



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO - DSC

COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - COPIN

**SDIG-PB: PROPOSTA DE UM SISTEMA DISTRIBUÍDO DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA AUXÍLIO À GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS DA PARAÍBA**

MILCÍADES ALVES DE ALMEIDA

Campina Grande
1999

MILCÍADES ALVES DE ALMEIDA

**SDIG-PB: PROPOSTA DE UM SISTEMA DISTRIBUÍDO DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA AUXÍLIO À GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS NA PARAÍBA**

Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal da Paraíba – Campus II, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Marcelo Alves de Barros

Linha de Pesquisa: Sistemas de Informação e Banco de Dados

Área de Concentração: Ciência da Computação

Campina Grande
1999



A447s Almeida, Milciades Alves de
SDIG-PB : proposta de um sistema distribuido de informacao geografica para auxilio a gestao de recursos hidricos na Paraiba / Milciades Alves de Almeida. - Campina Grande, 1999.
126 f.

Dissertacao (Mestrado em Informatica) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Geoprocessamento (Geomatica) 2. Modelagem de Dados Geograficos 3. Open GIS 4. Open GIS 5. Geoprocessamento Distribuido 6. Planejamento Estrategico 7. Dissertacao I. Barros, Marcelo Alves de II. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) III. Titulo

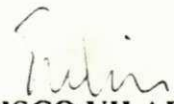
CDU 004.77(043)

**SDIG-PB: PROPOSTA DE UM SISTEMA DISTRIBUÍDO DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA PARA AUXÍLIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA
PARAÍBA**

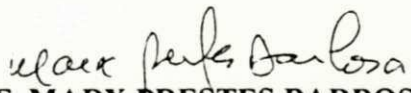
MILCÍADES ALVES DE ALMEIDA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14.06.1999


PROF. MARCELO ALVES DE BARROS, Dr.
Orientador


PROF. FRANCISCO VILAR BRASILEIRO, Ph.D
Examinador


PROF. HEBERT PIMENTEL GOMES, Dr.
Examinador


PROF. MARX PRESTES BARBOSA, Dr.
Examinador

CAMPINA GRANDE – PB

RESUMO

Esta Dissertação de Mestrado apresenta uma proposta de solução para auxílio à tomada de decisão por parte dos técnicos e dirigentes dos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos do estado da Paraíba. É proposto um Plano de Diretrizes contendo um roteiro de planejamento estratégico para a implementação de um Sistema Distribuído de Informação Geográfica Interoperável, com a Internet como infraestrutura de comunicação e a interface hipermídia da *World Wide Web*, discutindo-se os pontos básicos para o desenvolvimento da proposta, como as cooperativas de dados geográficos e as comunidades de informação geoespaciais; especificando-se e implementando-se uma aplicação piloto.

ABSTRACT

This Master Degree Dissertation presents a proposal of solution to help user's decision making, principally, technicals and managers of hydric resources management agencies in state of Paraíba. A This solution is presented as a strategic planning for an Interoperable Distributed Geographic Information System implementation, with Internet as communication structure and the World Wide Web as interface using software component for the development of a pilot application.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a DEUS que é a força maior que rege nossas vidas.

À minha esposa, Márcia, pelo seu incentivo constante e sua compreensão pelas horas extras de trabalho.

A meu filho, Lucas, que mesmo sem entender ainda, fez com que eu me empenhasse em conseguir alcançar este objetivo.

À minha família, pelo apoio e pela confiança que sempre depositaram em mim.

A meu orientador Marcelo Alves de Barros, pelas reuniões, pela orientação e também pelas cobranças.

À Professora Francilene Procópio Garcia, por me apresentar ao Geoprocessamento.

À amiga Lana Daya, pelo incentivo e pela parceria em vários trabalhos realizados em Geoprocessamento.

E a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste meu projeto de vida.

Sumário

Capítulo 1: Introdução

1.1. Motivação.....	11
1.2. Objetivos.....	14
1.3. Aspectos Metodológicos.....	14

Capítulo 2: Conceitos e Definições

2.1. Conceitos em Geoprocessamento.....	18
2.2. A Internet e SDIG.....	21
2.3. Objetos Distribuídos.....	25
2.4. Interoperabilidade.....	28
2.5. A Falta de Padronização.....	30

Capítulo 3: O Estado-da-Arte em SDIGs

3.1. Modelagem de SIGs.....	35
3.2. SIGs Abertos.....	46
3.3. O Padrão OpenGIS.....	54
3.4. Necessidades de Eficiência.....	65

Capítulo 4: Cooperativa de Dados Geográficos para a Paraíba

4.1. Infraestrutura.....	70
4.2. Propriedade dos Geodados.....	76
4.3. Cooperativa de Dados Geográficos na PB.....	79

Capítulo 5: Plano Diretor do SDIG-PB

5.1. Diretrizes Básicas para Implantação de um SDIG a partir do PDRH-PB.....	85
5.2. Protótipo do SDIG.....	97

Capítulo 6: Conclusão

6.1. Contribuições.....	108
6.2. Trabalhos Futuros.....	110
6.3. Considerações Finais.....	111

Referências Bibliográficas.....	113
---------------------------------	-----

Anexo.....	119
------------	-----

FIGURAS

Figura 2.1: Componentes de um SIG	21
Figura 2.2: Arquitetura em camadas da Internet.....	22
Figura 2.3: Arquitetura de Gerenciamento Aberta do OMG	27
Figura 2.4: Mundo "ideal" da interoperabilidade.....	28
Figura 3.1: Estrutura distribuída do espaço no MGeo+	39
Figura 3.2: Modelo Conceitual do MGeo+	40
Figura 3.3: Modelo Conceitual do Spring.....	41
Figura 3.4: Modelo Geo-OMT.....	44
Figura 3.5: Notação Gráfica das Classes Básicas do Geo-OMT	45
Figura 3.6: Organograma do SAIF	49
Figura 3.7: Partes do SDTS	50
Figura 3.8: Modelo de Dados do NTF – Nível 4	52
Figura 3.9: Interoperabilidade com os padrões de intercâmbio	53
Figura 3.10- Os nove níveis de abstração definidos pelo OGIS.....	56
Figura 3.11 - Uma forma de representação de feições geográficas	62
Figura 3.12 - Modelo semântico da especificação OPEN GIS	64
Figura 4.1: Infraestrutura da Intranet-PB	71
Figura 4.2: Base Cartográfica da Paraíba (1:100.000).....	75
Figura 4.3: Proposta de uma Cooperativa de Dados na Paraíba	80
Figura 4.4: Detalhamento de Dados de uma Secretaria.....	81
Figura 5.1: Exemplo de um Modelo Hidrológico	86
Figura 5.2: Planejamento Estratégico de SDIGs.....	87
Figura 5.3: Diagrama de Contexto da Aplicação.....	99
Figura 5.4: Funcionamento do IMS	101
Figura 5.5: Exemplo da função de localização de município	104
Figura 5.6: Tela do SDIG-PB rodando em um <i>browser</i> da Internet.....	104

SIGLAS

CAD – Computer Aided Design
CDRM – Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais da Paraíba
CGI – Common Gateway Interface
CODATA – Companhia de Processamento de Dados da Paraíba
CORBA – Common Object Request Broker Architecture
DCOM – Distributed Component Object Model
DCE – Distributed Computing Environment
DCM – Distributed Computing Platform
DEM – Digital Elevation Model
DLG – Digital Line Graph
DLL – Dynamic Link Library (Biblioteca de Ligação Dinâmica)
EMEPA – Empresa Estadual de Pesquisa na Agricultura
ESRI - Earth Survey Research Institute
GPBS – Geoprocessamento da Paraíba com Aplicação no Uso do Solo
GIS – Geographic Information System
GISCAD - Grupo de Geoprocessamento e Cartografia Digital do PaqTcPB
HTML – Hyper-Text Mark-up Language
HTTP – Hyper-Text Transfer Protocol
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISO – International Standards Organization
LDBS – Local Database System
LMRS – Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba
MDBS – Multidatabase System
NTF – National Transfer Format
OGC – Open GIS Consortium
OGIS – Open Geodata Interoperability Specification
OGM – Open Geodata Model
OGS – Open GIS Services
OMA – Open Management Architecture
OMG – Object Management Group
OMT – Object Modelling Technique
ORB – Object Request Broker
ORDBMS – Object-Relational Database Management System
OSF – Open Software Foundation
PaqTcPB – Fundação Parque Tecnológico da Paraíba
PDI – Processamento Digital de Imagens
PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos
SAIF – Spatial Archive and Interchange Format
SDIG – Sistema Distribuído de Informação Geográfica
SDIG-PB – Sistema Distribuído de Informação Geográfica da Paraíba
SDTS – Spatial Data Transfer Standard
SEMARH – Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais da Paraíba
SEPLAN – Secretaria Estadual de Planejamento
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SGCD – Sistema de Gerência de Centros de Dados
SQL – Structured Query Language
SUDEMA – Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TIN – Triangular Irregular Network
UEPB – Universidade Estadual da Paraíba
UFPB – Universidade Federal da Paraíba
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UNICAMP – Universidade de Campinas
WWW – World Wide Web

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais competitivo, em tempos de globalização, torna-se imprescindível, principalmente para o Estado da Paraíba, o acesso às informações que lhe serão úteis para o melhor gerenciamento dos rumos da sociedade como um todo. Na era da informação como grande riqueza do nosso tempo, o nível de qualidade desta informação deve ser o mais substancial possível. Em particular, para o Nordeste, a crítica situação da região semi-árida requer um planejamento e um monitoramento criteriosos para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis.

Nas últimas décadas, diversas tecnologias apareceram para auxiliar o solucionamento do problema acima. Entre estas, a aplicação da referência geográfica da informação em sistemas computacionais - os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) - possibilita dar uma melhor visualização do problema, facilitando a tomada de decisões.

Um ponto crucial, agora, é como melhorar a distribuição e exploração efetiva desta informação geográfica. Este trabalho pesquisa mais profundamente esta questão e apresenta uma alternativa solução através de um Plano Diretor de um Sistema de Informação Geográfica Distribuído para auxiliar a gestão e a exploração eficaz dos dados de recursos hídricos da Paraíba.

1.1. MOTIVAÇÃO

A interoperabilidade é a palavra-chave atual na área de Informática, pois com o advento da popularização da rede Internet, o número de aplicações que interagem através de redes de comunicação aumentou significativamente e a necessidade de trocar dados independentemente do sistema operacional hospedeiro tornou-se imprescindível. Este problema é particularmente grave no caso de Sistemas Distribuídos de Informação Geográfica (SDIGs), uma vez que estes manipulam informações multidisciplinares e disponibilizadas em

representações multidimensionais (texto, áudio, imagens, 2D, 3D, etc.).

Uma das grandes barreiras à interoperabilidade no contexto dos SIGs é a falta de padronização das ferramentas existentes, tornando-se praticamente impossível a migração entre sistemas diferentes. Estes sistemas adotam diferentes metodologias de projeto e tecnologias de implementação, como consequência da inexistência de modelos de dados amplamente aceitos pela comunidades científicas e pelos produtores de software.

Há aproximadamente cinco anos, foi realmente iniciado o projeto e desenvolvimento de alguns SIGs voltados para a administração pública a nível estadual. Estes projetos foram iniciados pela equipe de geoprocessamento da Fundação Parque Tecnológico da Paraíba - PaqTcPB, que possuía um grupo de pesquisadores (conhecido como GISCAD – Grupo de Geoprocessamento e Cartografia Digital) com o intuito de implantar, desenvolver e difundir a cultura de geoprocessamento no estado da Paraíba e na região. Esta experiência no desenvolvimento para as mais variadas aplicações (planejamento urbano, cadastro imobiliário, recursos hídricos, etc.) com diferentes softwares e diferentes formatos de dados também motivou a realização desta pesquisa, buscando visualizar os principais esforços a nível mundial para se alcançar a desejada interoperabilidade e sua aplicação aos problemas locais.

A demanda por informações espaciais, principalmente, na esfera dos órgãos governamentais é muito alta. Isto é comprovado pelo grande número de pessoas, representando administrações diretas ou indiretas do governo do estado e de municípios, que procuram mapas básicos e mapas temáticos nos setores responsáveis pela produção e distribuição de informação geográfica. Um grande problema é que estas informações geográficas não são divulgadas e difundidas, o que seria uma tarefa comum, pois os cidadãos e as instituições de pesquisa necessitam destas informações para o aprofundamento dos estudos existentes e suas conseqüentes propostas de solução. Por exemplo, a UFPB conta com vários projetos na área de Recursos Hídricos, entre os quais a elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) para as bacias hidrográficas da Paraíba, que seria muito beneficiado caso existissem mais

dados disponíveis.

A organização dos dados existentes, além da coleta de novos para enriquecer/atualizar a base disponível, de acordo com a demanda, que resulta em uma proposta de um ambiente interoperável de distribuição e exploração efetiva de informação geográfica, fará com que aumente o interesse e, conseqüentemente, a popularização de alguns conhecimentos e dados importantes para o desenvolvimento integrado do estado da Paraíba.

Além desta questão da interoperabilidade dos dados, há a questão da interoperabilidade organizacional, ou seja, a compatibilidade de procedimentos organizacionais para poder se alcançar compatibilidade dos dados. Para esta questão, são mostradas duas propostas: as Cooperativas de Dados Geográficos (proposta pelos pesquisadores do INPE e da UNICAMP) e as Comunidades de Informação Geoespacial (do Consórcio OpenGIS).

Para o caso do SDIG-PB, é proposta uma solução que alie estas duas propostas anteriores. Porém, para se implantar esta compatibilidade organizacional, assim como a interoperabilidade dos dados geográficos em um universo tão amplo, composto por vários órgãos e secretarias estaduais não é uma tarefa fácil e demanda algum tempo. Por isso, é que se propõe um planejamento estratégico para a implantação técnica e organizacional de um Sistema Distribuído de Informações Geográficas.

Outra motivação é a integração com outros projetos em andamento, tanto na UFPB quanto em outras instituições de pesquisa e órgãos governamentais, como o projeto GPBS, que envolve instituições como UFPB, UEPB, PaqTcPB, EMEPA e LMRS, visando a difusão da área de Geoprocessamento na Paraíba, tanto em relação ao conhecimento quanto à formação de recursos humanos e a implantação de um projeto-piloto de um SIG para auxiliar o gerenciamento do uso do solo e da aptidão agrícola (a área de estudo será uma microrregião situada no sertão do estado da Paraíba); como o projeto INTRANET-PB, que servirá como infraestrutura básica de comunicação de dados digitais para a proposta de solução contida nesta dissertação.

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos principais deste projeto de pesquisa são:

- Realizar um levantamento detalhado sobre SIGs Abertos e propostas de padronização;
- Identificar os fatores críticos em Geoprocessamento para se alcançar a interoperabilidade dos dados em um ambiente organizacional de Governo;
- Mostrar os principais pontos das especificações para interoperabilidade de SIGs do padrão do *Open GIS Consortium* (OGC);
- Propor um plano de diretrizes contendo um roteiro de planejamento estratégico para a implantação do SDIG-PB;
- Especificar e implementar uma aplicação de SIG distribuído, através da Internet (mais precisamente, através da interface hipermídia dos *browsers* da WWW), visando a interoperabilidade com os padrões do OGC, orientado para o apoio à difusão e uso da informação geográfica na Paraíba.

1.3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi realizado segundo as seguintes abordagens metodológicas:

- Pesquisa bibliográfica – vários livros, revistas, periódicos, anais de simpósios e *sites* da Internet;
- Levantamento de bases de dados – dados convencionais e geográficos existentes sobre base cartográfica, dados sócio-econômicos e dados sobre

recursos hídricos;

- Consulta técnica específica – especialistas em planejamento estratégico e em recursos hídricos;
- Realização de entrevistas individuais e em grupo – pessoas com perfil de usuário potencial do SDIG-PB;
- Reuniões técnicas para amadurecimento das idéias - reuniões mensais com o orientador e com outros estudantes do Mestrado em Informática ;
- Trabalho de laboratório com ferramentas específicas de desenvolvimento de aplicações para geoprocessamento.

A dissertação está distribuída nos seguintes capítulos:

O capítulo 2 descreve os conceitos básicos da área de Geomática. Nele são apresentados desde conceitos de SIGs e *Open GIS*, interoperabilidade, o funcionamento das aplicações na Internet e fundamentos do conceito de Objetos Distribuídos (padrões CORBA e DCOM).

No capítulo 3 é feita uma revisão bibliográfica sobre o estado-da-arte em desenvolvimento de SIGs e a modelagem orientada a objetos, mais especificamente de SIGs Abertos. Também discute a abordagem do consórcio *OpenGIS* para a modelagem aberta de SIGs, desde a descrição geral até as especificações abstratas para os padrões SQL, CORBA e DCOM.

O capítulo 4 trata do detalhamento da proposta de um Sistema Distribuído de Informações Geográficas para a Paraíba, levando-se em conta aspectos como a interoperabilidade organizacional, a tentativa de adequação às propostas do OGC de Comunidades de Informação Geoespacial, e de outras propostas de Cooperativas de Dados Geográficos.

No capítulo 5 é apresentado como Estudo de Caso, uma proposta de um SDIG para auxílio à Gestão de Recursos Hídricos, através de uma Proposta de

Plano Diretor e a implementação de um protótipo. Vários aspectos sobre o Planejamento e a Implementação são apresentados, incluindo os detalhes da ferramenta computacional escolhida.

No capítulo 6 estão a conclusão, a esperada contribuição científica e as perspectivas futuras deste trabalho, diante do contexto acadêmico e dos projetos de pesquisa e desenvolvimento em andamento.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Para se chegar ao desenvolvimento da proposta de solução, inicialmente, é mostrado todo um conjunto de conceitos e definições que serão necessários para um melhor entendimento da questão central da dissertação – o Geoprocessamento Distribuído. Alguns dos tópicos abordados neste capítulo são: conceitos de Geoprocessamento, Geomática, Sistemas de Informação Geográfica, Sistemas Distribuídos de Informação Geográfica, a proposta da Cooperativa de Dados Geográficos, as tecnologias para a implantação destas Cooperativas (Internet e Objetos Distribuídos) e a apresentação do problema da falta de padronização dos dados geográficos.

2.1. CONCEITOS EM GEOPROCESSAMENTO

Segundo [Cam95], o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Esta disciplina influencia de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Muitos conceitos e definições são diferenciados entre os principais autores de publicações em Geoprocessamento. Como um consenso entre estes vários conceitos, pode-se definir Geoprocessamento como sendo a ação de manipular informações associadas a uma posição no espaço (informação georreferenciada). Geotecnologia é um conjunto de conhecimentos e recursos empregados para a manipulação desta informação, que é normalmente representada através de mapas e imagens (fotos aéreas e imagens de satélite) em bancos de dados distribuídos ou não.

Geomática é uma área mista de conhecimento (Informática e Geociências) que se baseia no estudo das informações georreferenciadas e de suas aplicações, dos métodos de geoprocessamento e de suas tecnologias. Neste item são vistos alguns destes conceitos.

2.1.1. GEOMÁTICA

Geomática, como definida pela ISO (*International Standards Organization*), consiste em um campo de atividades que, usando uma abordagem sistemática, integra todos os meios utilizados para a aquisição e gerenciamento de dados espaciais necessários como parte de operações científicas, administrativas, legais e técnicas envolvidas no processo de produção e gerenciamento de informação espacial. Estas áreas de atividade incluem, entre outras, a cartografia, o apoio topográfico, o mapeamento digital, a geodésia, os sistemas de informações geográficas, a hidrografia, o gerenciamento de informações de terra, os levantamentos topográficos, o levantamento de minas, a fotogrametria e o sensoriamento remoto.

A aceitação deste termo tem levado algumas das instituições de ensino estrangeiras da área de levantamento e mapeamento a alterar o nome de seus departamentos:

- Em 1992, o *Département des Sciences Géodésiques et de Télédétection* da Universidade Laval, Canadá, passou a chamar-se *Département des Sciences Géomatique*;
- Em 1994, o *Department of Surveying Engineering* da Universidade de New Brunswick, Canadá, modificou seu nome para *Department of Geodesy and Geomatics Engineering*.

Igualmente importante tem sido a preocupação com a adequação curricular frente ao avanço das novas tecnologias. Analogamente, no Brasil, pode-se citar o processo de discussão em torno da mudança do nome do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Paraná para Departamento de Geomática. Da mesma forma, o recém-criado Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica da Universidade Tuiuti do Paraná relaciona explicitamente esta modalidade de Engenharia com a Geomática.

2.1.2. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Segundo [Cif95] a caracterização de um SIG é bastante complexa, não existindo ainda uma definição padrão aceita por toda a comunidade científica. No seu trabalho foi feita uma classificação de SIG segundo alguns aspectos:

- Abordagem *toolbox*: um sistema que incorpora um sofisticado conjunto de algoritmos, baseado em computador, para a manipulação de objetos espaciais;
- Abordagem de banco de dados: formado por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) não convencional, ou estendido, que é usado para armazenar dados relativos a objetos geográficos, e por um conjunto de processos para tratamento de dados espaciais;
- Abordagem orientada a processos: como um tipo específico de um sistema de informação, no qual o SIG é caracterizado como uma coleção de subsistemas integrados que ajudam a converter dados geográficos em outras informações úteis;
- E outras abordagens como: orientada a aplicação, tipo de consulta, tecnologia, banco de dados e infra-estrutura.

[Cam95] mostra o que seria uma arquitetura genérica dos componentes de um SIG (ver Figura 2.1 abaixo).

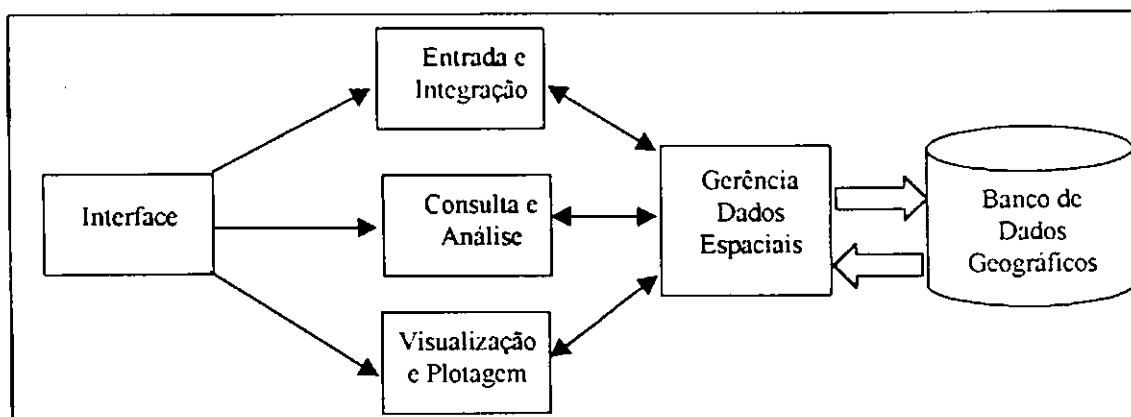


Figura 2.1: Componentes de um SIG. (Fonte: [Cam95])

Segundo [Cam+96], "SIGs são sistemas automatizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la".

Segundo [GA94], "SIG é um sistema composto por computador, software e procedimentos projetados para suportar a captura, gerenciamento, manipulação, análise e saída de dados espaciais referenciados geograficamente, para resolver questões em planejamento e gerenciamento".

2.2. A INTERNET E SDIG

2.2.1. FUNCIONAMENTO DO WWW NA INTERNET

A Internet é uma rede pública de comunicação de dados, com controle descentralizado e que utiliza o conjunto de protocolos TCP/IP como base para a estrutura de comunicação e seus serviços de rede. Isto se deve ao fato de que a arquitetura TCP/IP fornece não somente os protocolos que habilitam a comunicação de dados entre redes, mas também define uma série de aplicações que contribuem para a eficiência e sucesso da arquitetura. Entre os serviços mais conhecidos da Internet estão o correio eletrônico, a transferência de arquivos, o compartilhamento de arquivos, a emulação remota de terminal e o serviço de acesso à informação hipermídia, mais conhecido como WWW.

A Internet é uma coleção, de acesso público e a nível mundial, de redes individuais unidas através de instituições privadas, públicas e acadêmicas. Intranets são redes privadas que utilizam a tecnologia da Internet.

Uma aplicação que utiliza a interface hipermídia da WWW pode ser vista como uma aplicação que interage com computadores, programas e dados em diferentes níveis, ou camadas. Estas camadas podem ser vistas na Figura 2.2.

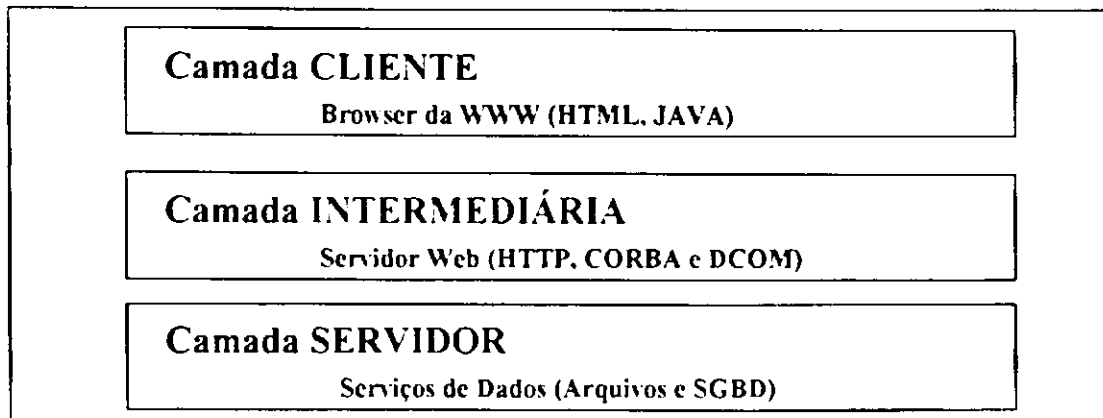


Figura 2.2: Arquitetura em camadas da Internet.

A camada CLIENTE permite o acesso a outros computadores na rede através da requisição pelo software de navegação na WWW, o *browser*, como por exemplo o Netscape Navigator ou o Microsoft Internet Explorer. Esta camada contém componentes para comunicação e apresentação da informação obtida das camadas INTERMEDIÁRIA e SERVIDOR.

Na camada INTERMEDIÁRIA, localiza-se o software que gerencia as requisições por páginas Web, consultas a bancos de dados, ou outras aplicações, e as transmissões das respostas entre as camadas CLIENTE e SERVIDOR. Após o recebimento de uma requisição de um *browser*, o servidor web valida o caminho do arquivo. Se for inválido, o servidor web retorna uma mensagem de erro ao *browser*. Se for válido, uma das duas ações será executada: se a requisição for por um arquivo estático, este será transmitido para o *browser*; se a requisição for por uma resposta de um serviço de aplicação, o servidor web encaminhará a requisição ao serviço apropriado.

