

Ronaldo Guerra Bortolin

RA: 991335-1

SIG's

Sistemas de Informações Geográficas

Americana – SP

Novembro de 2002

Ronaldo Guerra Bortolin

RA: 991335-1

SIG's

Sistemas de Informações Geográficas

*Trabalho de graduação apresentado à
Faculdade de Tecnologia de Americana, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em
Processamento de Dados.*

Orientador:

Prof. Luis Carlos Botas

FATEC-AM

Americana – SP

Novembro de 2002



Justiça
relação
de
de
de
de
de

Dedico esse trabalho à minha família e espero que ela compreenda que os bons momentos que deixamos de passar juntos foi devido a minha dedicação na elaboração deste trabalho de graduação.

Agradecimentos

Agradeço enormemente ao meu amigo e companheiro de trabalho José Maria Cesário Júnior pela paciência e ajuda pelos muitos empréstimos realizados semanalmente de referências bibliográficas do acervo da biblioteca da Faculdade Metodista de Piracicaba - UNIMEP - , sem as quais a elaboração desse trabalho seria muito prejudicado.

Agradeço à IBM, empresa em que atualmente empregado, pela oportunidade de trabalhar como analista de um SIG, que gerou o interesse na escolha deste tema.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração dessa monografia, em especial a minha família pela compreensão, à minha namorada Milene pelo apoio e ao meu professor orientador Botas que, apesar do tempo limitado que tivemos para dialogar, sempre me tranquilizou nos meus momentos de insegurança.

Sumário

Resumo	10
Abstract	11
1. Introdução	12
1.1. O que é um SIG ?.....	12
2. Histórico	16
3. Aplicações	19
3.1. Aplicações Sócio-Econômicas.....	19
3.2. Aplicações Ambientais.....	22
3.3. Aplicações de Gerenciamento.....	24
4. Conceitos de Cartografia	25
4.1. A Forma da Terra.....	25
4.1.1. Sistema Geodésico.....	26
4.2. Sistemas de Coordenadas.....	26
4.2.1. Sistemas de Coordenadas Planas.....	27
4.2.2. Sistema de Coordenadas Geográficas.....	27
4.3. Escalas.....	31
4.3.1. Erro e Precisão Gráfica.....	32
4.4. Projeções Cartográficas.....	32
4.4.1. Superfícies Desenvolvíveis.....	33
4.4.2. O Sistema Universal Transverso de Mercador - UTM.....	34
4.4.3. Sistema de Coordenadas UTM.....	34
4.5. Mapas e Cartas.....	35
4.6. Conceitos de Sensoriamento Remoto.....	36
4.6.1. Sensores a Bordo de Satélites.....	36
4.6.1.1. GPS.....	37
4.6.2. Câmaras Fotográficas aerotransportadas.....	38
5. Estrutura de Dados no SIG	40
5.1. Dados Espaciais.....	41
5.1.1. Vetorial.....	41
5.1.2. Matricial.....	42
5.2. Dados Alfanuméricos.....	43
5.2.1. Atributos dos dados espaciais.....	43
5.2.2. Atributos georreferenciados.....	44
6. Características de um SIG	45
6.1. Sistema de Aquisição e Conversão dos Dados.....	46
6.2. Base de Dados.....	47
6.3. Modelos de Banco de Dados e SGBD.....	48
6.3.1. Seqüencial.....	49
6.3.2. Hierárquico.....	49
6.3.3. Relacional.....	49
6.3.4. Orientado a Objetos.....	49
6.4. Sistema de Análise Geográfica.....	50
6.4.1. Consulta ao Banco de Dados.....	50
6.4.2. Operadores Algébricos com Mapas.....	51
6.4.3. Operadores de Distância.....	51
6.5. Sistema de Processamento de Imagens.....	52
6.6. Sistema de Modelagem Digital de Terrenos.....	52
6.7. Sistema de Modelagem de Redes.....	53
6.8. Sistema de Análises Estatísticas.....	53
6.9. Sistema de Apresentação Cartográfica.....	54
6.10. Integração da Informação via SIG.....	55
6.10.1. Resolução.....	55
6.10.2. Unidade Territorial de Integração de Dados.....	56
6.10.3. Escalas de Medição.....	56
6.10.4. Escolha da Escala de Trabalho.....	58

