, PontoLateral.

Todo ponto notável possui o atributo cota, que garante que todo ponto representado terá sua posição conhecida nas três dimensões.

TrechoRedEsg – Se conecta sempre a dois pontos notáveis, uma para cada extremo do trecho. O sentido do fluxo fica indicado claramente, portanto, pelos pontos inicial e final do trecho.

3.4 INTEGRAÇÃO DOS ESQUEMAS

Os esquemas propostos nos itens anteriores foram tratados como pacotes, contendo cada um suas respectivas classes. Os pacotes foram integrados, com o objetivo de apresentar um esquema único, contendo os relacionamentos entre os pacotes. O resultado dessa integração é mostrado na Figura 11:

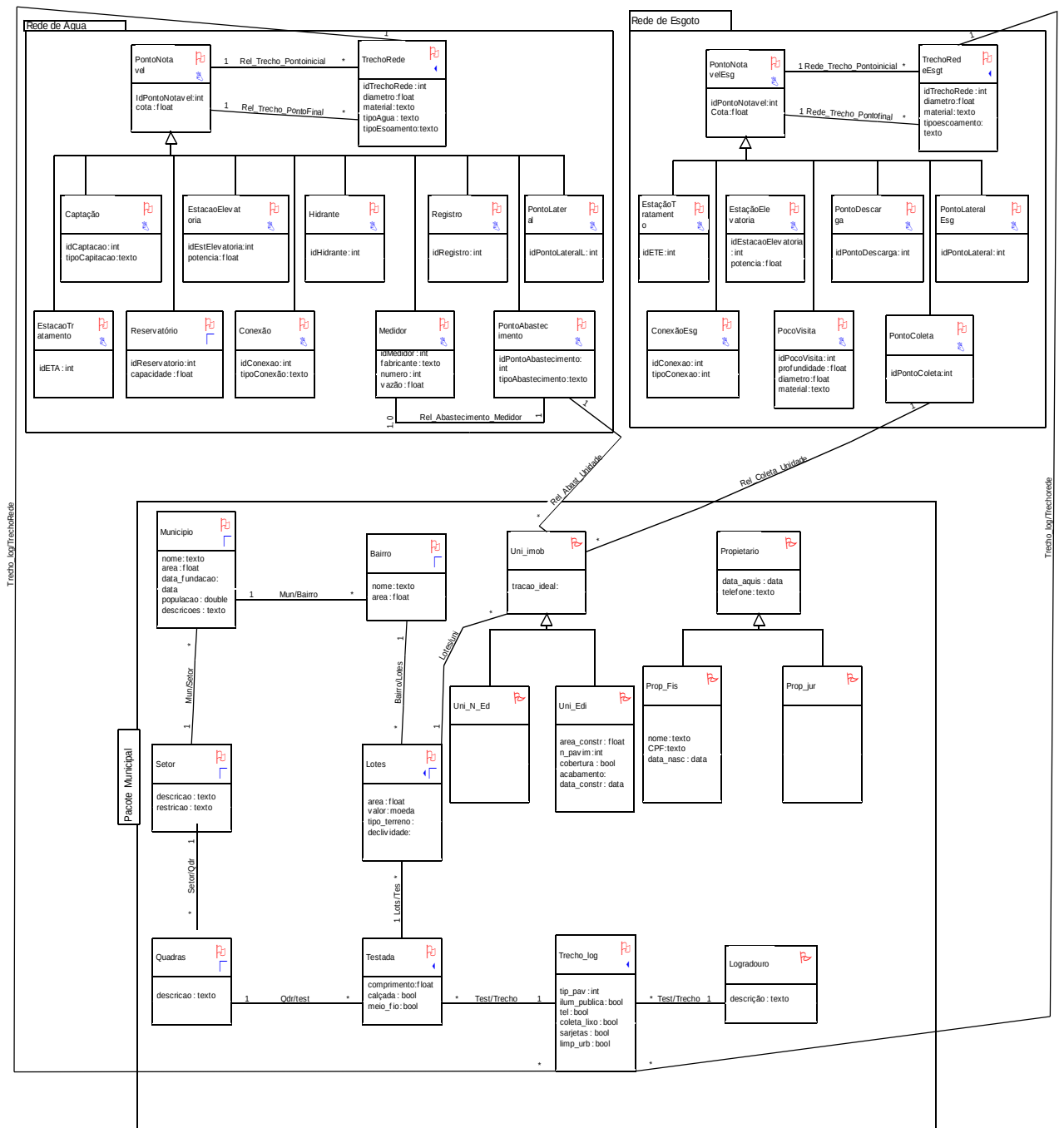


Figura 11 Modelo proposto

Em fim os temas rede de água e de coleta de esgoto em forma de pacote foram incorporados ao Mapeamento Urbano Básico(MUB), onde foi renomeado como tema de Pacote Municipal.

