

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
(Bacharelado)

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE INTERFACE
PARA UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

EMERSON LUIS RAMPELOTI

BLUMENAU, NOVEMBRO/2002.

2002/2-19

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE INTERFACE PARA UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

EMERSON LUIS RAMPELOTI

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO FOI JULGADO ADEQUADO
PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Prof. Alexander Roberto Valdameri — Orientador na FURB

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Alexander Roberto Valdameri

Prof. Dalton Solano Dos Reis

Prof. Dr. Oscar Dalfovo

DEDICATÓRIA

A minha família, em especial a minha esposa e filho pelo amor, carinho, apoio, incentivo e compreensão recebidos ao longo destes anos.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Cláudia e a meu filho Eduardo pelo amor e confiança que em mim depositaram.

A minha mãe Maria que me ensinou a viver e me ensinou a respeitar todas as pessoas.

A minha irmã Yara por seu companheirismo.

Ao meu professor e orientador Alexander Roberto Valdameri, pela sua dedicação, orientação e motivação na elaboração deste trabalho.

Aos senhores Sidnei de Borba, Artur Uliano e Sérgio Ricardo Treis do SAMAE de Blumenau/SC pelo apoio que em mim depositaram ao longo do meu curso.

A equipe da empresa Sisgraph de São Paulo que me auxiliou muito na elaboração deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Relevância	3
1.3 Estrutura do Trabalho	3
2 Sistemas de Informações Geográficas	5
2.1 Definição	5
2.2 Estrutura De Um GIS	5
2.3 Mapas Temáticos.....	6
2.4 Mapas Numéricos.....	8
2.5 Mapas Cadastrais.....	11
2.6 Redes	11
2.7 Imagens	12
2.8 Modelos de Campo e Objetos	12
2.8.1 Região Geográfica.....	13
2.8.2 Geo-Campos.....	13

2.8.3 Geo-Objetos	13
2.8.4 Objeto Não-Espacial	14
2.9 Resumo	14
3 Modelagem De Sistemas GIS	16
3.1 Modelos De Dados Geográficos.....	16
3.2 Requisitos De Um Modelo De Dados Geográfico	17
3.3 Modelo Geo-OMT.....	17
3.4 Outros Modelos	27
4 Ferramentas e Tecnologias Utilizadas	28
4.1 MS-Access.....	28
4.2 GeoMedia Professional	29
4.2.1 Arquitetura Atual Do GeoMedia Professional.....	30
4.2.2 Modelo De Automação Do GeoMedia Professional.....	31
4.2.3 Open GIS.....	32
4.3 Microsoft Visual Basic	32
5 Desenvolvimento Da Ferramenta	34
5.1 Análise Dos Requisitos	34
5.2 Especificação.....	34
5.2.1 Especificação Do Banco De Dados.....	36
5.2.2 Especificação Dos Objetos OLE Utilizados	36
5.2.3 Especificação No Geo-OMT.....	37
5.3 Implementação	39
5.3.1 Apresentação De Algumas Funções	39
5.4 Apresentação da Ferramenta	40
6 Considerações Finais	49

6.1 Conclusões.....	49
6.2 Dificuldades Encontradas.....	50
6.3 Limitações	50
6.4 Sugestões	50
Referências Bibliográficas.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de um GIS	6
Figura 2: Mapa Temático	7
Figura 3: Representações Vetorial e Matricial de Mapas Temáticos	8
Figura 4: Mapa Numérico.....	9
Figura 5: Grade Regular	9
Figura 6: Grade Triangular	10
Figura 7: Mapa Cadastral	11
Figura 8: Imagem obtida pelo satélite TM-Landsat	12
Figura 9: Níveis de especificação (abstração) de aplicações geográficas	16
Figura 10: Relacionamentos Geo-OMT	21
Figura 11: Relações espaciais entre polígonos	23
Figura 12: Cardinalidade Geo-OMT	23
Figura 13: Relações espaciais entre classes georeferenciadas.....	24
Figura 14: Tipos de generalização espacial.....	25
Figura 15: Exemplo de agregação	25
Figura 16: Tipo de agregação espacial todo-parte.....	26
Figura 17: Tipo de Generalização Cartográfica	27
Figura 18: Arquitetura Atual do GeoMedia Professional.....	30
Figura 19: Modelo de aplicação no GeoMedia Professional.....	31
Figura 20: Modelo dos Objetos do GeoMedia Professional.....	32
Figura 21: Fluxograma de um sistema de distribuição de água tratada.....	35
Figura 22: Modelo de dados	36
Figura 23: Objetos OLE Utilizados	36

Figura 24: Modelo Geo-OMT	38
Figura 25: Função Pan, Fit e Zoom In.....	39
Figura 26: Função Ativar Mapa, Classificar Dados, Informações do BD.....	40
Figura 27: Tela principal	41
Figura 28: Função Abrir Banco de Dados	41
Figura 29: Função Informações Sobre As Entidades do Banco de Dados	42
Figura 30: Função Ativar Mapa	42
Figura 31: Função Mostrar Equipamentos	43
Figura 32: Função Mostrar Redes	43
Figura 33: Função Mostrar Redes e Equipamentos.....	44
Figura 34: Função Mostrar Informações da Entidade Equipamentos	44
Figura 35: Função Mostrar Informações da Entidade Redes	45
Figura 36: Função Mostrar Equipamentos e Informações do BD.....	45
Figura 37: Função Mostrar Informações relativas a Equipamentos	46
Figura 38: Função Query Espacial	46
Figura 39: Função Mostrar Equipamentos e Informações do BD.....	47
Figura 40: Função Opções de Legendas.....	47
Figura 41: Escolha das feições a terem seu formato modificado	48
Figura 42: Função de formatação de feições e auto ajuste de escala	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre grades regulares e malhas triangulares para representar MNT .	10
Tabela 2 - Correspondência entre Universos do Modelo	14
Tabela 3 - Representação de classes.....	18
Tabela 4 - Representação de objetos	19

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BD	–	Banco de Dados
GIS	–	<i>Geographic Information System</i>
MNT	–	Modelo Numérico de Terreno
ODBC	–	<i>Open Database Connectivity</i>
OLE	–	<i>Object Linking and Embedding</i>
OMT	–	<i>Object Modelling Technique</i>
SCADA	–	<i>Supervisory Control And Data Aquisition</i>
SGBD	–	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SQL	–	<i>Structured Query Language</i>
UML	–	<i>Unified Modeling Language</i>

RESUMO

Em virtude da carência de softwares que façam a Interface entre aplicações para Sistema de Informações Geográficas (GIS) e as necessidades de recursos em geoprocessamento dos usuários e aplicações, implementou-se uma ferramenta que tem como objetivo, criar uma interface entre um Sistema de Informações Geográficas e uma aplicação desenvolvida no ambiente Microsoft *Visual Basic*.

ABSTRACT

By virtue of the lack of softwares that make the Interface among applications of Geographic Information Systems (GIS) and the needs of resources of the users of type of applications GIS, a tool was implemented that has as objective to create an interface between a system of geographical information and an application developed in the Microsoft Visual Basic ambient.

Starting from the Visual Basic ambient, a tool was implemented where the operator has conditions of extracting specific resources of the software of GIS without specialization in this it ambient. The choice of the Visual Basic ambient happen in function of the software of chosen GIS for the interface to have specific documentation of interaction to each other and the Visual Basic ambient.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento das ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (GIS), empresas de várias áreas de atuação passaram a utilizar estes recursos com relativa frequência. Isto motivou as empresas desenvolvedoras de GIS a melhorar suas ferramentas continuamente, oferecendo cada vez mais recursos inovadores, como forma de conquista do cliente.

Para Câmara (1996), um GIS tem por função armazenar, recuperar e analisar mapas em um computador. De modo específico, as funções de um GIS são: integrar informações espaciais de dados cartográficos, censitários e de cadastramento, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, em uma base de dados central. Além destas funções há ainda: cruzamento de informações utilizando-se de algoritmos específicos, consulta, recuperação e visualização de saídas gráficas.

Ainda segundo Câmara (1996), um GIS trata relações espaciais entre objetos geográficos. Define-se topologia em ambientes GIS como uma estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem ser apontadas entre elementos geográficos.

Cabe ressaltar que os GIS auxiliam os seus usuários nas suas aplicações específicas, porém oferecendo dificuldades na utilização por não se tratarem de sistemas comuns de mercado, onde pode-se encontrar facilmente auxílio em caso de dúvidas.

Este trabalho visa a construção de uma ferramenta de auxílio á utilização de uma solução em GIS, no caso, o produto de software *GeoMedia Professional* da empresa Intergraph, onde irá pesquisar as formas de interação com esta ferramenta através da ferramenta. A ferramenta proposta visa apresentar formas de interação customizadas utilizando o GIS *GeoMedia Professional*.

Segundo Intergraph (2002a), o GIS *GeoMedia Professional* é uma ferramenta de entrada de dados, visualização e análise de informações georeferenciadas. De acordo com Intergraph (2002b) esta ferramenta permite a integração de dados de várias fontes e formatos de dados dentro de um ambiente único.

Segundo Dallpozo (2002), para uma organização sobreviver atualmente, deve ser capaz de analisar, planejar e reagir às mudanças nas condições dos negócios de uma forma

ágil. Assim sendo, os executivos, gerentes e analistas de negócio, precisam de um outro tipo de informação, que correlacione fatos e extraia dados úteis para a tomada de decisões.

Muitas empresas apesar de possuírem muitos computadores e redes espalhadas por diversas regiões do país, não conseguem fazer com que informações imprescindíveis, que já existem na empresa, cheguem até às mãos dos executivos e tomadores de decisão. Constantemente, as organizações de diversos tamanhos criam grande quantidade de informações sobre os seus negócios, muitas informações sobre seus clientes, produtos, operações e funcionários. Ainda assim, estes dados estão armazenados em computadores e bancos de dados que muitas vezes não são tratados com a devida importância, seja por falta de domínio de tecnologias de extração de dados, ou mesmo por falta de conhecimento destes dados, visto serem muito complexos. Outra dificuldade pode-se justificar pela falta de ferramentas de análise temática e espacial, que são oferecidas pelos GIS.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma ferramenta que auxilie os usuários de soluções GIS, mais especificamente na seleção de mapas a serem exibidos por uma empresa de saneamento, selecionando trechos de imagens destes mapas, que se relacionem com uma região definida pelo usuário da ferramenta de interface com o GIS *GeoMedia Professional* da empresa Intergraph.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) desenvolver uma funcionalidade que possa ser facilmente entendida e assim, multiplicada para outras áreas de interesse de uma empresa, através do GIS;
- b) customizar uma interface que permita o uso das imagens mantidas pela ferramenta *GeoMedia Professional*, sem a necessidade de seleção de mapas dentro do ambiente da ferramenta de GIS, pois o uso da interface proposta nesta ferramenta, permitirá a uma empresa de saneamento, definir claramente sua necessidade junto com os usuários diretos do sistema GIS e obter então, apenas funções que lhe sejam interessantes, no menu de opções da ferramenta de interface;
- c) otimizar a forma de criação de ordens de serviço, de uso interno de uma empresa de saneamento, de modo que a região que esta ordem de serviço trata tenha seu mapa

apresentado ao usuário da ferramenta em tela ou imprimindo-se parte do mapa selecionado na tela.

1.2 RELEVÂNCIA

Esta ferramenta tem por relevância criar uma interface amigável com o GIS *GeoMedia Professional*. Através da customização possibilitada pelo *GeoMedia Professional* que será implementada neste trabalho, verificou-se que uma função específica dentro do software de GIS se torna muito mais simples de ser utilizada pelo usuário da aplicação GIS. Outro fato a que se destaca é que através de buscas na Internet não foram encontradas aplicações que se propunham fazer customização de ambientes GIS, fato que torna a implementação deste trabalho ainda mais importante para os usuários destas aplicações.

A ferramenta de GIS escolhida foi o *Geomedia Professional*, na versão 4.0, da empresa Intergraph, por se tratar de um software de GIS caracterizado como um "*Open GIS*", ou seja, um GIS que é aberto a interações com outras ferramentas, acessa dados de bancos de dados externos e ainda, acessa arquivos em formatos distintos, por exemplo: DGN, DXF, etc., sem a necessidade de conversão de formatos para que possa trabalhar.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira:

No primeiro capítulo, é apresentado uma visão geral deste trabalho, seus objetivos, sua relevância e a sua estrutura.

O segundo capítulo apresenta uma fundamentação sobre Sistemas de Informação Geográficas e demais conceitos relacionados.

No terceiro capítulo apresentam-se técnicas de modelagem de dados para um GIS.

O quarto capítulo apresenta as ferramentas e tecnologias utilizadas para desenvolver o sistema.

No quinto capítulo, trata-se do desenvolvimento, especificação e implementação da ferramenta.

Por fim, no sexto capítulo encontram-se as conclusões, limitações e sugestões de continuidade do trabalho.

2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Neste capítulo são apresentados conceitos importantes sobre GIS. Estas informações servem para dar o conhecimento mínimo necessário para que se possa compreender com facilidade as questões presentes nos demais capítulos deste trabalho.

2.1 DEFINIÇÃO

Para INPE (2002), aplica-se o termo GIS para os sistemas que realizem o tratamento computacional de dados geográficos e recuperem informações não apenas baseadas em suas características alfanuméricas, mas através de sua localização espacial.

Ainda segundo INPE (2002), estes sistemas oferecem ao usuário, uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, onde todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interligadas com base no que lhes é fundamentalmente comum, a sua localização geográfica. Para viabilizar isto, a geometria e os atributos dos dados num GIS devem ser georeferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados em uma projeção cartográfica.

A condição de armazenar a geometria dos objetos geográficos e seus atributos representa uma dualidade básica para um GIS. Para cada objeto geográfico, o GIS precisa armazenar seus atributos e diversas representações gráficas associadas a este objeto.

Outras definições para GIS podem ser obtidas em Aronoff (1989) e em Burrough (1987).