7. Arquitetura.....	60
7.1. SIG Tradicional.....	60
7.2. Arquitetura Dual.....	62
7.3. SIG baseado em CAD.....	63
7.4. SIG relacional.....	65
7.5. SIG orientado a objetos.....	66
7.6. Desktop mapping.....	67
7.7. SIG baseado em imagens.....	68
7.8. SIG integrado (imagens-vetores).....	69
8. Introdução À Modelagem de Dados para Aplicações Urbanas de SIG's.....	71
8.1. Endereçamento Urbano.....	71
8.1.1. Alternativas para Representação.....	72
8.1.1.1. Endereços Individuais.....	72
8.1.1.2. Centerlines.....	76
8.1.1.3. Pontos de Referência.....	77
8.1.2. Modelagem.....	78
8.1.2.1. Logradouros.....	80
8.1.2.2. Endereços.....	81
8.1.2.3. CEP.....	82
8.1.2.4. CEP's Especiais.....	83
8.1.2.5. Centerlines.....	84
8.2. Planejamento Urbano.....	85
8.2.1. Exemplo: Atividades Econômicas em um Município.....	86
8.3. Redes de Serviços Públicos.....	87
8.3.1. Exemplo: Rede de Esgotos.....	88
8.4. Transportes.....	89
8.4.1. Exemplo: Sistema de Transportes Coletivos.....	90
8.5. Segurança Pública.....	92
8.5.1. Exemplo: Atendimento a Emergências.....	92
8.6. Demografia e Indicadores Sócio-Econômicos.....	94
8.6.1. Exemplo: Demografia de uma Região Metropolitana.....	95
9. Informações Complementares.....	97
9.1. Critérios para escolha de um SIG.....	97
9.2. Tendências para o futuro.....	98
9.2.1. Software de Baixo Custo.....	98
9.2.2. Uso de Imagens.....	99
9.2.3. Orientação a Objetos.....	99
9.2.4. Padronização do Intercâmbio de Dados Geográficos.....	99
9.2.5. Dados Geográficos na Internet.....	99
10. Conclusão.....	100
Referências Bibliográficas.....	101

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Imagem de Satélite do Brasil.....	13
Figura 1.2 - Modelo Numérico de Terreno - MDT.....	13
Figura 1.3 - Exemplo de Mapa Temático.....	13
Figura 1.4 - Exemplo de Redes.....	14
Figura 1.5 - Dados Tabulares.....	14
Figura 2.1 - A área de trabalho pode abranger de um bairro até toda superfície terrestre.....	17
Figura 2.2 - Os equipamentos podem variar de PC's a clusters.....	17
Figura 3.1 - Exemplo de utilização de SIG em redes de utilidade pública e uso da terra.....	20
Figura 3.2 - Exemplo de aplicação de SIG em censos - média de idade.....	21
Figura 3.3 - Exemplo de aplicação de SIG em monitoração de rotas aéreas.....	22
Figura 3.4 - Exemplo de aplicação de meio ambiente - vegetação.....	23
Figura 4.1 - Elipsóide.....	25
Figura 4.2 - Geóide, Esferóide e Elipsóide.....	26
Figura 4.3 - Foto da Terra e representação da terra com sistema de coordenadas.....	27
Figura 4.4 - Sistema de coordenadas planas cartesiano.....	27
Figura 4.5 - Todo ponto da superfície terrestre dista igualmente do centro.....	28
Figura 4.6 - Paralelos e Meridianos.....	28
Figura 4.7 - Pólo Norte e Pólo Sul.....	29
Figura 4.8 - Divisão da terra em dois hemisférios - Norte e Sul.....	29
Figura 4.9 - Paralelos.....	30
Figura 4.10 - Latitude.....	30
Figura 4.11 - Meridianos.....	30
Figura 4.12 - Escala Gráfica.....	31
Figura 4.13 - Escala Numérica.....	31
Figura 4.14 - Projeção Cartográfica.....	32
Figura 4.15 - projeção cilíndrica, cônica e plana.....	33
Figura 4.16 - Sistema de satélites para GPS.....	37
Figura 4.17 - Linhas de vôo.....	38
Figura 4.18 - Fotos aéreas agrupadas.....	39
Figura 5.1 - Relacionamentos espaciais.....	40
Figura 5.2 - Associação de elemento geográfico com atributos alfanuméricos.....	41
Figura 5.3 - Representação Vetorial.....	42
Figura 5.4 - Representação Matricial.....	42
Figura 6.1 - Estabelecendo ligação entre atributos gráficos e não-gráficos através de identificadores comuns.....	47
Figura 6.2 - Estabelecendo ligação entre atributos gráficos e não-gráficos através da localização geográfica.....	48
Figura 6.3 - Layers de mapas.....	51
Figura 6.4 - Modelagem Digital de Terreno em visualização 3D.....	53
Figura 6.5 - Módulo de análise estatística de um SIG comercial.....	54
Figura 7.1 - SIG Tradicional.....	61
Figura 7.2 - SIG Arquitetura Dual.....	63
Figura 7.3 - SIG baseado em CAD.....	64
Figura 7.4 - SIG Relacional.....	65
Figura 7.5 - SIG baseado em objetos.....	67
Figura 7.6 - Desktop Mapping.....	68
Figura 7.7 - SIG baseado em imagens.....	69