Na camada SERVIDOR, localiza-se o serviço de dados que é requisitado pelas camadas CLIENTE e INTERMEDIÁRIA, desde simples páginas até aplicações que interagem com bancos de dados.

2.2.2. CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS

Entre vários fatores que contribuíram para o crescimento rápido da Internet e sua grande popularização está o serviço multimídia WWW, o qual permite interfaces gráficas e o uso de sons, imagens e animação na Internet.

Segundo [FD98], "o atual estágio de desenvolvimento da tecnologia WWW já permitiria uma distribuição de informações muito mais interativa e dinâmica do que há alguns anos atrás. Com relação às informações geográficas, apresentaria-se como uma forma interessante de acesso. Porém, com a diversidade de SIGs disponíveis e a heterogeneidade do ambiente da Internet, como prover-se-ia amplo acesso a informações geográficas armazenadas em uma rede complexa e heterogênea, de forma simples e eficiente?"

[Cam95] já previa para o final da década de 90 o surgimento de uma nova geração de SIGs com acesso através de redes locais e remotas, e com interface via WWW - os centros de dados geográficos.

Em [Alm97] é feita uma análise das principais ferramentas de softwares comerciais existentes (à época do artigo) para o desenvolvimento de um SIG via Internet.

2.2.3. CENTROS E COOPERATIVAS DE DADOS GEOGRÁFICOS

Várias agências, governamentais ou não, atuam na aquisição, armazenamento, processamento e distribuição de diversos tipos de dados geográficos para os mais variados fins. Estes dados são trocados entre agências com certa frequência, podendo ser vista esta troca como um trabalho cooperativo, apesar do grave problema da falta de padronização [Cam+96].

O acesso a dados ambientais, por exemplo, é muito dificultado com o fato de cada agência arquivar seus dados de forma particular para cada software utilizado, prejudicando a cooperação e a conseqüente tomada de decisão. Nesse

contexto, uma Cooperativa de Dados é um conjunto de agências interligadas através de um sistema de informação global de dados, que por sua vez, é formado por Centros de Dados interligados através de uma rede de comunicação de dados.

Um Centro de Dados é um sistema que permite a coleta, armazenamento, processamento, acesso e distribuição de dados através da rede. Um Sistema de Gerência de Centros de Dados (SGCD) é responsável pela manutenção e manipulação dos dados trabalhados em um Centro de Dados, mas não obrigatoriamente por sua propriedade.

Uma agência pode desenvolver diversos papéis dentro de uma cooperativa, quer administrando um ou mais Centros de Dados, quer fornecendo dados e produtos para tais Centros, ou mesmo atuando como simples usuário do sistema de informação global. O resultado deste tipo de cooperação é útil não apenas para as agências envolvidas, como também para usuários externos, aos quais os dados podem se tornar disponíveis, segundo diferentes políticas de acesso.

Um SGCD deverá, em particular, fornecer mecanismos para garantir a segurança dos dados, proteção do patrimônio individual de cada agência, acesso controlado de acordo com a tarifação ou comprometimento da agência, sendo de responsabilidade dos administradores de cada um dos Centros de Dados componentes zelar pela manutenção de regras estabelecidas de comum acordo entre os participantes da Cooperativa.

As principais funções de um Centro de Dados envolvem:

- Aquisição de dados: inclui a coleta e pré-processamento dos dados, a sua conversão para um formato de troca (visando a interoperabilidade), controle de qualidade e inserção no banco de dados;
- Armazenamento e arquivamento de dados: oferece serviços para as demais funções. O objetivo é gerenciar o armazenamento de dados, de acordo com as

políticas de arquivamento estabelecidas;

- Disponibilização de dados e programas: torna os bancos de dados disponíveis para consulta tanto para os usuários de uma cooperativa quanto para eventuais usuários externos;
- Distribuição de produtos: gerencia a solicitação e distribuição de produtos para usuários, sendo a distribuição escalonada conforme prioridades de atendimento;
- Integração com outros Centros: permite combinar diferentes Centros de Dados, apesar das diferenças em seu vocabulário, completude e representações.

2.3. OBJETOS DISTRIBUÍDOS

Desenvolver aplicativos distribuídos nesta era de software baseado em componentes (bibliotecas de classes de objetos e métodos) significa distribuir objetos.

Componentes, pequenos e simples blocos de construção que podem ser montados em um sistema complexo, estão se tornando um padrão em desenvolvimento de aplicativos baseados em ambientes de interface como o Windows, da Microsoft. Com estes componentes, pode-se mudar de aplicações enormes e monolíticas para pequenos e versáteis blocos de códigos de programa, formando uma aplicação que é um pacote de componentes construídos na empresa, componentes comprados de terceiros e componentes prontos que já vêm com a ferramenta de programação (por exemplo, o Delphi da Inprise).

Para a aplicação de soluções baseadas em objetos distribuídos, as principais arquiteturas de objetos são: DCOM (*Distributed Component Object Model*) e CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*).

2.3.1. DCOM

O DCOM, da Microsoft, lançado em 1996, é uma evolução natural do OLE/COM (*Object Linking Embedding/Component Object Model*), lançado em 1993. Trata-se de um protocolo que possibilita componentes de software se comunicarem diretamente sobre uma rede de maneira confiável.

O DCOM é projetado para uso em múltiplos protocolos da Internet como o HTTP. O DCOM é baseado na especificação DCE-RPC da Open Software Foundation [DCE97], permitindo o uso da arquitetura "3-tier" (tecnologia cliente-servidor em três camadas) em sistemas operacionais da Microsoft (Windows).

Analogamente às DLLs, que são códigos compilados e linkeditados prontos para uso, o modelo de componentes do DCOM seria uma versão "orientada a objeto" da DLL, com poderes ampliados tais como a reutilização de código.

2.3.2. CORBA

Alguns fabricantes de software, como a Lotus e a Netscape, seguiram o caminho aberto pelo CORBA, que oferece uma arquitetura de objetos mais completa que o DCOM. Especificado pelo OMG (*Object Management Group*), o CORBA promete uma forma de implementar objetos para serem compartilhados entre máquinas, mesmo com diferentes sistemas operacionais.

O OMG, um consórcio que abrange as principais empresas ligadas à área desenvolvimento de software, tem como objetivo o desenvolvimento tecnológico de objetos distribuídos. Os membros da OMG contribuem para a criação destas especificações através de respostas a chamadas de propostas emitidas pela OMG.

A OMG especifica um arquitetura (OMA), composta por um barramento global (ORB), responsável pela comunicação entre os objetos distribuídos e uma série de serviços e facilidades que completam a funcionalidade do barramento. A esse conjunto de especificações foi dado o nome de CORBA.

A figura 2.3 mostra que o ORB é o principal componente desta arquitetura. É o *middleware* que estabelece regras de comunicação e interação entre objetos baseado em cliente/servidor.

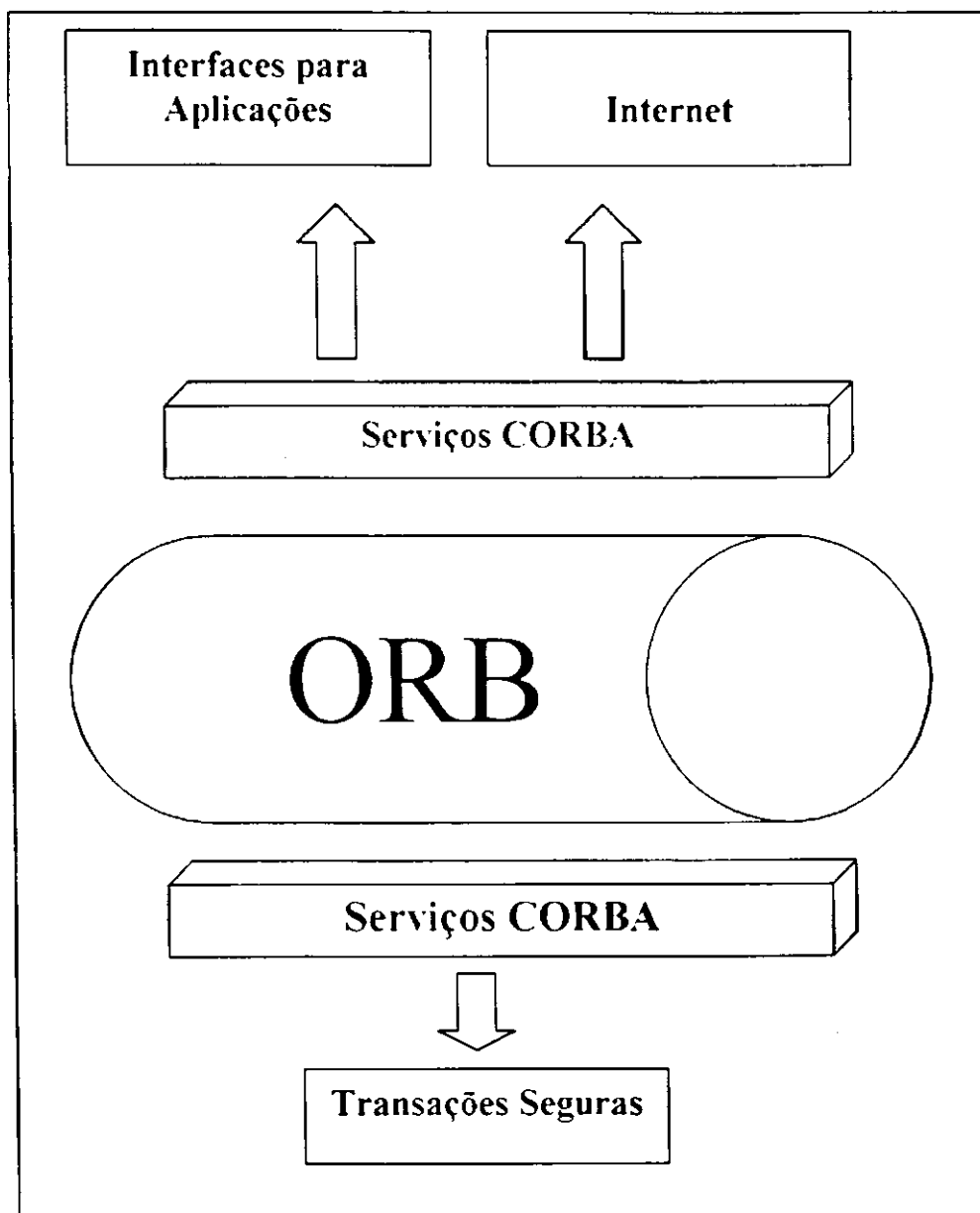


Figura 2.3: Arquitetura de Gerenciamento Aberta do OMG.

Através do ORB, objetos clientes podem requisitar, de forma transparente, métodos em objetos servidores, os quais podem estar localizados na mesma máquina ou espalhados pela rede. O papel do ORB é interceptar a chamada, encontrar o objeto que implemente o serviço requerido, e então, passar informações como onde o objeto está localizado, em que linguagem de programação ele foi escrito, sobre qual sistema operacional ele está executando, ou qualquer outro aspecto a nível de sistema que não faça parte da interface do objeto.

2.4. INTEROPERABILIDADE

Segundo [GEF97], os SIGs têm sido bastante utilizados a partir dos anos 80 como suporte para tomada de decisões em áreas como administração pública, meio ambiente, marketing, etc. Cada produto de software comercial de SIG se desenvolveu independentemente, com poucas terminologias e teorias em comum. Como resultado, é bastante complicado para diferentes sistemas compartilharem dados, para usuários treinados em um sistema utilizarem outro, ou para compartilhar aplicativos desenvolvidos em diferentes sistemas. O termo interoperabilidade sugere um mundo ideal onde não existiriam estes problemas, ou pelo menos onde estes fossem minimizados (Figura 2.4).

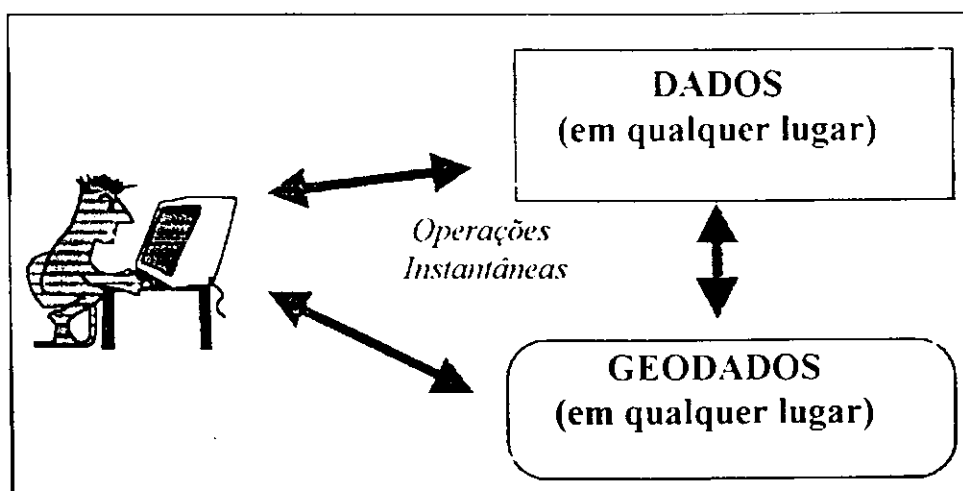


Figura 2.4: Mundo "ideal" da interoperabilidade.

Interoperabilidade significa abertura para a indústria de software, pois uma publicação aberta das estruturas de dados internas permitiria aos usuários dos SIGs construir aplicações que integrariam componentes de software de diferentes desenvolvedores, e permitiria a entrada de novas indústrias no mercado com produtos competitivos que seriam intercambiáveis com os componentes existentes.

Interoperabilidade também significa a habilidade de trocar dados livremente entre sistemas, pois cada sistema teria conhecimento do formato do outro sistema. Padrões de troca de dados como o SDTS [SDTS98] têm tido um significativo impacto na facilidade com que os dados podem ser transferidos entre sistemas.

Interoperabilidade também significa uniformidade de cultura e política organizacional quanto à manipulação e ao acesso aos dados. Esta uniformidade facilitará o trabalho da interoperabilidade de sistemas e de dados dentro de uma organização.

Simplificação é um tema comum nas discussões sobre interoperabilidade – simplificação nos complexos conjuntos de formatos e padrões na indústria, simplificação na interação entre o sistema e o usuário, simplificação no conhecimento requerido para a utilização efetiva de um sistema. Em um mundo interoperável, o usuário precisaria saber menos para alcançar os mesmos resultados. Por exemplo, o treinamento já realizado em uma plataforma do software Arc/INFO poderia ser melhor aproveitado se o sistema mudasse para MGE, isto é, o treinando não teria que rever quase todos os conceitos de modelagem que são bastante diferentes entre estes sistemas.

O termo transparência é usado quando o usuário não mais precisa saber detalhes de uma implementação. Um sistema gerenciador de banco de dados oferece transparência a seus usuários, os quais não precisam saber nada sobre a implementação física de um modelo de dados. Transparência implica que certos detalhes não são mais importantes para os usuários, e não mais interferem no nível conceitual do problema. Isto implica em uma visão uniforme de sistemas

múltiplos, heterogêneos, distribuídos e autônomos.

Outro termo relevante é a similaridade, uma medida do grau em que dois conjuntos de dados, sistemas de software, disciplinas, ou agências usam o mesmo vocabulário, seguem as mesmas convenções, são, portanto, de fácil interoperabilidade.

Segundo Karimi [GEF97], um SIG interoperável deve ser composto por três componentes:

- I. Dados Interoperáveis - o objetivo é automatizar a conversão de dados de diferentes fontes para a construção dos Bancos de Dados Geográficos, de forma transparente ao usuário;
- II. Aplicações Interoperáveis - prover ferramentas de fácil utilização para a integração dos módulos da aplicação com a funcionalidade do SIG;
- III. Computação Interoperável - possibilidade de escolha de qual plataforma de processamento em um ambiente de computação heterogêneo (um sistema aberto).

2.5. A FALTA DE PADRONIZAÇÃO

2.5.1. O PROBLEMA COM OS BANCOS DE DADOS

Durante as três últimas décadas, os sistemas de arquivos, os sistemas de bancos de dados nos modelos de Rede, modelo Hierárquico e modelo Relacional foram utilizados como plataforma para gerenciar os dados para as aplicações orientadas a transações convencionais. Os problemas de desenvolvimento de aplicações que requerem acesso a fontes de dados heterogêneas (que são gerenciadas separadamente por diferentes sistemas de arquivos e sistemas de bancos de dados) foram tratados de diferentes maneiras.

Uma forma era converter e migrar todos os dados de um sistema de gerenciamento de dados para outro. Porém, apenas se fosse suficiente ter os dados migrados de um sistema para outro. Esta solução seria conveniente se também o fosse trocar seu sistema de gerenciamento de dados por outro. Existem sérios problemas com esta solução, principalmente, na conversão das aplicações.

Outra solução proposta, não com muito sucesso, são os chamados *gateways* para pares específicos de sistemas de gerenciamento de dados. Um *gateway* entre um sistema A e um sistema B traduz uma consulta (*query*) na linguagem de A para uma consulta equivalente na linguagem de B e submete a consulta traduzida para o sistema B. Esta solução apresenta sérias limitações. Primeiro, não há suporte para gerenciamento de transações. Segundo, a solução de *gateways* está apenas interessada com o problema de traduzir uma consulta expressa em uma linguagem para uma expressão equivalente em outra linguagem, ela não abrange as funções de homogeneizar as diferentes representações estruturais entre diferentes esquemas.

Atualmente, a comunidade de pesquisa científica em bancos de dados está estudando uma solução mais viável para os problemas de interoperabilidade de sistemas de dados heterogêneos, o sistema de multi bancos de dados (*multidatabase system*), ou MDBS. Simplificadamente, um MDBS é um sistema de banco de dados que reside acima dos sistemas de arquivos e de bancos de dados existentes (chamados de sistemas de bancos de dados locais) e apresenta a ilusão de um único banco de dados para os usuários.

Um MDBS mantém um esquema de banco de dados único em que seus usuários executam consultas e atualizações; o MDBS mantém apenas o esquema global, enquanto que o sistema local mantém os dados dos usuários. O esquema global é construído pela integração dos esquemas dos bancos de dados locais; o processo de integração dos esquemas locais em geral requer a neutralização (homogeneização) das diferenças esquemáticas (conflitos) entre eles.

Objetivos do Sistema MDBS:

- (1) Conversão e migração de dados de uma fonte (ex.: ORACLE) para outra (ex.: Sybase);
- (2) Nenhuma alteração no software do sistema de banco de dados local (LDBS) - isto preserva a chamada autonomia de design. Em outras palavras, um MDBS deve aparentar para qualquer LDBS apenas como uma aplicação ou usuário;
- (3) Permitir que qualquer LDBS possa usar seu modo nativo. Ou seja, usuários de um LDBS podem continuar a trabalhar com o sistema para transações que requerem acesso apenas para os dados gerenciados pelo sistema local, enquanto o MDBS servirá para executar transações que requerem acesso a mais de uma fonte de dados. Desta forma, as aplicações escritas em qualquer um dos LDBS são preservadas e as novas aplicações que requerem acesso a mais de uma fonte podem ser desenvolvidas usando o MDBS;
- (4) Deve ser possível para os usuários e aplicações interagir como o MDBS em uma linguagem de banco de dados. Isto é, os usuários e aplicações não deverão mais ter que trabalhar com diferentes interfaces de linguagens nativas aos LDBS;
- (5) Deve-se ocultar dos usuários e aplicações a heterogeneidade dos ambientes de operação dos LDBS, incluindo o computador, o sistema operacional e o protocolo de rede;
- (6) Diferente das outras tentativas de interoperabilidade de sistemas de bancos de dados heterogêneos, deve suportar transações distribuídas envolvendo leituras e atualizações em diferentes bancos de dados;
- (7) Deve ser um sistema de banco de dados completo, ou seja, estarão disponíveis para os usuários todas as facilidades providas pelos sistemas de bancos de dados normais, incluindo definição de esquemas, consultas não-procedurais, automatização de consulta, atualizações, gerenciamento de

transações, controle de concorrência e recuperação, controle de integridade e autorização de acesso;

- (8) Não deve introduzir nenhuma mudança na operação e na administração de qualquer dos LDBS;
- (9) Deve alcançar a performance que se aproxime de um sistema de banco de dados distribuído homogêneo.

2.5.2. COMENTÁRIOS

Um problema grave para os usuários de SIGs são as diferentes representações para um mesmo conceito. Por exemplo, uma superfície contínua de elevação, que é conhecida em muitas disciplinas e culturas profissionais, pode ser representada em um SIG como TIN (*Triangular irregular network*), ou como contornos digitalizados de DLG (*Digital Line Graph*), ou como a grade regular de um DEM (*Digital Elevation Model*).

Atualmente, a interoperabilidade só é possível sobre o mais curto dos domínios. O esforço para alcançar a interoperabilidade é portanto um esforço de estender domínios. A arquitetura atual dos SIGs requer que seus usuários sejam especialistas, que aprendam uma terminologia específica e uma interface dominada por detalhes de implementação. O usuário deve ter a habilidade de decodificar várias siglas e suas características, ou seja, os usuários têm que memorizar a maioria dos metadados.

CAPÍTULO 3

ESTADO-DA-ARTE EM SISTEMAS DISTRIBUÍDOS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

No capítulo anterior, mostrou-se um conjunto de conceitos e definições que são importantes para o entendimento da Dissertação como um todo e para mostrar-se o estado-da-arte em SIGs. Neste capítulo são abordados os tópicos mais avançados, como a Modelagem de Dados Geográficos, mostrando as metodologias mais recentes baseadas na orientação a objetos. Inicialmente, são vistos os modelos conceituais, posteriormente, os modelos de SIGs abertos, ou seja, tentativas de padronização visando a interoperabilidade. Também será mostrado a Especificação Abstrata do Consórcio *OpenGIS* (OGC – *OpenGIS Consortium*) e os requisitos de eficiência na transmissão, processamento e armazenamento, apresentando uma proposta de solução baseada em Hardware-Software Codesign.

3.1. MODELAGEM DE SIGs

Segundo [Pas96] a modelagem de SIGs difere da modelagem convencional para Sistemas de Informação pela necessidade da caracterização do domínio espacial dos objetos e relacionamentos a serem analisados pelo sistema. A dificuldade reside no fato de que a maioria destes dados tem seu processamento ligado à localização para a qual são válidos, ao tempo em que foram coletados e à sua confiabilidade.

As complexas definições espaciais tornam difícil a modelagem, uma vez que é dirigida não apenas pelas necessidades do usuário, mas também pela disponibilidade dos dados e suas fontes de captação, sem contar as restrições impostas pelos SIGs adotados.

Para se falar em Modelagem, primeiramente deve-se conceituar o que seja um modelo e o que são os geodados. Um modelo de dados é uma coleção de ferramentas conceituais para descrição dos dados, relacionamentos entre os dados, semântica dos dados e restrições de consistência [Cif95]. Um modelo de dados deve prover uma maneira formal de representar informações, bem como definir as operações de manipulação permitidas. Trata-se de se produzir uma

visão abstrata da realidade.

Ao longo dos anos, desde o surgimento dos primeiros SGBDs, foram sendo criadas diversas técnicas e metodologias para a criação de modelos de dados. Apesar de muitas vezes serem, teoricamente, ferramentas genéricas, estas técnicas seguem as condicionantes tecnológicas dos SGBDs à época da sua criação.

O Modelo Relacional ainda é o modelo de dados mais utilizado comercialmente. Neste modelo, o banco de dados é representado com um conjunto de tabelas (relações), em que cada tabela é composta de linhas (tuplas) e colunas (atributos). Além da facilidade de uso da linguagem, por causa da correspondência direta entre o conceito de tabela e o conceito matemático de relação, este modelo permite uma visão melhor da realidade do que os modelos que o precederam (orientados a registro, de rede e hierárquico).

A abstração destes conceitos do mundo real é parte fundamental no desenvolvimento de sistemas de informação, pois depende da qualidade desta abstração, através da divisão do sistema em componentes separados visualizados em diferentes níveis de detalhe e suas interações.

A modelagem de geodados consiste na formulação de um conjunto adequado de abstrações para a representação da realidade geográfica no banco de dados, na definição de critérios de manipulação e regras de integridade. Existe um consenso de que as técnicas tradicionais de modelagem não são adequadas para representar as informações geográficas. Apesar de toda expressividade, as dificuldades surgem devido ao fato que as informações geográficas precisam ser consideradas com respeito à localização, o tempo de observação e à sua precisão de obtenção/representação.

A modelagem de geodados é uma tarefa complexa por que a representação do mundo real envolve a discretização do espaço geográfico, e esta discretização envolve vários fatores como:

- **A transcrição da informação geográfica em unidades lógicas de dados:** segundo [FG90], o esquema de uma aplicação geográfica é uma representação limitada da realidade, tendo em vista a natureza finita e discreta da representação dos computadores. Por maior que seja o nível de abstração utilizado, a realidade é modelada através de conceitos geométricos [Fran92] e para que esses conceitos sejam implementados em computadores, precisam ser formalizados, sendo necessário um maior número de conceitos abstratos para descrever os dados geométricos e um maior número de operações apropriadas, as quais são independentes da implementação;

- **A forma como as pessoas percebem o espaço:** o aspecto cognitivo na percepção espacial é um dos aspectos que faz com que a modelagem de geodados seja diferente da tradicional. Dependendo do observador, da sua experiência e da sua necessidade específica, uma mesma entidade geográfica pode ser percebida de diversas formas. Uma escola, por exemplo, pode ser vista como um ponto (símbolo), como uma área, representada pela planta baixa da edificação. Além do aspecto cognitivo, existe também a questão da escala, em que a entidade geográfica pode ser representada por diferentes formas, de acordo com a escala utilizada. O uso dessas múltiplas representações pode ocorrer simultaneamente, apresentando formas alternativas de representar uma entidade geográfica;

- **Natureza diversificada dos dados geográficos:** além dos geodados possuírem geometria, localização no espaço, informações associadas e características temporais, eles ainda possuem origem distintas. Segundo [Kemp92], os dados ambientais, por exemplo, são derivados de dados disponíveis sobre topografia, clima e tempo, propriedades do solo, propriedades geológicas, cobertura da terra, uso da terra, hidrografia e qualidade de água. Alguns desses fenômenos variam continuamente sobre o espaço. Outros podem ser discretizados, enquanto outros ainda podem estar em ambas categorias, dependendo do nível de detalhe considerado;

- **Existência de relações espaciais:** são abstrações que ajudam a compreender como no mundo real os objetos se relacionam uns com os outros. As relações topológicas (está contido, contém, adjacente, interseção, etc.), por exemplo, são fundamentais na definição de regras de integridade espacial, as quais especificam o comportamento geométrico dos objetos;
- **Coexistência de entidades essenciais ao processamento e entidades cartográficas:** as entidades cartográficas representam a visão do mundo através de objetos lineares não relacionados, ou seja, sem comprometimento com o processamento [MF90]. Por exemplo, os textos que identificam acidentes geográficos como Serras, Picos, ou objetos como muro, cerca viva, cerca mista que identificam a delimitação de um lote em uma quadra.