2.2 ESTRUTURA DE UM GIS

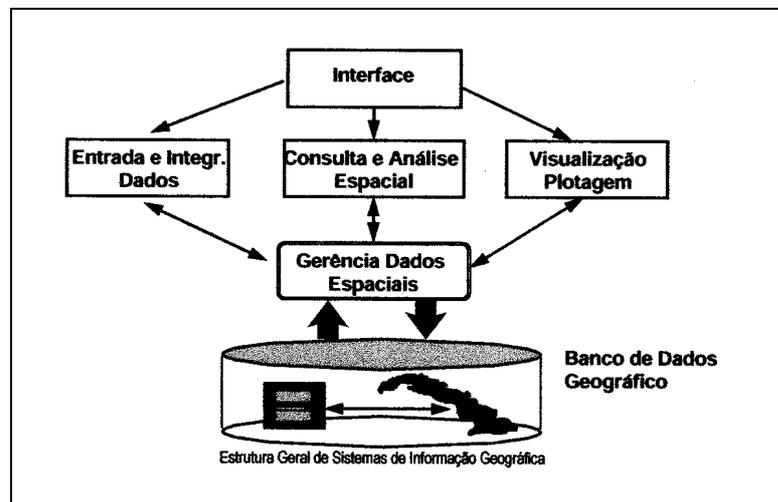
Para INPE (2002), de forma geral, pode-se dizer que um GIS tem os seguintes componentes:

- a) interface com o usuário;
- b) entrada e integração de dados;
- c) funções de consulta e análise espacial;
- d) visualização e plotagem;
- e) armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Os componentes acima citados, relacionam-se hierarquicamente. No nível mais próximo ao usuário do GIS a interface homem-máquina define como funciona e como se opera o sistema. No nível médio, um GIS deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno, um sistema de gerência de banco de dados geográficos permite o armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

A Figura 1 mostra o relacionamento entre os principais componentes de um GIS. Cada GIS, em função de seus objetivos e necessidades implementa estes componentes de modo diferente, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes em um GIS.

Figura 1: Componentes de um GIS

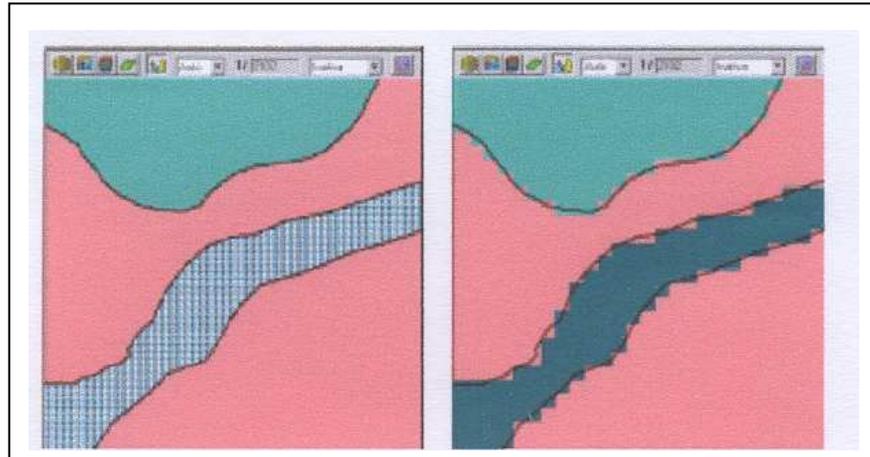


Fonte: INPE (2002)

2.3 MAPAS TEMÁTICOS

De acordo com INPE (2002), mapas temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, representada na forma qualitativa, como por exemplo mapas de pedologia e a aptidão agrícola de uma região. Estes dados, normalmente recebidos de levantamento em campo são incluídos no GIS por digitalização ou por forma automatizada, por meio de classificação de imagens. A Figura 2 apresenta um exemplo de mapa temático, onde são destacadas as coordenadorias regionais de educação do estado do Rio de Janeiro.

Figura 3: Representações Vetorial e Matricial de Mapas Temáticos



Fonte: INPE (2002)

De acordo com Fornazari (2000), a imperfeição na imagem mantida no formato matricial (figura 3), apelidada de "efeito tijolado" justifica-se pela forma como as imagens são mantidas.

No caso do formato vetorial ou geotop, são mantidas coordenadas que são utilizadas pelo software que mantém as imagens para "traçar" os objetos, desenhando-os cada vez que são apresentados na tela.

Já no caso do formato raster, o que se mantém são pontos em uma matriz que ao ser expandida ou reduzida traz inevitavelmente uma grande perda de qualidade nas imagens que não são redesenhadas em coordenadas, mas sim apresentadas baseando-se na matriz original da imagem.

2.4 MAPAS NUMÉRICOS

O modelo numérico de terreno (MNT) é utilizado para apontar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Normalmente associados a altimetria (curvas de nível, figura 4), também podem modelar unidades geológicas como teor de minerais ou propriedades de solo e subsolo, como aeromagnetismo (*apud INPE, 2002*).

Entre as aplicações para modelos numéricos de terreno, podem-se citar:

- a) armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- b) análises de corte-aterro para projeto de estradas, barragens, aterros sanitários, etc.;

- c) análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- d) apresentações tridimensionais, acrescentando-se demais variáveis importantes para o contexto.

Figura 4: Mapa Numérico

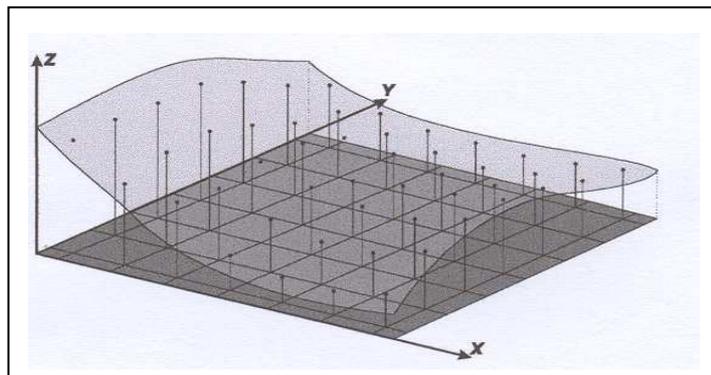


Fonte: INPE (2002)

Para INPE (2002), os mapas numéricos podem ser construídos através de dois tipos de representação:

- a) grades regulares: matriz de elementos com espaçamento fixo, onde são associados valores estimados das grandezas na posição geográfica de cada ponto da grade (figura 5). As grades regulares são obtidas por interpolação das amostras, ou geradas por restituidores com saída digital;

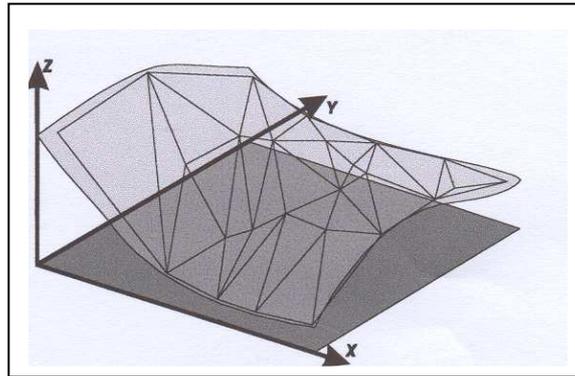
Figura 5: Grade Regular



Fonte: INPE (2002)

- b) grades triangulares: a grade é formada por conexão entre amostras, utilizado a triangulação de Delaunay (sujeita a restrições, figura 6). A grade triangular é uma estrutura topológica vetorial do tipo arco-nó, que forma um conjunto de recortes irregulares no espaço.

Figura 6: Grade Triangular



Fonte: INPE (2002)

A tabela 1 apresenta uma comparação entre as malhas triangulares e regulares.

Tabela 1 - Comparação entre grades regulares e malhas triangulares para representar MNT

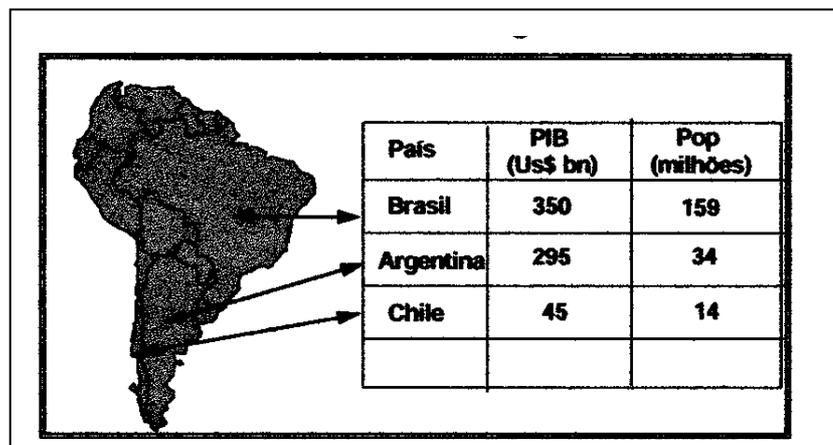
	Malha triangular	Grade regular
Vantagens	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melhor representação de relevo complexo; 2. Incorporação de restrições como linhas de crista 	<ol style="list-style-type: none"> 1. facilita manuseio e conversão 2. adequada para geofísica e visualização 3D
Problemas	<ol style="list-style-type: none"> 1. complexidade de manuseio 2. inadequada para visualização 3D 	<ol style="list-style-type: none"> 1. representação relevo complexo; 2. cálculo de declividade

Fonte: INPE (2002), pág. 23

2.5 MAPAS CADASTRAIS

De acordo com INPE (2002), estes mapas servem para representar elementos gráficos (objetos geográficos) por pontos, linhas ou polígonos, uma vez que estes possuem atributos descritivos e podem estar associados a várias representações gráficas. Um bom exemplo deste mapa é o caso do mapa dos países da América do Sul. Na Figura 7, pode-se ver uma representação dos atributos (nome do país, valor do PIB e população) e que podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas.

Figura 7: Mapa Cadastral



Fonte: INPE (2002)

A parte gráfica dos mapas cadastrais é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia associada. Normalmente não se utiliza a topologia matricial para armazenamento destes mapas. Os atributos por sua vez, são armazenados normalmente num sistema gerenciador de banco de dados.

2.6 REDES

Segundo INPE (2002), em geoprocessamento o termo "rede" aponta para informações associadas aos seguintes tipos de dados:

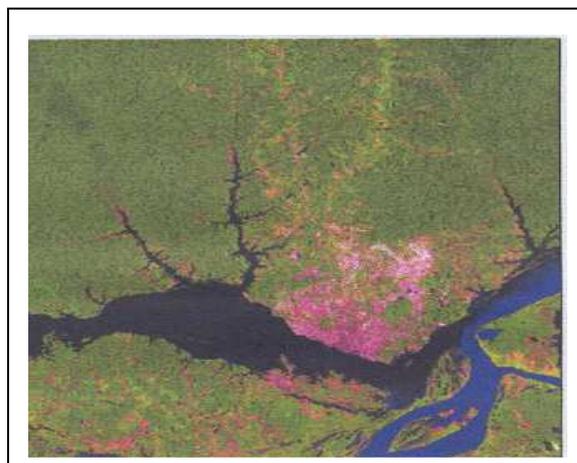
- a) serviços de utilidade pública (água, luz, telefonia, gás canalizado, etc.);
- b) redes de drenagem (bacias hidrográficas);
- c) rodovias.

Para INPE (2002), os mapas de redes tratam de objetos, porém as informações são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó. Os atributos dos arcos indicam o sentido do fluxo e atributos como impedância (custo de percorrimento). A topologia de redes constitui um grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas.

2.7 IMAGENS

De acordo com INPE (2002), as imagens no contexto de GIS, podem ser obtidas por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados. As imagens capturadas representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento da imagem (pixel) tem um valor proporcional á energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície fotografada. A Figura 8 representa uma composição colorida falsa cor das bandas 3 (associadas a cor Azul), 4 (Verde) e 5 (Vermelha) do satélite TM-Landsat, para a região de Manaus (AM).

Figura 8: Imagem obtida pelo satélite TM-Landsat



Fonte: INPE (2002)

2.8 MODELOS DE CAMPO E OBJETOS

Segundo INPE (2002), em geoprocessamento, o espaço geográfico é modelado baseando-se em duas visões: os modelos de campos e objetos. O modelo de campos enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem

observados segundo diferentes distribuições. Por exemplo, um mapa de vegetação descreve uma distribuição que associa a cada ponto do mapa um tipo específico de cobertura vegetal, enquanto um mapa geoquímico associa o teor de um mineral a cada ponto.

O modelo de objetos representa o espaço geográfico como um conjunto de entidades distintas e identificáveis. Por exemplo, um cadastro espacial dos lotes de um município identifica cada lote como um dado individual, com atributos que o distinguem dos demais. Pode-se ter também como geo-objetos, os rios de uma bacia hidrográfica ou os aeroportos de um estado.

2.8.1 REGIÃO GEOGRÁFICA

INPE (2002) define região geográfica como sendo uma região geográfica R como uma superfície qualquer pertencente ao espaço geográfico, que pode ser representada num plano ou reticulado, isto é, dependente de uma projeção cartográfica.

2.8.2 GEO-CAMPOS

Para INPE (2002) um geo-campo representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica (num dado tempo t). Os geo-campos podem ser especializados em:

- a) temático: dada uma região geográfica R um geo-campo temático associa a cada ponto do espaço um tema de um mapa;
- b) numérico: dada uma região geográfica, um geo-campo numérico associa, a cada ponto do espaço, um valor real, por exemplo: um mapa de campo magnético ou mapa de altimetria;
- c) dado_sensor_remoto: esta classe é uma especialização de numérico, obtida através de discretização de resposta recebida por um sensor (passivo ou ativo) de uma área da superfície terrestre.

2.8.3 GEO-OBJETOS

Segundo INPE (2002) um geo-objeto é um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno.

2.8.4 OBJETO NÃO-ESPACIAL

De acordo com INPE (2002) um objeto não-espacial é um objeto que não possui localizações espaciais associadas.

2.9 RESUMO

De acordo com INPE (2002), a melhor compreensão entre os diferentes universos (níveis) do modelo pode ser vista na tabela 2, onde são representados vários exemplos de entidades do mundo real e suas correspondentes do modelo conceitual.

Tabela 2 - Correspondência entre Universos do Modelo

Universo do mundo real	Universo conceitual	Universo de representação	Universo de implementação
Mapa de Vegetação	Geo-campo	Matriz de inteiros	Quad-tree
	Temático	Subdivisão Planar	Linhas 2D (com R-Tree)
Mapa altimétrico	Geo-campo	Grade regular	Matriz 2D
	Numérico	Grade triangular	Linhas 2D e Nós 2D
		Conjunto Pontos 3D	Pontos 3D (KD-Tree)
		Conjunto Isolinhas	Linhas 2D
Lotes Urbanos	Geo-objetos	Polígonos e Tabela	Linhas 2D e Nós 2D
Rede elétrica	Rede	Grafo orientado	Linhas 2D (com R-Tree)

Fonte: INPE (2002)

Os GIS (Sistemas de Informações Geográficas), possuem uma grande variedade de objetos dos quais trata, entre eles: imagens de satélite, mapas numéricos, etc. Estes objetos possuem representação clara, o que os distingue dos demais, visto que são aplicados em situações específicas, como é o caso clássico das aplicações de altimetria, onde as curvas de nível distinguem bem esta classe de objetos dos demais.