Lista de Figuras

Figura 7.8 - SIG integrado.....	70
Figura 8.1 - malha de centerlines.....	77
Figura 8.2 - Esquema de sistema de endereçamento	80
Figura 8.3 - Aplicação de planejamento urbano.....	87
Figura 8.4 - Modelo de aplicação em rede de esgotos sanitários	89
Figura 8.5 - Sistema de transportes coletivos.....	91
Figura 8.6 - Esquema de aplicação de atendimento a emergências.....	93
Figura 8.7 - Unidades espaciais de referência para aplicação em demografia	95
Figura 8.8 - Modelo de dados demográficos.....	96

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Comparação formato vetorial e matricial	43
Tabela 2 - Critérios a serem observados na escolha da escala de trabalho	58
Tabela 3 - Armazenagem de informações sem cuidados	72
Tabela 4 - Melhor detalhamento de informação "endereço"	73
Tabela 5 - Informação do logradouro caracterizado por dois campos	73
Tabela 6 - Logradouro com título profissional separado	73
Tabela 7 - Forma normalizada da representação do logradouro	73
Tabela 8 - Tabela de apoio de logradouros	73
Tabela 9 - Forma normalizada com dispensa do complemento	74
Tabela 10 - Exemplos de tipos de logradouros	74
Tabela 11 - Exemplos de títulos de logradouros	74
Tabela 12 - Informações nas mais diversas formas	75

Lista de Abreviaturas

- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- CAD – Computer-Assisted Design
- GIS – Geographic Information System
- UGGI – União Geodésica e Geofísica Internacional
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- DGPS – Differential Global Positioning System
- GPS – Global Positioning System
- SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística
- CEP – Cidade Estado e País
- CPF – Cadastro de Pessoas Físicas
- UTB – Unidade Territorial Básica
- UTI – Unidade Territorial de Integração
- ECT – Empresa de Correios e Telégrafos
- TIGER – Topologically Integrated Geographic Encoding and Reference
- ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
- SRF – Secretaria da Receita Federal

Resumo

SIG's - Sistemas de Informações Geográficas - são aplicações computacionais capazes de coletar, armazenar, processar e analisar informações georreferenciadas. A utilização de SIG's vêm crescendo rapidamente em todo o mundo nos últimos anos devido a evolução tecnológica de hardwares na última década aliada ao grande universo de aplicação desses sistemas.

As características geográficas faz com que os SIG's sejam intimamente ligados à conceitos cartográficos, como topografia, sistemas de coordenadas, projeções cartográficas e etc. Para tratar essas situações, são dotados de estruturas de dados especiais, sistemas de análises geográficas e modelagem de dados específica para cada universo de aplicações. A arquitetura pode variar desde sistemas antigos, portáteis em ambientes de alta plataforma até sistemas desktops, via Internet e distribuídos.

Palavras-Chave: SIG, GIS, Sistemas de Informações Geográficas, Sistemas de Informação, Geografia.

Abstract

GIS - Geographic Information Systems - is computational applications capable to collect, to store, to process and to analyze geo-referenced information. The use of GIS is growing quickly in the whole world in the last years due the technological evolution of hardware in the last decade allied with the great universe of application of these systems.