As principais classes que fizeram com que estes pacotes se relacionassem foram a classe do Pacote Municipal, Trecho_log, que se relacionou com as classes dos pacotes, de Rede de Água e Rede de Esgoto, sendo TrechoRed e TrechoRedeEsgo, Respectivamente, sendo que cada classe tratando os seu relacionamento de forma distintas. Também a Classe Uni_imob se relacionando com a classe PontoAbstecimento no pacote Rede de Água, e relacionando com a classe PontoColeta no Pacote Rede de Esgoto.

Assim sendo o modelo foi especificado de maneira que fosse incorporada ao MUB a estrutura das redes de água e coleta de esgoto, gerando o esquema desejado.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Este capítulo descreve a implementação do protótipo utilizado para validar a proposta de estruturação de dados.

4.1 IMPLANTAÇÃO DO ESQUEMA

O esquema proposto foi implementado, através de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto Relacional (SGBD-OR) ORACLE, utilizando-se algumas ferramentas comerciais disponíveis no mercado. Foram utilizados dados pseudo-aleatórios para povoar os dados das classes que representam os objetos geográficos. A demonstração dos resultados obtidos é apresentada através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) comercial Geo-Media Viewer.

Este tipo de sistema pode ser usado para infinitas aplicações, como tributação, desenvolvimento, educação e outras, podendo extrair diversos tipos de consultas que podem ser elaboradas conforme a necessidade do problema e o conteúdo dos dados.

É possível realizar consultas por localização de múltiplos atributos com esse banco de dados porque toda a informação do atributo foi coletada e estocada no banco de dados para a mesma unidade geográfica.

São poucas as cidades brasileiras que utilizam um banco de dados desse tipo pois é um assunto novo e pouco explorado, mas há uma tendência em se otimizar os sistemas atuais que funcionam nas cidade brasileiras e implantar um SIG gerenciado por um banco de dados.

O grande problema que surge é com relação à modelagem, pois pode existir diferente tipo de modelagem para diferentes cidades.

4.2 BANCO DE DADOS

Os esquemas, gerados com auxílio da ferramenta CaseGEO, foram transformados para o formato Shape (ESRI), utilizando-se o próprio utilitário disponível no CaseGEO para realizar essa tarefa.

Os dados gráficos foram então alimentados utilizando-se o SIG ArcView (ESRI), a partir de dados pseudo-aleatórios que representam um conjunto de quadras de um município fictício, sobre o qual foram lançados os demais dados do Mapeamento Urbano Básico (MUB), também de forma aleatória, respeitando-se os aspectos normalmente encontrados na zona urbana de uma cidade razoavelmente planejada.

Para o MUB, somente foram criados os temas geográficos para as classes Lotes, Quadras, Setores, Testadas dos Lotes e Trechos de Logradouros.

O passo seguinte foi à efetiva implementação dos temas obtidos através do SGBD-ORACLE v9.2. Para tanto, foi utilizada o utilitário de conversão SHP2SDO, que gera os scripts de definição dos temas de acordo com a linguagem de definição de dados (DDL) do ORACLE, e considerando os tipos de dados disponíveis para a implementação de objetos geográficos nesse SGBD. Os Scripts gerados são apresentados no Anexo A

4.3 RESULTADOS

A seguir são apresentadas algumas figuras que representam a visualização e consulta aos dados armazenados no ORACLE, através do SIG GeoMedia (Intergraph). Tal escolha foi feita considerada o suporte dessa ferramenta a bases de dados geográficas armazenadas em SGBD's relacionais e objeto-relacionais. Essa característica, que garante a interoperabilidade da base de dados, é uma tendência de mercado, e deve passar a estar disponível em quase todas as ferramentas comerciais em breve.

Com o GeoMedia Viewer foi possível fazer uma filtragem no tipo de consulta específica, selecionando os dados necessários para que a visualização fosse bem sucedida. Com isso demonstrou também a utilidade do protótipo.