Os GIS mantêm informações não somente de objetos espaciais como também de objetos que não possuam localizações espaciais associadas a si, por exemplo, questões climáticas que variam de acordo com fenômenos da natureza.

3 MODELAGEM DE SISTEMAS GIS

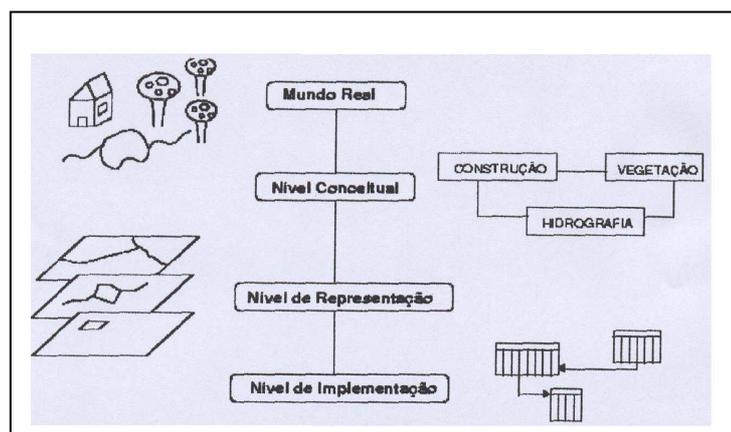
Este capítulo fala especificamente sobre o modelo Geo-OMT, que foi utilizado na modelagem da aplicação definida no capítulo 5 deste trabalho. Algumas outras formas de modelagem de GIS são apontadas juntamente com suas referências para futuras consultas.

3.1 MODELOS DE DADOS GEOGRÁFICOS

Segundo Prada (1999), os modelos semânticos e orientados a objetos como o Modelo Entidade Relacionamento (MER) tem sido muito utilizados por parte dos desenvolvedores de sistemas com aplicações geográficas relacionadas. Entretanto, estes modelos convencionais apresentam limitações, visto que não possuem as primitivas geográficas adequadas para a representação de dados espaciais. Atualmente existem diversos tipos de propostas para ampliar os modelos criados para aplicações convencionais como GeoOOA, Modul-R, Gmod, Geo-OMT, etc.

Todos estes modelos, de acordo com Prada (1999), tem por objetivo melhorar as aplicações geográficas, entretanto há casos em que, antes de modelar o sistema, tem-se que saber quais são os níveis de abstração envolvidos num projeto de GIS (nível do mundo real, nível conceitual, nível de representação e nível de implementação) dos dados geográficos. A figura 9 mostra uma representação clara destes níveis de abstração.

Figura 9: Níveis de especificação (abstração) de aplicações geográficas



Fonte: Prada (1999)

3.2 REQUISITOS DE UM MODELO DE DADOS GEOGRÁFICO

Segundo Prada (1999), um modelo de dados direcionado a aplicações geográficas deve:

- a) fornecer alto nível de abstração;
- b) representar e diferenciar os diversos tipos de dados envolvidos na aplicação, por exemplo: linha, ponto, área, imagem, etc.;
- c) representar além das relações espaciais e suas propriedades, as associações simples e de rede;
- d) ser capaz de especificar regras de integridade espacial;
- e) ser independente de implementação;
- f) dar suporte a classes geo-referenciadas e classes convencionais, bem como os relacionamentos estabelecidos entre estas;
- g) possuir fácil visualização e interpretação;
- h) ser capaz de expressar versões de séries temporais, assim como relacionamentos temporais;
- i) utilizar o conceito de níveis de informação, possibilitando que a entidade geográfica seja associada a diversos níveis de informação;
- j) representar as múltiplas visões de uma mesma entidade geográfica, tanto com base em variações de escala, quanto nas várias formas de percebê-las.

3.3 MODELO GEO-OMT

Segundo INPE (2002), o método de modelagem de dados Geo-OMT é utilizado para descrever as entidades geográficas e seus relacionamentos.

Esta metodologia alia conceitos de orientação a objetos, existentes na técnica "OMT" (*Object Modelling Technique*), com uso de representação de dados geográficos. De acordo com INPE (2002), o Geo-OMT foi proposto ao perceber a dificuldade de modelar adequadamente variadas aplicações geográficas, até então desenvolvidas.

O Geo-OMT divide entidades modeladas em duas classes: georeferenciadas e convencionais. Através destas duas classes é possível representar integralmente os três grandes grupos de fenômenos que ocorrem em geoprocessamento: os fenômenos de variação contínua no espaço, os de variação discreta e os não espaciais. Os fenômenos de variação

contínua constituem o que se convencionou chamar de Geo-Campos, e os de variação discreta constituem Geo-Objetos. Os não espaciais são atributos que descrevem propriedades, comportamento, relacionamentos e que possuem alguma relação com os objetos espaciais.

O modelo Geo-OMT possui cinco classes do tipo Geo-Campo: isolinhas, amostragem, tesselação, polígonos adjacentes e rede triangular irregular. Cada uma dessas classes possui um padrão simbólico de representação (tabela 3).

Tabela 3 - Representação de classes

 <p>Nome da Classe</p>	<p>Isolinhas: Representa uma coleção de linhas fechadas que não se cruzam nem se tocam. Cada instância da classe contém o valor associado. Exemplo: curvas de nível, curvas de temperatura e curvas de ruído.</p>
 <p>Nome da Classe</p>	<p>Amostragem: Representa uma coleção de pontos regular ou irregularmente distribuídos por todo o espaço geográfico. Exemplo: estações de medição de temperatura, modelos numéricos de terreno ou pontos cotados em levantamento altimétricos de áreas urbanas.</p>
 <p>Nome da Classe</p>	<p>Tesselação: Representa o conjunto das subdivisões de todo o domínio espacial em células regulares que não se sobrepõe e que cobrem completamente este domínio. Cada célula possui um único valor para todas as posições dentro dela. Exemplo: imagem de satélite.</p>
 <p>Nome da Classe</p>	<p>Polígonos Adjacentes: Representa o conjunto de subdivisões de todo o domínio espacial em regiões simples que não se sobrepõe e que cobrem completamente este domínio. Exemplo: tipos de solo, divisão de bairros, divisões administrativas e divisões temáticas.</p>

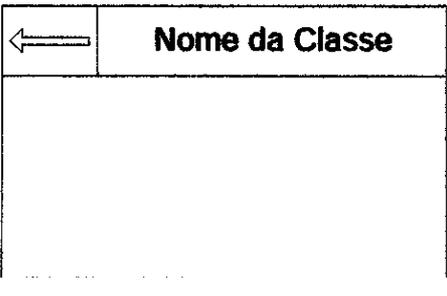
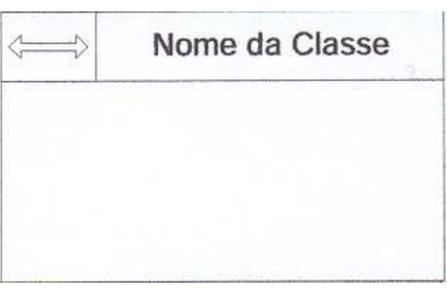
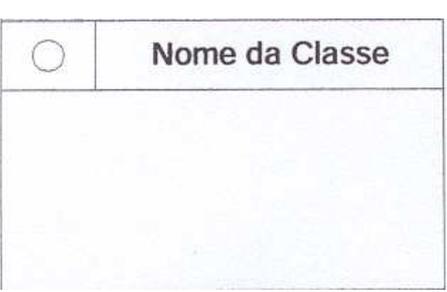
	Nome da Classe	<p>Rede Triangular Irregular: Representa o conjunto de grades triangulares de pontos que cobrem todo o domínio espacial. Um exemplo são as redes irregulares triangulares (TIN).</p>

Fonte: INPE (2002)

As classes do tipo Geo-Objeto são divididas em dois grupos: Geo-Objeto com geometria e Geo-Objeto com geometria e topologia. Cada uma destas classes possui um padrão simbólico de representação (tabela 4 abaixo).

Tabela 4 - Representação de objetos

	Nome da Classe	<p>Linha: Define objetos lineares sem exigência de conectividade. Exemplo; representação de muros, cercas e meio-fio.</p>
	Nome da Classe	<p>Ponto: define objetos pontuais, que possuem um único par de coordenadas (x,y). exemplo: postes, orelhões, hidrantes, etc.</p>
	Nome da Classe	<p>Polígono: representa objetos de área, podendo aparecer conectadas como dentro de lotes de uma quadra, ou isolados, como a representação de uma ilha.</p>

	<p>Linha Uni-Direcionada: representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que possuem uma direção (arco do grafo orientado). Cada linha deve estar conectada a dois nós ou a uma outra linha uni-direcionada. Exemplo: trechos de uma rede de água que indicam a direção do fluxo da rede.</p>
	<p>Linha Bi-Direcionada: representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que são bi-direcionados. Cada linha bi-direcionada deve estar conectada a dois nós ou a uma outra linha bi-direcionada. Exemplo: trechos de uma rede de água onde a direção do fluxo pode ser nos dois sentidos dependendo do controle estabelecido.</p>
	<p>Nó: define os objetos pontuais no fim de uma linha, ou os objetos pontuais nos quais as linhas se cruzam (nó do grafo). Possui a propriedade de conectividade, garantindo a conexão com a linha. Por exemplo, o posto de visita na rede de esgoto ou o cruzamento na malha viária.</p>

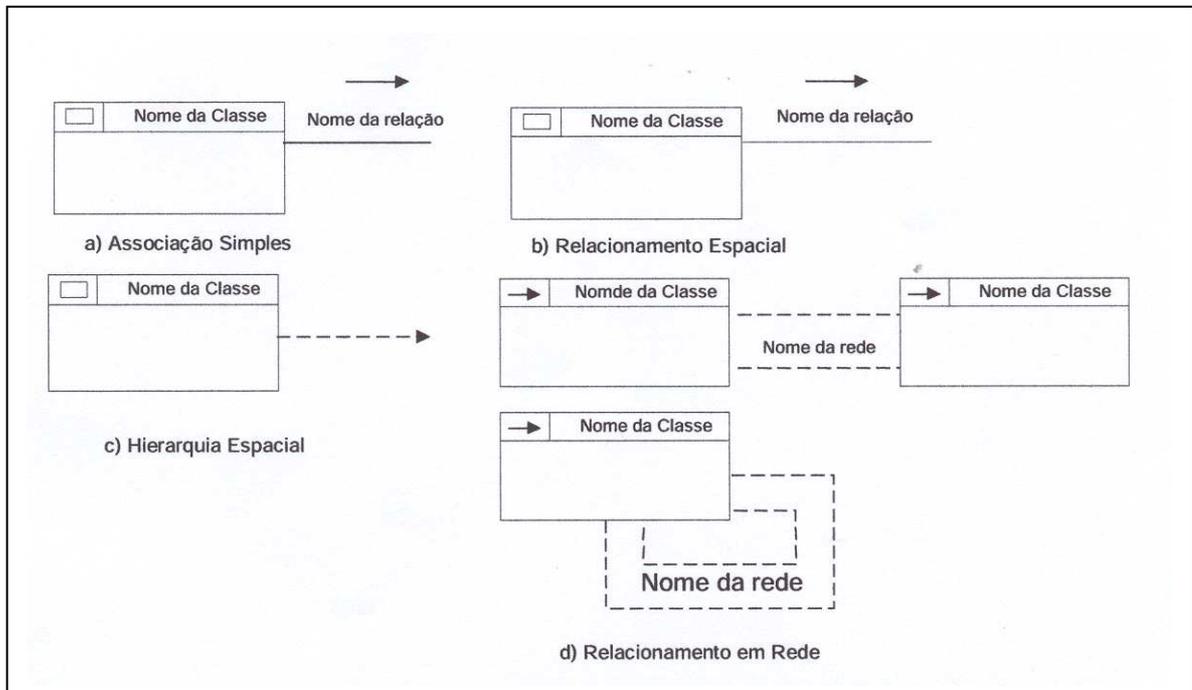
Fonte: INPE (2002)

Os relacionamentos entre Geo-Campos e Geo-Objetos e objetos não espaciais podem ser de vários tipos. Existem associações simples, típicas de banco de dados relacionais, além de relações topológicas de rede e relações espaciais. Associações simples são representadas por linhas contínuas ligando dois objetos quaisquer. Relações topológicas e de rede são representadas por linhas pontilhadas, indicando que sempre que aparecer uma linha pontilhada em um modelo "Geo-OMT" está sendo representada uma característica espacial.

Relações espaciais abrangem relações topológicas, métricas, ordinais e *fuzzy*. No entanto, existem outras aplicações em que as mesmas relações espaciais têm significado relevante, devendo ser representadas no modelo. Outras relações, denominadas explícitas, necessitam ser sempre especificadas pelo usuário para que o sistema consiga manter estas informações. Um caso particular de relação espacial é a hierarquia espacial, em que a relação

de dependência entre as classes é definida com critérios espaciais. Os relacionamentos estão apresentados na Figura 10.

Figura 10: Relacionamentos Geo-OMT



Fonte: INPE (2002)

Os nomes das relações espaciais estão formalizados abaixo e podem ser seguidos por uma seta para indicar a origem da relação. Exemplificando melhor, pode-se citar direção **lote** → **rede elétrica** indicando que a relação é importante quando se está no lote. Em cada instância da classe lote é necessário saber se existe rede elétrica *em frente* e não na instância de um trecho de rede elétrica saber se existe um lote *em frente*.

A seguir são apresentados os tipos de relações espaciais existentes no modelo Geo-OMT bem como o significado semântico de cada relação (figura 11).