The geographic characteristics become the GIS associated with the cartographic concepts, as topography, systems of coordinates, cartographic projections and etc. To treat these situations, they are endowed with special data structures, geographic systems analyses and specific modeling of data for each universe of applications. The architecture can vary since old systems, portable systems in hosts environments until desktops systems, basead in Internet and distributed systems.

Words Keys: GIS, Geographic Information Systems, Geographic, Information Systems.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O que é um SIG ?

Sistemas de Informação Geográfica (SIG's), ou *Geographic Information Systems (GIS's)*, como são conhecidos internacionalmente, são sistemas de informação capazes de capturar, modelar, manipular, recuperar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma informação indispensável para referenciá-los.

Futuras decisões que afetem todos nós, como planejamento de novas rodovias e cidades, criação de estratégias de agricultura e localização de áreas para extração mineral, são tomadas com base em informações espaço-temporais apropriadamente coletadas, gerenciadas, analisadas e apresentadas. Para poder extrair o máximo dessas informações, nós devemos conhecer suas limitações (precisão) e ter ferramentas para visualizá-las de uma maneira apropriada. É nesse contexto que os SIG's se enquadram, como ferramentas para auxiliar o homem a tomar essas decisões.

O coração de qualquer SIG é o banco de dados. As informações contidas neles possuem um significado no contexto de uma aplicação. Primeiramente os dados precisam ser capturados de uma maneira que o sistema possa manipulá-los e armazená-los. Os SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados) atuais possuem mecanismos para facilitar essa inserção de uma maneira apropriada. Esses dados são válidos somente quando fazem parte de uma estrutura de relacionamentos que formam o contexto dos dados. Esse contexto é apresentado com modelo de dados. Algumas aplicações possuem um modelo de dados relativamente simples: por exemplo, em um sistema de biblioteca, dados sobre livros, usuários, reservas e empréstimos são estruturados de uma maneira simples. Muitas aplicações, precisam de um modelo de dados mais complexo. SIGs se encaixam neste segundo tipo de aplicação.

As informações tratadas em SIG's incluem:

- imagens de satellite (figura 1.1);



Figura 1.1 - Imagem de Satélite do Brasil

- modelos numéricos de terreno (figura 1.2);

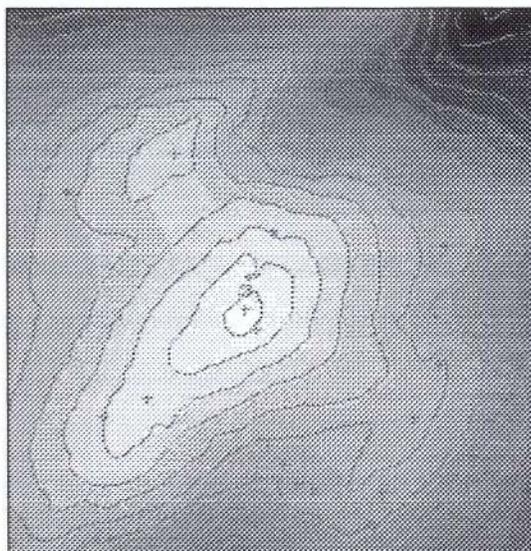


Figura 1.2 – Modelo Numérico de Terreno - MDT

- mapas temáticos (figura 1.3);

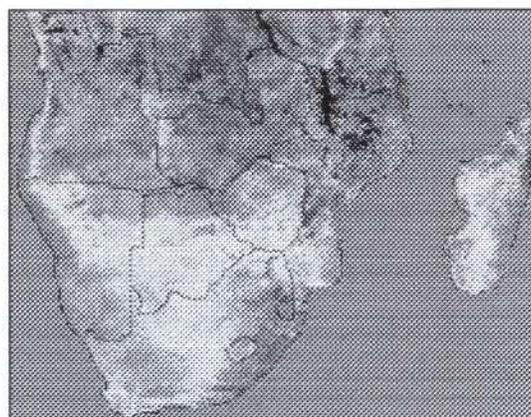


Figura 1.3 - Exemplo de Mapa Temático

- redes (figura 1.4);



Figura 1.4 - Exemplo de Redes

- e dados tabulares (figura 1.5);