A Figura 12 mostra a região central da área trabalhada, exibindo os temas criados. Alguns rótulos correspondentes ao material dos trechos de rede de água, e o tipo de ponto notável também são exibidos, onde a linha da cor azul representa a rede de água.

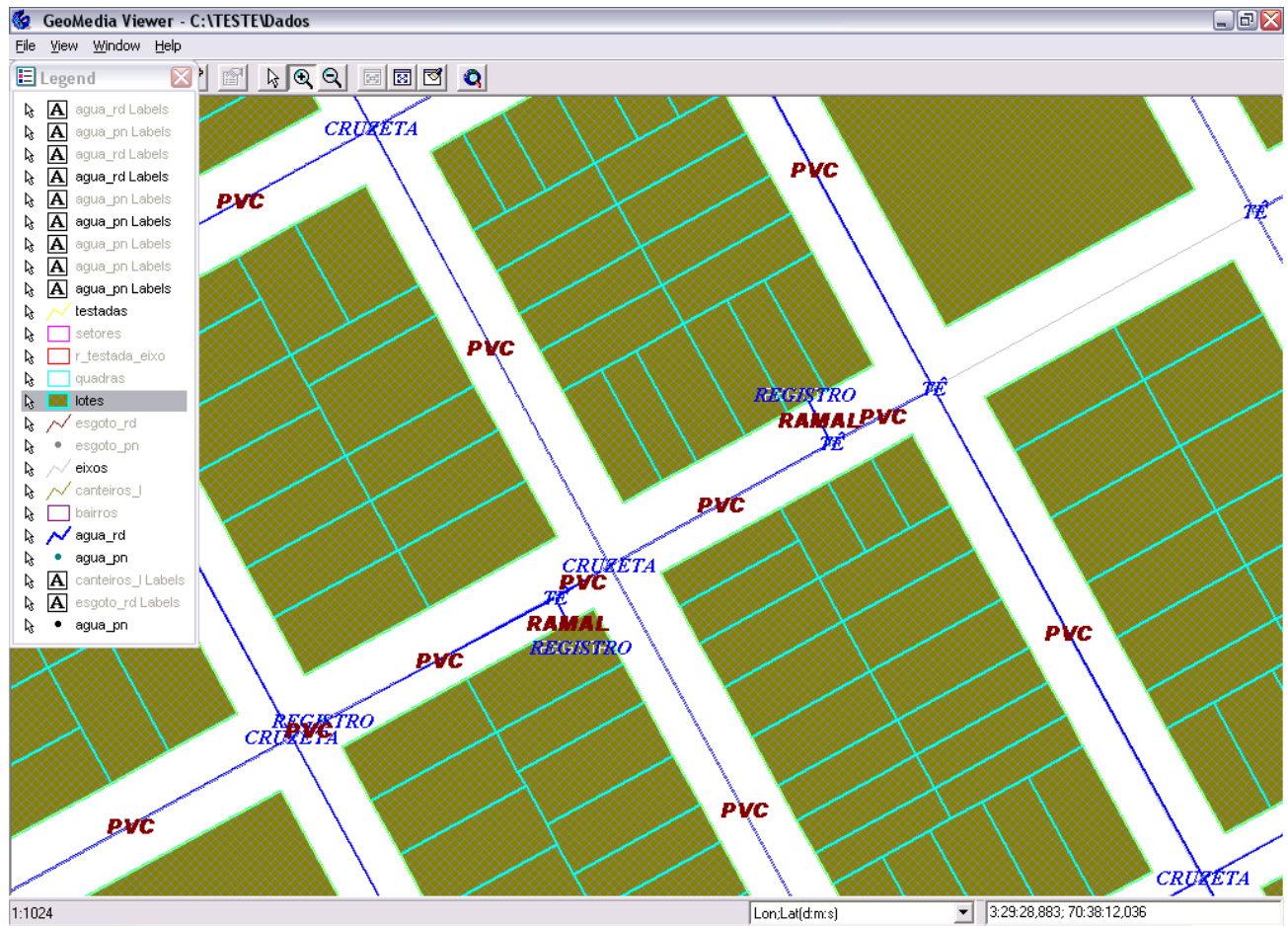


Figura 12. GeoMedia – Rede de Água

A Figura 13 abaixo apresenta a mesma região, detalhando a rede de esgoto, rotulando o material do trecho, e seus pontos notáveis, rotulando seus códigos, onde a linha em vermelho representa a rede de esgoto.