- disjunto:** não existe nenhum tipo de contato entre as classes relacionadas;
- contém:** a geometria da classe que contém envolve a geometria das classes contidas. Uma instância da classe que contém, envolve uma ou mais instâncias da(s) classes(s) contida(s). A classe que contém deve ser do tipo polígono (Geo-Objeto) ou Polígonos Adjacentes (Geo-Campo);
- dentro de:** existem instâncias de uma classe qualquer, dentro da (contida na) geometria de instâncias das classes do tipo Polígono (Geo-Objeto) ou Polígonos

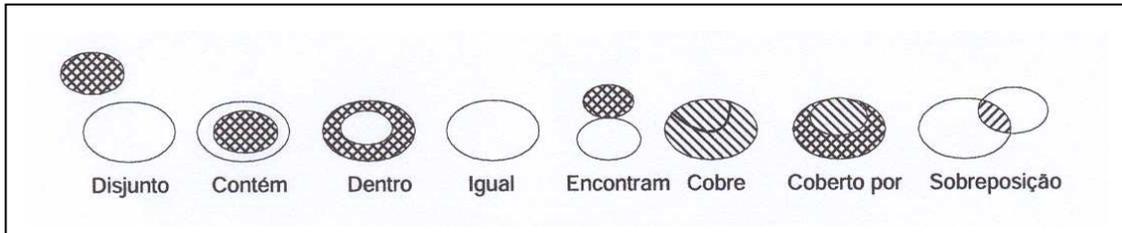
Adjacentes (Geo-Campo). A relação dentro de será tratada como agregação espacial "todo-parte";

- d) **toca**: existe um ponto (x, y) em comum entre as instâncias das classes relacionadas. Considera-se esta relação um caso particular da relação adjacente;
- e) **cobre/coberto por**: a geometria das instâncias de uma classe envolve a geometria das instâncias de outra classe. A classe que cobre é sempre do tipo polígono (Geo-Objeto);
- f) **sobrepõe**: duas instâncias se sobrepõem quando há uma intersecção de fronteiras. Só será usado para relações entre polígonos (Geo-Objeto). Apenas parte da geometria é sobreposta;
- g) **adjacente**: utilizado no sentido de vizinhança, ao lado de, contíguo;
- h) **perto de**: utilizado no sentido de proximidade. Deve estar associado a uma distância "d", que define quanto será considerado perto. Esta distância poderá ser uma distância euclidiana, um raio, um intervalo ou qualquer outra definida pelo usuário;
- i) **acima/abaixo**: acima é mais alto que sobre, e abaixo é mais baixo que sob. Será considerado acima ou abaixo, quando as instâncias estiverem em planos diferentes;
- j) **sobre/sob**: utilizado no sentido de "em cima de" / "em baixo de", no mesmo plano;
- k) **entre**: utilizado no sentido posicional, enfatizando a localização de uma instância de determinada classe entre duas instâncias de outra classe;
- l) **coincide**: utilizado no sentido de igual. Duas instâncias de classes diferentes que possuem mesmo tamanho, a mesma natureza geométrica e ocupam o mesmo lugar no espaço. Essa relação é um caso particular do sobre/sob;
- m) **cruza**: Existe apenas um ponto $P(x, y)$ comum entre as instâncias;
- n) **atravessa**: uma instância atravessa integralmente outra instância, tendo no mínimo dois pontos $P_1(x_1, y_1)$ e $P_2(x_2, y_2)$ em comum. Este é um caso particular de cruza, que foi separado por fornecer maior expressão semântica;
- o) **em frente a**: utilizado para dar ênfase à posição de uma instância em relação à outra. Uma instância está "de face" para outra. Paralelo a poderá ser usado na relação entre linhas, por ser semanticamente mais significativo;
- p) **a esquerda/ à direita**: utilizado para dar ênfase na lateralidade entre as instâncias. No entanto, a questão de lateralidade deve estar bem definida nas aplicações no

GIS, de forma a ser possível formalizar o que é lado direito e esquerdo.

As relações espaciais entre polígonos são mostradas na Figura 11.

Figura 11: Relações espaciais entre polígonos



Fonte: INPE (2002)

Os relacionamentos são caracterizados pela cardinalidade. A cardinalidade representa o número de instâncias de uma classe que pode estar associada a uma instância da outra classe. A notação de cardinalidade utilizada pelo modelo Geo-OMT é a utilizada na Unified Modeling Language (UML). A figura 12 mostra a cardinalidade adotada no modelo Geo-OMT.

Figura 12: Cardinalidade Geo-OMT

Nome da Classe	0...*	Zero ou mais
Nome da Classe	1...*	Um ou mais
Nome da Classe	1	Exatamente um
Nome da Classe	0..1	Zero ou um

Fonte: INPE (2002)

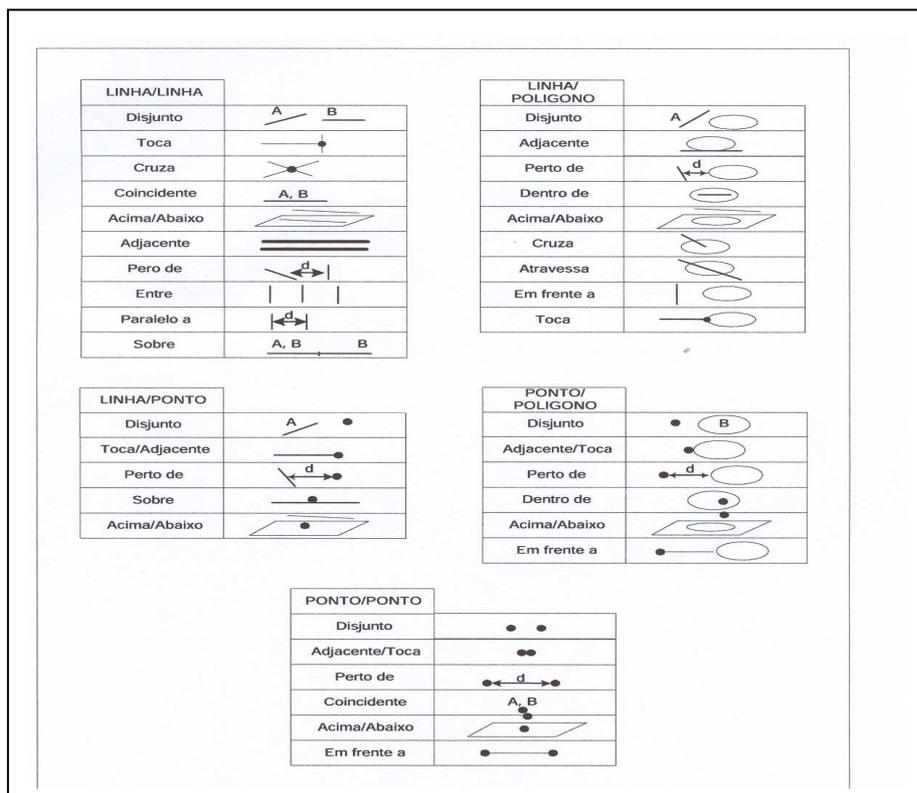
O modelo Geo-OMT introduz uma primitiva de **generalização** que permite representar classes mais genéricas (superclasses), a partir de classes com características semelhantes (subclasses). O processo inverso é a **especialização**: classes mais específicas são detalhadas a

partir de classes mais genéricas, adicionando novas propriedades na forma de atributos. Cada subclasse herda atributos, operações e associações da superclasse.

No modelo Geo-OMT, abstrações de generalização e especialização se aplicam tanto a classes georeferenciadas como a classes convencionais, usando um triângulo para interligar uma superclasse e suas subclasses como mostra a Figura 14. Se as propriedades gráficas (por exemplo: cor e tipo de linha) variarem nas subclasses, é usada a generalização espacial. Esse tipo de generalização é útil para registrar que deve existir uma distinção visual entre as subclasses, que não pode se desconsiderada na implementação. A notação usada na generalização espacial só varia no tipo de linha que liga as superclasses e subclasses linhas pontilhadas no lugar de contínuas (Figura 15).

A figura 13 mostra as relações espaciais entre classes georeferenciadas.

Figura 13: Relações espaciais entre classes georeferenciadas

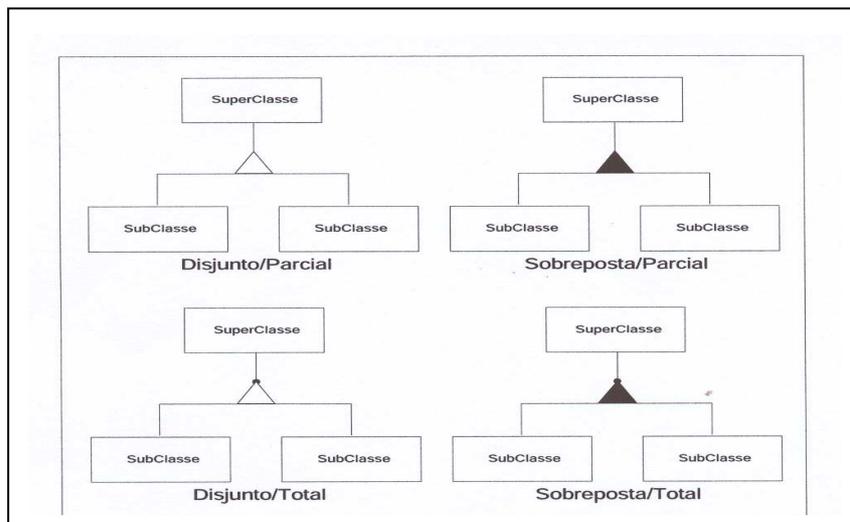


Fonte: INPE (2002)

Uma generalização espacial ou não, pode ser especializada como total ou parcial. A generalização é total quando todas as instâncias da superclasse pertencem a alguma subclasse.

Quando se pode garantir que isso ocorre, usa-se um ponto no ápice do triângulo. Quando existe a possibilidade de que alguma instância da superclasse pertença a mais de uma subclasse, usa-se um triângulo preenchido. Caso da instância da superclasse pertença a apenas uma subclasse, diz-se que as subclasses são disjuntas. Já na especialização podem ocorrer outras combinações, uma vez que é possível que instâncias de subclasses não existam na superclasse. A Figura 14 apresenta todas as combinações de disjunção e totalidade possíveis.

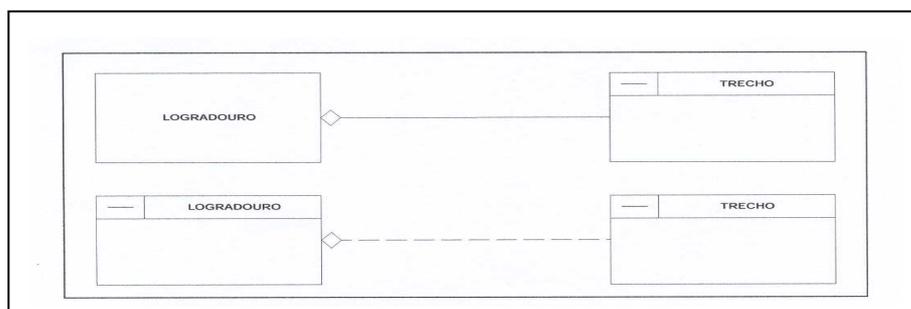
Figura 14: Tipos de generalização espacial



Fonte: INPE (2002)

O modelo Geo-OMT inclui também uma primitiva de agregação. A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, em que um deles é composto de outros. O relacionamento entre o objeto primitivo e seus agregados é chamado de "*é-parte-de*" e o relacionamento inverso é chamado de "*é-componente-de*". Quando a agregação for entre classes georeferenciadas, a linha que representa a associação deve ser pontilhada. A Figura 15 ilustra o uso desta notação.

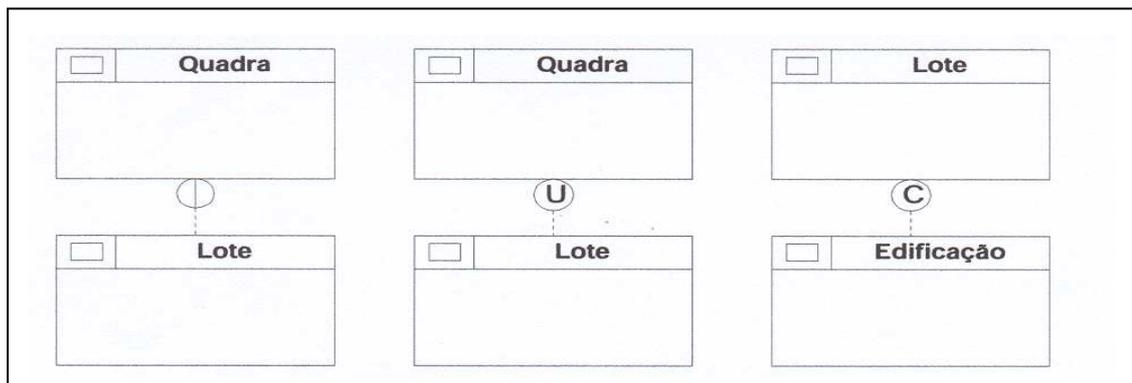
Figura 15: Exemplo de agregação



Fonte: INPE (2002)

Existe um caso especial de agregação, denominado de agregação espacial "*todo-parte*", em que são explicitados relacionamentos topológicos. Corresponde a situações em que um determinado elemento geográfico é subdividido em outros ou formado pela união de outros, ou ainda contém outros. Em cada caso, a interseção da geometria de cada parte com a geometria do todo não-nula. A Figura 16 ilustra tal tipo de agregação.

Figura 16: Tipo de agregação espacial todo-parte

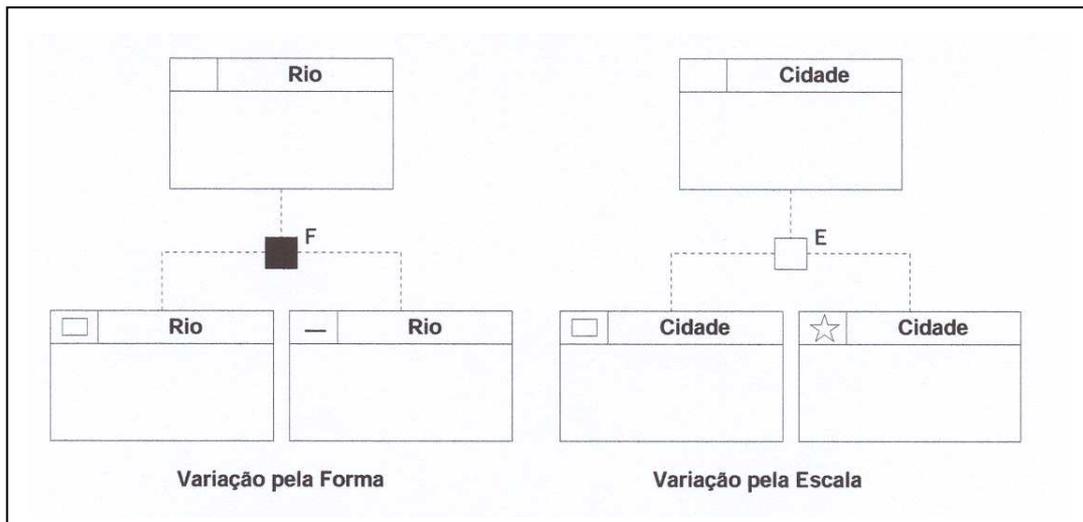


Fonte: INPE (2002)

Em geoprocessamento é necessário permitir que entidades geográficas possam ter múltiplas formas de representação em escalas diferentes. Também existem situações em que se quer permitir representações variadas na mesma escala, cada qual adequada a uma finalidade de comunicação ou uso cartográfico diferente.

O modelo Geo-OMT introduziu a primitiva espacial chamada de generalização cartográfica, que é usada para representar uma classe (superclasse) percebida por diferentes visões que alteram a sua natureza gráfica. As subclasses possuem formas geométricas que as diferem da superclasse, porém herdam os atributos alfanuméricos. A notação para generalização cartográfica é um quadrado interligando uma superclasse as suas subclasses. Para diferenciar os dois casos é usada a letra E para variação por escala e a letra F para variação pela forma. O quadrado será vazado para representar restrição de disjunção e preenchido para indicar sobreposição (Figura 17).