Os primeiros modelos de geodados eram direcionados para as estruturas internas dos SIGs. O usuário era forçado a adequar os fenômenos espaciais às estruturas disponíveis no software a ser utilizado. Um exemplo de pesquisa é a dissertação de mestrado [Tho98], na qual o autor reproduz os modelos de dados de três softwares de SIG comerciais: o MGE da Intergraph, o Arc/Info da ESRI e o SPRING do Inpe.

Bastante esforço em pesquisas, como o desenvolvimento de dissertações de mestrado e teses de doutorado, vem sendo feito em termos de modelagem de geodados. Destacam-se a seguir alguns trabalhos já realizados.

3.1.1. O MODELO MGE0+

Destacam-se alguns pontos da referência [Pas96]: o modelo MGeo+ tem como característica marcante o estabelecimento de uma estrutura distribuída do espaço em nível de planos de informação, possibilitando o aparecimento de uma entidade geográfica em diversos planos de informação de um mesmo modelo,

além de propriedades compartilhadas, conforme visto na figura 3.1 abaixo:

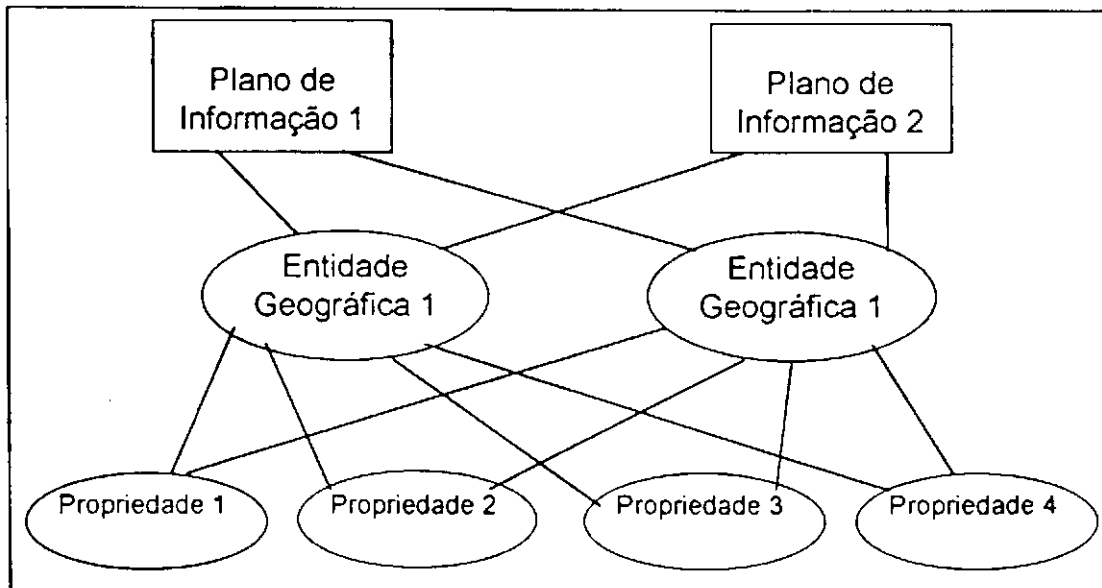


Figura 3.1: Estrutura distribuída do espaço no MGeo+.

Para a formalização do Modelo, [Pim95] utilizou a técnica OMT de Rumbaugh [RBP91], que é apresentada na Figura 3.2.

A classe **BD_GEO** além de representar a estrutura mais genérica do modelo, assume o papel de regulamentadora dos modelos de representação inseridos na base de dados. Um **Plano de Informação** é um conjunto de características referentes a um determinado tema do mundo real. Pode ser entendido como um agrupamento de entidades geográficas. Uma **Entidade Geográfica** representa a organização de diversas informações georreferenciadas interrelacionadas por características comuns. A partir destas classes básicas o modelo se ramifica como contexto espacial, a representação descritiva (a informação textual ou atributos), a representação espacial (implementação da visão de campos e objetos, e suas representações mais detalhadas) e a

representação simbólica (os elementos cartográficos - símbolos e textos).

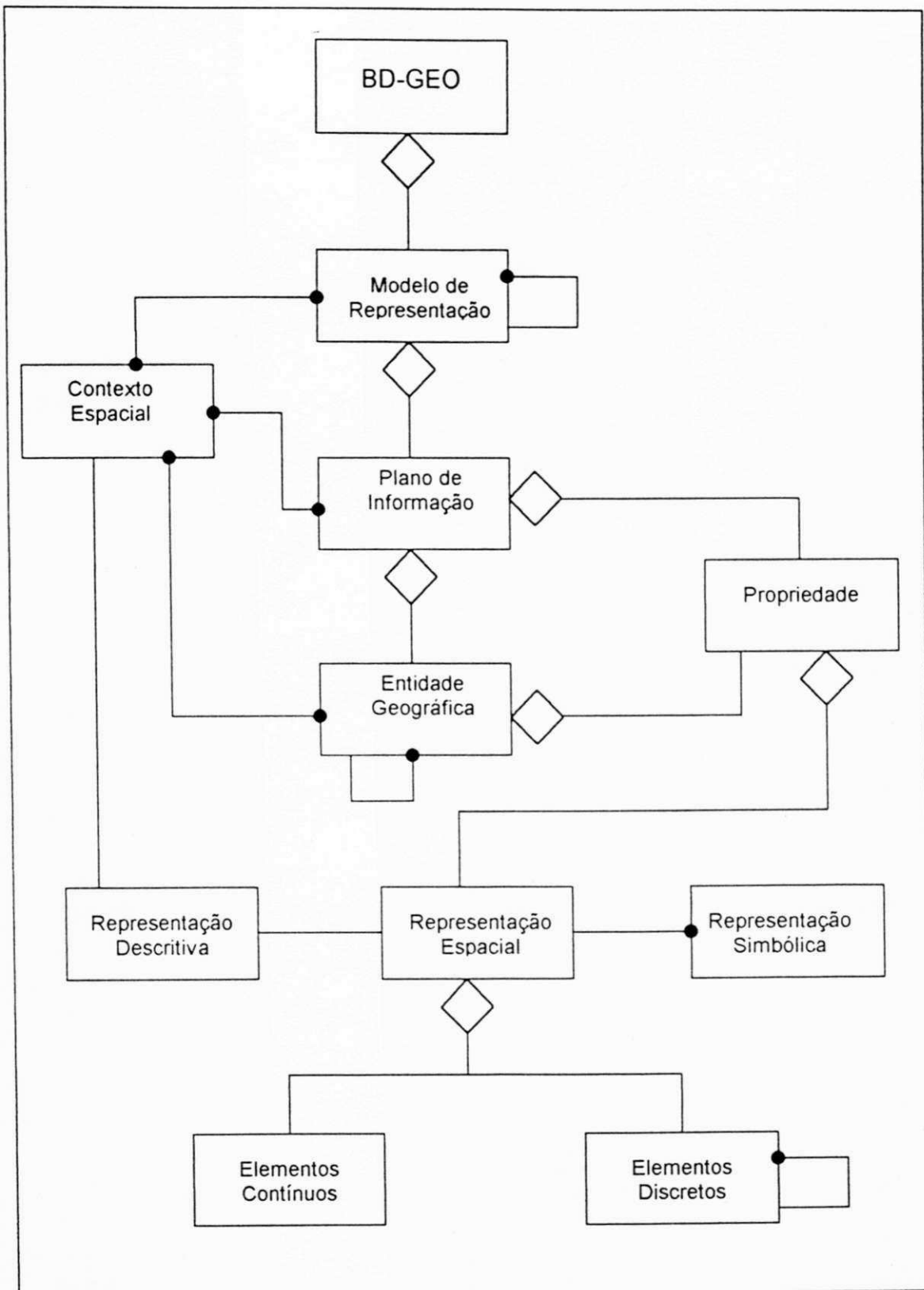


Figura 3.2: Modelo Conceitual do MGeo+.

3.1.2. O MODELO DE DADOS DO SPRING

Este modelo representa o modo de implementação do software SPRING (Sistema de Processamento de Imagens e Geoprocessamento) desenvolvido pelo Inpe, disponível atualmente para os ambientes Windows 95 e UNIX. Tal modelo foi tema de várias pesquisas na Unicamp e no Inpe. Este modelo é apresentado na figura 3.3 abaixo.

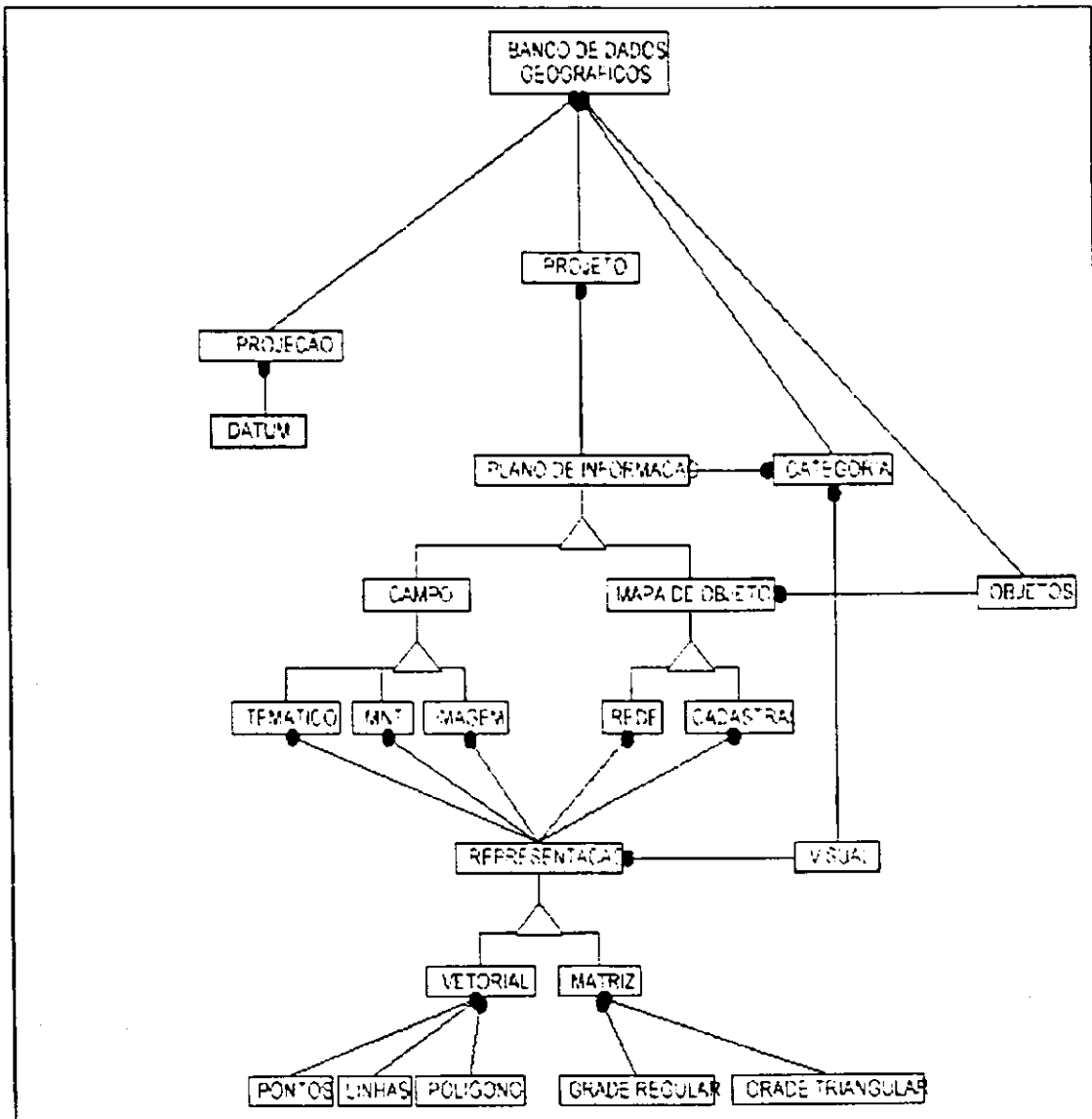


Figura 3.3: Modelo Conceitual do Spring – INPE. (Fonte [Cam95])

Entre os aspectos relevantes deste modelo, destacam-se alguns pontos da referência [Cam95]:

a) Este modelo apresenta uma abordagem unificada de visões de campos e de objetos e permite a existência de múltiplas representações para um mesmo fenômeno geográfico.

b) Os níveis de Especificação:

- Nível do mundo real - contém os elementos da realidade geográfica a serem modelados;
- Nível conceitual - comporta o ferramental para modelar formalmente campos e objetos geográficos em um alto nível de abstração;
- Nível de representação - associa as classes de campos e objetos geográficos a classes de representações;
- Nível de implementação - define padrões, formas de armazenamento e estruturas de dados para implementar as diferentes representações.

Como pode ser visto, este modelo além de conceitual, também chega ao nível de implementação, por se tratar de um modelo arquitetural de um produto de software.

3.1.3. O MODELO GEO-OMT

O Modelo Geo-OMT é o resultado de uma dissertação de mestrado [Bor97], desenvolvida na Fundação João Pinheiro, em Belo Horizonte, onde está sendo amplamente utilizado pela Prodabel (Companhia de Processamento de Dados de Belo Horizonte).

Trata-se de uma metodologia orientada a objetos, baseada no modelo OMT de Rumbaugh [Rum91], suportando os conceitos de classe, herança, objeto complexo e método. Representa e diferencia os diversos tipos de dados

envolvidos nas aplicações geográficas, fazendo uso de uma representação simbólica que possibilita a percepção imediata da natureza do dado. Caracteriza as classes em discretas e contínuas, utilizando os conceitos de campos e objetos de Goodchild [Goo92].

Uma característica interessante é a representação de múltiplas visões de uma mesma classe geográfica, tanto baseada em variações de escala, quanto nas várias formas de se perceber o objeto no mundo real. Por exemplo, uma sede de município (a zona urbana) pode ser representada por um elemento geométrico ponto, ou por um polígono fechado, dependendo da escala.

As classes básicas podem ser vistas na figura 3.4. Através desta classes são representados os três grandes grupos de dados encontrados nos SIGs: discretos, contínuos e não-espaciais. A classe "Georreferenciada" descreve os conjuntos de objetos com uma representação espacial associada à superfície da Terra, contendo as classes "Geo-campo" e "Geo-objeto", representado as visões de campos e de objetos, as quais são comumente implementadas em estruturas de dados do tipo *Raster* e *Vector*.

A classe "Geo-Objeto" ainda pode ser representada em:

- "Geo-Objeto com Geometria" que representa em formas de pontos, linhas e polígonos, como por exemplo, a localização de poços (pontos), os trechos das estradas (linhas) e os limites dos municípios (polígonos);
- e em "Geo-Objeto com Topologia" que representa os conceitos topológicos de sentido e direção, como por exemplo, um trecho de rua que seja mão única (representado por um objeto com topologia do tipo linha unidirecional) e outro trecho que seja mão dupla (linha bidirecional). Para exemplificar os nós, pode-se pensar numa rede de esgoto onde os nós seriam os equipamentos de conexão entre os tubos.

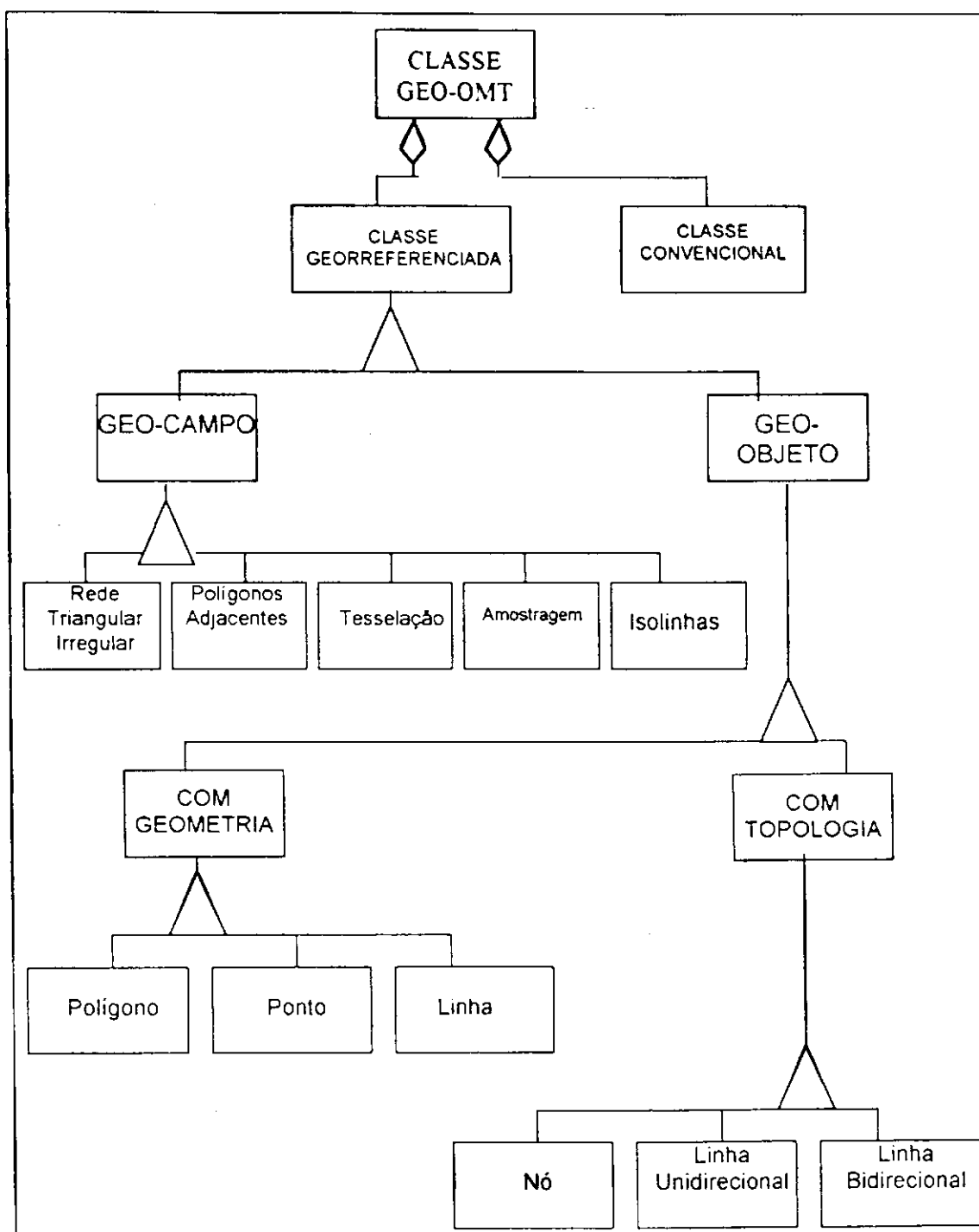


Figura 3.4: Modelo Geo-OMT. (Fonte: [Bor97])

Através da utilização de uma simbologia, pode-se identificar facilmente a qual classe básica pertence o objeto. Na figura 3.5 são apresentadas as notações gráficas das classes básicas:

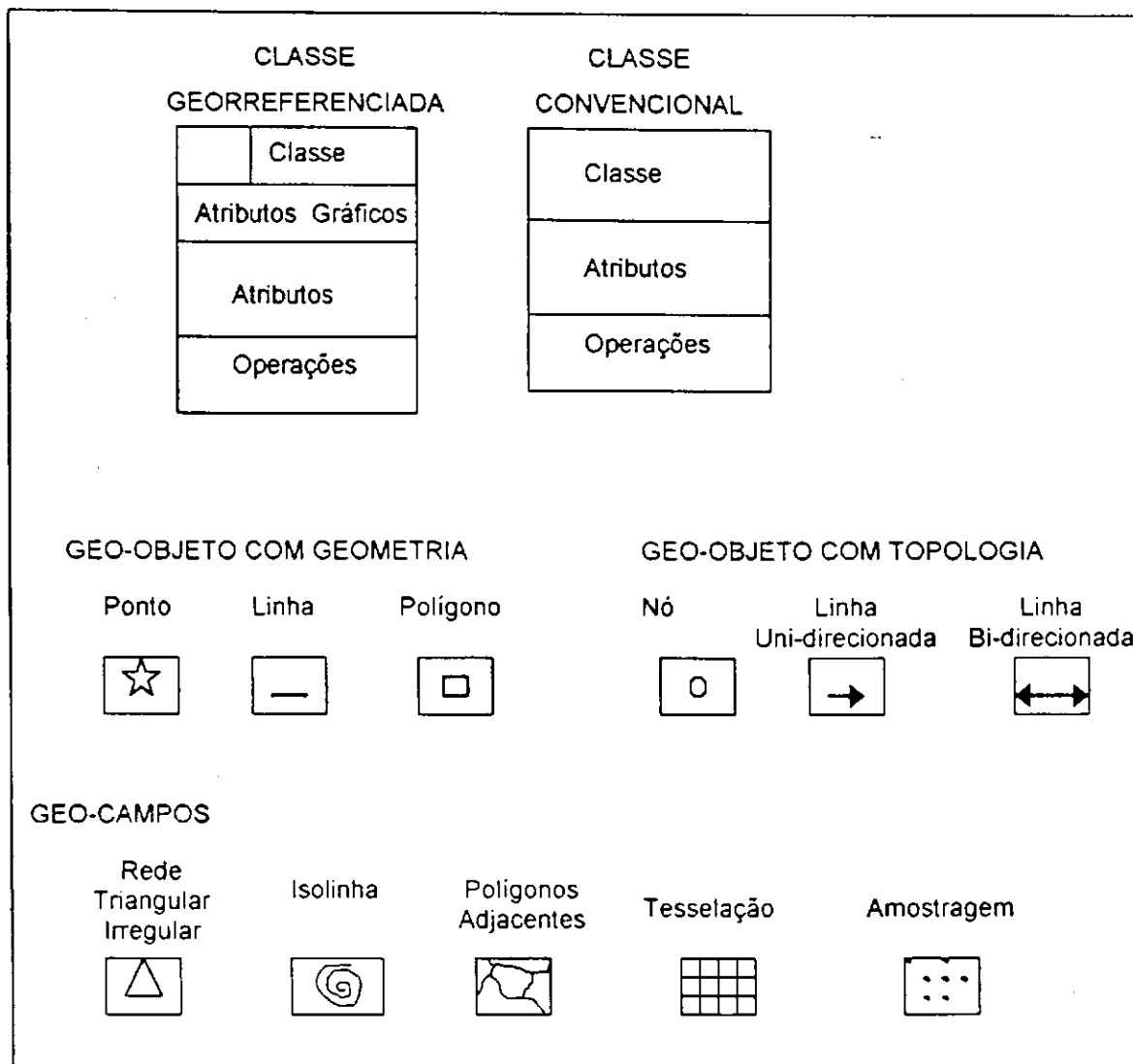


Figura 3.5: Notação Gráfica das Classes Básicas do Geo-OMT.

3.1.4. COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS

Foram apresentados três modelos conceituais para SIGs: o MGEO+, o modelo do SPRING e o Geo-OMT. Cada um com suas características peculiares, mas com o mesmo objetivo de representar uma abstração da realidade dos dados geográficos e convencionais.

Estes diferem da modelagem de dados tradicional, principalmente pelo fato da representação dos dados geográficos e dos relacionamentos espaciais.

Foram identificados os pontos principais de cada um dos modelos

(principais vantagens para escolha de um modelo) e relacionados abaixo:

- Mgeo+ - a flexibilidade na representação dos planos de informação, ou seja, um objeto geográfico não está limitado a apenas uma camada;
- SPRING – a abordagem unificada da visão de campos e de objetos, isto é, durante a modelagem a forma das estruturas de dados espaciais é abstraída;
- Geo-OMT – as múltiplas visões de uma mesma classe geográfica e a simbologia do modelo, ou seja, dependendo da percepção do usuário e do fator de escala um objeto pode ser representado por um ponto ou por um polígono, por exemplo. A representação das relações espaciais também é muito bem mostrada neste modelo.

De acordo com estes principais pontos de comparação, elegeu-se o modelo Geo-OMT para a representação dos dados do projeto-piloto (capítulo 5) e da proposta de um dicionário de dados mais detalhado (Anexo), principalmente, pela facilidade de representação da realidade.

3.2. SIGs ABERTOS

O conceito de SIGs Abertos, ou Geoprocessamento Distribuído, está intimamente ligado com o de Bancos de Dados Distribuídos, por isso, será iniciada a discussão com este tema.

3.2.1. BANCOS DE DADOS DISTRIBUÍDOS

Segundo [Dat91], um sistema distribuído é qualquer sistema que envolve múltiplas localidades conectadas em uma espécie de rede de comunicações, na qual o usuário de qualquer localidade pode acessar os dados armazenados em outro local.

Um Sistema de Banco de Dados Distribuído considera que em cada localidade exista um SGBD próprio rodando em cima de um hardware, com seu próprio Administrador de Banco de Dados, Linguagem de Definição e de Manipulação de Dados, etc.

Para as aplicações de SIGs, principalmente as que demandam muita capacidade de processamento/armazenamento, como por exemplo aplicações para recursos naturais, há a necessidade de intercâmbio de informações contidas em diferentes localidades com diferentes Sistemas de bancos de dados, voltando ao problema da interoperabilidade.

3.2.2. SIGS ABERTOS E GEOPROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO

Sistemas de Informações Geográficas Abertos representam uma evolução da solução tradicional de SIG. As aplicações que se adequam mais aos SIGs Abertos são capazes de acessar vários tipos de dados distribuídos e utilizar múltiplas ferramentas e serviços dos SIGs.

Até hoje, muito trabalho foi feito em busca da padronização de dados. Os usuários que precisam acessar os dados espaciais de outros formatos caem numa complicada tarefa de conversão de dados. A adoção de modelos de conversão de dados ajuda, mas não resolve o problema pois a cada dia surgirem novos formatos e novas versões de softwares incompatíveis com os atuais. Os desenvolvedores de aplicações normalmente acomodam modelos de dados incompatíveis por que criam ferramentas de geoprocessamento customizadas para funções específicas.