Orig	Dest	Param	Param	Fases	Cabo	EntFas	EntRed
2433257	4631268	2433000	4631302	3	A	02	02
2433022	4631208	2433257	4631268	3	A	02	02
2433707	4633926	2433368	4633892	3	A	10	02
2433636	4631432	2433627	4631208	3	A	10	02
2433728	4631912	2433628	4631632	3	A	10	02
2434042	4633848	2433707	4633828	3	A	10	02
2433818	4632282	2433728	4631912	3	A	10	02
2433808	4632682	2433818	4632282	3	A	10	02
2433896	4633072	2433808	4632682	3	A	10	02
2434068	4633382	2433896	4633072	3	A	10	02
2434128	4633918	2434042	4633848	3	A	10	02
2434158	4633718	2434128	4633918	3	A	10	02
2434068	4633382	2434158	4633718	3	A	10	02

Figura 1.5 - Dados Tabulares

Os SIGs são definidos cada um a sua maneira, de acordo com sua aplicação e de acordo com o tipo de dado a ser manuseado, e utilizados como sistemas espaciais para apoio à tomada de decisão. Uma das grandes características de SIG's é o fato que possibilitam a integração em um mesmo sistema as informações geográficas provenientes de fontes diversas. Uma outra é que oferecem mecanismos para manipular e analisar essas informações através de algoritmos específicos.

Esse trabalho de graduação tem como objetivo expor informações referentes a esses tipos de sistemas, começando por um histórico, conceitos básicos e aplicações. Em seguida um capítulo é destinado a cartografia, com conceitos e informações básicas sobre sistemas de coordenadas, projeções cartográficas e sensoriamento remoto. Esse capítulo tem como objetivo nivelar o conhecimento dos leitores. O capítulo 5 explica quais são os tipos de dados que um SIG pode armazenar para que seja possível a manipulação dos mesmos no futuro. Introduções a características como sistema de conversão de dados, sistemas de análise geográfica, integração de informação e arquiteturas são expostas nos capítulos 6 e 7. Um capítulo especial sobre modelagem de dados para aplicações urbanas foi adicionado, para o leitor relacionar os conceitos teóricos com a realidade na prática. O capítulo 9 traz

interessantes informações sobre como escolher um SIG na hora de comprar e quais são as tendências para o futuro dessas aplicações.

2. HISTÓRICO

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Dada a precariedade da informática na época, e o objetivo específico das aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra, e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos), estes sistemas ainda não podem ser classificados como “sistemas de informação”.

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar devido:

- não existiam monitores gráficos de alta resolução;
- os computadores necessários eram excessivamente caros;
- e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima.

Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro. Além disto, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas.

Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão *Geographic Information System – GIS (Sistema de Informação Geográfica – SIG – em português)* foi criada. Foi também nesta época que começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD, que melhoraram em muito as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia, e serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Também nos anos 70 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional. No entanto, devido aos custos e ao fato destes sistemas ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia.

A década de 80 representa o momento quando a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje. Até então limitados pelo alto custo do hardware e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema, os SIG's se beneficiaram da massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto.

No decorrer dos anos 80, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso dos SIG's. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou, também, um alargamento do leque de aplicações dos SIG's.

Atualmente, as aplicações de SIG's podem variar:

- no tamanho em que a área geográfica de trabalho pode abranger, desde uma simples rua ou bairro a uma área que pode abranger continentes ou até toda a superfície terrestre (figura 2.1);

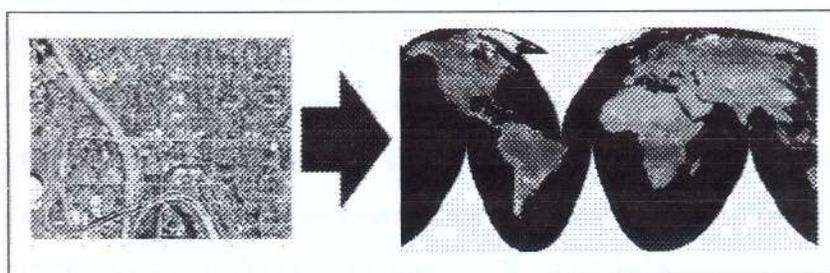


Figura 2.1 - A área de trabalho pode abranger de um bairro até toda superfície terrestre

- variar em equipamentos utilizados, desde um computador pessoal padrão no nosso dia-a-dia a equipamentos de grande porte, como computadores multiprocessados e até clusters distribuídos lógica e fisicamente (figura 2.2);