Figura 17: Tipo de Generalização Cartográfica



Fonte: INPE (2002)

3.4 OUTROS MODELOS

Informações sobre os modelos IFO, OMT, OOA, podem ser obtidas em Prada (1999), informações sobre o modelo UML-GeoFrame podem ser obtidas em Pereira (2002).

O modelo Geo-OMT é altamente adaptável á aplicações geográficas com um modo simples de se entender as relações estabelecidas. Esta facilidade de interpretação permite que este modelo seja discutido abertamente entre desenvolvedores nem sempre especializados em modelagem de sistemas de informação tradicionais, visto que muitos dos projetistas de aplicações GIS possuem formação em áreas de Engenharia Civil e Cartografia.

O modelo Geo-OMT utiliza-se de objetos bem definidos, diferenciando de forma clara os objetos que estão sendo modelados por cada classe. Um exemplo disto são as linhas bi-direcionadas, que são aplicáveis em redes de distribuição de água.

4 FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Este capítulo tem por objetivo, apresentar as ferramentas e tecnologias necessárias para especificação e desenvolvimento desta ferramenta.

4.1 MS-ACCESS

Uma das principais funções dos computadores atualmente é gerenciar este tipo de informações. Uma vez armazenadas, deverão ser facilmente recuperadas. Por exemplo, se uma empresa possuir a relação de clientes e quiser recuperar apenas alguns registros que atendam a um critério definido, caberá ao Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) tratar estas informações e disponibilizá-las ao cliente da aplicação, de modo rápido e confiável.

Segundo Alves (1996), o MS-Access é considerado um banco de dados relacional o qual foi projetado desde o início para ser um verdadeiro aplicativo do Windows. Ele não foi simplesmente transportado do DOS ou de outro sistema operacional que não implementava o mesmo comportamento, a mesma estrutura de menus ou outros recursos que esperava dos aplicativos Windows. Estas características tornam o MS-Access um aplicativo muito fácil de aprender.

Os bancos de dados geralmente gerenciam os dados mais caros para uma empresa, entre eles: dados de clientes, fornecedores, produtos, concorrentes, etc. Um SGBD mal projetado pode até causar prejuízos, por exemplo, trocando dados de pedidos de clientes, mantendo preços de forma incorreta ou ainda pior, perdendo informações vitais para o funcionamento competitivo da empresa.

Para Alves (1996), o MS-Access tem como características principais:

- a) fornece ferramentas de projeto;
- b) é um sistema de bancos de dados relacional;
- c) possui ajuda on-line;
- d) é desenvolvido para operar em ambiente MS-Windows.

Quando foi lançada a versão 1.0 do MS-Access, o mercado assistiu a este lançamento demonstrando muito interesse, visto que em poucas semanas, passou a ser muito utilizado nas

empresas. No entanto muitos acharam que o MS-Access não seria bem sucedido, pois era lento e utilizava um sistema operacional que era mais instável do que os atuais (Prada 1999).

Atualmente o MS-Access está na versão 2000 e para esta ferramenta, foi utilizada a anterior a esta, denominada versão 97.

4.2 GEOMEDIA PROFESSIONAL

No mundo dos GIS encontra-se uma grande variedade de produtos oferecidos ao mercado, e a maioria deles atendem á estrutura já apontada neste trabalho (capítulo 2). Há ainda os produtos que oferecem funções inovadoras em relação aos seus concorrentes, entre estes produtos está o *GeoMedia Professional*, de propriedade da empresa Intergraph.

O *GeoMedia Professional* é um "cliente geográfico universal" que foi incorporado aos produtos do padrão Intergraph como MGE¹ e FRAMME¹ como também provendo acesso a dados geográficos em formatos "não Intergraph". O *GeoMedia* detém habilidade para acesso a fontes de dados geográficas múltiplas simultaneamente para exibição, análise e apresentação.

Os três principais fundamentos do *GeoMedia Professional* são:

- a) Integração de Dados e Acesso: o *GeoMedia* permite ao usuário integração múltipla de dados geográficos de diferentes fabricantes de soluções GIS e fontes de dados de padrão. O usuário pode executar análise a partir de fontes de dados de múltiplos, sem traduções, quase sempre caras em termos de custo de máquina, entre formatos;
- b) produtividade: pela extensão dos padrões Windows através da Tecnologia Intergraph Júpiter, o *GeoMedia* define modos novos de pensar espacialmente, permitindo análises, e comunicando geograficamente;
- c) customização: através da automatização OLE, o *GeoMedia* é diretamente acessível por desenvolvedores de automações interessados em *Visual Basic*. Isto permite que você possa personalizar ou estender o produto *GeoMedia* ou construir seus próprios componentes de aplicação, através de interações com os componentes nativos do *GeoMedia*.

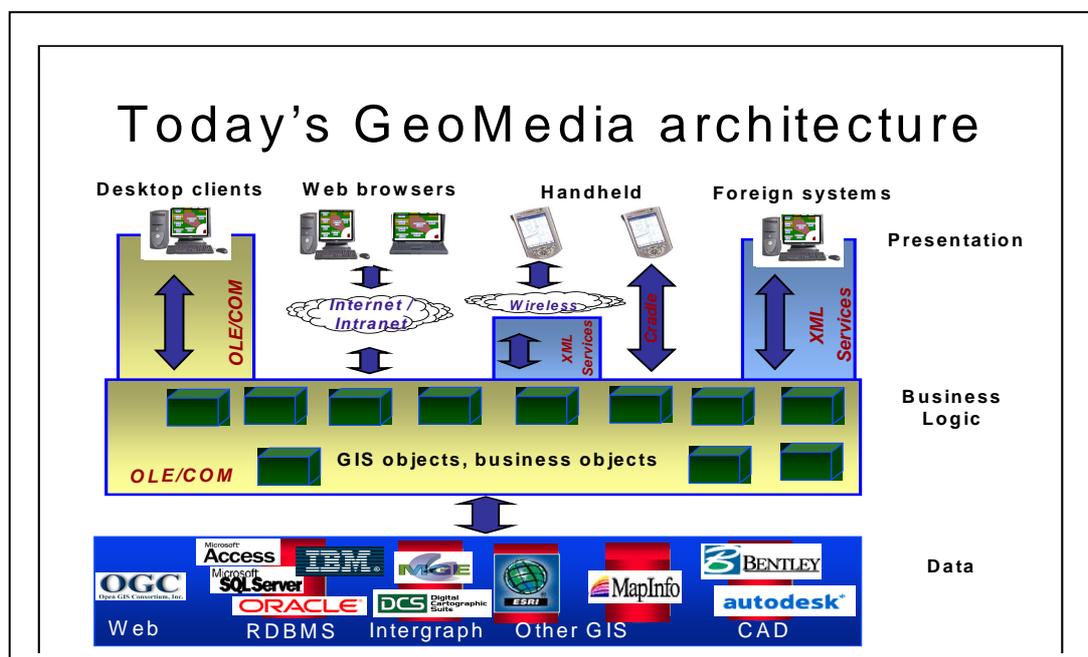
¹ Softwares de GIS, de propriedade da Intergraph Inc.

Além do *Visual Basic*, o *GeoMedia Professional* suporta automação via OLE com os ambientes Borland Delphi e Visual C++.

4.2.1 ARQUITETURA ATUAL DO GEOMEDIA PROFESSIONAL

A figura 18 mostra a arquitetura atual do software *GeoMedia Professional*, apresentando as interfaces disponíveis neste ambiente e as estruturas utilizadas para acesso a estas interfaces. A figura é apresentada em 3 níveis: Dados, Negócios/Lógica e Apresentação. Em cada nível destes, são apresentadas as formas de acesso e respectivos objetos.

Figura 18: Arquitetura Atual do GeoMedia Professional



Fonte: Intergraph (1998)

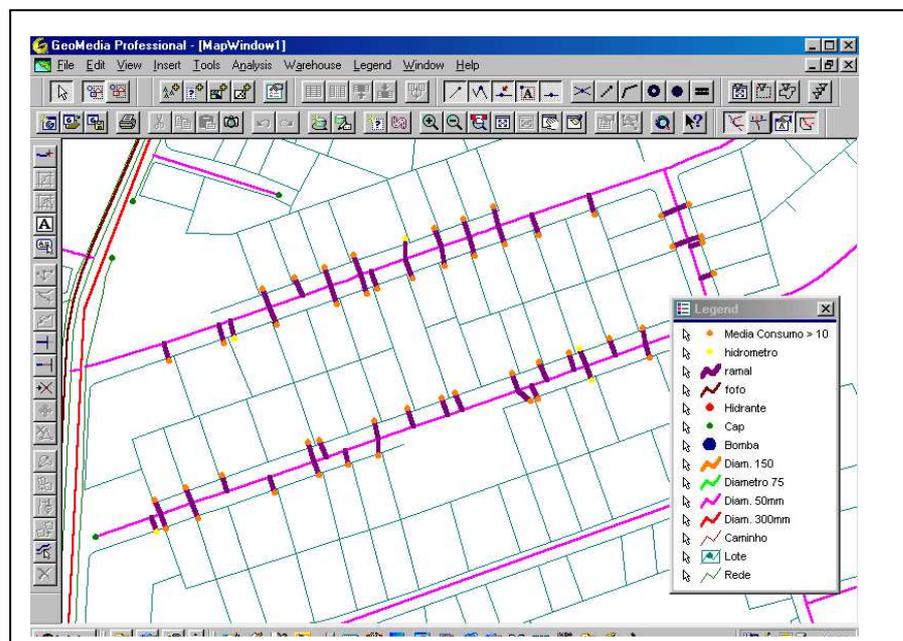
Segundo Intergraph (1998), o acesso á bases de dados pode se dar por acesso nativo, no caso do MS-Access, SQL Server e Oracle (através de OCI-Protocolo Nativo do Oracle) ou através de conexões ODBC.

Para o caso específico do Oracle, segundo Intergraph (1998), o *GeoMedia Professional* é o único software para GIS que utiliza o cartucho espacial (*Spatial*), assim sendo, o processamento é feito no servidor de banco de dados e não no cliente, ganhando-se muito em performance.

Para Intergraph (1998), os critérios de segurança de acesso a dados no caso de aplicações com SGBD, se dão no próprio software gerenciador, utilizando-se da estrutura de segurança que o cliente já dispõe instalada na sua empresa.

A figura 19, mostra uma tela do ambiente *GeoMedia Professional*, contendo uma aplicação para a área de Água e Esgoto.

Figura 19: Modelo de aplicação no GeoMedia Professional



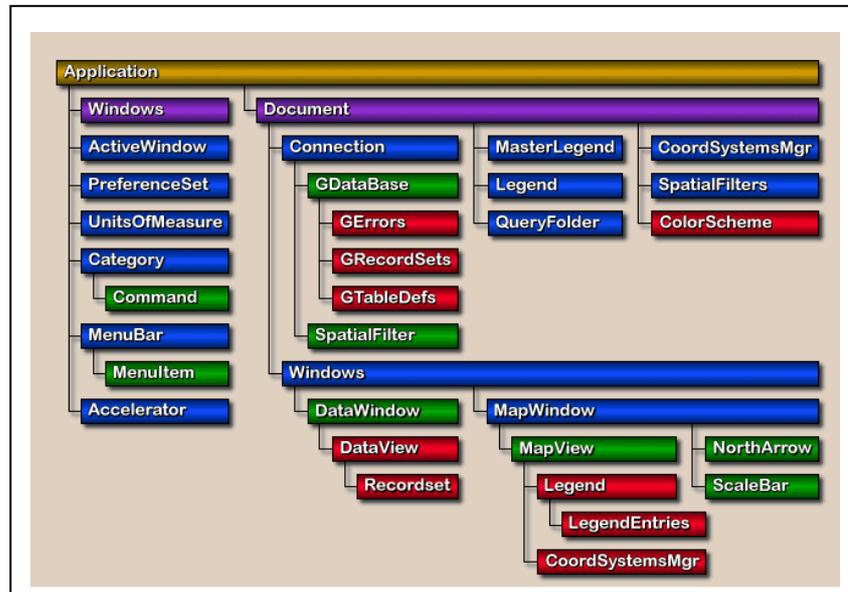
Como pode-se ver na figura 19, o *GeoMedia* possui muitas funções disponíveis no menu principal da ferramenta ou em botões e ainda outras funções que vão sendo descobertas com a seleção de opções primárias a partir desta tela inicial.

4.2.2 MODELO DE AUTOMAÇÃO DO GEOMEDIA PROFESSIONAL

A ferramenta *GeoMedia Professional* apresenta em sua documentação *On Line*, um mapa de referência de todos os objetos acessíveis a partir da ferramenta, tanto dentro do ambiente do *GeoMedia*, quanto a partir de uma ferramenta construída em outro ambiente compatível com este GIS, por exemplo, o *Visual Basic*.

A figura 20 apresenta uma das telas da documentação *On Line* que traz a relação dos objetos disponíveis no *GeoMedia Professional*.

Figura 20: Modelo dos Objetos do GeoMedia Professional



Fonte: Intergraph (1998)

Este diagrama permite que se vejam os objetos e suas dependências. Em muitos casos, um objeto dependente é representado por uma propriedade "nome". Por exemplo, o conjunto "QuerySubFolders" é uma propriedade "nome" no objeto "QueryFolder". O tipo atual do objeto é "QueryFolders".

4.2.3 OPEN GIS

Este nome se dá ao consórcio formado por empresas do ramo de GIS, bancos de dados e desenvolvimento de softwares. O propósito deste consórcio é o de ditar algumas regras para o mercado. Segundo Intergraph (1998), a Intergraph foi a primeira empresa a obter o selo deste consórcio, por possuir arquitetura aberta, permitindo acesso a base de dados dos principais fornecedores de SGBD do mundo, sem falar da possibilidade de customização através de ferramentas de desenvolvimento conforme já foi dito anteriormente.

4.3 MICROSOFT VISUAL BASIC

Conforme Halvorson (1997), o *Visual Basic* é um ambiente de desenvolvimento de programas para ambiente Windows que incorpora muitas tecnologias, entre elas a tecnologia *Object Linking and Embedding* – Incorporação e Vinculação de Objetos (OLE), que permite entre outras coisas, que seja estabelecida comunicação e customização de processos

separados. Por exemplo, através do OLE, você pode acessar objetos de outros aplicativos externos ao *Visual Basic*, e fazer uso destes objetos. Para que isto seja possível, você deverá ter acesso a documentação deste programa a ser chamado, no que se refere aos objetos acessíveis via OLE.