Os requisitos fundamentais para um SIG Aberto são:

- Ambiente de Aplicação Interoperável – permite ao usuário o desenvolvimento de ferramentas específicas, mas com os dados compatíveis;
- Espaço de Dados Compartilhado – um modelo de dados genérico suportando

uma variedade de aplicações geográficas e analíticas;

- *Browser de Recursos Heterogêneos* – um método para acessar e explorar a informação e os recursos analíticos através de uma rede de comunicação.

O principal esforço mundial em busca da interoperabilidade dos dados espaciais está sendo feito pelo OGC , uma aliança dos principais produtores de hardware e software para geoprocessamento, agências governamentais e instituições de pesquisa para desenvolver um conjunto de requisitos, padrões e especificações para se alcançar a interoperabilidade, conforme será visto mais adiante neste capítulo.

3.2.3. O MODELO SAIF

O Modelo SAIF é um padrão nacional canadense, desenvolvida a partir de 1989 por várias instituições como universidades, centros de pesquisa e empresas.

Trata-se de uma linguagem para modelagem e armazenamento de arquivos, baseada no modelo orientado a objetos, constando também de um ambiente de banco de dados geográficos objeto-relacional (o TerrainWorks - uma extensão do Informix) e de uma solução prática para interoperabilidade, o FME (Feature Manipulation Engine).

A Figura 3.6 a seguir mostra como o SAIF organiza entre os objetos geográficos e a tradução semântica o ORDBMS TerrainWorks para armazenamento da geometria dos objetos.

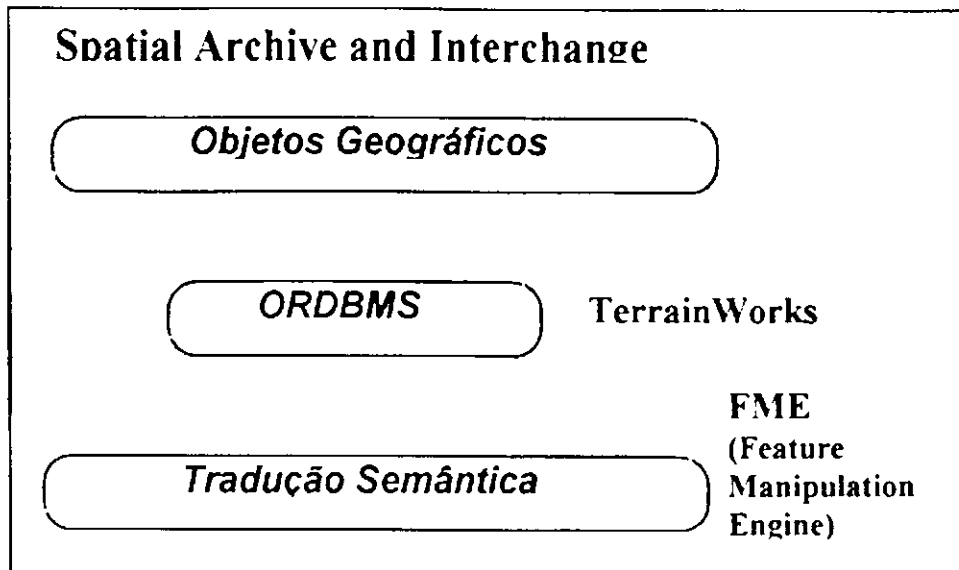


Figura 3.6: Organograma do SAIF.

O modelo SAIF, orientado a objetos, incorpora conceitos de identidade, generalização, agregação, herança, entre outros. Conceitualmente, o SAIF distingue entre representações de fenômenos do mundo real e representações do espaço e do tempo em que estes existem. Representações de fenômenos do mundo real são chamadas de objetos geográficos e podem ter diversos relacionamentos entre si. Se o espaço e o tempo forem considerados, a posição de cada fenômeno no espaço é representada por um objeto espaço-temporal.

3.2.4. O PADRÃO SDTS

O SDTS [SDTS98], padrão nacional dos Estados Unidos para transferência de dados espaciais entre sistemas de computadores especifica construtores de troca, formatos de endereçamento, estrutura e conteúdo para dados georreferenciados [MW92], está dividido em três partes, conforme pode ser visto na Figura 3.7 a seguir.

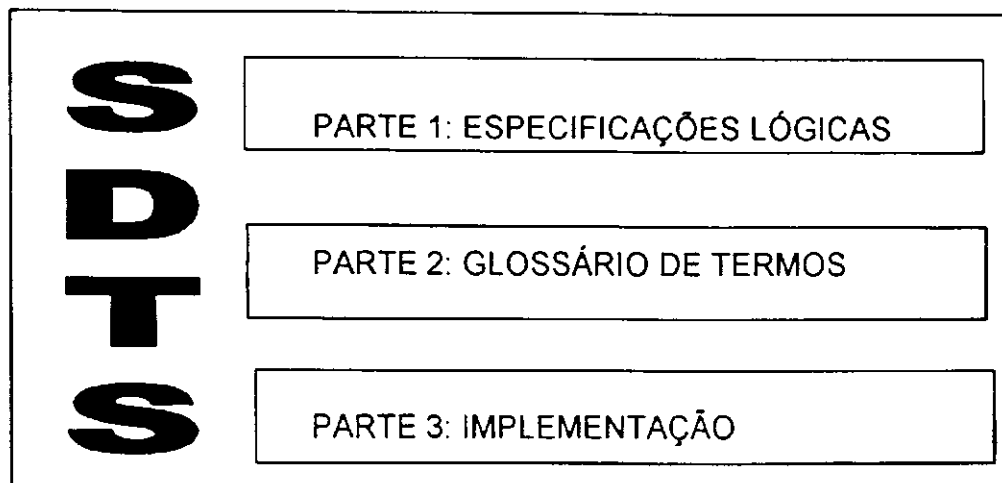


Figura 3.7: Partes do SDTS.

- A parte 1 apresenta as especificações lógicas requeridas para a transferência dos dados espaciais e possui três componentes principais: um modelo conceitual de dados, a descrição de componentes para qualidade de dados e a descrição de construtores lógicos para formatos de transferência;
- A parte 2 contém uma espécie de glossário de termos, com a definição de entidades, atributos, sinônimos e outros;
- A parte 3 especifica como implementar a parte 1, usando o padrão ISO ANSI 8211 de troca de dados.

A tradução entre um sistema de dados espaciais específico e o SDTS correspondente é feita em etapas. Inicialmente, uma visão da informação espacial é traduzida nos conceitos e termos da parte 2 e então representada como objetos espaciais, segundo definido na parte 1. Os objetos espaciais, juntamente com os atributos e metadados, são transferidos usando estruturas lógicas definidas também na parte 1. Estas estruturas são fisicamente formatadas em arquivos, segundo especificado na parte 3.

O SDTS define cerca de 13 objetos espaciais, com 0, 1 e 2 dimensões, orientados para representações em superfícies. Eles são divididos em dois grupos:

- O primeiro contém apenas objetos com geometria, sem topologia, sendo formados por pontos, segmentos de linhas dados por dois pontos, sequência de segmentos de linhas (*strings*), arcos definidos por uma expressão matemática, anéis geométricos dados por arcos e *strings* fechados, área interior, polígonos geométricos com buracos, *pixels* e células de grade;
- O segundo grupo contém objetos com geometria e topologia, tais como nós, ligações entre nós (*links*), cadeias definidas por segmentos de linhas ou arcos limitados por nós, anéis geométrico-topológico dados por uma sequência de cadeias, e polígonos geométrico-topológico. O modelo admite agregações, assim, um objeto tridimensional pode ser construído como um objeto composto a partir de dois objetos bidimensionais, segundo regras definidas.

Uma transferência de dados espaciais significa uma troca de informações sobre uma feição, ou seja, entidades do mundo real e suas representações espaciais. Para usar o SDTS, um usuário deve descrever sua visão própria da realidade cartográfica e geográfica em termos de entidades e atributos, e então relacionar as primitivas geométricas e outras representações digitais do seu sistema com os objetos espaciais do SDTS.

A especificação lógica para transferência de dados espaciais é feita através de módulos, classificados em: globais, provendo metadados, incluindo parâmetros necessários para a interpretação da transferência (por exemplo, título, data, escala e projeção); qualidade de dados (por exemplo, precisão de localização e consistência); atributos, em função do tipo do dado; objetos espaciais, seguindo o modelo conceitual; e representações gráficas, com características de apresentação.

3.2.5. O PADRÃO NTF

O desenvolvimento do NTF iniciou-se em 1985, como o padrão britânico para a transferência de dados espaciais digitais. Em 1992, o NTF foi publicado em três partes: a parte 1 trata do modelo de dados e estruturas do NTF; a parte 2 descreve a implementação na qual os dados são transferidos no formato ASCII; e a parte 3 descreve a implementação do NTF usando o padrão ISO 8211.

A Figura 3.8 a seguir mostra a estrutura do padrão NTF.

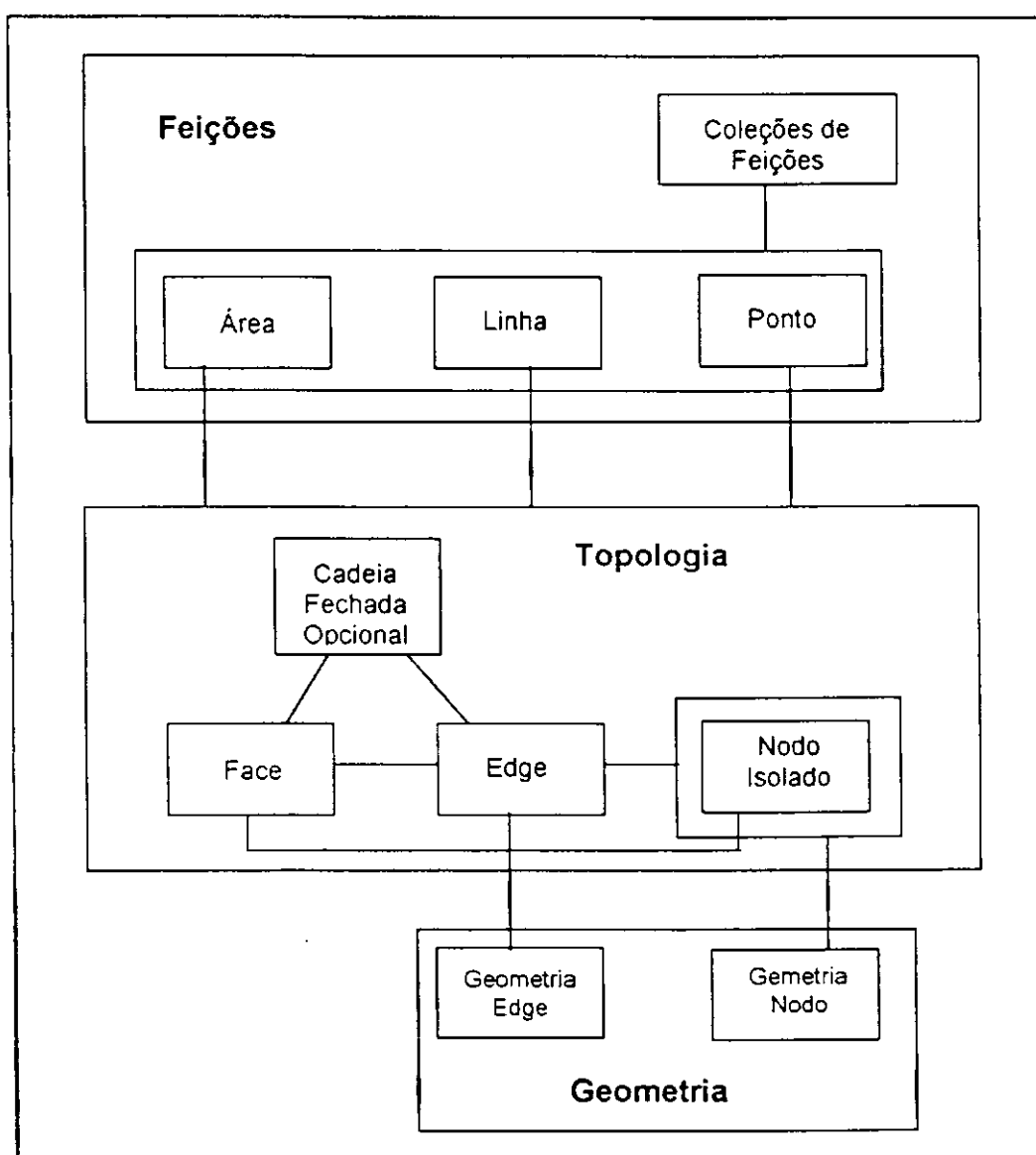


Figura 3.8: Modelo de Dados do NTF – Nível 4.

Este padrão não é explicitamente orientado a objetos e a forma mais abstrata de representação é a feição, a qual pode ser composta de feições simples ou coleções de feições. O NTF suporta cinco níveis de modelagem, variando de dados do tipo espagete (forma vetorial sem topologia) no nível 1 até dados com topologia completa no nível 4.

3.2.6. COMPARAÇÃO ENTRE OS PADRÕES

Cada padrão de intercâmbio demonstrado segue as orientações das agências governamentais de cada país (SAIF – Canadá; SDTS – Estados Unidos; NTF – Reino Unido). Deste modo, cada um visa prover a interoperabilidade entre os dados geográficos (padrões proprietários) dos fabricantes de software de SIG (ver Figura 3.9 abaixo).

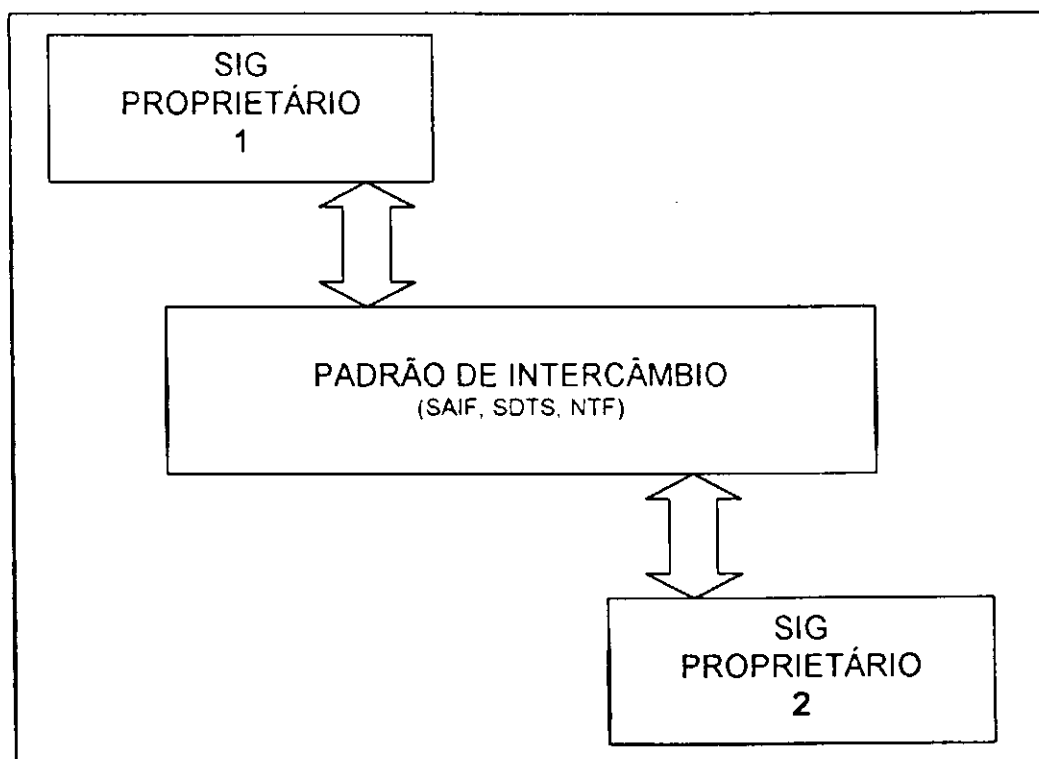


Figura 3.9: Interoperabilidade com os padrões de intercâmbio.

De acordo com a bibliografia pesquisada, o modelo SAIF é o que está mais adiantado em termos de interação com o padrão OpenGIS (item 3.3). Apesar disto, o padrão SDTS, provavelmente por que os principais produtos de software de SIG sejam americanos, é o que está mais difundido no âmbito do mercado.

O padrão NTF apresenta um conjunto de níveis de modelagem que complicam o seu entendimento geral e, conseqüentemente, a sua aceitação no mercado.

Esta questão do mercado serviu como parâmetro de comparação, pois trata-se de um ponto crucial para o sucesso esperado (em termos de aceitação) pelo OGC e o padrão OpenGIS, que é mostrado no item a seguir.

3.3. O PADRÃO OPENGIS

3.3.1. DESCRIÇÃO GERAL

O Consórcio *OpenGIS* – OGC, formado em 1994, é composto por mais de 100 integrantes, desde fabricantes de software, universidades, institutos de pesquisas, até órgãos governamentais, com o intuito de integrar todos os setores competentes visando a interoperabilidade dos softwares de geoprocessamento.

Segundo [BM98], a missão do OGC é:

- Envolver os desenvolvedores e usuários de recursos de informações geográficas do mundo inteiro em um desenvolvimento cooperativo de especificações de tecnologias de geoprocessamento interoperável, certificando os produtos interoperáveis;
- Sincronizar a tecnologia de geoprocessamento com os padrões emergentes de tecnologia de informação baseados em sistemas abertos, geoprocessamento distribuído, e ambientes baseados em componentes;

- Promover o geoprocessamento distribuído para uma larga faixa de comunidades de usuários;
- Prover um fórum industrial que promova iniciativas de desenvolvimento de negócios cooperativos relacionados com geoprocessamento distribuído.

O projeto *Open GeoData Interoperability Specification* (OGIS) é uma tentativa do Consórcio *OpenGIS* para o desenvolvimento de uma arquitetura orientada a objeto para acessar os dados espaciais, independente da estrutura de dados e dos formatos de arquivos usados. Do ponto de vista do usuário, permite o acesso a dados espaciais em locais remotos, não importando qual o formato. Do ponto de vista do desenvolvedor, um conjunto de serviços via rede para identificar, interpretar e representar um conjunto de dados de um servidor de dados espaciais para um cliente de geoprocessamento.

A Especificação *OpenGIS* define:

1. O Modelo Aberto de Geodados (OGM): um conjunto de tipos básicos de informação geográfica para modelar as necessidades de geodados de aplicações mais específicas, usando método de orientação a objeto e/ou método de programação convencional;
2. Os Serviços *OpenGIS* (OGS): um conjunto de serviços necessários para: acessar e processar os tipos definidos no OGM; prover capacidade de compartilhamento de geodados entre comunidades de usuários que utilizam um conjunto comum de definições de feições geográficas e capacidade de tradução para os que não utilizam;
3. Um Modelo de Comunidades de Informação que empregam o OGM e o OGS visando o compartilhamento e o intercâmbio de geodados entre diferentes comunidades.

3.3.2. O MODELO ESSENCIAL

Nove níveis de abstração são identificados, com oito interfaces entre elas. Os níveis de abstração, seus nomes, as linguagem utilizadas, suas interfaces e os métodos que suportam a navegação através da interface são todos apresentados na Figura 3.10.

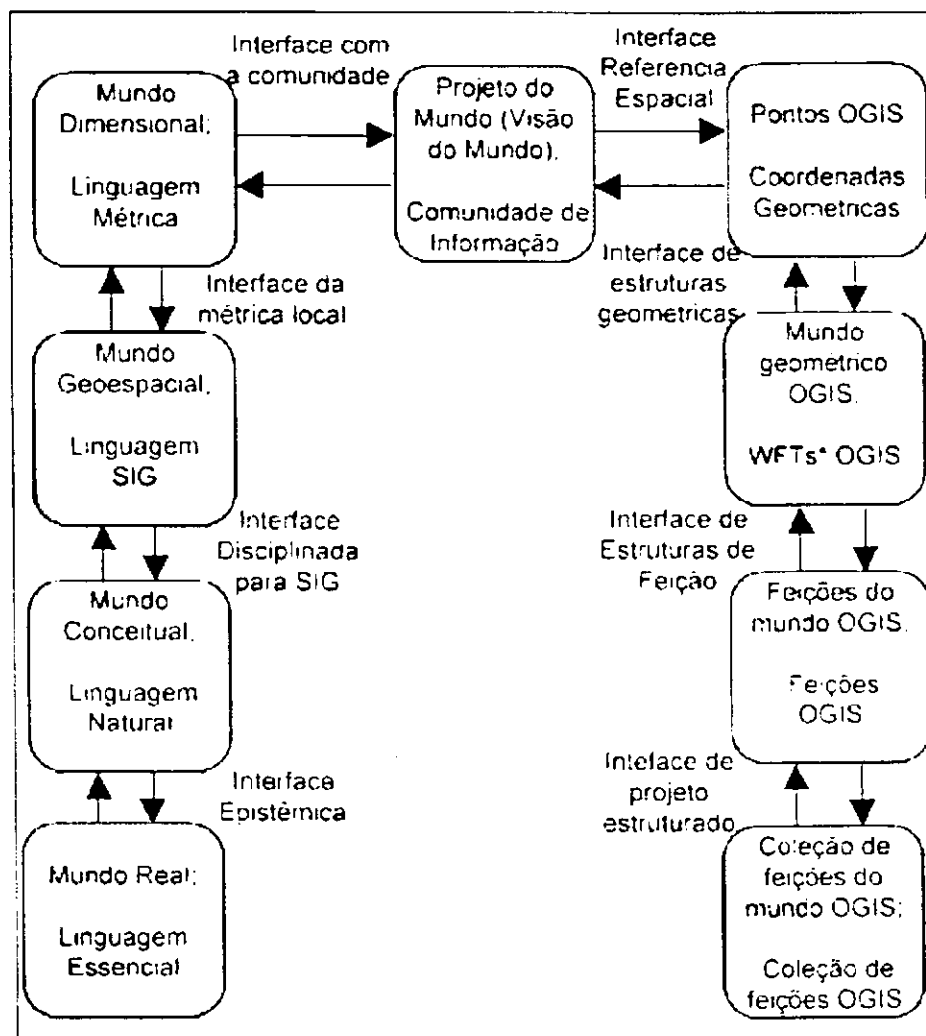


Fig. 3.10: Os nove níveis de abstração definidos pelo OGIS. (Fonte: [Tho98])

Os cinco primeiros níveis de abstração, do nível do "mundo real" para o nível de "visão do mundo", objetivam gerar a abstração dos fatos do mundo real e não são diretamente implementados em um software. Os quatro últimos níveis, do nível "pontos do OGIS" até o nível "coleções de feições do mundo OGIS",

visam gerar modelos matemáticos e simbólicos do mundo e são diretamente implementáveis no software. Assim, o modelo essencial gerado ao final dos quatro últimos níveis dá uma especificação abstrata para as suas implementações. O nível final é a abstração da realidade especificada em uma linguagem de coleções de feições OGIS.

Os nove níveis de abstração do modelo essencial:

1. Mundo real – os objetos como eles realmente são na sua localização da superfície da Terra, utilizando-se uma linguagem do usuário;
2. Mundo conceitual – uma representação intermediária entre os objetos do mundo real e o mundo geoespacial;
3. Mundo geoespacial - um mundo de mapas e de SIGs, no qual são selecionadas coisas específicas do mundo conceitual para representar de maneira simbólica e abstrata em forma de mapas e geodados;
4. Mundo dimensional - mundo dimensional com a acurácia geométrica e posicional;
5. Mundo de projeto - um pedaço selecionado do mundo dimensional, onde se encontram as comunidades de informação;
6. Pontos *Opengis* – estabelece como os pontos são definidos geometricamente;
7. Geometria *Opengis* - como a geometria (pontos, linhas, polígonos, etc.) é construída a partir dos pontos *Opengis*;
8. Feição *Opengis* - como as feições são construídas a partir de geometrias, atributos e de um sistema de referência espacial;
9. Coleção de feições *Opengis* – composição de feições *Opengis*.

3.3.3. ESPECIFICAÇÃO ABSTRATA

As especificações OpenGIS de Implementação dão instruções para desenvolvedores de software construírem um produto compatível com outros produtos escritos a partir destas especificações. Algumas versões iniciais das especificações abstrata OpenGIS estão sendo disponibilizadas em etapas, incluindo as especificações para as várias plataformas de computação distribuída (DCP), como CORBA, DCOM e DCE.

- DCE (*Distributed Computing Environment*) da OSF (*Open Software Foundation*);
- e outros.

Esta especificação abstrata representa o esforço do comitê técnico do OGC, com o objetivo de resolver os atuais problemas críticos de compartilhamento de geodados e de passar os atuais ambientes de processamento monolítico e de bancos de dados proprietários para um ambiente de computação distribuída e baseado em componentes.

3.3.4. COMUNIDADE DE INFORMAÇÃO GEO-ESPACIAL

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

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

- ignorância da existência da informação fora de sua comunidade;
- modelagem do fenômeno sem interesse mútuo;
- modelagem do mesmo fenômeno em duas representações diferentes.

comunidades diferentes, fazendo com que uma representação não reconheça a outra e vice-versa.

A especificação OGC visa superar estas limitações. O OGC capacita as comunidades de informação a articular seus domínios de interesse, ao fornecer duas novas tecnologias que objetivam anunciar sua existência e suas informações para que estas outras comunidades possam descobri-las e acessá-las, sempre que exista o interesse de compartilhar informações; e preservar a semântica quando ocorre a transferência de dados de uma comunidade para outra.

A aplicação e o amadurecimento da tecnologia OGIS deverão resultar no crescimento do tamanho e formalismo da comunidade, além de incrementar a disponibilidade de informações. Esta tendência pode ser acompanhada com uma redução gradual do número de comunidades distintas, à medida que estas apliquem o padrão OGIS.

Existem duas tecnologias fundamentais para modelar fatos do mundo real: feições com geometria (*features*) e *coverage*.

Feição é definida na documentação do OGIS como sendo uma representação abstrata do mundo real, ou seja, o átomo da representação geográfica. Este conceito geral é especificado e adotado pelo OGIS somente dentro do contexto da Comunidade de Informação Geoespacial e será apresentado a seguir.

A feição OGIS é compreendida pela comunidade como sendo uma classe abstrata sobre a qual se derivam duas subclasses principais responsáveis pela sua representação: feição com geometria e *coverage*.