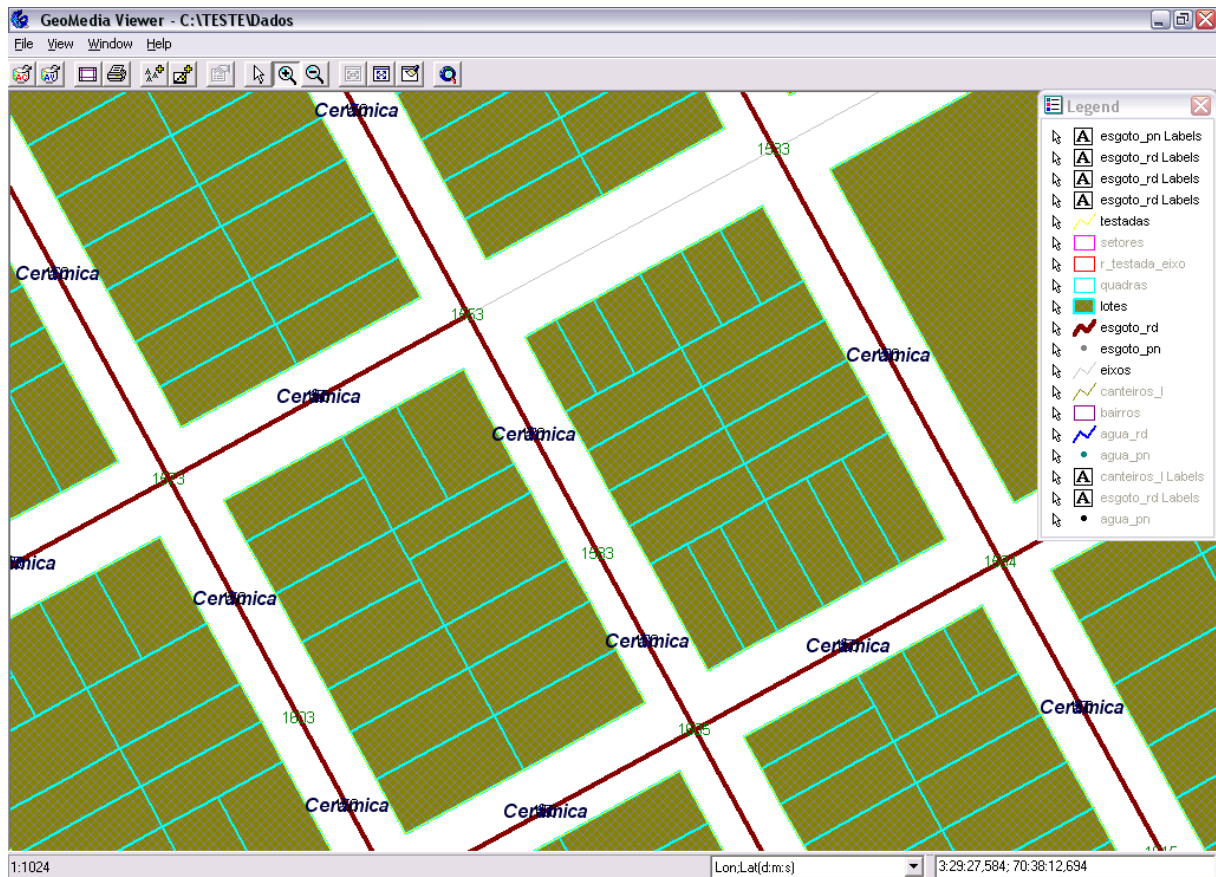


Figura 13. GeoMedia – Rede de Esgoto

5 CONCLUSÃO

Objetivo deste projeto foi demonstrar que esse modelo serve como base, para vários tipos de aplicações, por exemplo, alguns tipos de consultas e verificação de estruturas usadas em locais específicos das redes, podendo retornar, tipo de tubulações, localização de registros, diâmetros da tubulação, entre outras consultas, podendo ser usada para ampliar uma rede já existente onde estes tipos de aplicações não seriam capazes se não fosse através de um sistema com uma modelagem, moderna e eficaz, usando dos conceitos de orientação a objeto.

Muitos dos mais novos programas requerem a capacidade de manipulação de dados geográficos, por isso o sistema é proposto para que estes dados sejam armazenados em um banco de dados que facilite o acesso a esses dados, como é o caso do Banco de Dados utilizado Objeto-Relacional Oracle.