O *Visual Basic* foi escrito originalmente em 1987 por Alan Cooper (através de um programa com nome Ruby, que unido ao Quick Basic deu origem ao *Visual Basic*). Foi lançado em 1991 com a versão 1.0.

5 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

A ferramenta desenvolvida, tem como objetivo auxiliar aos usuários de uma aplicação em GIS voltada para a área de gerenciamento de um sistema de distribuição de água tratada.

Para o desenvolvimento do sistema foi utilizado a metodologia Geo-OMT, descrita no capítulo 3. Para o armazenamento de dados foi utilizado o banco de dados MS-Access 97 e para implementação foi utilizado o ambiente de desenvolvimento do *Visual Basic 6*.

5.1 ANÁLISE DOS REQUISITOS

Uma ferramenta de interface para um GIS deve permitir a operação do ambiente GIS a partir desta ferramenta de interface, utilizando-se as funcionalidades implementadas nesta ferramenta, que vem de encontro com a necessidade dos usuários desta ferramenta, sem a necessidade de especialização dos usuários no ambiente GIS que é muito complexo e por consequência, caro em termos de tempo e custo de treinamento.

5.2 ESPECIFICAÇÃO

Para nortear a apresentação da ferramenta, utilizou-se o *case* de uma empresa de saneamento básico, na atividade de distribuição de água tratada através de sua rede de distribuição de água potável, utilizando-se também como elemento final na rede (representando os clientes instalados na rede), a entidade equipamento, também presente no banco de dados.

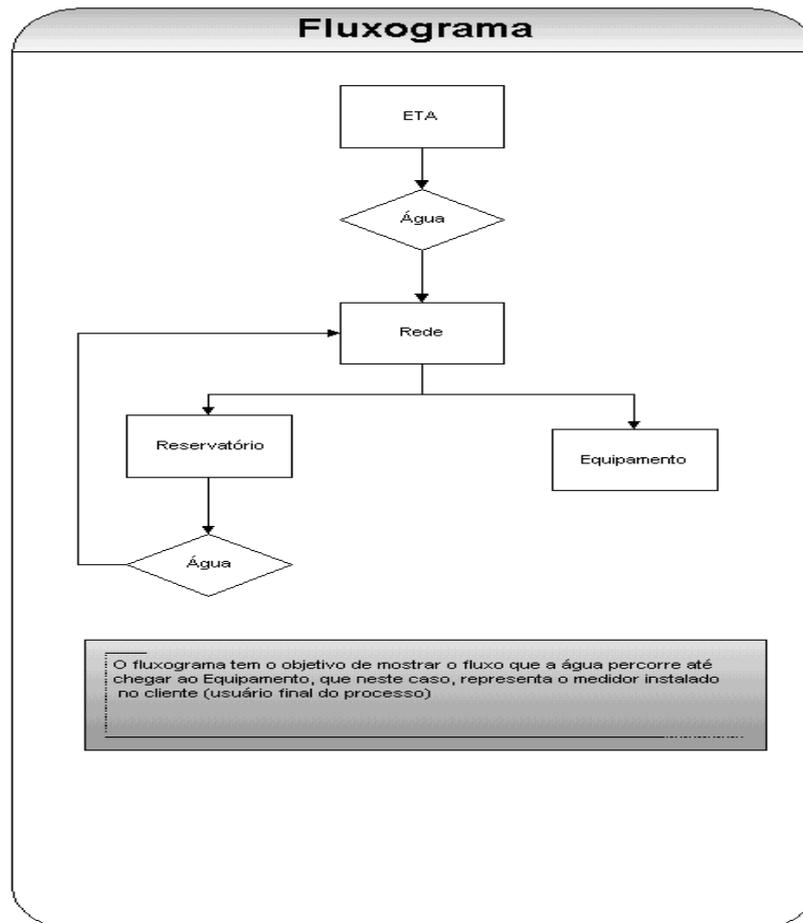
Por se tratar da apresentação de um *case* na área de distribuição de água tratada, deve-se dizer que há várias entidades envolvidas num sistema deste porte, porém serão abordadas apenas duas entidades, ou seja, rede e equipamento.

O funcionamento do sistema na prática é bem simples porém há algumas etapas que podem ou não ocorrer para que a água chegue ao seu destino final. Também neste caso, serão previstas apenas algumas possibilidades, a saber: água distribuída pela rede diretamente ao

cliente e água chegando ao cliente por um reservatório (neste caso, passando por um sistema elevatório²).

A especificação prática do sistema é apresentada em um fluxograma parcial de um sistema de distribuição de água tratada, presente na figura 21.

Figura 21: Fluxograma de um sistema de distribuição de água tratada



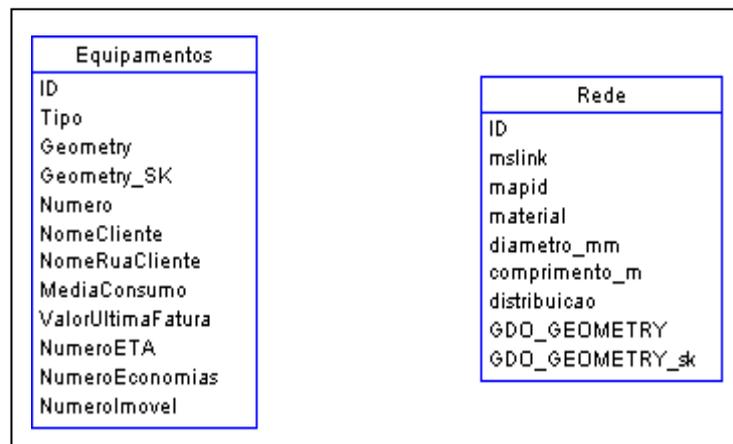
A ferramenta desenvolvida neste trabalho utiliza-se de duas tabelas de dados mantidas no MS-Access. Para estas duas tabelas, que na realidade representam duas entidades gráficas no contexto geográfico da ferramenta, foi aplicada a modelagem baseada no modelo Geo-OMT, conforme segue.

² Método de armazenagem de água tratada em alturas elevadas para que seja distribuída por gravidade.

5.2.1 ESPECIFICAÇÃO DO BANCO DE DADOS

A figura 22, mostra o modelo de dados que representa a configuração do banco de dados utilizado nesta ferramenta. A modelagem apresentada não mostra relacionamento entre as entidades pelo fato de que a relação entre estas entidades se dá por georeferenciamento.

Figura 22: Modelo de dados

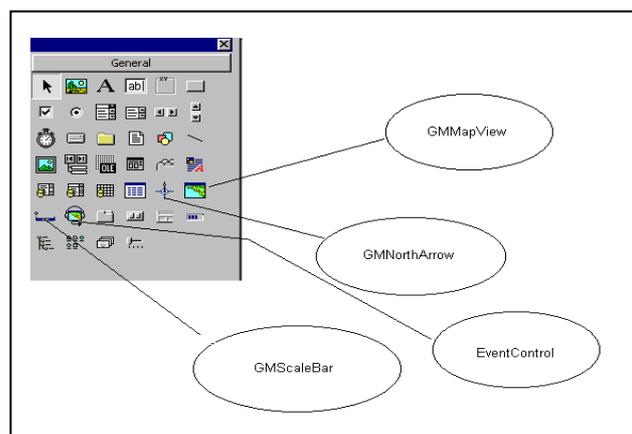


5.2.2 ESPECIFICAÇÃO DOS OBJETOS OLE UTILIZADOS

Os objetos disponibilizados pelo *GeoMedia* ficam disponíveis no ambiente *Visual Basic* a partir do momento que se faz a instalação deste software no computador em que está instalado o ambiente *Visual Basic*. Além dos objetos destacados na figura 23, há ainda outros objetos que podem ser vistos na documentação *On Line* do *GeoMedia*. Estes objetos são visíveis no ambiente *Visual Basic* através da função *Object Browser*, presente neste ambiente.

A figura 23 mostra os principais objetos do tipo OLE utilizados nesta ferramenta.

Figura 23: Objetos OLE Utilizados



Os objetos mostrados na figura 23 (com exceção do `EventControl`), são nativos do *GeoMedia Professional* e são disponibilizados para uso no ambiente *Visual Basic*.

A seguir são destacados os significados dos objetos apontados na figura 23:

- a) **GMMMapView**: objeto nativo do *GeoMedia* que trata da apresentação do mapa. Na realidade é o objeto mais especializado que se utiliza nesta ferramenta. A partir deste objeto, toda a interação com o mapa se torna acessível;
- b) **GMNorthArrow**: objeto utilizado para indicar o sentido Norte no mapa, orientando o usuário da aplicação;
- c) **GMScaleBar**: este objeto é utilizado para apresentar a escala em que o desenho foi mostrado na tela. É um objeto muito útil para que se possa analisar as escalas que devem ser empregadas para apresentações de feições cujo critério para que apareçam, estejam vinculados á escala no momento da exibição;
- d) **EventControl**: este objeto é nativo do *Visual Basic* e é utilizado para monitorar os eventos que ocorrem na utilização de um aplicativo. Na ferramenta apresentada neste trabalho há no formulário de apresentação de mapas, duas instâncias deste objeto, uma delas é empregada especificamente para a rotina de "Pan"³.

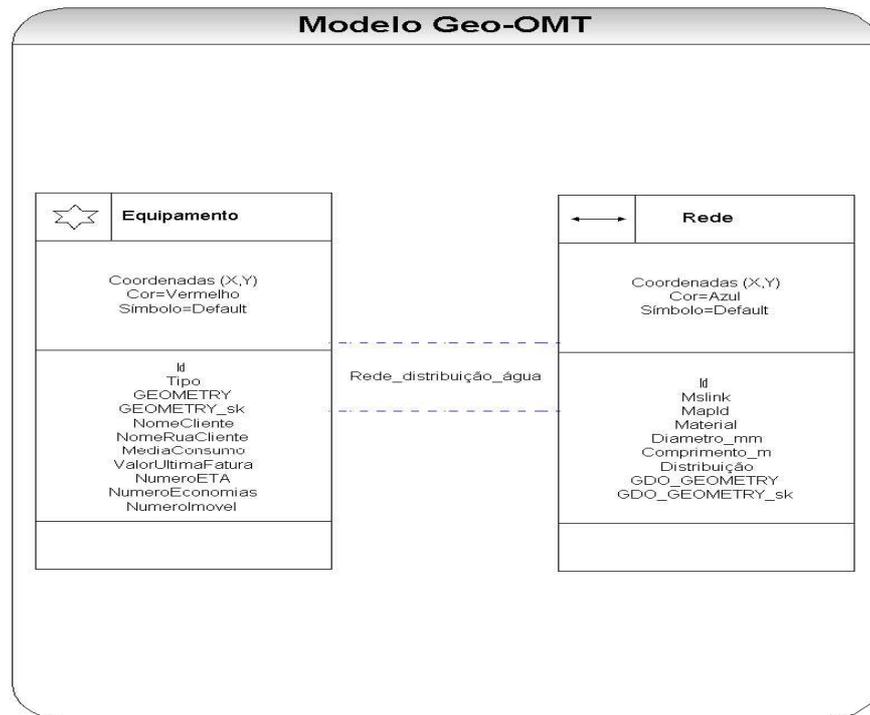
5.2.3 ESPECIFICAÇÃO NO GEO-OMT

Para a modelagem espacial desta ferramenta, utilizou-se o modelo Geo-OMT que foi apresentado no capítulo 3.

A figura 24, mostra a modelagem da aplicação gráfica que é apresentada nesta ferramenta.

³ Recurso de deslocar (arrastar) a imagem na tela.

Figura 24: Modelo Geo-OMT



De acordo com INPE (2002), as relações em rede já trazem incorporado em seu significado a sua cardinalidade, não sendo portanto necessário explicitá-la no modelo acima.

Pode-se observar no modelo apresentado na figura 24, que as entidades representadas estão divididas em quatro partes, sendo elas: título da entidade, espaço para os atributos gráficos, espaço para os atributos comuns da entidade no banco de dados e espaço para os métodos que possam existir para esta entidade.

Observa-se ainda que no canto esquerdo superior da entidade há um quadro para representar o tipo de entidade através de um símbolo especial, representativo do tipo de classe modelada, no caso representado na figura 24 a estrela indica um geo-objeto do tipo ponto e uma seta em dois sentidos, indicando rede de distribuição de água.

5.3 IMPLEMENTAÇÃO

A ferramenta desenvolvido utilizou para interface com o *GeoMedia*, objetos do tipo OLE que foram apresentados na seção 5.2.2 Especificação dos Objetos OLE Utilizados. Além dos objetos OLE oriundos do *GeoMedia*, foi utilizado um objeto OLE nativo do ambiente *Visual Basic*, neste caso o *EventServer*.

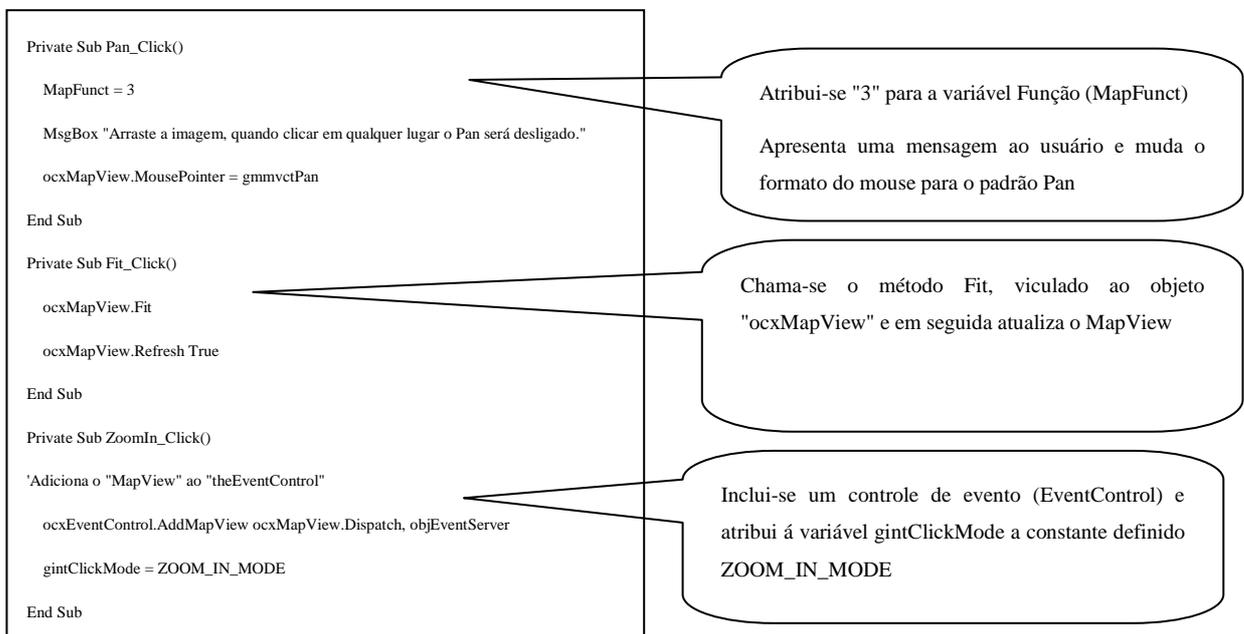
As funções desenvolvidas fazem chamadas a funções mantidas sob forma de módulos, presentes nos fontes da ferramenta, com o objetivos de organizar o código para que seja mais legível e possa sofrer manutenções com maior facilidade de entendimento.