Informação geo-espacial é qualquer coisa que pode ser aprendida olhando em um mapa, não em qualquer mapa, mas em mapas novos, criativos, e com anotações. Um mapa pode ser interpretado como uma metáfora do mundo real. Uma imagem de satélite é aceita por esta comunidade como um tipo de mapa,

bem como as coleções estruturadas de exemplos de fenômenos da Terra.

A unidade básica da informação geo-espacial é chamada de feição. Feições podem ser definidas recursivamente como variações delas próprias. Por exemplo, dependendo da aplicação ou interesse da informação, qualquer item a seguir pode ser uma feição:

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

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

Uma feição pode ser composta por outras feições. Uma feição pode ser derivada de um tipo principal de feição. Uma feição deve ser instanciada de um tipo, quando solicitada por um cliente OPENGIS e enviada a ele em um formato "bem conhecido" (*Well-Known Type*). O termo "bem conhecido" neste contexto significa: definido usando significados compreendidos pelos clientes OPENGIS. Isto pode ser definido explicitamente em uma especificação de implementação, mas provavelmente alguns significados são disponíveis pela tecnologia de distribuição que será utilizada (ex.: SQL, CORBA, DCOM).

ATRIBUTOS DE FEIÇÕES - A uma feição são associados atributos. Cada

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

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

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

PERSISTÊNCIA DE FEIÇÕES - Uma feição é geralmente persistente. Um consenso sobre o conceito de persistência está ainda em amadurecimento no OPENGIS. Esta é uma área onde serão necessários trabalhos futuros.

INSTÂNCIA DE FEIÇÕES - Uma feição pode ser referenciada como uma instância de feição.

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

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

No entanto, o mundo real, em alguns casos, é visto como uma coleção de feições que necessitam ser modeladas. Este mundo real inclui projetos com limites bem definidos e feições que atendam certos critérios; produtos provenientes de agências governamentais; bancos de dados de SIG; e

persistência e não persistência de coleções de feições presentes em um espaço de trabalho de um SIG.

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

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

FEIÇÃO COM GEOMETRIA - Feição com geometria é uma forma de representação dos fenômenos geográficos que ocorrem na Terra. Estes fenômenos geográficos, também denominados de feições geográficas, estão posicionados no mundo real em um sistema de coordenadas da Terra. A representação destes fenômenos no SIG se dará pelo "mapeamento" do seu posicionamento no sistema de coordenadas adotado. A Figura 3.11 ilustra a idéia.

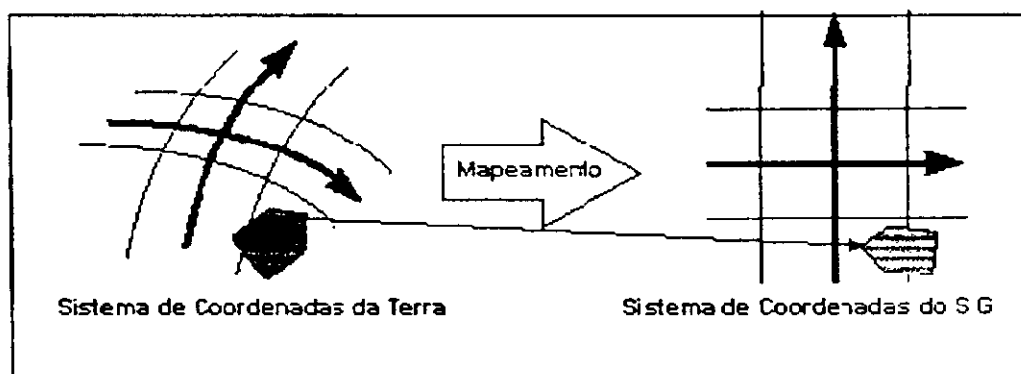


Fig. 3.11: Uma forma de representação de feições geográficas.

As feições geográficas são compostas por informações que as posicionam em coordenadas relativas da Terra, ou relativas a algum outro sistema. A técnica mais comum para representar o posicionamento e a forma de uma feição geográfica é a geometria. Portanto, estas feições geográficas são vistas como um ponto, um polígono ou alguma outra representação geométrica. Os SIGs fornecem tecnologia para a representação destas geometrias no seu sistema de coordenadas.

GEOMETRIA - é a combinação de coordenadas geométricas e um sistema de referência. As coordenadas geométricas consistem de quatro itens:

- 1) Uma sequência de coordenadas (pontos), todas provenientes de um mesmo sistema de referência.
- 2) Uma coleção de geometrias, todas provenientes de um mesmo sistema de referência.
- 3) Um algoritmo de interpretação que usa estas geometrias e coordenadas para construir uma entidade geométrica que define uma geometria no tempo e no espaço. Uma entidade geométrica pode ser composta de outras entidades geométricas, e uma entidade geométrica pode ser compartilhada, como componente, por outras entidades.
- 4) Um sistema de referência espaço-temporal para dar à geometria uma melhor interpretação do mundo real.

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

Uma coverage é projetada para representar uma única feição ou um conjunto de feições. Por exemplo, uma coverage pode ter um domínio espacial que contenha um único município ou um único país ou como uma coleção de feições (coleção de municípios).

Finalmente, pode-se concluir que ainda existem muitos pontos a serem consolidados e que qualquer interpretação desta especificação pode ser considerada uma "aproximação". [Tho98] propõe um modelo semântico orientado por objetos que, segundo o autor, mais se aproxima ao estágio atual da especificação OPEN GIS. A Figura 3.12 apresenta este modelo.

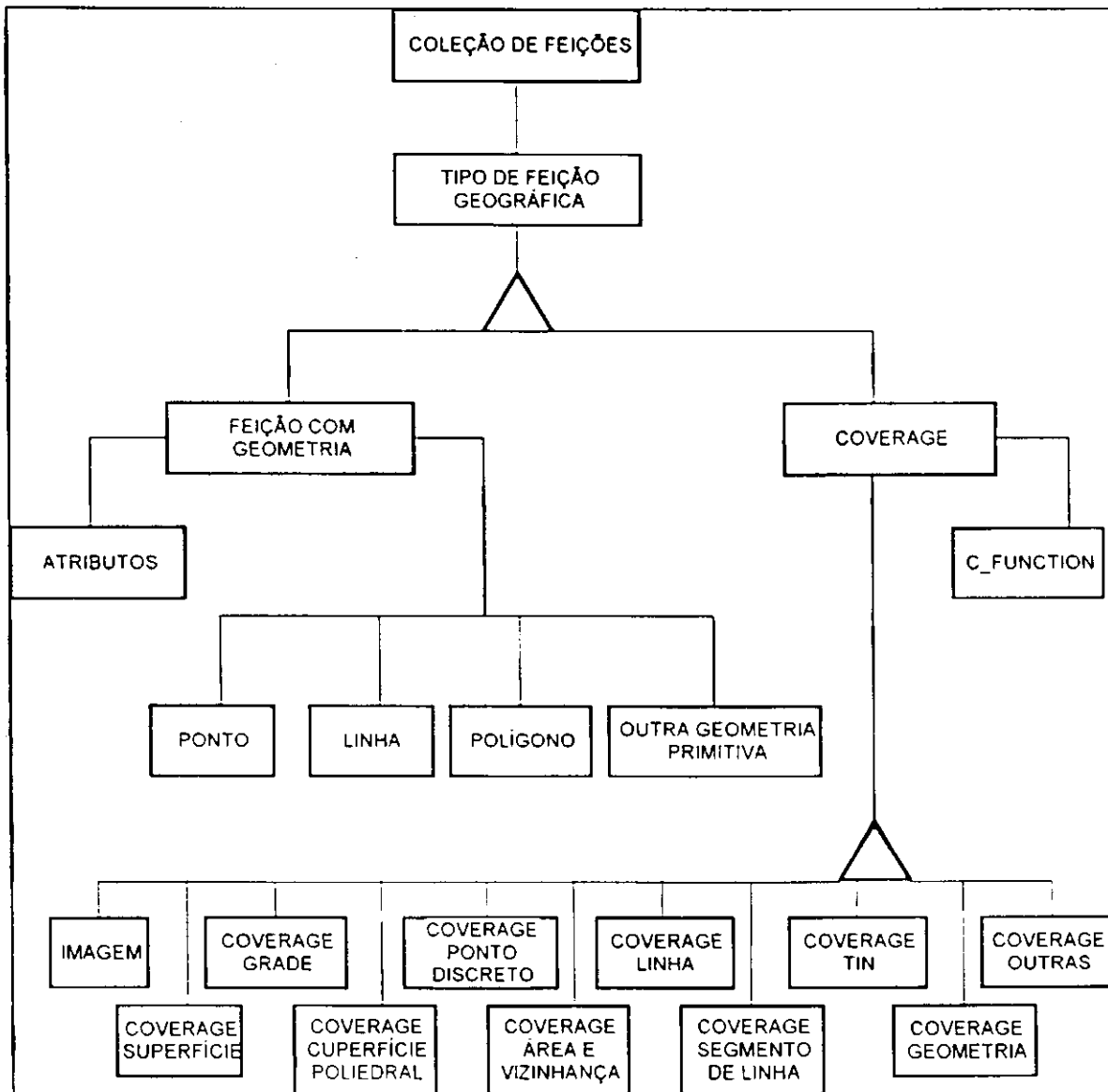


Fig. 3.12 - Modelo semântico da especificação OPEN GIS.

3.4. NECESSIDADES DE EFICIÊNCIA NA TRANSMISSÃO, PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO

Um dos grandes problemas para se alcançar a interoperabilidade dos dados espaciais, levando-se em conta que será necessário um grande tráfego através de canais de comunicação como redes de computadores locais e até globais, é quanto ao desempenho nas fases de transmissão, processamento e armazenamento [AB98a, AB98b].

Em geral, o volume dos dados espaciais, como por exemplo, uma imagem de satélite, é razoavelmente grande. Aplicações urbanas, por exemplo, de uma cidade de médio porte, com mais de 50 níveis de informação (planos, camadas, layers), já dificulta o desempenho geral do sistema.

3.4.1. CODESIGN

A maioria dos sistemas digitais consiste de um componente de *hardware* e de um programa que executa nesta plataforma. Obviamente, um sistema pode desenvolver um melhor desempenho quando sintoniza-se o *hardware* para suas aplicações de *software* e vice-versa. As atuais novas arquiteturas e o uso cada vez mais intenso de ferramentas de projeto auxiliado por computador (CAD) têm criado novas oportunidades para encontrar soluções baseadas no projeto concorrente de hardware e software (*codesign*). Este levantamento de dados enfatiza este assunto, considera diferentes arquiteturas e seus usos, e reporta ao *status* das ferramentas de CAD *Codesign*, com referência particular para simulação e síntese [Gio94].

Três desenvolvimentos recentes estimularam novos interesses na área:

- os sistemas de computação de hoje deliberam um crescente alto desempenho para usuários finais. Isto pode requerer suporte de arquitetura para sistemas operacionais ou características de hardware particulares para executarem

softwares de aplicação específica. Ao mesmo tempo, considerações sobre custos têm explorado a reprogramabilidade do componente de hardware para suportar a evolução do produto;

- as novas arquiteturas baseadas em circuitos integrados programáveis do tipo FPGA (Field Programmable Gate Array) podem acelerar a execução de computações específicas ou emular, recursivamente, sistemas dedicados de hardware ([Bar94] e [Bar96]). Configurando e executando programas nestas arquiteturas aproveita-se a sinergia entre o hardware e o software.
- o recente progresso em ferramentas de síntese e de simulação para circuitos de *hardware* tem reforçado o caminho para a integração de ambientes CAD para o projeto concorrente de *hardware-software*.

3.4.2. O USO DE CODESIGN EM SIGs

As áreas mais apropriadas para o uso de *codesign* em SIGs e representação tridimensional de informação georreferenciada são as de Processamento Digital de Imagens (PDI) e Modelagem Numérica de Terreno (MNT), devido, principalmente, ao grande volume de dados que representa e, além disto, já existir uma série de pesquisas referentes ao tema. Entre estas pesquisas, o desenvolvimento de algoritmos para PDI visando o uso de *codesign* [Bar94].

O problema da eficiência na Transmissão, Processamento e Armazenamento de informação georreferenciada é comprovadamente resolvido com o uso de algoritmos paralelos e do projeto concorrente de hardware e software [Hea+98]. Estudos para a padronização desta solução nos moldes do consórcio *OpenGIS* estão sendo desenvolvidos [Wor95].

Maiores detalhes sobre o uso de Codesign para SIGs se encontram na referência [Que98], que mostra uma abordagem de filtros espaciais de alto

desempenho para imagens em SIGs.

3.4.3. COMENTÁRIOS

Neste capítulo foram apresentados diversos pontos sobre as tentativas de padronização em SIGs. Primeiramente, a nível de modelagem de dados geográficos orientada a objetos, que está se tornando o padrão de modelagem por permitir refletir melhor a situação dos dados geográficos no mundo real. Vale ressaltar que estes são modelos conceituais e não modelos de implementação.

No que diz respeito a padrões de intercâmbio de dados geográficos, foram apresentados três modelos: o SAIF (Canadense), o SDTS (Americano) e o NTF (Britânico). Isto mostra a preocupação que se tem nestes países de desenvolver formas de se trocar informações espaciais, criando um ambiente interoperável independente da plataforma de implementação. Uma pergunta que pode ser feita é porque nenhum destes modelos se tornou o padrão mundial? Um dos principais motivos, além das limitações específicas no plano técnico são:

- a) cada modelo ou foi proposto, ou teve grande participação de uma entidade governamental de cada país (eles foram criados para ser padrões nacionais);
- b) a indústria de software não participou diretamente do desenvolvimento.

Neste último ponto é que ganha força o Consórcio OpenGIS, pois é formado tanto por produtores de software, fabricantes de hardware, instituições de pesquisa e entidades governamentais (principalmente aquelas que já desenvolveram os padrões nacionais).

Torna-se igualmente evidente a demanda por eficiência computacional dos SIGs, em decorrência da disponibilização de imagens de alta resolução e, particularmente, pelo uso da Internet como alternativa de baixo custo como infraestrutura de comunicação de SIGs Distribuídos. Esta eficiência está sendo

buscada e/ou adaptada a partir de soluções de algoritmos paralelos e novas tecnologias de implementação física, desenvolvida em aplicações militares e de automação industrial de Processamento Digital de Imagens.

O padrão OpenGIS, que está em fase de desenvolvimento, está tentando reunir esforços para que a grande heterogeneidade dos produtos de software de SIGs possam conversar entre si e, além disso, que as instituições possam trocar informações espaciais entre si, através de um embrião de uma proposta de Comunidade de Informação Geoespacial, que trata também da padronização dos procedimentos organizacionais, visando uma interoperabilidade organizacional das instituições.

CAPÍTULO 4

PROPOSTA DE UMA COOPERATIVA DE DADOS GEOGRÁFICOS

Para a especificação e o desenvolvimento de um protótipo de um Projeto-Piloto de um SDIG é necessário, inicialmente, mostrar toda a infraestrutura existente (de comunicação, de hardware e software, etc.) para a efetivação deste projeto. Além desta infraestrutura, faz-se necessária uma discussão sobre a questão da propriedade dos geodados. No final do capítulo é proposta uma solução de uma Cooperativa de Dados Geográficos [Cam+96] para o Estado da Paraíba, fazendo-se uma analogia com a solução do OGC – as Comunidades de Informação Geoespacial.

4.1. INFRAESTRUTURA

Neste item são mostradas as infraestruturas existentes de comunicação, de hardware e software, os dados existentes; os recursos humanos e institucionais. Toda esta infraestrutura servirá de base para algumas propostas que são lançadas no Plano Diretor do SDIG-PB (capítulo 5).

4.1.1. INFRAESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO

Liderado pelo Núcleo Setorial de Informática (NSI) da Secretaria de Planejamento (SEPLAN) e pela Companhia de Processamento de Dados da Paraíba (CODATA), o projeto INTRANET-PB servirá para dar a infraestrutura de comunicação de dados a esta pesquisa.

O projeto de implantação de uma grande rede interna de informações do governo do estado tem como principais objetivos:

- Permitir a interligação de todos os órgãos que compõem o Sistema Estadual de Informática, através de um protocolo padrão de comunicação, independente da estrutura computacional existente em cada um;
- Possibilitar o acesso e divulgação das informações geradas pelo estado para os órgãos e para a sociedade, através de uma ferramenta universal (*browser*

Provedor da CODATA (em João Pessoa);

2. Implantação do Backbone de Fibra Ótica no Centro Administrativo- através dos blocos de edifícios dentro do Centro Administrativo, será utilizado o cabeamento de fibra ótica;
3. Interligação dos Órgãos - através de acesso discado ou acesso dedicado, todos os órgãos estaduais terão acesso a Internet.

Paralelamente a estas atividades, a instalação de mecanismos de segurança (*firewall*) e outras atividades como treinamento dos usuários estão sendo executadas.

Outro ponto importante é o incentivo das instituições responsáveis para que todos órgãos estaduais coloquem aplicações na rede, como uma forma de justificar e de aumentar o investimento na qualidade dos produtos.

4.1.2. DADOS GEOGRÁFICOS EXISTENTES

Plano Diretor de Recursos Hídricos

De acordo com a Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, e com a Lei Estadual nº 6.308, de 2 de Julho de 1996, que instituem as políticas nacional e estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, definem os Planos Estaduais de Recursos Hídricos como instrumentos principais de execução das propostas da legislação vigente.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba é um projeto que tem como objetivo principal identificar o potencial hídrico atual em termos quantitativos e qualitativos, assim como as necessidades futuras. Este plano é

- ♦ Proposição de uma linha de ação contemplando aspectos institucionais, jurídicos e financeiros para a Gestão dos Recursos Hídricos.

Os usos da água contemplados no PDRH são o abastecimento humano, o abastecimento de animais (rebanhos), o suprimento para indústrias e a irrigação, muito embora a piscicultura, o lazer, a recreação e a navegação sejam atividades complementares desejáveis pelo seu caráter econômico-social significativo

O alcance do PDRH -PB abrangerá os horizontes de planejamento para os anos de 2000, 2010 e 2020. O espaço físico de abordagem é a bacia hidrográfica como unidade básica de estudo e referência. No entanto, o espaço geográfico municipal como unidade de referência para inventário e inferências estatísticas de elementos geradores de demandas, também é considerado, ajustando-se para isso os condicionantes hidrológicos.

Base Cartográfica do Estado da Paraíba

O Governo do Estado da Paraíba tem como base para estudos as seguintes cartas topográficas demonstradas na Figura 4.2. a seguir. A geração das cartas foi realizada pela SUDENE e pela Divisão do Serviço Geográfico do Ministério do Exército em um levantamento plani-altimétrico em meados de 1968 a 1973. Em 1996, foi realizado um serviço contratado pelo Governo do Estado para a digitalização de algumas cartas, através de um convênio firmado entre a Secretaria de Planejamento e a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba, que passaram a ser disponibilizadas em meio digital, aumentando assim as possibilidades de análises e estudos promovidos pelo advento da Cartografia Digital e do Geoprocessamento.

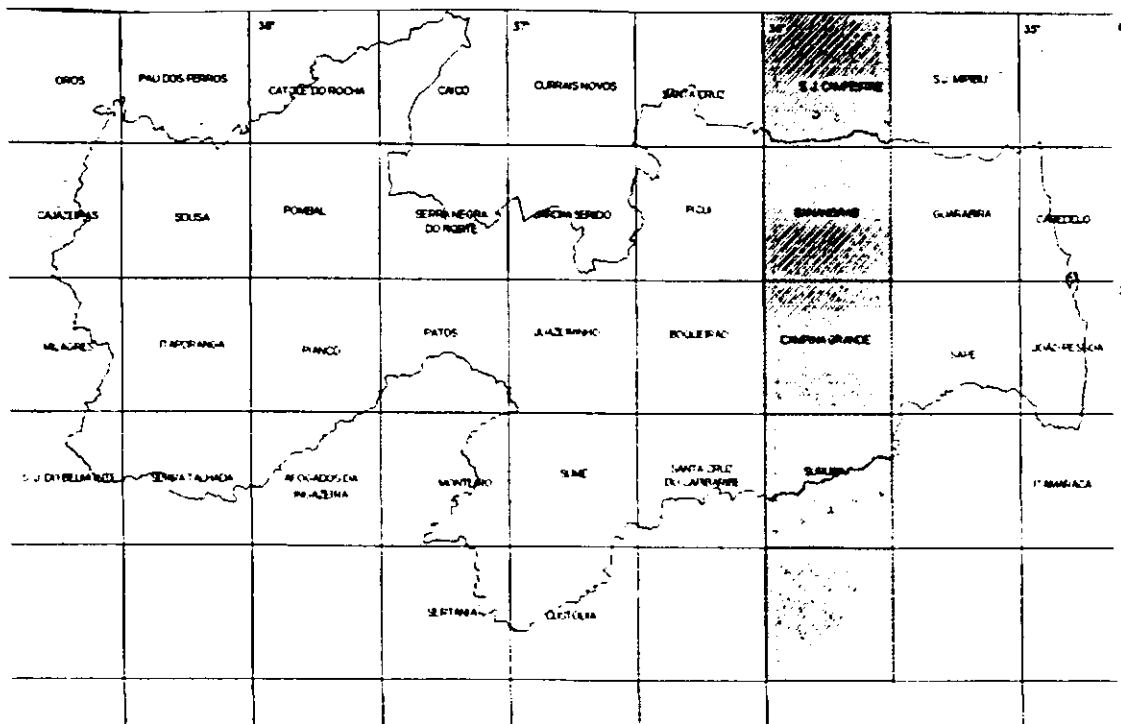


Figura 4.2: Base Cartográfica da Paraíba (1:100.000).

4.1.3. HARDWARE E SOFTWARE

Não há, atualmente, um levantamento detalhado da infraestrutura de hardware e software existente nos órgãos do estado (esta será uma das propostas do plano diretor do SDIG), principalmente no que diz respeito à área de geoprocessamento, na qual se incluem equipamentos como: GPS, mesas digitalizadoras, plotters e scanners de grande formato. Da mesma forma, programas como: SIGs *Desktop Mapping*, CAD, Software para Tratamento de Imagens e Softwares Topográficos.

Algumas secretarias possuem mesa digitalizadora e plotter (na sua maioria, sem uso), mas apenas uma dispõe de um scanner tamanho A0.

A base conhecida de software é dividida entre as soluções:

- AutoCAD e MicroStation para softwares de CAD;
- MapInfo e ArcView para Desktop Mapping.

4.1.4. RECURSOS HUMANOS E INSTITUCIONAIS

Um dos problemas principais dos Recursos Humanos está na escassez de mão-de-obra especializada em geoprocessamento, resumindo-se a apenas alguns técnicos e alguns analistas de sistemas da CODATA. Além disto, estes técnicos trabalham em diferentes órgãos, sem a devida integração, resultando às vezes em trabalho redundante.

Porém, pior do que a escassez de mão-de-obra especializada é a falta de conhecimento por parte dos técnicos e dirigentes. Os secretários, presidentes de órgãos e diretores precisam ser treinados, ou melhor, tomar conhecimento da existência de uma ferramenta de apoio ao planejamento e à tomada de decisão. No entanto, os técnicos, primordialmente, devem não só tomar conhecimento, como também aprender a operar os sistemas de informação geográfica, para que eles mesmos convençam os dirigentes da necessidade de se trabalhar com dados geográficos.

4.2. A PROPRIEDADE DOS GEODADOS

A informação é um recurso cada vez mais valorizado. No caso da informação georreferenciada isto é mais importante ainda devido ao valor agregado gerado pelos dados topológicos associados a cada informação. No caso dos sistemas de informação georreferenciada, o setor público (universidades, instituições de pesquisa, instituições governamentais, etc.) é um dos grandes produtores de informação. Se a informação tem valor comercial, o setor público ou outra instituição detentora da mesma tem um produto. Este fato induz as seguintes questões [Fer97]:.

- Compensa comercializá-lo?
- O setor privado pode ganhar algo com isso?
- Que tipos de acesso podem ser fornecidos?
- Quais os produtos?
- Como definir os preços?
- Qual a melhor estratégia de distribuição?

4.2.1. POLÍTICAS DE ACESSO, DE PREÇOS E DE DISTRIBUIÇÃO

As alternativas básicas de política de acesso são definidas pelo que o cliente pode fazer com os dados que adquire. Entre elas destacam-se as seguintes:

- Cópia digital para uso próprio - Uso próprio indica que não haverá redistribuição ou revenda. Uma empresa qualquer pode obter uma cópia dos dados que lhe interessam para auxiliar no desempenho de suas próprias atividades. Além de não poder fornecer acesso, não é permitido revender a cópia adquirida, partes desta, ou ainda combinações dos dados originalmente adquiridos com dados de outras fontes.
- Consultas para uso próprio - Neste caso, o cliente não obtém uma cópia da base de dados. O cliente pode interagir diretamente com o sistema através de um terminal local ou através de uma conexão remota (um Sistema Distribuído). O cliente pode, ainda, encomendar uma consulta. Neste caso, ele estará adquirindo um serviço: alguém interage com o sistema, consulta os dados necessários, obtém o resultado desejado e o repassa ao cliente. O resultado de consultas por encomenda, ou consultas *ad hoc*, podem ser relatórios ou mapas fornecidos em papel ou meio digital.

e para o fornecimento de desenhos elaborados com base em tais arquivos” .

4.2.3. DIFICULDADES LEGAIS E POLÍTICAS

Para o Estado poder investir na comercialização de dados, deve proteger seu investimento, se precavendo quanto a cópias ilegais, quanto a processos para reparação de perdas e danos, e evitando outras dificuldades legais e políticas. É difícil argumentar que o contorno de uma bacia hidrográfica, os limites de uma município, ou uma curva de nível, em um mapa, são propriedades do Estado.

A lei dos direitos autorais (*copyright*) é a base para a proteção de obras literárias, artísticas, musicais, e também para a proteção de software.

Nos Estados Unidos a justiça considera que *copyright* protege a expressão criativa e original de idéias ou fatos, mas não protege as idéias ou os fatos em si. Se uma base de dados é uma compilação de fatos, a compilação sim, sendo criativa e original, pode ser protegida; os fatos em si, não.

4.3. UMA COOPERATIVA DE DADOS GEOGRÁFICOS PARA A PARAÍBA

De acordo como o que foi exposto no capítulo 2, esta é uma proposta de uma Cooperativa de Dados Geográficos para a Paraíba, nos moldes da proposta de Câmara [Cam+96], adicionando-se algumas características inerentes das Comunidades de Informação Geoespacial, expostas no capítulo 3.