Por se tratar de uma estrutura parecida com um grafo, a rede de água e esgoto, lembra um grafo fortemente conexo, onde cada vértice tem que participar de pelo menos de um circuito fechado. Em cima dessa estrutura gráfica, pode-se aplicar vários tipos de algoritmos podendo ser usado em inúmeras aplicações, deste modo o modelo proposto foi criado para facilitar o convívio humano com aplicações cujo tipo de relacionamento, se torna bastante

trabalhoso, pois os dados estão armazenados apenas em documentos, do tipo mapas, papéis, que com o passar do tempo, perdem sua textura e com isso prejudica a recuperação dos mesmos.

Dados geográficos podendo ser recuperados e trabalhados em uma base digital vem favorecer a tecnologia de implantação de infra-estruturas de uma cidade, podendo estes dados ser identificados e trabalhados de maneira lógica podendo assim sofrer novas aplicações dentro do banco de dados resultando em menos erros, em tomadas de decisões[SIL03].

Conseguiu assim demonstrar que o esquema de dados final, utilizando a abordagem UML-GeoFrame, torna-se bastante claro, uma vez que apenas elementos essenciais foram modelados, o uso de estereotípicos permitiu, sem sobrecarregar visualmente o esquema, a fácil diferenciação entre os objetos não geográficos e os fenômenos geográficos(campos geográficos). A divisão do diagrama de classes em temas, especificando através de pacotes, tornou-se o esquema mais fácil de ser lido, sendo que a atenção do leitor pode ser voltada para apenas uma pequena parte do esquema de cada vez, devido ao alto nível de acoplamento entre as classes dentro de um mesmo tema, o número de associações entre as classes de diferentes temas ficou reduzido, contribuindo assim para a clareza do esquema, utilizando os conceitos de Engenharia de Software, foi mostrada também que esses relacionamentos entre as classes funcionaram perfeitamente.

Porém algumas classes e atributos, não foram implementados neste projeto, sendo que o tema focal do trabalho era a modelagem de uma rede de infra-estrutura-urbana básica para uma cidade.

Foi utilizado o GeoMedia para visualização de dados armazenados, validando o processo de visualização dos dados, inseridos, sendo que existe no mercado outros tipos de software de visualização.

Em fim torna-se viável a utilização do modelo proposto, através da especialização dos elementos do esquema, de forma a se adaptar às características particulares do projeto. Espera-se com isto reduzir o tempo e o custo de novos projetos e ao mesmo tempo aumentar o grau de confiabilidade da solução encontrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ARO89] ARONOF, S. **Geografic Information Systems: A management perspective**. Canadá: WDL Publications, 1989.
- [ART00] ARTHEZ, MARIA DO CARMO, **Sistema de Abastecimento de Água**, Artigo Internet <http://planeta.terra.com.br/educacao/meuambiente/Sistema_de_abastecimento_de_agua.htm> Acesso em 12 de Maio. 2004.
- [BHE02] BHERING, E. M. ; LISBOA FILHO, J.; CALIJURI, M. L.; SOUZA, L. A. DE. **Sistema de informação da rede de infra-estrutura sanitária de Cachoeira de Itapemirim-ES**. Revista IP-Informática Pública, Belo Horizonte, v.4, n.1, 2002.
- [CAL03] CALIJURI, Maria Lucia; SOUZA, Ligiane Alves de LORENTZ, Juliana Ferreira; SOUZA, Pedro João Antunes de ; BHERING, Eduardo Macedo; **Levantamento de Dados e Desenvolvimento de Ferramentas para Gerenciamento de Redes de Esgotamento Sanitário**. Engenharia Sanitária e ambiental, v.8, 2003.
- [CHR97] CHRISMAN, N. **Exploring Geografic Information System**. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- [DAV01] DAVIS JUNIOR, Clodoveu Augusto; OLIVEIRA, Pedro Alves de Oliveira; **SIG Interoperável e Distribuído para Administrações Municipais de Grande Porte**. Revista IP-Informática Pública, Belo Horizonte, v.4, n.1, 2001.
- [EAS95] EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows user's guide version 2.0 Introduction**. Worcester-MA, Graduate School of Geography, Clark University., 1995.
- [FIG03] FIGUEIREDO, Cristhiane Xavier; FRANCISCANI, Juliana de Fátima; CARDOSO, Olinda Nogueira Paes; **Banco de Dados Objeto-Relacionais em Oracle**. UFLA Departamento de Ciência da Computação de Lavras MG, 2003.
- [GEO04] **Geoinformática**, consultoras e serviços <<http://www.geoexplore.com.br/sofesrav8.html>> Acesso em 10 de Maio. 2004.
- [IAV04] **Introdução ao ArcView**; Campus da UFV, Viçosa – MG <<http://www.ufv.br/nugeo/pag/curso-arcview1.htm>> Acesso em 12 de Maio 2004.
- [LIS00] LISBOA F., J. ; **Modelagem de Banco de Dados Geográficos**. UFV Departamento de Informática de Viçosa-MG-Brasil 2000.
- [LIS02] LISBOA F. J. ; PEREIRA, M. DE A.; **Desenvolvimento de uma ferramenta CASE para o Modelo UML-Geoframe com Suporte para padrões de análise**. UFV Departamento de Informática de Viçosa-MG-Brasil 2002.
- [LIS99] LISBOA F. J., CASTRO A., IOCHPE C.; **Artigo - Projeto de Banco de Dados Geográficos: Mapeando Esquemas Geoframe para SIG spring**. UFV Departamento de Informática de Viçosa-MG-Brasil; UFRGS Instituto de Informática.
- [LIS99] LISBOA Filho, J.; IOCHPE, C. ; **Um Estudo sobre Modelos Conceituais de Dados para Projeto de Bancos de Dados Geográficos**. Informática Pública, 1(2), 1999.
- [RUM94] RUMBAUGH, James...[et al]; **Modelagem e Projetos Baseados em Objetos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