5.3.1 APRESENTAÇÃO DE ALGUMAS FUNÇÕES

Neste item apresentam-se trechos de alguns fontes das principais funções desenvolvidas na ferramenta.

A figura 25 apresenta as funções Pan, Fit e Zoom In, desenvolvidas na ferramenta.

Figura 25: Função Pan, Fit⁴ e Zoom In⁵

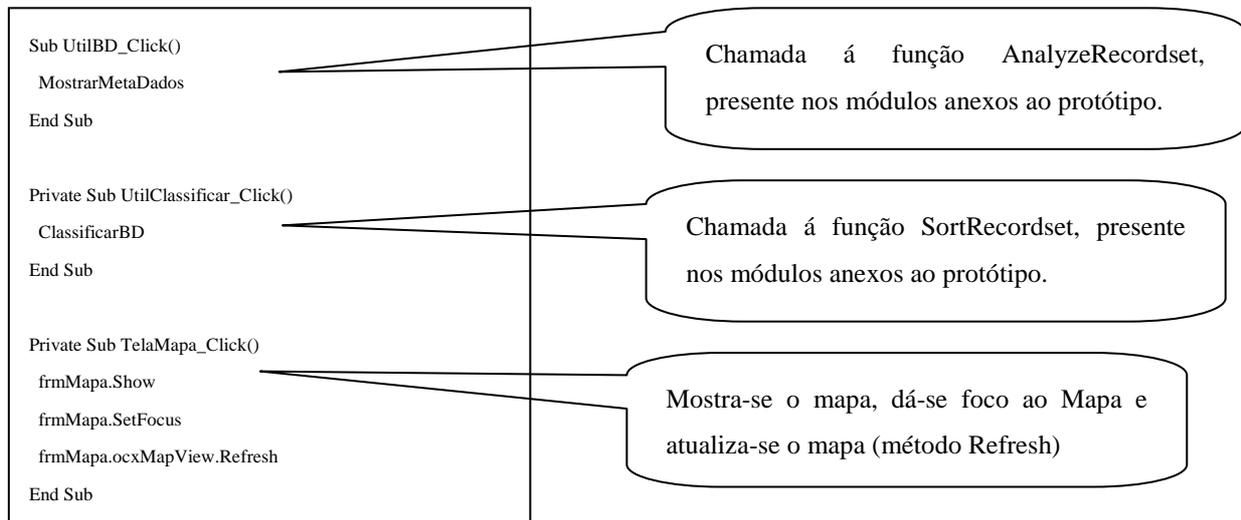


⁴ Processo de ajuste da imagem para a escala da tela

⁵ Processo de expansão (aumento) da imagem na tela

A figura 26 apresenta as funções para ativar o mapa escolhido pelo usuário, classificar os dados relativos ao banco de dados vinculado a este mapa e apresentar informações do modelo de dados das tabelas escolhidas pelo usuário.

Figura 26: Função Ativar Mapa, Classificar Dados, Informações do BD



5.4 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA

Nesta ferramenta pode-se abrir quaisquer aplicações desenvolvidas para o ambiente *GeoMedia* e ainda, utilizar as rotinas contidas na ferramenta, entre elas: apresentação da estrutura de dados das entidades, visualização de informações do banco de dados, visualização das imagens mantidas na aplicação modelada e *queries* espaciais.

Neste item serão apresentadas as telas da ferramenta.

Na figura 27 apresenta-se a tela principal da ferramenta, a partir da qual as demais opções são acessíveis ao usuário da aplicação. Outros menus são chamados nos formulários decorrentes de opções previamente selecionadas pelo usuário.

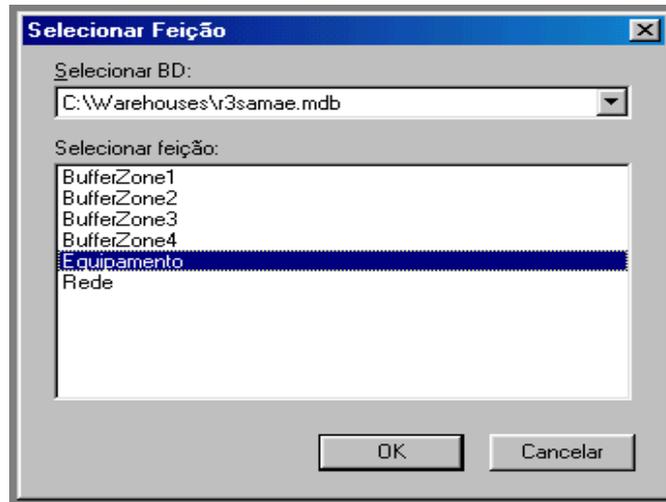
Figura 27: Tela principal

A figura 28 mostra a opção de abertura do banco de dados. Nela, pode-se escolher qual banco de dados o usuário deseja abrir e a partir daí, pode-se obter informações específicas das entidades modeladas e mantidas neste banco de dados escolhido.

Figura 28: Função Abrir Banco de Dados

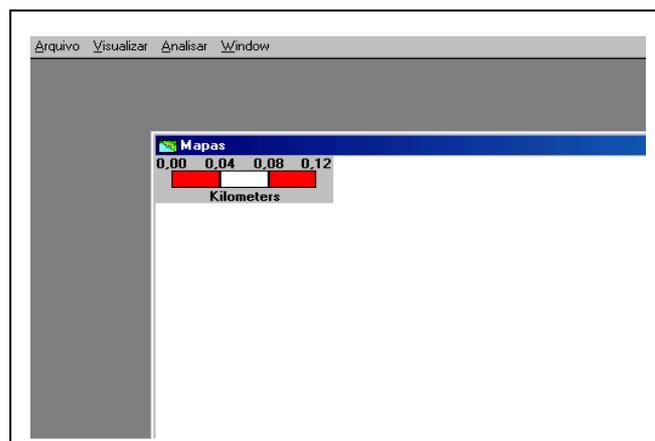
Na figura 29 é mostrada a função de seleção da feição no mapa a ser mostrada pela ferramenta. Estas feições estão gravadas no banco de dados que foi aberto pelo usuários da aplicação, que foi mostrada na figura 28.

Figura 29: Função Informações Sobre As Entidades do Banco de Dados



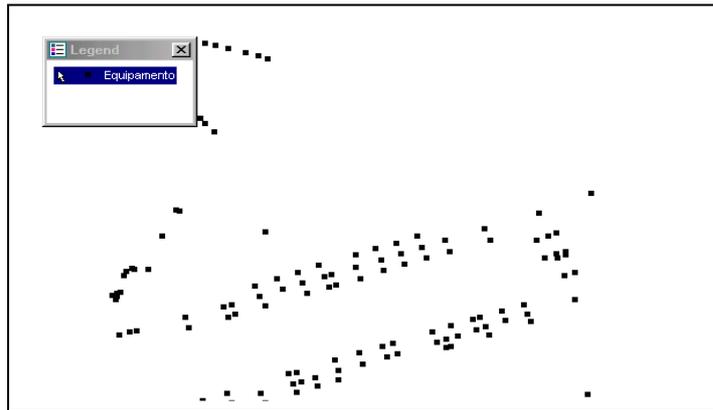
Na figura 30, após selecionar a feição que se deseja trabalhar o mapa então passa a ser mostrado. As informações do mapa são ligadas ou desligadas, selecionado-se as "feições" que se desejam apresentar. Pode-se ainda, modificar a forma de apresentação destas "feições", por exemplo, ajuste automático ao formato da tela e das escalas de apresentação.

Figura 30: Função Ativar Mapa



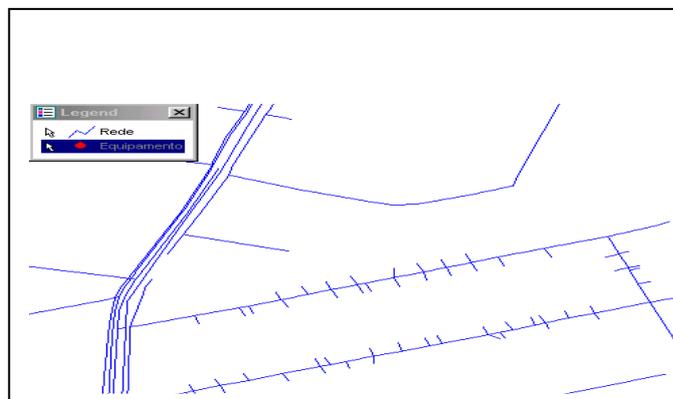
Na figura 31 são mostrados os equipamentos sobre o mapa, mantidos pela ferramenta. Este nível de informação assim como outros níveis que existam, podem ser ocultados pelo usuário da aplicação, bem como ter sua forma apresentação (cor, espessura, etc.) modificadas através da seleção da caixa de legenda com um click no botão direito do mouse sobre a caixa da legenda (presente no canto esquerdo superior da imagem).

Figura 31: Função Mostrar Equipamentos



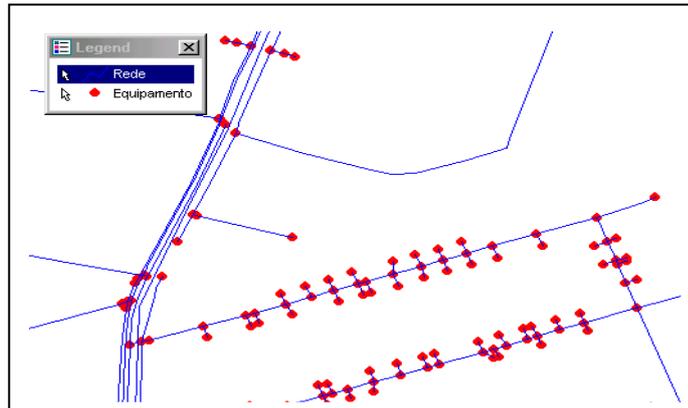
A figura 32 mostra o mapa de redes mantido pela ferramenta. Esta entidade "rede" pode ser ocultada clicando-se com o botão direito do mouse sobre a legenda apresentada nesta imagem e optando-se em não mostrar mais este nível de informação. Para que as imagens das "redes" voltem a ser apresentadas, basta novamente clicar-se com o botão direito do mouse sobre a caixa de legenda e ligar a apresentação desta entidade.

Figura 32: Função Mostrar Redes



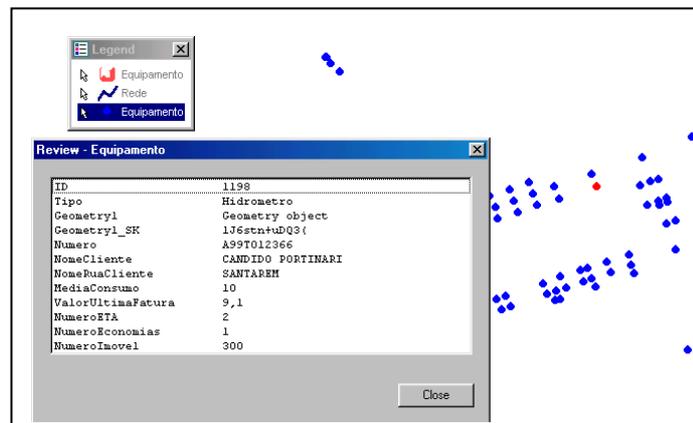
A figura 33 apresenta o mapa de redes e os equipamentos mantidos pela ferramenta, posicionados juntamente com o nível de informações rede. As informações sobre os equipamentos estão mostradas em vermelho e a rede em azul. Para a ferramenta foram incluídos alguns registros no banco de dados, afim de apresentar as informações sobre estes elementos ao clicar-se com o mouse sobre estes.

Figura 33: Função Mostrar Redes e Equipamentos



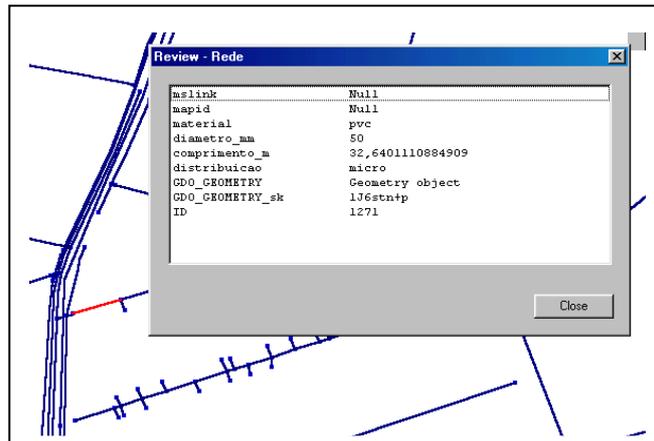
Na figura 34 são mostradas informações sobre um elemento do tipo "Equipamento", selecionado diretamente sobre o mapa. A ficha denominada "Review - Equipamento", traz as informações que são mantidas no banco de dados (em MS-Access). Pode-se ver que o elemento selecionado foi destacado dos demais através de uma cor diferente, neste caso, o vermelho.

Figura 34: Função Mostrar Informações da Entidade Equipamentos



A figura 35 mostra informações sobre um elemento do tipo "Rede" selecionado diretamente sobre o mapa. Pode-se ver que o elemento selecionado foi destacado dos demais, através da cor vermelha, que neste caso, indica o trecho de rede que foi selecionado, clicando-se diretamente no mapa sobre o elemento.

Figura 35: Função Mostrar Informações da Entidade Redes



Na figura 36 são mostradas as informações gráficas e do banco de dados em um mesmo formulário, além dos dados do banco de dados apresentados a partir da seleção de uma entidade diretamente sobre o mapa que é mostrado na figura 36. Pode-se ver que as informações apresentadas na janela de nome "Review - Equipamento" são as mesmas mantidas pelo banco de dados, destacado na linha amarelo mais abaixo na figura 37.