Cada Secretaria de Governo funcionaria como um Centro de Dados Geográficos, utilizando a infraestrutura da Intranet-PB para a comunicação. A Figura 4.3 mostra o esquema de uma Cooperativa formada pelas seguintes

Secretarias: Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), Planejamento (SEPLAN), Administração (SEADM), Agricultura (SAIA), Educação (SEC) e Saúde (SES).

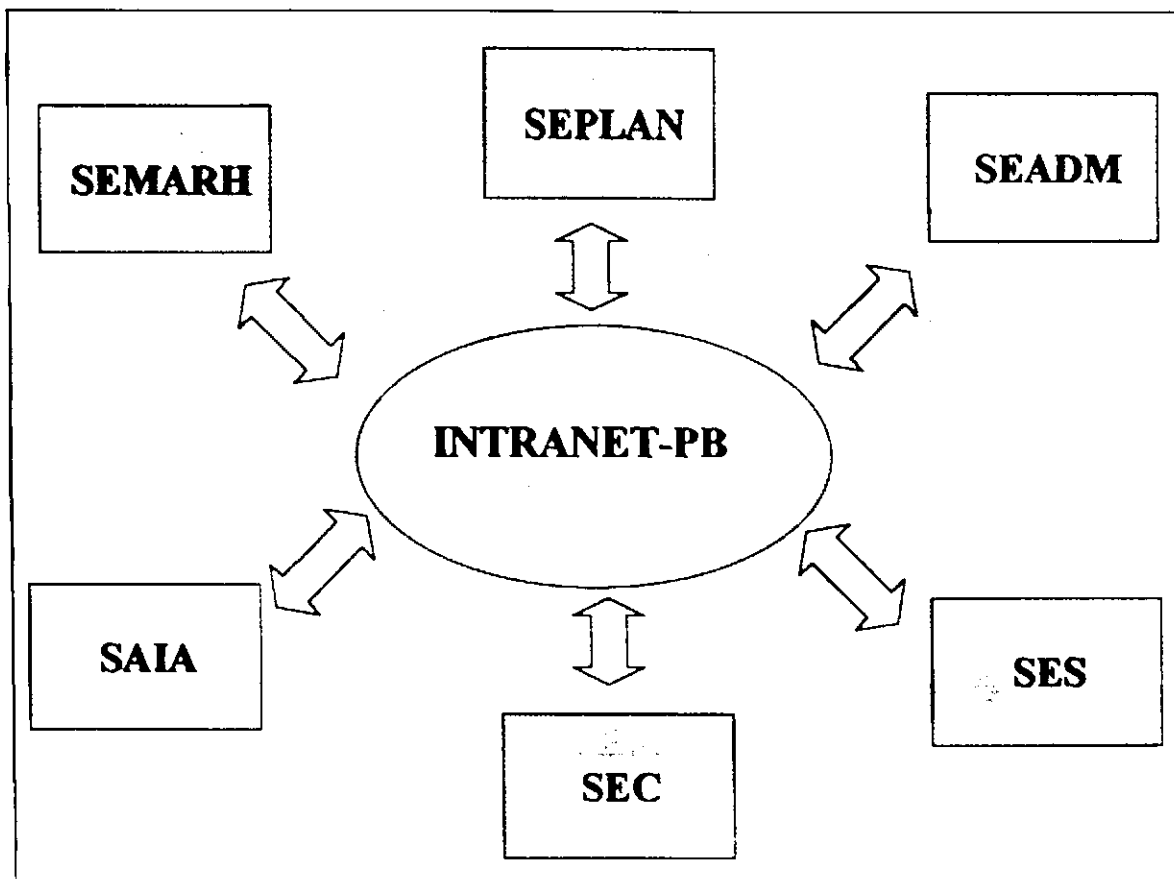


Figura 4.3: Proposta de uma Cooperativa de Dados Geográficos.

Os Sistemas de Informações Geográficas têm se tornado uma ferramenta indispensável no processo de tomada de decisões. Desta forma, um Sistema de Gerência de Centros de Dados Geográfico tem a finalidade da aquisição dos dados, o seu armazenamento e arquivamento, a disponibilização de dados e programas, tornando os bancos de dados disponíveis para consultas, segundo diferentes políticas de acesso, e o desenvolvimento de uma interface amigável para que os usuários possam interagir com os dados possibilitando uma maior integração.

Cada Centro de Dados Geográficos seria posteriormente detalhado, ou seja, seu conjunto de dados geográficos seria identificado (como um dicionário de dados), conforme pode ser visto na Figura 4.4.

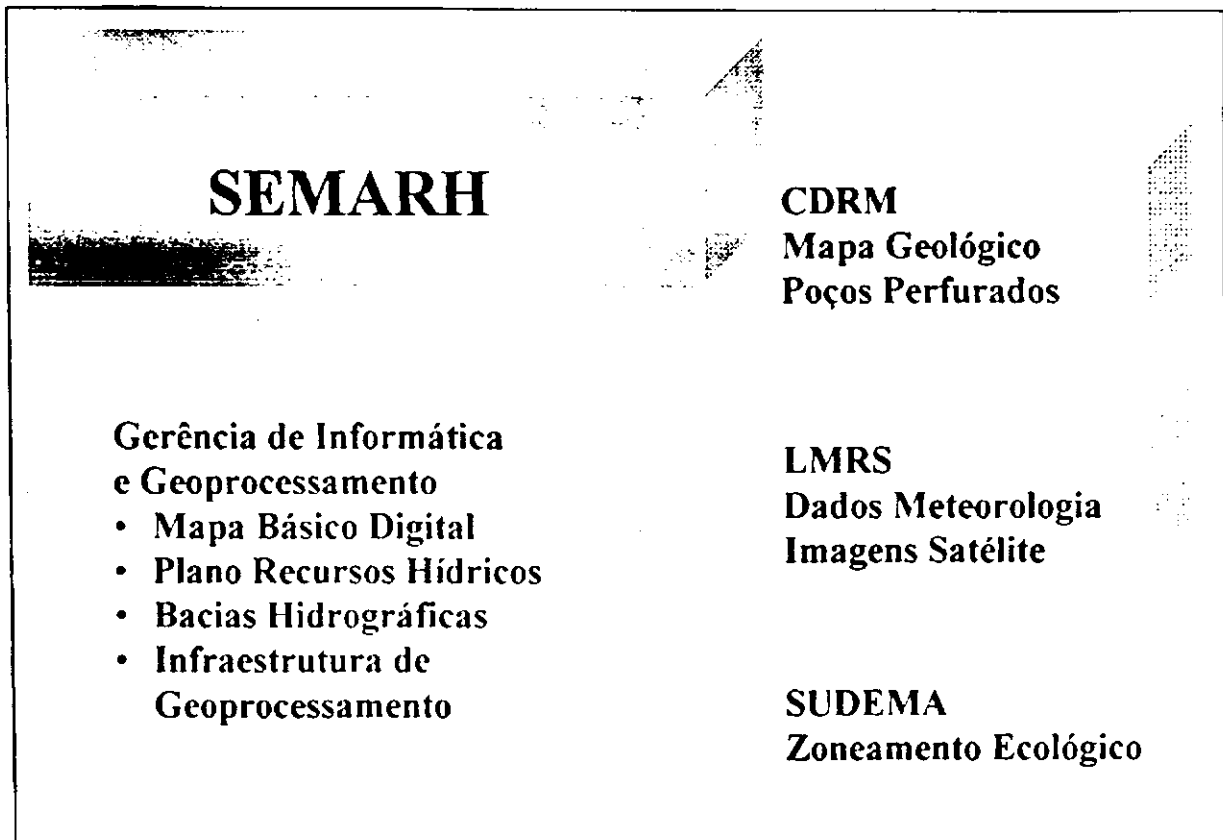


Figura 4.4: Detalhamento dos Dados de uma Secretaria.

Nos setores de uma Secretaria Estadual se terá a integração das informações possibilitando acessá-las de forma georreferenciada, visando auxiliar a tomada de decisões nas ações de planejamento.

Como um exemplo de uma possível aplicação, pode-se citar o sistema de Outorga (Autorização de uso da água): quando houver solicitação de Outorga ao setor de Coordenação de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) para abertura de um poço em uma determinada região, o usuário (técnico) irá identificar, através de um mapa georreferenciado (em seu computador conectado à Intranet-

PB), as informações dos poços já perfurados, os dados sobre a potencialidade hídrica da bacia, como também a quantidade e a qualidade dos poços já perfurados, as estradas de acesso, os rios e os açudes mais próximos, facilitando assim a tomada de decisão.

A proposta de um Sistema Distribuído de Informações Geográficas permitirá a interligação de todos os órgãos que compõem o Sistema Estadual de Informática. A alimentação e consulta de todos os órgãos que trocam informações, independente da estrutura computacional existente em cada um (através do uso da Internet), permitirá a geração de dados para dar suporte à implementação de uma ferramenta de alta qualidade para a difusão da Geoinformação. Qualquer usuário autorizado poderá ter acesso a determinadas informações geográficas tais como: consultas interativas a dados alfanuméricos e geográficos, acesso a mapas temáticos, localização de objetos geográficos, entre outras informações. Estimulando a divulgação das informações importantes para a população em geral por meio dos órgãos estaduais, visando um canal mais simples e rápido de acesso. Tudo isso levando-se em conta uma rígida política de acesso e segurança destes dados.

4.3.1. UMA COOPERATIVA INTEROPERÁVEL

Como foi visto no capítulo 3, a Especificação OpenGIS define um Modelo de Comunidades de Informação (Geoespacial) que empregam um conjunto de serviços (Serviços OpenGIS ou OGS) para acessar e processar tipos básicos de informação geográfica (Modelo aberto de Geodados ou OGM).

Fazendo uma analogia entre a Especificação OpenGIS e a Cooperativa de Dados Geográficos, pode-se relacionar:

- Uma Comunidade de Informação Geoespacial seria equivalente a um Centro de Dados Geográficos;

- Os Serviços OpenGIS seriam equivalentes a algumas funções do Sistema de Gerência de Centros de Dados;
- No que se refere à infraestrutura de comunicação, o modelo do OpenGIS não trata explicitamente, enquanto que o modelo das Cooperativas de Dados Geográficos prevê uma infraestrutura semelhante a uma Intranet;
- No que se refere ao dados geográficos, o modelo das Cooperativas não trata explicitamente, enquanto que o modelo do OpenGIS define, ou melhor, está em fase de definição, de um conjunto de tipos básicos.

4.3.2. COMENTÁRIOS

Neste capítulo foi mostrada uma proposta de um ambiente de intercâmbio de dados geográficos interoperável, levando-se em conta toda uma infraestrutura necessária, incluindo a questão da propriedade dos dados geográficos e a compatibilização com a proposta de Comunidades de Informação Geoespacial do OGC.

Será proposto no capítulo seguinte um plano diretor para a implantação de um SDIG Interoperável, onde serão levantadas as alternativas para a interoperabilidade. Serão abordados desde os padrões de intercâmbio (SAIF, SDTS e NTF) vistos no capítulo 3, até as especificações do OGC, as quais ainda não estão totalmente definidas, mas que dentro de pouco tempo será o padrão mundial para interoperabilidade de dados geográficos. Esta tendência pelo padrão do OGC é verificada pela "corrida" que os principais fabricantes de software estão travando para ver quem lança as primeiras versões de produtos com o selo OPENGIS, como por exemplo, a ORACLE, a INTERGRAPH e a ESRI já disponibilizaram produtos em conformidade com as especificações iniciais do OGC.

CAPÍTULO 5

PLANO DIRETOR DO SDIG-PB

Conforme foi visto no capítulo anterior, a possibilidade de acesso a dados geográficos utilizando um ambiente de trabalho distribuído e seguro permitirá que os tomadores de decisão tenham à mão uma ferramenta poderosa de auxílio à gestão dos recursos hídricos.

Para este capítulo, o qual trata de um Plano Diretor para o SDIG-PB e a especificação e implementação de um projeto-piloto, escolheu-se como objeto do estudo o PDRH-PB, que está sendo desenvolvido para todo o Estado. Este plano foi escolhido por vários motivos:

- Trata-se de um documento de alta importância tanto para a UFPB, para os órgãos gestores dos recursos hídricos, quanto para toda a Paraíba;
- Possui um conjunto de mapas digitais baseados nas Cartas Topográficas da SUDENE;
- Possui um conjunto de dados que podem ser georreferenciados.

Este capítulo apresenta o primeiro passo no desenvolvimento do SDIG-PB: um plano de diretrizes e um protótipo de demonstração da viabilidade tecnológica do mesmo.

5.1. DIRETRIZES BÁSICAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SDIG A PARTIR DO PDRH-PB

O PDRH-PB está sendo elaborado por uma equipe de consultores (de várias instituições, principalmente, da Universidade Federal da Paraíba) contratados pela SEMARH, com o objetivo de mostrar a realidade atual e as perspectivas de melhoramento da gestão dos recursos hídricos no estado.

A idéia de coletar as informações existentes para colocar em um SIG surgiu a partir da necessidade de uma ferramenta computacional que auxiliasse a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos.

Como meta principal das diretrizes básicas do Plano Diretor para o SDIG-PB está a proposta da realização de um planejamento estratégico, o qual deverá ser feito, na prática, por vários componentes (Instituições e seus representantes) dos vários órgãos envolvidos em um projeto deste porte.

Para a implementação do SDIG-PB haverá a necessidade de uma maior aproximação com o aspecto técnico do PDRH. Por exemplo, a questão do Modelo Hidrológico adotado, ou seja, a ferramenta utilizada para diagnosticar, quantificar e identificar as alternativas para a tomada de decisão em Recursos Hídricos. A Figura 5.1 mostra um exemplo de um Modelo Hidrológico qualquer, seus parâmetros e suas variáveis de entrada que influenciam no resultado de saída.

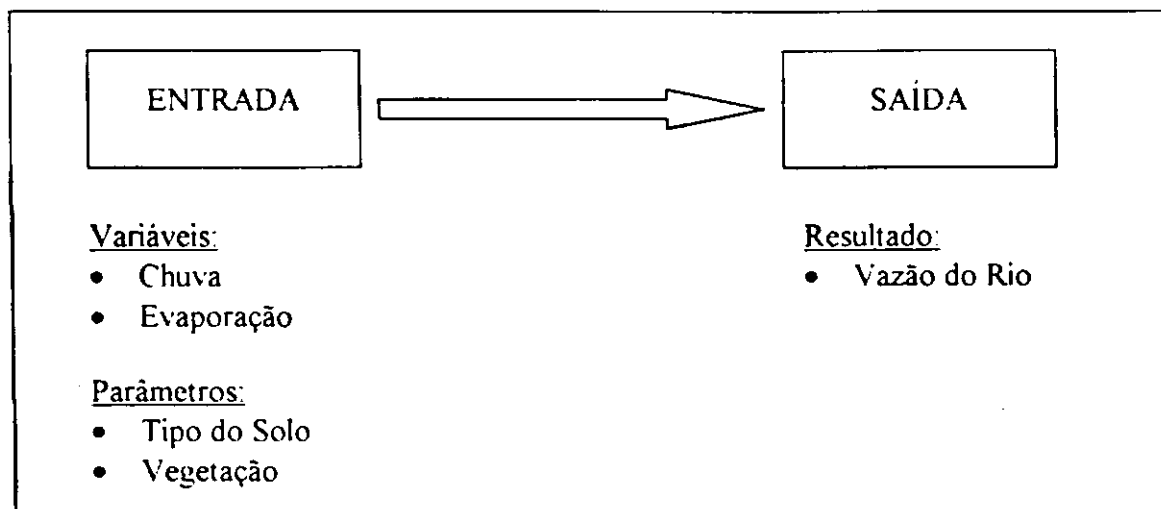


Figura 5.1: Exemplo de um Modelo Hidrológico.

Esta proposta de planejamento estratégico define metas estratégicas para direcionar todo o processo de desenvolvimento do projeto, procurando responder a perguntas do tipo “a que tipo de SIG quer se chegar?” e “qual a melhor estratégia de implantação?” [Fer97].

A Figura 5.2 a seguir mostra como o planejamento estratégico do SDIG é desenvolvido:

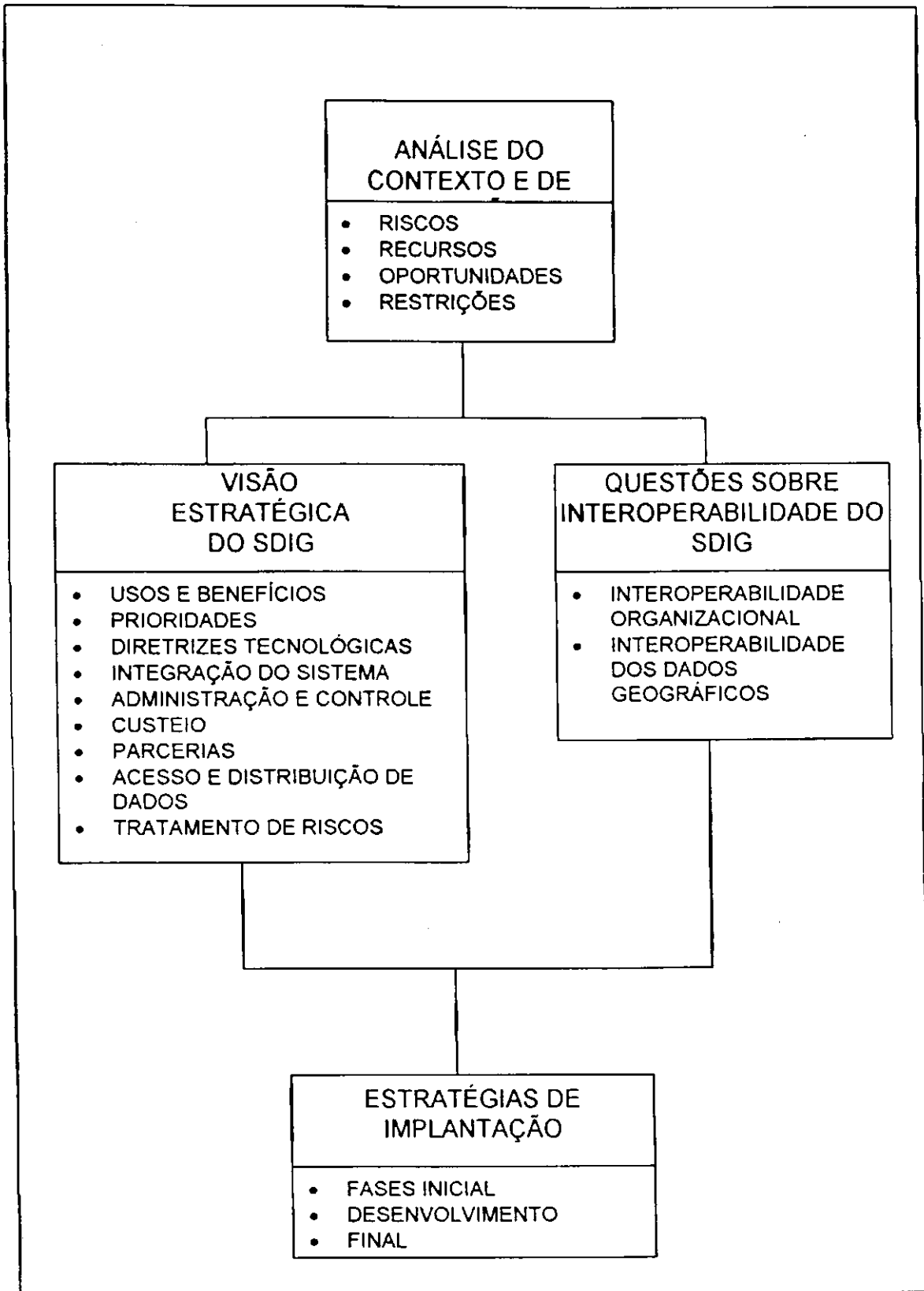


Figura 5.2: Planejamento Estratégico de SDIGs.

5.1.1. ANÁLISE DO CONTEXTO

A análise do contexto leva em consideração os principais riscos, recursos, oportunidades e restrições que podem influenciar o projeto.

Riscos:

- Verificar a receptividade dos dirigentes quanto ao projeto – neste ponto, é importantíssimo o que pode-se chamar de uma “estratégia de marketing e propaganda” para convencer os dirigentes;
- Verificar a receptividade e as expectativas dos usuários potenciais (técnicos envolvidos na gestão dos recursos hídricos);
- Verificar a capacitação e a familiarização dos usuários com os SIGs – neste ponto, talvez seja necessário inclusive um treinamento básico em informática;
- Verificar a Capacidade de gerenciamento do projeto deste porte.

Recursos:

Neste item, é muito importante tentar quantificar uma projeção real em valores monetários, levando-se em conta que se trata de um projeto de grande porte e que demandará algum tempo para implementação completa (não menos de quatro anos).

- Verificar os recursos financeiros que podem ser investidos;
- Capacitação dos recursos humanos – treinamento em metodologias e ferramentas computacionais de SIG;
- Atualização dos equipamentos e dos softwares existentes, e aquisição de novos.

Oportunidades:

- Parceria com instituições para atualização dos dados (Possíveis instituições: IBGE, SUDENE, BNB, SRH/MMA, IBAMA, SEPRE/MPO);
- Captação de recursos externos financeiros (com instituições como CNPq, BID, BNDES, BIRD, etc.) e técnicos com centros de pesquisas e universidades do Brasil e do exterior;
- Área estratégica dos órgãos de gestão dos recursos hídricos, ou seja, tornar centros de excelência na aplicação de geotecnologias, permitindo um importante apoio à tomada de decisão. Por exemplo, um órgão como o LMRS, que possui mão-de-obra e equipamentos razoavelmente especializados, com uma capacitação melhor deste órgão, este poderia se tornar um agente multiplicador da tecnologia.

Restrições:

- Compatibilidade com a base existente de hardware e software;
- Estar em conformidade com as metas do Planos Diretores dos órgãos envolvidos, em particular, com o Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado;
- Integração com outros sistemas de informação, ou seja, aproveitar os esforços já realizados para o desenvolvimento de sistemas de apoio à tomada de decisão que não façam uso de geotecnologias.

5.1.2. VISÃO ESTRATÉGICA

A visão estratégica é uma imagem do Sistema que se vai implantar. Para o

desenvolvimento da visão, a análise do contexto do projeto é confrontada com soluções alternativas, combinando as alternativas mais adequadas à situação do projeto.

Esta visão é materializada através da identificação e/ou definição dos seguintes elementos: usos e benefícios, prioridades, diretrizes tecnológicas, integração do sistema organizacional, administração e controle, custeio, parcerias, acesso e distribuição dos dados, e diretrizes para tratamento de riscos.

Usos e Benefícios:

- Apoio à tomada de decisão na gestão de recursos hídricos;
- Visualização em detalhe (funções de *zoom*) e em camadas (também chamadas de temas, níveis ou planos de informação). De forma que o usuário possa selecionar apenas as camadas de seu interesse;
- Consulta à base de dados georreferenciada. Através de interfaces amigáveis (diferente da maioria dos SIGs comerciais), o sistema permitiria a consulta aos dados de interesse do usuário;
- Análise espacial e simulação – geração de mapas temáticos com os dados atuais e geração de perspectivas para os casos críticos.

Prioridades:

- As áreas que já têm dados disponíveis (dados convencionais e geográficos);
- As áreas mais conflitivas no uso dos recursos hídricos.

Diretrizes Tecnológicas:

- Compatibilidade com a base computacional existente (plataformas ArcView, MapInfo, AutoCAD e MicroStation);
- Armazenamento dual - Sistema Gerenciador de Banco de Dados e SIG. Utilização de um banco de dados poderoso (consistente) para o armazenamento dos dados convencionais e geográficos;
- Modelagem orientada a objetos;
- Sistema Distribuído de Informações Geográficas – sistema utilizando a infraestrutura da Intranet-PB, incluindo a política de segurança de acesso através de níveis de prioridade para os usuários;
- Implantação do Modelo Hidrológico utilizado;
- Ver no Anexo um dicionário de dados proposto para algumas tabelas básicas do sistema.

Integração do Sistema:

- Envolvimento de vários setores do órgão gestor de recursos hídricos. Por exemplo, na Paraíba a Secretaria de Recursos Hídricos conta com alguns órgãos de administração indireta ligados à secretaria: Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais (CDRM), Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente (SUDEMA) e Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto (LMRS), os quais são também usuários potenciais do sistema;
- Padronização de procedimentos – interoperabilidade organizacional;
- Integração através de SDIG via intranet (Projeto Intranet-PB).

Administração e Controle:

- A administração do sistema será dividida entre os setores participantes, formando-se um tipo de comitê gestor com representantes de algumas secretarias mais diretamente envolvidas;
- O setor de Informática e Geoprocessamento controlará o sistema.

Custeio:

- Verificar os recursos financeiros que podem ser investidos;
- Procurar fontes externas de financiamento e de fomento (CNPq, Ministério do Meio Ambiente, BNDES, etc.).

Parcerias:

- Estabelecer padrões para compatibilização de operações entre os setores e as instituições;
- Estudar possibilidade de convênios, consórcios, etc.

Acesso e Distribuição dos Dados por Terceiros:

- Estudar estratégia de acesso aos dados;
- Elaborar política de distribuição dos dados;
- Elaborar política de segurança e de acesso via intranet e Internet.

Diretrizes para Tratamento de Riscos:

- Convencer os dirigentes e os usuários dos benefícios do sistema;
- Capacitar e familiarizar os usuários em Geotecnologias;
- Definir prazos para obtenção, elaboração de relatórios e divulgação dos resultados;
- Capacitar a equipe de administração e de controle do sistema.

5.1.3. SDIG INTEROPERÁVEL

Este item, apesar de fazer parte da Visão Estratégica, será tratado com destaque por se tratar de um ponto fundamental deste trabalho de pesquisa. São abordados os seguintes elementos: a interoperabilidade organizacional e a interoperabilidade dos dados geográficos.

Interoperabilidade Organizacional:

Para que as instituições possam padronizar seus procedimentos, no que se refere à utilização de geotecnologias, faz-se necessário, primordialmente, a criação de um fórum permanente de discussão envolvendo os vários órgãos e representantes (pelo menos um técnico e um dirigente). Este fórum seria responsável pela elaboração de uma política de procedimentos para o intercâmbio de informações, visando a integração dos sistemas, a diminuição do trabalho redundante, a escolha de padrões de intercâmbio, etc.

Fazendo uma analogia à proposta de Comunidades de Informação Geoespacial do OGC, este fórum seria responsável pela definição dos serviços

ou melhor dos procedimentos sobre os dados geográficos.