[RUS01] RUSCHEL, Cláudio; IOCHPE, Cirano; LISBOA FILHO, Jugurta; Artigo - **Modelagem de Processos de Análise Geográfica Utilizando Framework Geoframe**. UFV Departamento de Informática de Viçosa-MG-Brasil; UFRGS Instituto de Informática.

[SIL03] SILVA, LUIZ THIAGO; **Banco de dados de Sistemas Geográficos**, 2003, Monografia - Faculdade de Ciência da Computação, UNIPAC, Barbacena.

[STA98] STAIR, Ralph M. **Princípios de Sistema de Informação**: uma abordagem Gerencial. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

ANEXO A – SCRIPTS DE DEFINIÇÃO DAS CLASSES

Rede de Água - Pontos Notáveis

```
CREATE TABLE AGUA_PN (
  ARC_          NUMBER,
  AGUA_RD_      NUMBER,
  AGUA_RD_ID    NUMBER,
  DESCRICAO     VARCHAR2(50),
  GEOM          MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

```
DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'AGUA_PN' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO, SRID)
VALUES ('AGUA_PN', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',          387612.906250000,      388623.437500000,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',          7854078.000000000,      7855198.000000000,
0.0000000050)
),
NULL);
COMMIT;
```

Rede de Água - Trechos

```
CREATE TABLE AGUA_RD (
  FNODE_      NUMBER,
  TNODE_      NUMBER,
  LENGTH      NUMBER,
  ID          NUMBER,
  ATTR_       VARCHAR2(25),
  COD_TRECHO   VARCHAR2(25),
  CODLOG      VARCHAR2(6),
  CODEIXO     VARCHAR2(6),
  MATERIAL     VARCHAR2(20),
  CODSETOR     VARCHAR2(2),
  DIAMETRO     NUMBER,
  UNID        VARCHAR2(3),
  NO1         VARCHAR2(4),
  NO2         VARCHAR2(4),
  NO1N        NUMBER,
  NO2N        NUMBER,
  OK          VARCHAR2(1),
  CH_EIXO     VARCHAR2(16),
  GEOM        MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

```
DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'AGUA_RD' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO, SRID)
VALUES ('AGUA_RD', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X', 387612.906250000, 388623.437500000,
0.000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y', 7854078.000000000, 7855198.000000000,
0.000000050)
),
NULL);
COMMIT;
```

Rede de Esgoto – Pontos Notáveis

```
CREATE TABLE ESGOTO_PN (
  ARC_NUMBER,
  ESGOT_RD_ NUMBER,
  ESGOT_RD_I NUMBER,
  COD  VARCHAR2(6),
  GEOM MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

```
DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'ESGOTO_PN' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO, SRID)
VALUES ('ESGOTO_PN', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',      387621.167286713,      388580.531250000,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',      7854083.164369196,      7855165.000000000,
0.0000000050)
),
NULL);
COMMIT;
```

Rede de Esgoto - Trechos