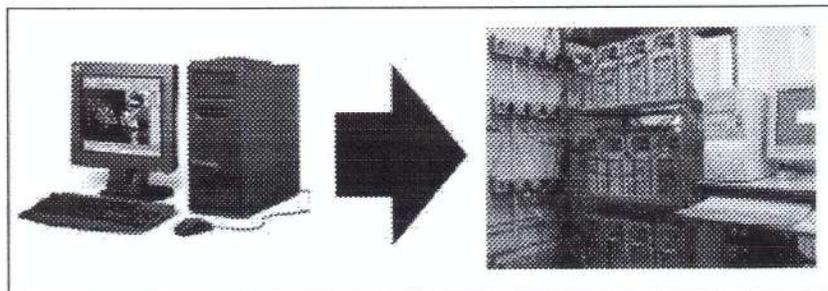


Figura 2.2 - Os equipamentos podem variar de PC's a clusters

- e variar em abrangência de interesse desde o interesse pessoal a até a patrocínios de órgãos governamentais de diferentes países.

Bibliografias sobre o assunto têm considerado três gerações de SIG's até os dias atuais:

- 1ª geração: baseada em CAD cartográfico. São sistemas baseados na cartografia tradicional com um banco de dados limitado. Esses sistemas se preocupam em focar o trabalho em cima de mapas, sem a preocupação de

gerar arquivos formatados para reutilização dos dados. Esses sistemas são conhecidos como orientados a projetos;

- 2ª geração: baseada em banco de dados geográficos. Chegou ao mercado no início das anos 90 e é caracterizada por ser implementada com a filosofia cliente-servidor, utilizando sistemas gerenciadores de banco de dados com suporte a processamento de imagens;
- 3ª geração: baseada em bibliotecas digitais ou centros de dados geográficos, caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes locais e remotas, públicas ou privadas. Essa geração é foi prevista para aparecer nos anos subseqüentes ao 2000 e atualmente essa uma tendência que vem se confirmando. Esses sistemas deverão permitir o acesso aos dados por SIG's distintos. Essa geração pode ser vista como o desenvolvimento de sistemas orientados a troca de informações entre uma instituições e os demais componentes da sociedade.

3. APLICAÇÕES

Um fenômeno geográfico pode ser analisado de forma e precisão diferentes, dependendo do objetivo da aplicação. Devido a essa característica, as aplicações de SIG's podem ser classificadas em:

- sócio-econômicas, envolvendo o uso da terra, seres humanos e a infraestrutura;
- ambientais, enfocando o meio ambiente e o uso de recursos naturais;
- e de gerenciamento, envolvendo a realização de estudos e projeções que determinam onde e como alocar recursos para remediar problemas ou garantir a preservação de determinadas características.

3.1. Aplicações Sócio-Econômicas

Podem ser utilizadas com o objetivo de análise preliminar ou de avaliação do quanto mudanças ocorreram em uma região a partir de um determinado fato. Dentro desse grupo distinguem-se os grupos de origem:

- uso da terra – inclui cadastros rurais, agroindústria e irrigação, cadastro urbanos e regionais;
- sistemas para serviços de utilidade pública – redes de telefonia, eletricidade, esgotos, transportes e sistemas de auxílio à navegação
- sistemas de censo;
- atividades sócio-econômicas - sistemas de informação sobre uso da terra e os sistemas para mapeamento automático/gerência de facilidades. Exemplos são o acompanhamento e inventário de cadastros imobiliários rurais ou urbanos; definição de uma política para uso de solo;

Um sistema de informação sobre uso da terra (figura 3.1), manipula basicamente limites de propriedades ou regiões, com mapas e descrições associados, contendo valor (de venda, aluguel, transferência, impostos, etc...), uso (rural ou urbano, vegetação, etc...), construções, infraestrutura (água, gás, eletricidade, etc...), população e outros.