Entre as atribuições deste fórum, destacam-se:

- Catalogação e orientação de padronização de todas as bases cartográficas existentes (em meio analógico ou digital);
- Levantamento dos trabalhos já realizados, em realização ou a realizar-se na área de geoprocessamento junto à comunidade de unidades usuárias do SDIG-PB;
- Verificar as possibilidades de parcerias entre os projetos em realização e a realizar-se;
- Acompanhamento e adaptação às propostas do Consórcio OpenGIS;
- Elaboração de procedimentos para a troca de informações geográficas;
- Condução do processo de informação e treinamento de usuários individuais e institucionais.

Interoperabilidade dos Dados Geográficos:

Dentro dos resultados do fórum proposto acima, a questão dos dados geográficos deve ser levada em consideração. Por exemplo, para um padrão de intercâmbio devem ser estudadas as alternativas mostradas no capítulo 3 (SAIF, SDTS e NTF). Como estas alternativas ainda não estão completamente especificadas para o funcionamento na Internet, a qual seria naturalmente o meio de comunicação de dados ideal, com a interface pela WWW, poderia-se propor uma solução para a interoperabilidade utilizando:

- Uma aplicação proprietária para o desenvolvimento do SDIG utilizando a interface WWW da Internet (já existem algumas alternativas de componentes de software comerciais dos principais produtores de software de SIG no

mundo – ESRI, Intergraph, Autodesk, etc.);

- O desenvolvimento de um filtro, baseado em um padrão de intercâmbio de dados geográficos, implementado em uma linguagem como Java, de modo que pudesse atuar independente da plataforma cliente, localizado na própria página WWW, funcionando, por exemplo, como as várias aplicações de consulta a bancos de dados via Internet já existentes;
- Como os próprios membros do OGC (incluindo os membros responsáveis pelos padrões SAIF, SDTS e NTF) estão planejando em uma solução semelhante [BM98], teria de se pesquisar e levantar a questão de se aguardar uma solução pronta ou desenvolvê-la. Para a segunda alternativa, seria necessário o envolvimento de um grupo de profissionais especializados. Isto pode ser realizado a partir de uma parceria com centros de pesquisa e desenvolvimento de referência e, em particular, a partir dos trabalhos já em andamento na cooperação do Governo Estadual com a UFPB.

5.1.4. ESTRATÉGIAS DE IMPLANTAÇÃO

As estratégias de implantação buscam um caminho viável para as metas definidas na visão estratégica, tendo em vista o contexto do projeto. Este caminho envolve a definição das fases Inicial, Desenvolvimento e Final, mostradas a seguir:

- Fase Inicial (8 meses)
 - ⇒ Disseminar a tecnologia nos órgãos envolvidos;
 - ⇒ Definir os responsáveis pela administração do sistema;
 - ⇒ Definir a planilha de custos e a origem dos recursos;
 - ⇒ Implementar um projeto piloto (aplicação de desenvolvimento rápido e

de baixo custo);

⇒ Avaliar os resultados obtidos e reavaliar o planejamento estratégico.

- Fase de Desenvolvimento (24 meses)

⇒ Estabelecer padrões;

⇒ Elaborar a análise e o projeto do sistema;

⇒ Implementar o projeto a partir das áreas prioritárias;

⇒ Digitalizar/Atualizar a base cartográfica;

- Fase Final (12 meses)

⇒ Implementar a política de segurança da intranet;

⇒ Desenvolver o SDIG com interface pela Web;

⇒ Treinar os usuários;

⇒ Integrar o sistema com outros sistemas existentes;

⇒ Consolidar a política de gerência e manutenção do sistema.

Esta estimativa de tempo é superficial e baseada na experiência de iniciativas em outros países. Dependendo do nível de detalhamento desejado pelo projeto de implantação, este tempo pode aumentar ou diminuir.

5.2. PROTÓTIPO DO SDIG

O processo de construção da ferramenta computacional SDIG-PB envolve as seguintes fases e técnicas de engenharia de software :

A primeira fase é denominada "Especificação Informal do Sistema" onde são apresentados o propósito do sistema, uma descrição informal do sistema. Esta fase tem por objetivo, além da identificação e explicitação dos requisitos do sistema, a definição do escopo de trabalho.

Na segunda fase é elaborada a "Especificação Formal do Sistema", utilizando a metodologia GEO-OMT para a modelagem dos dados geográficos. A modelagem detalhada dos dados geográficos levantados para o desenvolvimento de um protótipo é mostrada no ANEXO desta dissertação.

A terceira fase é o projeto do sistema, que envolve o detalhamento dos modelos desenvolvidos na descrição formal, visando a implementação; a fase de testes, a documentação para o usuário e a disponibilização na Internet.

5.2.1. ESPECIFICAÇÃO

Propósito do SDIG-PB

O propósito do SDIG-PB é oferecer uma ferramenta computacional piloto de difusão de geoinformações no âmbito dos órgãos do governo estadual da Paraíba.

Modelo Descritivo do SDIG-PB

O sistema é baseado em um ambiente gráfico e amigável - a interface de um *browser* da *World Wide Web*, sendo acessado de maneira semelhante às milhões de páginas existentes na Internet, através de um endereço URL (do tipo

<http://www.dsc.ufpb.br/sdig-pb>), procurando refletir um ambiente de *desktop Mapping* típico.

Especificação Formal do Sistema

Foram identificados um conjunto de mapas “georreferenciáveis” no PDRH passíveis de serem georreferenciados, ou seja, que também podem ter tabelas de bancos de dados (um conjunto de atributos não-espaciais) referentes ao objeto geográfico. Estes são relacionados a seguir:

Em relação ao Estado:

- Limites de Município
- Limites de Bacias Hidrográficas
- Sedes Municipais

Em relação à área com dados disponíveis (Bacias Hidrográficas)

- Açudes
- Poços
- Cursos D'água
- Solos
- Sub-Bacias

Utilizando a notação do modelo Geo-OMT, pôde-se construir um modelo Entidade-Relacionamento para a aplicação, visualizando as tabelas e seus relacionamentos, conforme pode ser visto no ANEXO deste trabalho de

Dissertação de Mestrado.

Conforme foi apresentado e comentado no capítulo 3, o Geo-OMT mostrou-se o mais adequado modelo de dados geográficos pesquisado, pela sua facilidade de "leitura" e visualização dos relacionamentos, seja dos dados espaciais ou não. Além disto, o GEO-OMT é apenas um modelo conceitual, sem implicações na implementação.

Na figura 5.3, tem-se um diagrama de contexto mostrando a interação da aplicação com o usuário e com o Servidor de Mapas (localizado remotamente).

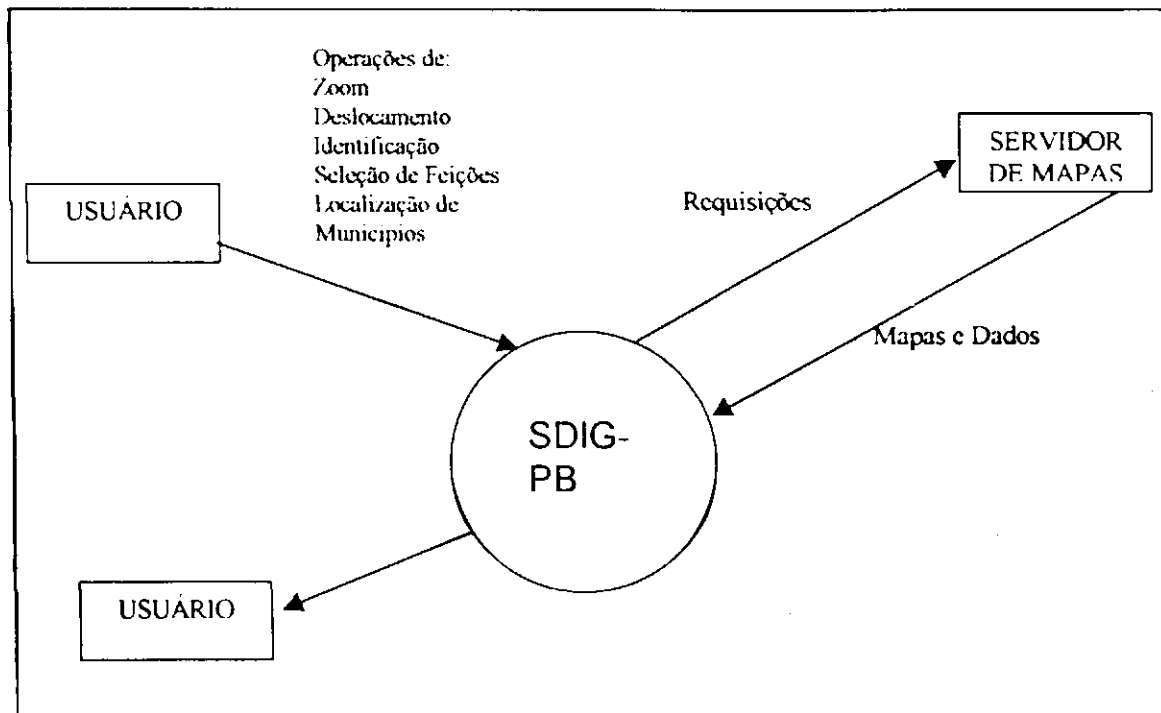


Figura 5.3: Diagrama de Contexto da Aplicação.

5.2.2. O DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Existem hoje no mercado algumas soluções para a geração de aplicações de Geoprocessamento na Internet. São soluções de software baseadas em componentes (*component-based*), provendo uma biblioteca de funções (ou métodos) para manipulação de objetos geográficos.

Como já existe um ambiente de software instalado no principal órgão gestor dos recursos hídricos, com mão-de-obra especializada e treinada, baseado na solução de *Desktop Mapping* da ESRI (*Earth Survey Research Institute*), procurou-se manter a compatibilidade com esta plataforma. Além disto, em comparação com outras soluções pesquisadas, como, por exemplo, o MapX (da MapInfo) e o SilverMap (da SilverMap), a solução escolhida atende a um maior número de ambientes de programação (C, C++, Delphi, Visual Basic e PowerBuilder) e conta com um conjunto de manuais mais bem estruturado. Este ambiente inclui as plataformas:

- ArcView 3.1 – software para *desktop mapping* da ESRI;
- ArcView Internet Map Server – módulo do ArcView para publicação de mapas via WWW, utilizando uma aplicação em Java, chamada de MapCafé;
- MapObjects Internet Map Server – biblioteca de componentes de software da ESRI para publicação de mapas via WWW, utilizando uma linguagem de programação como Visual Basic e *scripts CGI (Common Gateway Interface)*;
- Spatial Analyst – módulo do ArcView para análise espacial.

Este ambiente está disponível no Laboratório de Arquiteturas Dedicadas do DSC/UFPB – local onde foi desenvolvida esta pesquisa. O protótipo implementado testou as duas soluções da ESRI: o MapObjects Internet Map Server e o ArcView Internet Map Server, fazendo uma comparação entre estes.

Solução 1: Biblioteca de Componentes MapObjects IMS

Assim como os outros softwares pesquisados, o MapObjects Internet Map Server tem as seguintes características básicas:

- Capacidade de servir dados geográficos e processos para uma base ilimitada de clientes;
- Servir a partir de fontes de dados locais ou remotas sem tradução dos dados;
- Administrado de um local central;
- Sem restrições aos clientes.

Funcionamento de um Software de Internet-GIS

Da mesma forma que apresentado no capítulo 2, uma aplicação desenvolvida com um software de Internet-GIS (ou uma biblioteca de componentes de software) atua nas três camadas (CLIENTE, INTERMEDIÁRIA e SERVIDOR). O funcionamento do IMS pode ser visto na figura 5.4 abaixo.

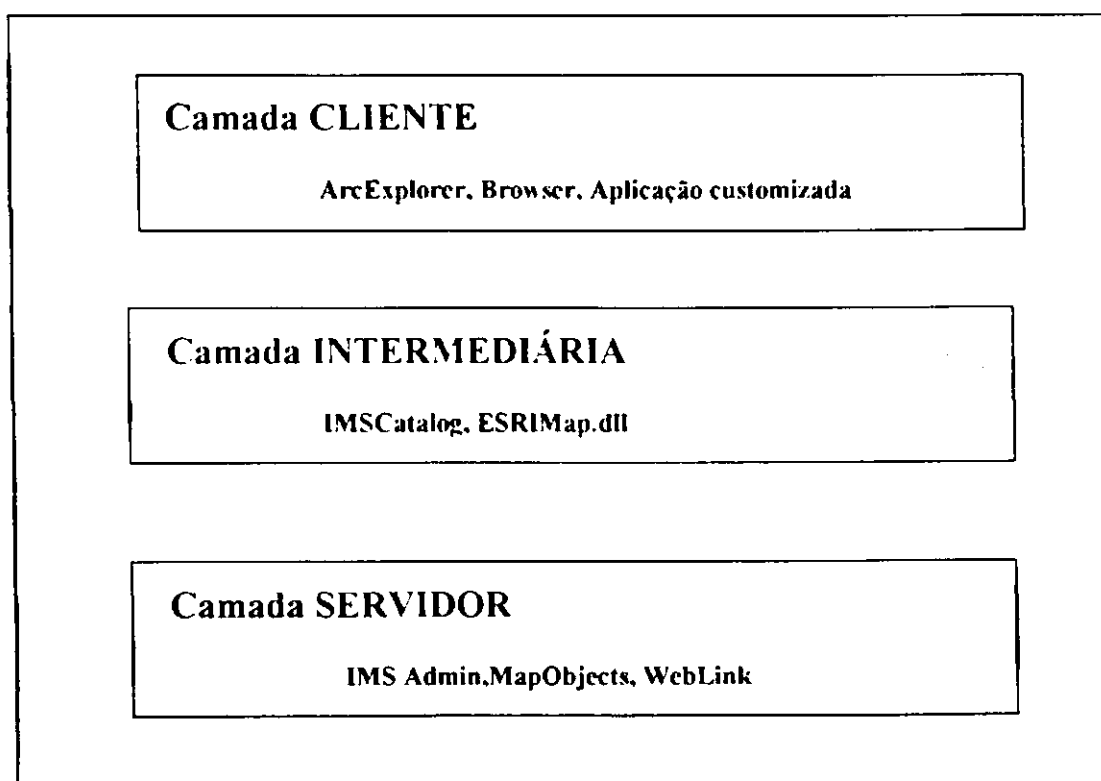


Figura 5.4: Funcionamento do MapObjects IMS.

- Na camada CLIENTE, ou seja, através de um *browser* ou de um freeware (o ArcExplorer é um visualizador de mapas da ESRI), o usuário poderá acessar a aplicação como se ela estivesse em seu computador, fazendo consultas interativas on-line, e outras opções disponíveis como *zoom* e deslocamento (*pan*);
- Na camada Intermediária (*Middleware*), funciona a DLL que contém uma biblioteca de funções para manipulação dos dados, e uma ferramenta de controle da transferência dos dados (IMSCatalog);
- Na camada Servidor (*Server*), funciona o software administrador do servidor de mapas (IMS Admin), o pacote de software baseado em componentes (MapObjects) para o desenvolvimento de aplicações em Delphi , por exemplo, e uma biblioteca de componentes para a publicação na Internet (Weblink) que faz parte do IMS.

Solução 2: Aplicação em Java ArcView IMS

Apesar do funcionamento ser semelhante, esta solução não requer praticamente nenhuma linha de código para executar a aplicação. Bastando apenas a configuração correta do Servidor Web com o Servidor de Mapas (que é um módulo do próprio ArcView).

Para a customização do ambiente, porém, é necessário o desenvolvimento de programas em Java, utilizando a estrutura de classes do aplicativo padrão que roda quando é chamada a página no *browser*, o MapCafé.

5.2.3. A IMPLEMENTAÇÃO

Pode-se dividir a implementação do projeto em duas fases:

1. O desenvolvimento da aplicação em ambiente Delphi, utilizando os componentes do MapObjects e do IMS, gerando um programa executável;
2. A configuração dos módulos do IMS para o acesso via Internet.

Desenvolvimento da Aplicação

A aplicação desenvolvida é bastante simples, até porque devido à falta de uma política de distribuição de dados geográficos e devido a indisponibilidade de alguns dados, os dados reais que seriam necessários para um melhor aproveitamento da demonstração não foram colocados. Porém, para simular uma situação real, foram colocados dados fictícios de açudes, sendo, no entanto, apenas uma aplicação-piloto que visa mostrar o poder da ferramenta computacional de SIG desenvolvida.

A aplicação mostra uma tela principal contendo alguns botões e uma janela com o mapa da Paraíba dividido pelos limites dos municípios. Com estes botões, o usuário pode efetuar operações de *zoom*, de movimentação pelo mapa e de identificação de feições. Há a possibilidade de se encontrar um município, digitando-se o nome no quadro de edição localizado abaixo da janela do mapa, conforme pode ser visto nas figuras 5.5 e 5.6.

Para o desenvolvimento da aplicação, escolheu-se o ambiente de programação Delphi, por ser um ambiente já bastante conhecido da equipe a nível do governo estadual (a maioria das aplicações "convencionais" são desenvolvidas em Delphi), além de ser uma ferramenta já amplamente utilizada em âmbito mundial como um dos principais ambientes de programação para Windows.

Primeiramente, são instalados os componentes do MapObjects e do IMS. Estes componentes, que se localizam na pasta *ActiveX* de controles do Delphi, são inseridos no Formulário (Tela da Aplicação), e os Procedimentos correspondentes são implementados.

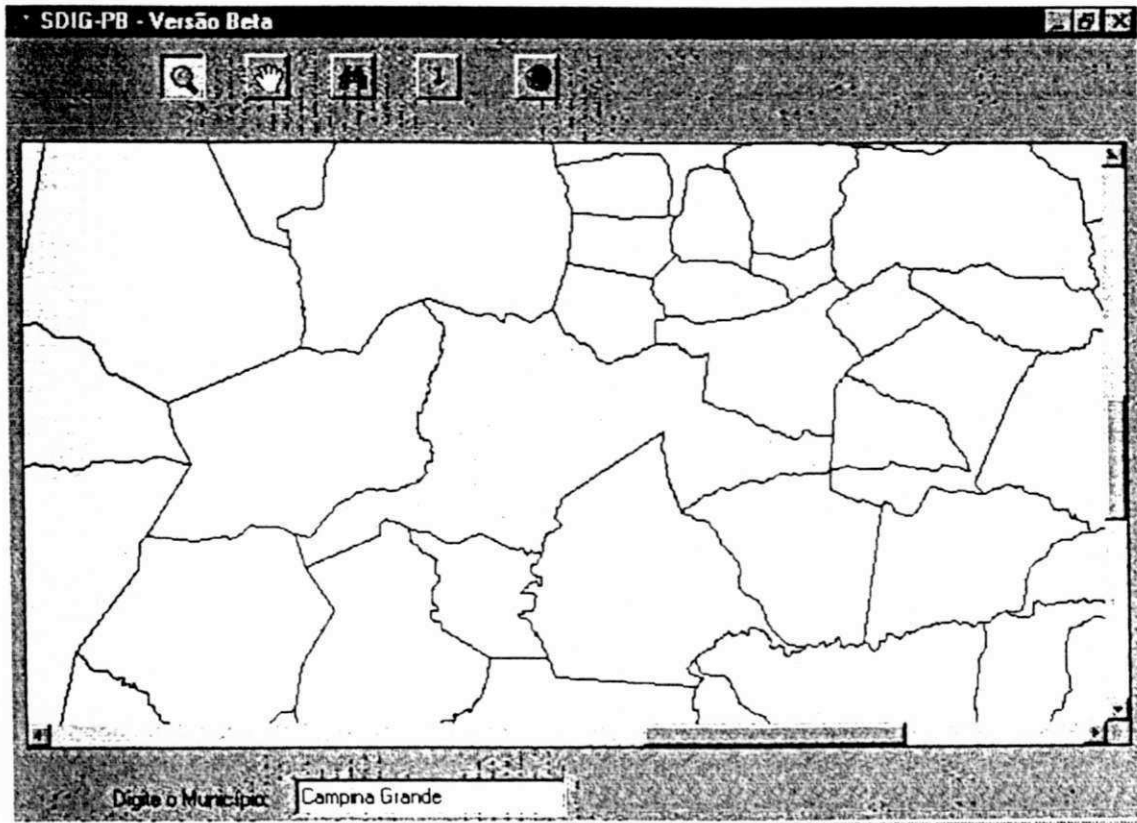


Figura 5.5: Exemplo da Função de localização de Município.

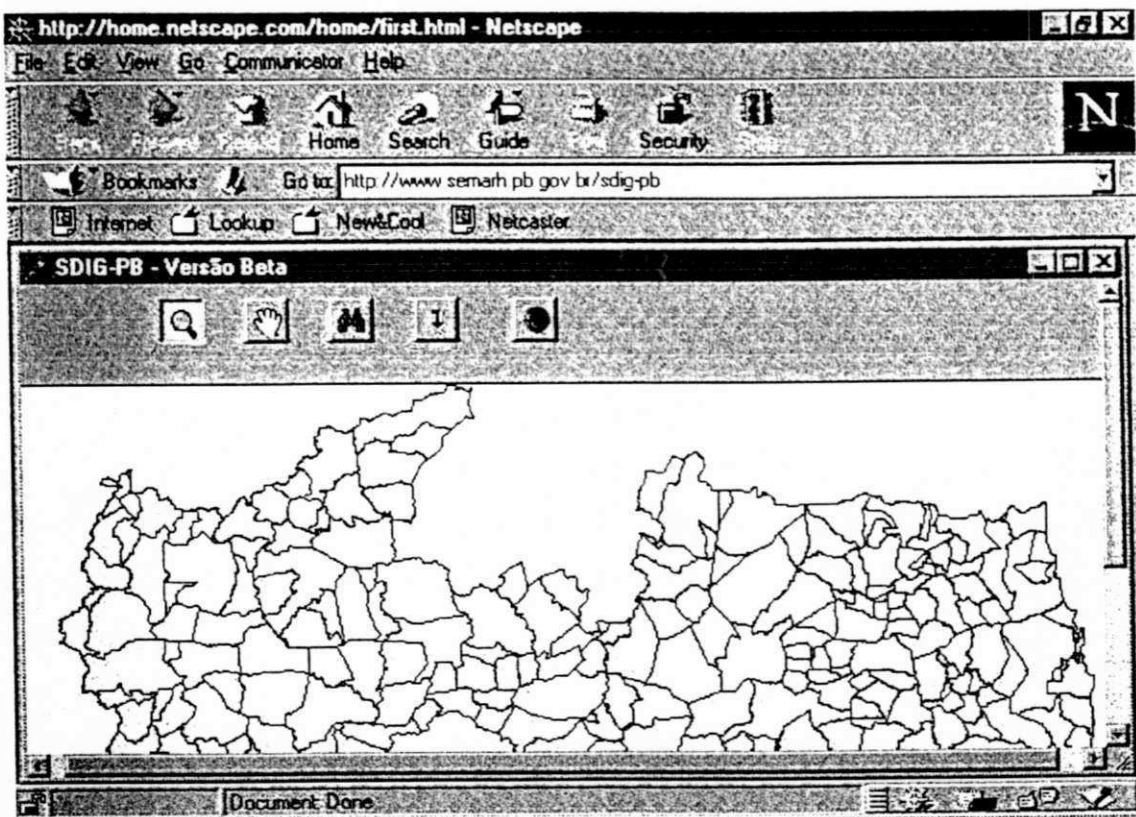


Figura 5.6: Tela do SDIG-PB rodando em um browser da Internet.

Depois de configurados os módulos, desenvolvida a aplicação e implantada os serviços básicos da Intranet-PB, o projeto-piloto poderá ser acessado através de uma home page contendo uma chamada para aplicação no Servidor de Mapas, funcionando como se estivesse sendo executado no computador do local de trabalho do usuário.

5.2.4. TESTES, DOCUMENTAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO

Foram feitos testes básicos de acesso e de consulta à base de dados pela equipe formada por alguns alunos do Mestrado em Informática da UFPB, assim como por alguns usuários potenciais (técnicos de recursos hídricos). Quanto à velocidade de acesso em um *browser* localizado em outra cidade, foi considerada bastante razoável (devido também ao pouco volume de dados e à suavização dos contornos dos polígonos dos mapas), pois outras aplicações semelhantes requerem um tempo de espera para o carregamento e a execução que chega a desestimular o usuário.

A documentação para o usuário foi produzida em forma de um pequeno manual explicando a funcionalidade da aplicação, que por ser bastante simples, resumiu-se a explicar a função dos botões da aplicação.

A disponibilização da aplicação foi feita através da configuração de uma estação que funcionará como o Servidor de Mapas, possuindo um Servidor Web. Como mencionado anteriormente, foi desenvolvido um *Web Site* contendo todas as informações sobre este trabalho de Dissertação, inclusive, o conteúdo dos capítulos e a chamada para a aplicação piloto desenvolvida. O *Site* pode ser acessado através do endereço http://dsc.ufpb.br/~milciads/sdig_pb.

5.2.5. COMENTÁRIOS

O Plano de Diretrizes Básicas para implantação do SDIG-PB sugerido neste capítulo não tem a intenção de servir como uma sequência de passos obrigatórios (um manual), mas como uma sugestão que para ser implementada na prática precisa ser bastante aprofundada no que diz respeito ao conteúdo técnico da área de Recursos Hídricos, principalmente, no caso de um sistema deste porte, por uma equipe especializada e multidisciplinar.

O protótipo desenvolvido tem a finalidade de demonstrar a viabilidade tecnológica da experiência de um SIG via Internet, no âmbito do Estado da Paraíba.

Comparando-se as soluções MapObjects IMS e ArcView IMS, viu-se que o primeiro necessita de um conhecimento técnico em termos de programação de *scripts* CGI utilizando uma linguagem como Delphi ou Visual Basic para a publicação do Servidor de Mapas, implicando em um grau de dificuldade maior para a implementação de uma aplicação, por mais simples que seja. Por outro lado, há uma flexibilidade maior em termos de customização da aplicação, como por exemplo, a figura que será colocada nos ícones dos botões.

A opção do ArcView IMS tem a vantagem de permitir a publicação do Servidor de Mapas como se faz a publicação de uma página qualquer no serviço WWW da Internet. Por ser um módulo que faz parte do próprio ArcView, a velocidade de acesso foi um pouco melhor do que a opção do MapObjects. Para a customização do ambiente, há a necessidade de se utilizar a programação em Java (usando o conjunto de classes padrão do MapCafé) ou de *scripts* da linguagem de customização do próprio ArcView (chamada de Avenue).