Figura 36: Função Mostrar Equipamentos e Informações do BD

ID	Tipo	Numero	NomeCliente	NomeRuaCliente	MediaConsumo	ValorUltimaFatura
1196	Hidrometro	A89X065994	ISAAC NEWTON	JOSE DEEHE	60	58
1197	Hidrometro	A96T036447	VINCENT VAN GOGH	JOSE DEEHE	10	9,1
1198	Hidrometro	A99T012366	CANDIDO PORTINARI	SANTAREM	10	9,1
1199	Hidrometro	A90T014224	CHARLES DARWIN	LUIZ ALTEMBURG	17	18,2
1200	Hidrometro	A90T050365	EDSON ARANTES DO M	LUIZ ALTEMBURG	10	9,1

Na figura 37 são mostradas as informações mantidas no banco de dados da aplicação. Em destaque (linha amarela), pode-se ver um elemento do banco de dados que foi selecionado a partir do mapa apresentado na tela de desenho.

Figura 37: Função Mostrar Informações relativas a Equipamentos

ID	Tipo	Numero	NomeCliente	NomeBusCliente	MedieConsumo	ValorUltimaFatura
1190	Hidrometro	A957665284	MARIO DE ANDRADE	JOSE DEEKE	20	16,47
1191	Hidrometro	A901476998	EUCLIDES DA CUNHA	JOSE DEEKE	50	40
1192	Hidrometro	A955866987	ULISSES GUMARAES	JOSE DEEKE	20	17,5
1193	Hidrometro					
1194	Hidrometro					
1195	Hidrometro	A901098447	ALBERT ENSTEN	JOSE DEEKE	10	9,1
1196	Hidrometro	A89X065994	ISAAC NEWTON	JOSE DEEKE	60	58
1197	Hidrometro	A961035447	VINCENT VAN GOGH	JOSE DEEKE	10	9,1
1198	Hidrometro	A991012396	CARNEIRO PORTINARI	SANEABREM	10	9,1
1199	Hidrometro	A901014224	CHARLES DARWIN	LUIZ ALTEMEURO	17	16,2
1200	Hidrometro	A901050985	EDSON ARANTES DON	LUIZ ALTEMEURO	10	9,1
1201	Hidrometro	A975014746	ANITA GARBALDI	LUIZ ALTEMEURO	10	9,1
1202	Hidrometro	A90106689	JOANA D'ARC	LUIZ ALTEMEURO	10	9,1
1203	Hidrometro	A901011224	ROMULO ARANTES	LUIZ ALTEMEURO	20	18,2
1204	Hidrometro	A981012685	PITAGORAS	LUIZ ALTEMEURO	39	18,93
1205						
1206						
1207						
1208						
1209						
1210						
1211						
1212						
1213						
1214						

A figura 38 apresenta as opções que tem-se ao escolher a função de *query* espacial. Deve-se perceber que á esquerda e á direita ficam quadros com as entidades gráficas que serão relacionadas de acordo com os tipos de relacionamento espacial definido no meio das opções apresentadas em "Query Espacial".

Figura 38: Função Query Espacial

Selecionar a primeira tabela:

- Equipamento
- Rede
- BufferZone1
- BufferZone2
- BufferZone3
- BufferZone4

Operador:

Within distance

Distancia: 50

Unidades: m

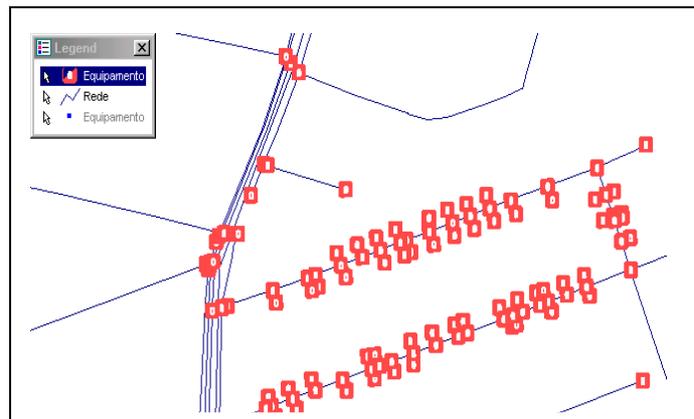
Selecione a segunda tabela:

- Equipamento
- Rede
- BufferZone1
- BufferZone2
- BufferZone3
- BufferZone4

OK Cancelar

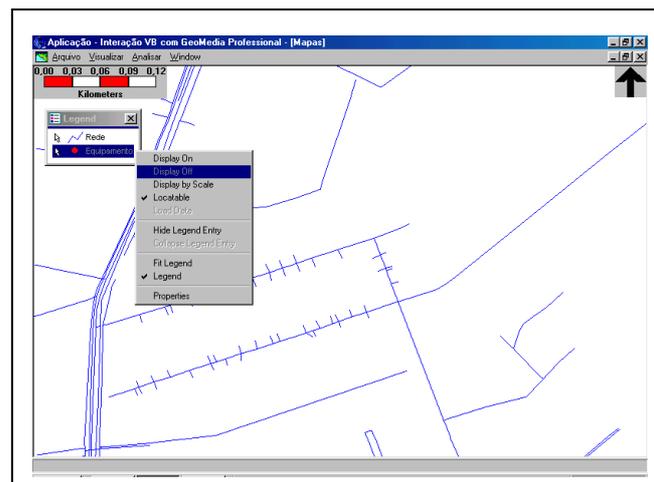
A figura 39 mostra o resultado de uma *query* espacial, executada de acordo com critérios definidos pelo operador, seguindo os relacionamentos espaciais apresentados no menu de opções da ferramenta (tocando, ficando a uma distância de, etc.). Pode-se perceber que as entidades selecionadas pela busca estão em destaque (quadrados vermelhos, escolhidos no momento da formatação da legenda, durante o uso da ferramenta), mostrando-se quais elementos atenderam aos critérios espaciais definidos na busca.

Figura 39: Função Mostrar Equipamentos e Informações do BD



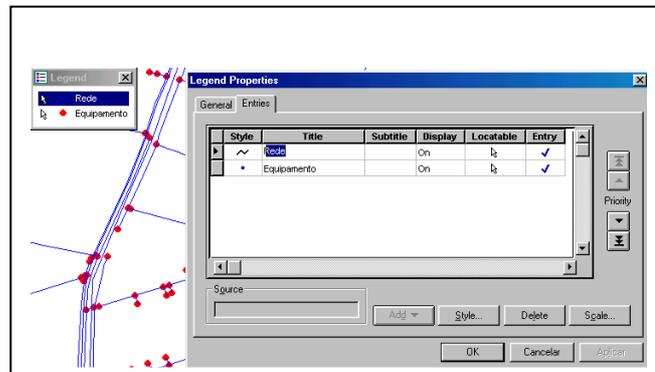
A figura 40 apresenta as opções de alterações nas legendas, e pode ser chamada na ferramenta, clicando-se com o botão direito do mouse sobre o quadro "Legend".

Figura 40: Função Opções de Legendas



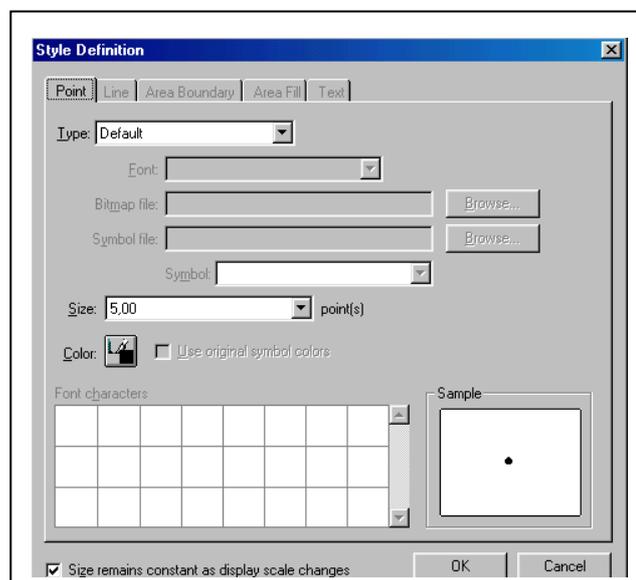
Na figura 41 pode ser vista a primeira tela de opções de ajuste das legendas. Neste caso, pode-se ter acesso a escolha da feição para a qual se deseja modificar a legenda.

Figura 41: Escolha das feições a terem seu formato modificado



A figura 42 mostra a segunda tela de opções de ajuste de legendas, neste caso, este formulário tem a função de escolher o tipo de apresentação, tamanho do objeto, cor e também o ajuste automático de escala para as dimensões da tela (checkbox no canto inferior esquerdo).

Figura 42: Função de formatação de feições e auto ajuste de escala



O ambiente *GeoMedia* permite na sua customização, a utilização de todos os recursos de ajuste de legendas conforme pode ser visto na ferramenta. Clicando com o botão direito do mouse sobre o quadro das legendas, tem-se acesso as opções de ajuste da legenda de acordo com a necessidade do usuário da aplicação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões e sugestões referentes ao trabalho desenvolvido.

6.1 CONCLUSÕES

Os objetivos inicialmente propostos foram alcançados, visto que foram desenvolvidas na ferramenta, funcionalidades de auxílio no uso de um SIG, além da customização proposta inicialmente e otimização de processos internos. A revisão bibliográfica apresentada buscou contextualizar o trabalho frente aos conceitos envolvidos na especificação e implementação da ferramenta.

Os aspectos relativos a modelagem de dados geográficos foram facilitados pelo uso da metodologia Geo-OMT, que mostrou-se muito intuitiva, facilitando a interpretação do modelo, inclusive por leitores não especializados em Ciências da Computação.

Acredita-se que o desenvolvimento desta ferramenta, através da geração de uma interface para o usuário em relação ao GIS, pode facilitar a disseminação do conhecimento sobre os recursos possíveis nas tarefas de análise e tomada de decisão baseados em informações espaciais. Este oferece grande apoio ao usuários de soluções GIS, pois proporciona facilidade de aprendizado, uma vez que estão disponíveis na ferramenta, apenas as rotinas consideradas importantes pela empresa interessada na solução.

Considera-se de grande importância os esforços direcionados ao estudo, o qual envolveu aspectos teóricos, de especificação e implementação da técnica de modelagem de sistemas GIS através da técnica de modelagem Geo-OMT.

A customização do ambiente GIS foi alcançada através da ferramenta desenvolvida e a apresentação de resultados em Ordens de Serviço foi atingida no que se refere a possibilidade de impressão parcial do mapa tratado pela ferramenta.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, a ferramenta *GeoMedia*, escolhida para fazer interface com o ambiente *Visual Basic*, mostrou-se muito estável e altamente customizável. A ferramenta possui ainda como características (entre muitas) avaliadas durante a elaboração deste trabalho: estabilidade, respostas rápidas em buscas espaciais e muito boa documentação.

Este trabalho teve grande relevância pessoal, visto que permitiu a ampliação de conceitos relativos a GIS além do aprendizado obtido na ferramenta Visual Basic e no GIS GeoMedia Professional. Outro fator muito relevante foi o potencial de implantação desta ferramenta como objeto de trabalho.

6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

O presente trabalho gerou dificuldades acerca da falta de conhecimento da ferramenta de desenvolvimento escolhida, no caso, o *Visual Basic*. Esta falta de conhecimento fez com que fossem utilizados a exaustão o suporte da empresa Sisgraph, representante da Intergraph para o Brasil e o uso de muitos exemplos de aplicações customizadas, cedidos por esta empresa afim de obter uma compreensão maior das formas de interação entre o ambiente *Visual Basic* e a ferramenta *GeoMedia*.

Encontrou-se uma grande falta de material que tratasse de customização de ambientes para GIS. Esta dificuldade foi superada através de pesquisas na Internet, onde foram encontrados exemplos de interação. As principais fontes de consulta neste caso, foram o site da empresa Intergraph, onde há uma série de exemplos disponíveis e a documentação ambiente *GeoMedia* que por sinal é muito completa em termos de exemplos de códigos em *Visual Basic*.

6.3 LIMITAÇÕES

Podem-se citar algumas restrições para a ferramenta, como o não ajuste automático das feições ao serem apresentadas no mapa e a falta de uma rotina de listagem de elementos selecionados na *query* espacial.

6.4 SUGESTÕES

Como sugestão para trabalhos posteriores, há algumas características que poderiam ser incrementadas nos sistemas de informação geográficas:

- a) a implementação baseada em ambiente WEB;
- b) ajuste automático das feições a serem mostradas pela ferramenta;

- c) a implementação de gerador de relatórios e mapas temáticos que possam ser enviados via e-mail;
- d) estudo de interface com outro ambiente, diferente o *Visual Basic*, por exemplo Borland Delphi, Java, etc.;
- e) estudar a integração da tecnologia dos GIS vinculada á Sistemas de Automação SCADA⁶;

Sugere-se também que sejam aprofundados estudos na especificação do modelo de dados da aplicação para o *GeoMedia*, visto que há nestes modelos, uma série de campos do tipo OLE para os quais neste trabalho não foram buscados detalhes por não fazer parte do escopo do trabalho.

⁶ Sistemas de supervisão, aquisição de dados e controle

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, William Pereira. **MS-ACCESS 7.0 para Windows 95**. São Paulo: Érica, 1996.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a Management Perspective**. Canada, WDL Publications, 1989.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, Clarendon Press, 1987. 193p.

CÂMARA, Gilberto et al. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Ed. UNICAMP, 1996.

DALLPOZO, Marco Aurélio. **Implementação do cubo de decisão em um Data Warehouse extraído de um sistema de gerenciamento empresarial**. 2002. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

FORNAZARI, Adriana. **Protótipo de um ambiente para tratamento de imagens raster 2D**. 2000. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

HALVORSON, Michael. **Microsoft Visual Basic 5 : passo a passo**: Makron Books, 1997.

INPE. **Divisão de Processamento de Imagens**, Brasil, [2002]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos>>. Acesso em: 04 nov. 2002.

INTERGRAPH Corporation. **GeoMedia Professional**, EUA, [2002a?]. Disponível em: <<http://www.intergraph.com/gis/gmpro>>. Acesso em: 05 ago. 2002.

INTERGRAPH Corporation. **Trabalhando com o GeoMedia Professional**, EUA, [2002b?]. Disponível em: <<http://www.teamgeomedia.com>>. Acesso em: 12 ago. 2002.

INTERGRAPH INC. **GeoMedia Fundamentals of GeoMedia Development - Part I**. Hunstville, Alabama: Intergraph, 1998.

OLIVEIRA, Adelize Generini de. **Visual Basic 5.0**. Florianópolis: Bookstore, 1997.

PEREIRA, Marconi de Arruda. CASEGEO - Uma ferramenta case para modelagem conceitual e geração automática de esquemas de bancos de dados em GIS comerciais.. **CASEGEO**, Viçosa, Minas Gerais, p. 1-9. 2002.

PRADA, Charles Anderson. **Protótipo de um gerenciador de informações dos sistemas elevatórios de água tratada**. 1999. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

RIO. Prefeitura da Cidade, Brasil, [2002]. Disponível em: <<http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br>>. Acesso em: 06 nov. 2002.