```
CREATE TABLE ESGOTO_RD (
FNODE_      NUMBER,
TNODE_      NUMBER,
LPOLY_      NUMBER,
RPOLY_      NUMBER,
LENGTH      NUMBER,
MATERIAL    VARCHAR2(10),
UNIDADE     VARCHAR2(5),
DIAMETRO    NUMBER,
TIPO        VARCHAR2(2),
ROTULO      VARCHAR2(40),
CODLOG      NUMBER,
CODEIXO     NUMBER,
NUMEIXOS    NUMBER,
GEOM        MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

```
DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'ESGOTO_RD' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO, SRID)
VALUES ('ESGOTO_RD', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',      387621.167286713,      388580.531250000,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',      7854080.537394143,      7855165.000000000,
0.0000000050)
),
```

```
NULL);
COMMIT;
```

Maapeamento Urbano Básico - Lotes

```
CREATE TABLE LOTES (
```

```
    AREA                NUMBER,
    LOTES_               NUMBER,
    DECLIVIDADE         NUMBER,
    *TIPO_TERRENO       NUMBER,
    CODSETOR            NUMBER,
    CODBAIRRO           NUMBER,
    CODQUADRA           NUMBER,
    GEOM                MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

```
DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'LOTES' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO)
VALUES ('LOTES', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',      387636.342549217,      388615.063094772,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',      7854091.855372850,      7855185.008388910,
0.0000000050)
)
);
COMMIT;
```

Maapeamento Urbano Básico - Quadras

```
CREATE TABLE QUADRAS (
    AREA                NUMBER,
    QUADRAS_           NUMBER,
    DESCRICAO           VARCHAR2(500),
    CODSETOR            NUMBER,
    GEOM                MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

```
DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'QUADRAS' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO)
VALUES ('QUADRAS', 'GEOM',
```

```

MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',      387632.505193165,      388617.744774889,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',      7854090.203850237,      7855187.618591840,
0.0000000050)
)
);
COMMIT;

```

Maapeamento Urbano Básico - Setores

```

CREATE TABLE SETORES (
RESTRICAO      VARCHAR(100),
DESCRICOES      VARCHAR(500),
SETORES_      NUMBER,
GEOM          MDSYS.SDO_GEOMETRY);

```

```

DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'SETORES' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;

```

```

INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO)
VALUES ('SETORES', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',      387608.910975954,      388633.086947656,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',      7854073.789295285,      7855210.070582893,
0.0000000050)
)
);
COMMIT;

```

Maapeamento Urbano Básico - Testadas dos Lotes

```

CREATE TABLE TESTADAS (
FNODE_      NUMBER,
TNODE_      NUMBER,
LPOLY_      NUMBER,
RPOLY_      NUMBER,
COMPRIMENTO  NUMBER,
TRECHO_LOG   NUMBER,
GEOM        MDSYS.SDO_GEOMETRY);

```

```

DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'TESTADAS' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;

```

```

INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO)
VALUES ('TESTADAS', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',          387636.342549217,          388615.063094772,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',          7854091.855372850,          7855185.008388910,
0.0000000050)
)
);
COMMIT;

```

Maapeamento Urbano Básico - Trechos de Logradouro

```

DROP TABLE TRECHO_LOG;

```

```

CREATE TABLE TRECHO_LOG (
FNODE_          NUMBER,
TNODE_          NUMBER,
CODLOG          NUMBER,
*TIPO_PAV       NUMBER,
AGUA            BOOLEAN,
ILUM_PUBLICA    BOOLEAN,
TEL             BOOLEAN,
ESGOTO          BOOLEAN,
COLETA_LIXO     BOOLEAN,
SARJETAS        BOOLEAN,
AGUAS_PL        BOOLEAN,
LIMP_URB        BOOLEAN,
GEOM            MDSYS.SDO_GEOMETRY);

```

```

DELETE FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE TABLE_NAME = 'TRECHO_LOG' AND COLUMN_NAME = 'GEOM' ;

```

```

INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA (TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
DIMINFO)
VALUES ('TRECHO_LOG', 'GEOM',
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
(MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X',          387618.166225286,          388623.437500000,
0.0000000050),
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y',          7854080.500000000,          7855197.888110166,
0.0000000050)
)
);
COMMIT;

```