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

A Geomática é uma área multidisciplinar de conhecimento, com aplicações ilimitadas. O SDIG deve funcionar como uma ferramenta de informação e de apoio à tomada de decisões, cabendo ao usuário, ao pesquisador e ao profissional de Informática as funções de explorar, consultar, entrevistar, treinar, planejar, modelar, desenvolver, implementar, testar, revisar e aprovar as técnicas e metodologias visando crescimento regional integrado.

A Interoperabilidade é um fator crítico de sucesso para a exploração efetiva dos recursos da Geomática e está sendo consolidada pelos esforços recentes do OGC.

A exploração efetiva do potencial da Geomática exige uma abordagem eficiente de implantação de SIGs, particularmente, no caso de SDIGs. É indispensável iniciar qualquer ação com um planejamento estratégico nos domínios político, econômico, tecnológico e educacional, ressaltando a importância fundamental na orientação de processos de desenvolvimento sócio-econômico e de preservação ambiental.

Neste contexto, os órgãos do Governo do Estado necessitam urgentemente de apoio em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para implantar SDIGs de apoio à gestão dos recursos naturais (em particular, recursos hídricos) e à tomada de decisão em ações de desenvolvimento regional e ao processo de educação em Geomática.

6.1. CONTRIBUIÇÕES

Inicialmente, foi realizado um levantamento sobre SIGs Abertos e propostas de padronização. Foram apresentadas algumas formas de modelagem orientada a objetos de SIGs - resultados de outras pesquisas pelo Brasil. Foram apresentadas também as propostas dos padrões SDTS, SAIF e NTF para SIGs abertos, terminando com uma exposição dos principais pontos do trabalho do

OpenGIS Consortium.

Foi gerado um documento de introdução a vários conceitos e definições que foram importantes para o desenvolvimento da dissertação, desde conceitos sobre SIGs e Geomática, passando por Objetos Distribuídos e Internet até alguns dos fatores críticos em Geoprocessamento para se alcançar a interoperabilidade.

Foi especificada uma aplicação de SIG distribuído, através da Internet, visando a interoperabilidade com os padrões do OGC, principalmente no que diz respeito à proposta das Comunidades de Informações Espaciais e das Cooperativas de Dados Geográficos para a Paraíba.

Este trabalho de Dissertação foi adaptado para o formato de uma página WWW, de modo que possa ser acessada de maneira mais fácil e rápida por qualquer usuário da rede.

Este trabalho também contribui para os seguintes aspectos:

- elaboração de um roteiro de Planejamento Estratégico para a implementação de um SDIG com os dados disponíveis no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba;
- a implementação de um protótipo de SIG via Internet;
- a capacitação tecnológica de alguns órgãos do Governo para o uso efetivo nos processos organizacionais;
- a consecução dos objetivos do Projeto GPBS (Cooperação entre a UFPB, UEPB, FAPESQ, LMRS e PaqTcPB) através da formação de recursos humanos e de planejamento de ambiente computacional de suporte ao protótipo de SIG contido no mesmo;
- foram gerados três artigos aceitos em congressos especializados (nacionais e internacionais), com apresentação oral e publicação em anais ([Alm97], [AB98a] e [AB98b]).

De um modo geral, a contribuição esperada deste trabalho foi de servir como uma referência para o desenvolvimento de projetos de Sistemas Distribuídos de Informação Geográfica. Esta contribuição se dá mediante a experiência de desenvolvimento de projetos de SIGs, sendo abordados os principais pontos: os conceitos básicos, o estado-da-arte, os aspectos de hardware, software, recursos humanos e institucionais, o planejamento de SDIGs e o desenvolvimento de um projeto-piloto.

6.2. PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho de pesquisa, apesar de bastante amplo, não abrangeu todos os pontos relativos à aplicação do Geoprocessamento Distribuído, principalmente, no nível das especificações do OGC, que estão ainda, na sua maioria, em versões iniciais. No momento ainda existe muito trabalho pela frente, não só para todos os membros do Consórcio, mas também para toda a comunidade científica que estuda o assunto.

Entre as possibilidades de continuação do trabalho de pesquisa desta dissertação, pode-se citar:

- O acompanhamento e aprofundamento dos estudos das especificações OpenGIS;
- O aprofundamento da pesquisa aplicada ao uso de SIGs com Modelos Hidrológicos;
- O estudo detalhado de algoritmos paralelos e a implementação de protótipos usando hardware/software *codesign* para a disponibilização de imagens de alta resolução em SIGs via Internet;
- O tratamento da questão temporal dos dados geográficos para geoprocessamento distribuído;
- A implementação de novos projetos de SIG via Internet;
- O desenvolvimento de diretrizes de projeto de SIGs via Internet;

- A complementação da proposta de cooperativa com uma metodologia de Design de Ambiente de Usuário do SDIG-PB, visando garantir a geo-educação do mesmo, bem como a usabilidade do software e a geração de valores agregados do ambiente da cooperativa;
- E, principalmente, com a concretização da infraestrutura de comunicação da Intranet-PB, a implementação do SDIG-PB.

6.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho realizado visou aprofundar a pesquisa científica e aplicada no âmbito da Coordenação de Pós-Graduação em Informática, do Departamento de Sistemas e Computação, do Centro de Ciências e Tecnologia e da Universidade Federal da Paraíba, além do âmbito do Governo Estadual e, por consequência, a todos os pesquisadores interessados na área de Geoprocessamento, como uma referência para estudos posteriores.

Muito se comenta sobre a aplicabilidade das pesquisas acadêmicas: que são estudos irrelevantes para a população; que mesmo quando têm alguma aplicação prática, sua exploração efetiva é tardia ou são esquecidas nas estantes das bibliotecas das Universidades, etc. Neste sentido, este trabalho de pesquisa procurou aliar a contribuição científica com a aplicabilidade dos resultados no encaminhamento da solução do maior problema de recursos naturais da Paraíba.

Conforme foi exposto no capítulo 1, o problema da complexidade de gerenciamento dos recursos hídricos na nossa região requer um melhor planejamento para o uso racional dos recursos existentes. Como o Estado é o responsável pela gestão destes recursos, a utilização de ferramentas computacionais por parte dos órgãos gestores poderiam auxiliá-los na tomada de decisão.

Neste trabalho também foi levantado o aspecto institucional de um projeto

de geoprocessamento, ou seja, há toda uma gama de fatores que influenciam diretamente nos resultados de um projeto. Um deles é a eficiência das relações analista-usuário, isto é, o analista de sistemas entender o problema e propor uma solução computacional para o usuário, e, da mesma forma, o usuário entender o que (e como) esta solução pode auxiliá-lo. Por isto que o levantamento das necessidades dos usuários tem que ser o ponto crucial para o sucesso de um projeto de um sistema de informações, não sendo esta uma tarefa fácil. Este é o grande desafio do Profissional de Informática, pois como prevêem muitos que a informação será a grande riqueza do próximo século, a sua tarefa de tornar simples dados em importantes informações lhe confere uma grande responsabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [AB98a] Milcíades A. de ALMEIDA e Marcelo A. de BARROS. *Fatores críticos e perspectivas de processamento digital de dados espaciais para Open GIS*. Em Anais, IV Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento (GISBrasil'98), Curitiba, 1998.
- [AB98b] Milcíades A. de ALMEIDA e Marcelo A. de BARROS. *Critical Factors to Spatial Data Processing for Open GIS*. Em Anais, GISPLANET'98, Lisboa, Portugal, 1998.
- [Alm97] Milcíades A. de ALMEIDA. *Projeto Rede ANPROTEC: um sistema de consulta de dados espaciais via Internet*. Em Anais, III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento (GISBrasil'97), Curitiba, 1997.
- [Alv90] D. S. ALVES. *Modelos de Dados para Sistemas de Informação Geográfica*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1990.
- [AS93] E. D. ASSAD e E. E. SANO. *Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993.
- [Bar94] Marcelo A. de BARROS. *Traitment Bas Niveau d'Images et Circuits Reconfigurables*. Tese de Doutorado. Université Paris XI, França, 1994.
- [Bar98] Marcelo A. de BARROS. *Uma Metodologia de Projeto e Implementação de Operadores para Processamento Digital de Imagens em Tempo Real usando FPGA*. Em Anais, 5º Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Caxambu, 1996.
- [BE97] T. BRUNS e M. J. ENGENHOFER. *Web-Top Interfaces for GIS Map Algebra*. Documento publicado na Internet (<http://www.cs.umd.edu/projects/hcil/People/tbruns/gisjournal/webalgebra>), 1997.

- [BM98] Kurt BUEHLER and Lance MCKEE; ed. *The OpenGIS Guide: Introduction to Interoperable Geoprocessing*. Documento publicado na Internet (<http://www.ogc.org>), *OpenGIS Consortium*, 1998.
- [Bor97] Karla A. V. BORGES. *Modelagem de Dados Geográficos – uma extensão do Modelo OMT para aplicações geográficas*. Dissertação de Mestrado. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1997.
- [Cam93] Gilberto CÂMARA. *Anatomia de sistemas de informação geográfica: visão atual e perspectivas de evolução*. Em Anais, II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo, 1993.
- [Cam95] Gilberto CÂMARA. *Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos*. Tese de PHD, INPE, São José dos Campos, 1995.
- [Cam+96] Gilberto CÂMARA, Marco A. CASANOVA, Andrea S. HERMELY, Geovane C. MAGALHÃES e Cláudia M. B. MEDEIROS. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. X Escola de Computação, UNICAMP, 1996.
- [Cif95] Ricardo R. CIFERRI. *Um benchmark voltado para a análise de desempenho de sistemas de informações geográficas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 1995.
- [Cox91] Frederico S. COX Junior. *Análise de métodos de acesso a dados espaciais aplicados a sistemas gerenciadores de banco de dados*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 1991.
- [CT95] Marco CASANOVA e Cláudia de A. TOCANTINS. *Armazenamento distribuído de mapas vetoriais em sistemas de geoprocessamento*. Em Anais, X Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Recife, 1995.
- [Dat91] C. J. DATE. *Sistemas de Bancos de Dados*. Editora Campus, 1991.

- [DCE97] *Distributed Computing Environment*. Documento publicado na Internet (<http://www.opengroup.org/dce>), *The Open Group*, 1997.
- [FD98] Frederico FONSECA e Clodoveu DAVIS. *Geoprocessamento e Internet: Cenário Atual e Perspectivas*. Em Anais, GIS Brasil 98, Curitiba, 1998.
- [Fer97] Roberto FERRARI. *Viagem ao SIG: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica*. SAGRES Editora, 1997.
- [FG90] Andrew U. FRANK e Michael F. GOODCHILD. *Two perspectives in geographic data modeling*. National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), Technical Report, Santa Barbara, 1990.
- [Fra92] Andrew U. FRANK. *Spatial concepts, geometric data models, and geometric data structures*. *Computers & Geoscience*, v. 18, n. 4, London, 1992.
- [GA94] Francilene P. GARCIA e Vladimir C. ALENCAR. *Introdução a Geoprocessamento*. Apostila de Curso, Fundação Parque Tecnológico da Paraíba, Campina Grande, 1994.
- [GEF97] Michael F. GOODCHILD, Max J. ENGENHOFER e Robin FEGEAS. *Report of a Specialist Meeting Held under the Auspices of the Varenus Project*. Em Anais, Interoperating GISs, Santa Barbara, California, 1997.
- [Gio94] Micheli De GIOVANNI. *Computer-Aided Hardware-Software Codesign*. *IEEE Micro Magazine*, August 1994, pp. 10-16.
- [Hea+98] Richard HEALEY, Steve DOWERS, Bruce GITTINGS e Mike MINETER. *Parallel Processing Algorithms for GIS*. Taylor & Francis, 1998.
- [MGR91] D. MAGUIRE, M. GOODCHILD e D. RHIND. *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. John Willey & Sons, 1991.

- [MP93] Cláudia B. MEDEIROS e Fátima PIRES. *Uma metodologia para projeto de sistemas de informação geográfica*. Em Anais, VII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Rio de Janeiro, 1993.
- [MW92] J. MORRISON e K. WORTMAN. *Cartography and Geographic Information Systems - Special Issue: Implementing the Spatial Data Transfer Standard*. Em Anais, American Congress on Surveying and Mapping, 1992.
- [Nas95] Adriana M.R. do NASCIMENTO. *LinGeo: uma linguagem de consulta geográfica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 1995.
- [Pas96] Iana D. F. C. PASSOS. *Validação com Proposta de Extensão do Modelo de Dados Geográficos Mgeo+*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 1996.
- [PDRH97] *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba – Bacias do Rio do Peixe e do Alto Piranhas*. SEPLAN/PB – SCIENTEC - UFPB, 1997.
- [Que98] Rute Freitas QUEIROZ de Barros. *Filtros Espaciais de Alto Desempenho para Imagens em Sistemas de Informação Geográfica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 1998.
- [RA94] M. RODRIGUES e O. W. R. ALMEIDA. *Modelagem de dados espaciais para sistemas de informação geográfica*. Em Anais, I Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, Curitiba, 1994.
- [Rum+91] J. RUMBAUGH, M. BLAHA, W. PREMERLANI, F. EDDY e W. LORENSEN. *Object-Oriented Modelling and Design*. Prentice-Hall, 1991.
- [Sam90a] Hanan SAMET. *The design and analysis of spatial data structures*. Addison-Wesley, 1990.

- [Sam90b] Hanan SAMET. *Applications of spatial data structures: Computer Graphics, Image Processing and GIS*. Addison-Wesley, 1990.
- [SDTS98] *Overview of the SDTS Document*. Documento publicado na Internet (<http://mcmcweb.er.usgs.gov/sdts/standard.html>), United States Geological Survey, 1998.
- [SE90] Jeffrey STARS and John ESTES. *Geographic Information Systems: an introduction*. Prentice Hall, 1990.
- [SMS96] J. C. M. STRAUCH, M. L. Q. MATTOSO e J. M. de SOUZA. *Interoperabilidade de bases de dados espaciais heterogêneas e distribuídas*. Em Anais, I Semana Estadual de Geoprocessamento, Rio de Janeiro, 1996.
- [Ste89] Donald V. STEWARD. *Software Engineering with Systems Analysis and Design*. Brookes/Coole, 1989.
- [Tho98] Rogério THOMÉ. *Interoperabilidade em Geoprocessamento: Conversão entre Modelos Conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e Comparação com o Padrão Open Gis*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998.
- [Wor95] M. F. WORBOYS. *Geographic Information Systems: A Computing Perspective*. Editora Taylor & Francis, 1995.

ANEXO

Descrição dos Mapas e das Tabelas

Aplicação : Sistema de Informações Geográficas para
Auxílio à Gestão dos Recursos Hídricos

1- Descrição das Entidades Existentes

1.1 - Tabelas

Nº	Tabela	Descrição
1	Municípios	Nome dos municípios com o código do IBGE.
2	Bacias	Bacias Hidrográficas da Paraíba
3	Sub-Bacias	Dados do PDRH sobre Sub-bacias
4	Açudes	Dados do PDRH sobre Açudes
5	Açude-Finalid	Relacionamento Açudes e Finalidades
6	Tb Finalid	Descrição das Finalidades dos Açudes
7	Cota-Area	Curvas Cota-Area-Volume dos Açudes
8	Poços	Dados do PDRH sobre Poços
9	Muni-Sócio	Dados Sócio-Econômicos dos Municípios
10	Sede Muni	Dados específicos das Sedes dos Municípios
11	Solos	Identificação dos Polígonos de Solos
12	Classif Solos	Classificação dos Tipos de Solos

1.2 - Mapas

Paraíba:

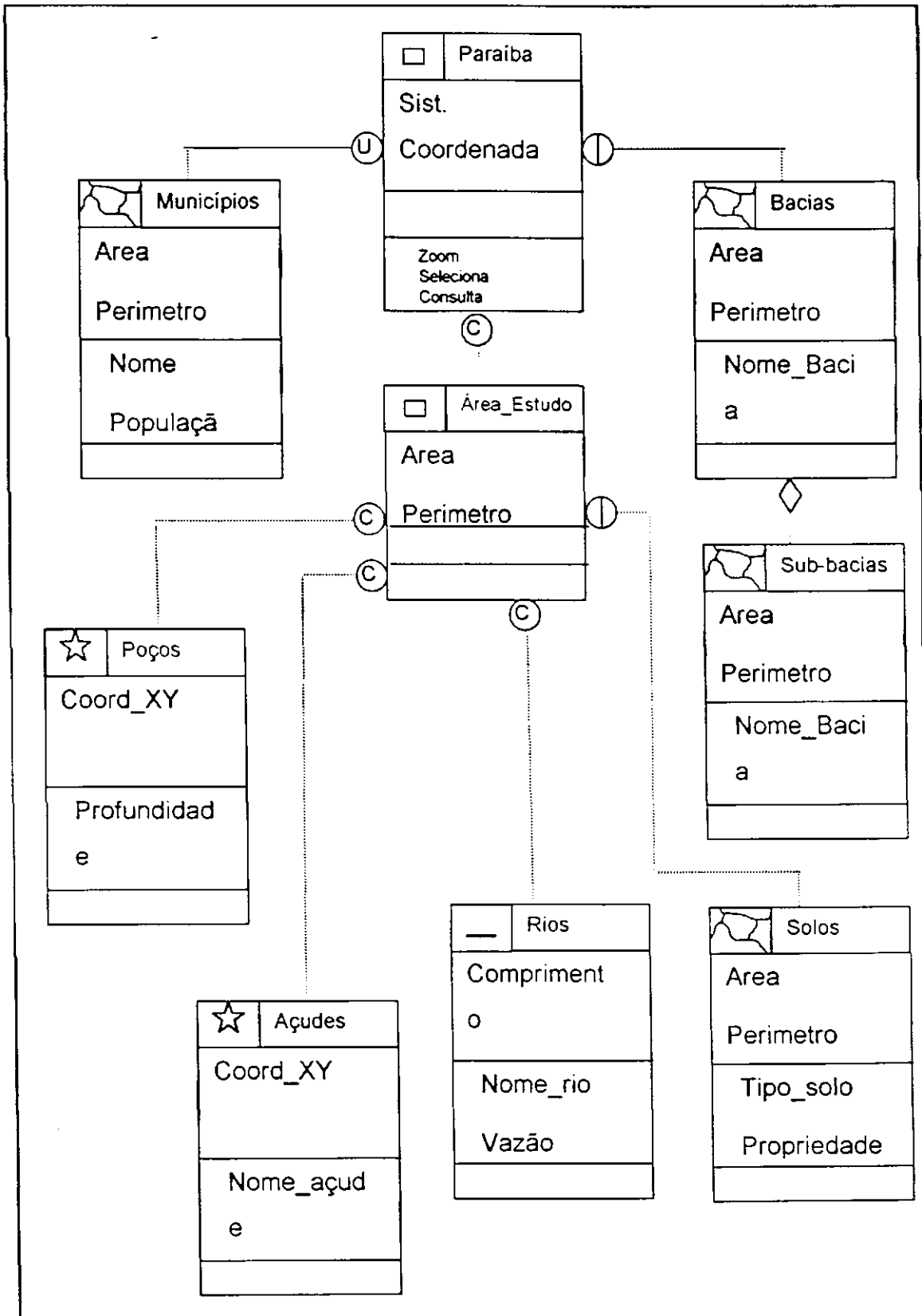
- ◆ Limites de Municípios
- ◆ Limites de Bacias
- ◆ Sedes Municipais
- ◆ Poços

◆ Postos Pluviométricos

Bacias do Rio Piancó e Alto Piranhas, e Bacia do Rio do Peixe

- ◆ Sub-bacias
- ◆ Pedologia
- ◆ Geologia
- ◆ Relevo
- ◆ Rodovias Federais e Estaduais
- ◆ Ferrovias
- ◆ Sedes Municipais e Distritos
- ◆ Vegetação
- ◆ Capacidade de Uso do Solo

2. Modelo Entidade-Relacionamento (notação Geo-OMT)



3. Dicionário de Dados

MUNICÍPIOS

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_Mun	Texto(4)	X	Código do Município (IBGE)		X
População	Inteiro		População		
Microrregião	Texto(25)				
Mesorregião	Texto(25)				

BACIAS

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_Bacia	Texto(2)	X	Código da Bacia (sequencial)		X
Nome_Bac	Texto(20)	X	Nome da Bacia (Rio Principal)		
Área	Número(6.1)		Área (em km ²)		
Perímetro	Número(6.1)		Perímetro (em km)		
Lp	Número (4.1)		Comprimento do Rio Principal (em km)		
Kc	Número(2.1)		Índice de Compacidade		
L	Número(4.1)		Lado Maior		
F	Número(1.2)		Fator de Forma		
Dd	Número(2.2)		Densidade de Drenagem (em km/km ²)		
Rc	Número(2.2)		Coefficiente de Confluência		
Ri	Número(2.2)		Coefficiente de Comprimento		
Ordem	Inteiro		Ordem do Curso D'água Principal	1 a 5	
ESM	Número(2.2)		Escoamento Superficial Médio (em km)		
Ig	Número(2.2)		Índice de Declividade Total		
Ds	Número(2.2)		Desnível Específico		

SUB-BACIAS

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_Bacia	Texto(2)	X	Código da Bacia (chave estrangeira)		X
Cod_Bacia	Texto(2)	X	Código da Sub-Bacia (sequencial)		X
Nome_Sub	Texto(20)	X	Nome da Sub-Bacia		
Área	Número(6.1)		Área (em km ²)		
Perímetro	Número(6.1)		Perímetro (em km)		
Lp	Número (4.1)		Comprimento do Rio Principal (em km)		
Kc	Número(2.1)		Índice de Compacidade		
L	Número(4.1)		Lado Maior		
F	Número(1.2)		Fator de Forma		
Dd	Número(2.2)		Densidade de Drenagem (em km/km ²)		
Rc	Número(2.2)		Coefficiente de Confluência		
Ri	Número(2.2)		Coefficiente de Comprimento		
Ordem	Inteiro		Ordem do Curso D'água Principal	1 a 5	

ESM	Número(2,2)		Escoamento Superficial Médio (em km)		
Ig	Número(2,2)		Índice de Declividade Total		
Ds	Número(2,2)		Desnível Específico		

AÇUDES

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_Bacia	Texto(2)	X	Código da Bacia (chave estrangeira)		X
Cod_açude	Texto(2)	X	Código do Açude (sequencial)		X
Nome_açude	Texto(30)	X	Nome do Açude		
Curso_barrado	Texto(20)				
Cod_munic	Texto(4)		Código do Município (IBGE)		
Ficha	Texto(20)		Órgão de origem da ficha		
UTM_x	Número(10,4)		Coordenada X do Sistema UTM		
UTM_y	Número(10,4)		Coordenada Y do Sistema UTM		
Volume_max	Número(10,1)		Volume Máximo do Açude (em m ³)		
Volume_morto	Número(10,1)		Volume Morto do Açude (em m ³)		
Altura_bar	Número(3,1)		Altura da Barragem (em m)		
Comp_bar	Número(4,1)		Comprimento da Barragem (em m)		
Mat_bar	Texto(20)		Material utilizado na barragem		
Larg_vert	Número(4,1)		Largura do Vertedouro (em m)		
Mat_const	Texto(20)		Material da construção		
Tipo_const	Texto(20)		Tipo da construção		
Cota_solcira	Inteiro		Cota da solcira (em m)		
Cota_mínima	Inteiro		Cota mínima (em m)		
Cota_porão	Inteiro		Cota do porão (em m)		
Inicio_const	Inteiro		Ano início da construção (4 dígitos)		
Fim_const	Inteiro		Ano fim da construção (4 dígitos)		
Executor	Texto(20)		Órgão responsável pela construção		
Proprietário	Texto(30)		Nome do Proprietário		

AÇUDE_FINALID

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_açude	Texto(2)	X	Código do Açude		X
Cod_finalid	Texto(2)	X	Código da Finalidade do Açude		X

Tb_Finalidades

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_finalid	Texto(2)	X	Código da Finalidade do Açude		X
Desc_finalid	Tecto(30)	X	Descrição da Finalidade do Açude		

Cota-Área

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_açude	Texto(3)	X	Código do Açude		X
Cota	Inteiro	X	Cota (em m)		X
Área	Número(7.1)		Área relativa à cota (em m ²)		
Volume	Número(7.1)		Volume relativo à cota (em m ³)		

POÇOS

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_poço	Texto(4)	X	Código do Poço (sequencial)		X
Cad	Inteiro		Número do Cadastro na CDRM		
Ord	Inteiro		Número da Ordem na CDRM		
Cod_munic	Texto(3)		Código do Município (IBGE)		
Localidade	Texto(25)		Nome da Localidade		
Cod_bacia	Texto(2)		Código da Bacia		
Proprietário	Texto(20)		Nome do Proprietário		
Longitude	Número(3.6)		(em grau decimal)		
Latitude	Número(3.6)		(em grau decimal)		
UTM_x	Número(10.4)		Coordenada X do Sist UTM (em m)		
UTM_y	Número(10.4)		Coordenada Y do Sist UTM (em m)		
Cota	Inteiro		Cota (em m)		
Órgão	Texto(20)		Órgão responsável pela construção		
Data_const	Data		Data da Construção		
Profundidade	Número(3.2)		(em metros)		
Diâmetro	Número(3.1)		(em metros)		
Vazão	Número(3.1)		(em m ³ /s)		
Resíduo	Número(3.2)		Nível de resíduo na água		
Equipamento	Texto(20)		Equipamento usado para a perfuração		
Tipo_poço	Texto(25)		Tipo do Poço		
Situ_poço	Texto(25)		Situação do Poço		

MUNI_SÓCIO

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_munic	Texto(4)	X	Código do Município		X
Pop_masc	Inteiro		População Masculina		
Pop_fem	Inteiro		População Feminina		
Tx_Analf	Número(3.1)		Taxa de Analfabetismo (em %)		
Mort_inf	Número(3.1)		Taxa de Mortalidade Infantil		
Renda_cap	Número(8.2)		Renda per Capita (em US \$)		
Indústrias	Inteiro		Nº de indústrias		
Desemprego	Número(3.1)		Taxa de Desemprego (em %)		
Abast_água	Número(3.1)		Casas c/ Abastecimento d'água (em %)		
Rede_esgoto	Número(3.1)		Casas c/ esgoto (em %)		
Telefones	Inteiro		Nº de telefones instalados		

Sede_municipio

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_munic	Texto(4)	X	Código do Município		X
Área_Urbana	Número(4,2)		(em km ²)		

SOLOS

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_solo	Texto(4)		Código da Classificação do Solo		X
Cod_poli	Texto(4)		Código de Identificação do Polígono		

Classif_solos

Atributo	Tipo	Ob	Descrição	Faixa	Chave
Cod_solo	Texto(4)		Código da Classificação do Solo		X
Desc_solo	Texto(60)		Descrição da Classificação do Solo		