Existe um crescente uso de SIG's pelos serviços de utilidade pública no mundo (figura 3.1), desde ferramentas mais simples para mapeamento automático e gerência de facilidades até sistemas sofisticados, envolvendo simulação. A natureza dos serviços de utilidade pública

varia enormemente de país para país, refletindo-se nos SIG's utilizados. De modo geral, a indústria provê serviços para consumidores comerciais e domésticos, fazendo uso de alguma forma de mapeamento de sua rede. SIG's permitiram que estes registros geográficos fossem relacionados a dados alfanuméricos. Podemos subdividir as aplicações relacionadas a serviços de utilidade pública em redes de fluxo, incluindo gás e água, e redes de cabos, incluindo eletricidade, telecomunicações e televisão a cabo. Os objetos de uma rede de fluxo correspondem geralmente a dutos, possuindo atributos como diâmetro, material de construção e idade de um duto. É essencial que exista conectividade nas ligações da rede no banco de dados para a análise da rede de fluxo. Registros de eletricidade são em geral separados por voltagem de transmissão e distribuição. Em telecomunicações, a rede deve manter registro da localização dos dutos físicos em redes subterrâneas, permitindo identificar até consumidores individuais. O georeferenciamento dos registros de serviços de utilidade pública pode ser considerado de duas formas:

- através de um mapa básico topográfico, que funciona como um arcabouço espacial onde os dados são georeferenciados;
- ou a partir da localização dos dutos de fluxo ou cabos.

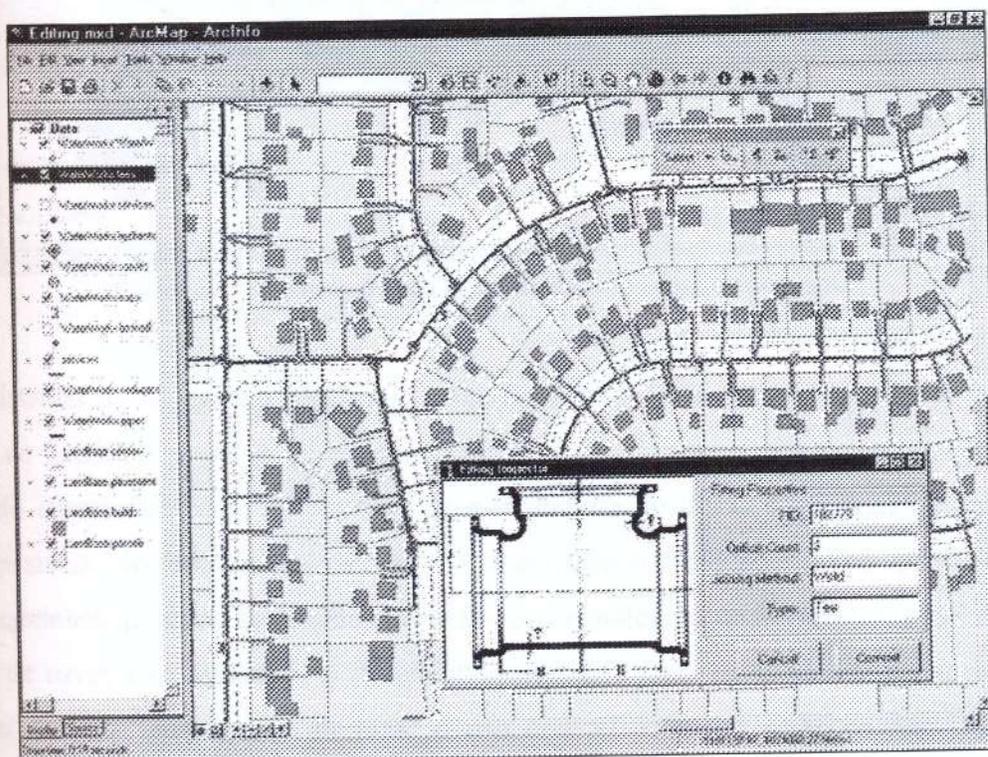


Figura 3.1 - Exemplo de utilização de SIG em redes de utilidade pública e uso da terra

Sistemas de censo (figura 3.2) ajudam a monitorar mudanças nas características da população e são importantes para planejamento tanto a nível global quanto local. Existem vários métodos de se realizar censos. Censos exaustivos são caros e usualmente feitos em intervalos de dez anos, quando uma série de perguntas relativas à vida dos habitantes são postas (renda, acesso a telefone, eletrodomésticos, etc...). Tradicionalmente, o papel de SIG's é grande no estágio de pós-processamento das informações, onde dados são analisados e facilmente espacializados gerando mapas.

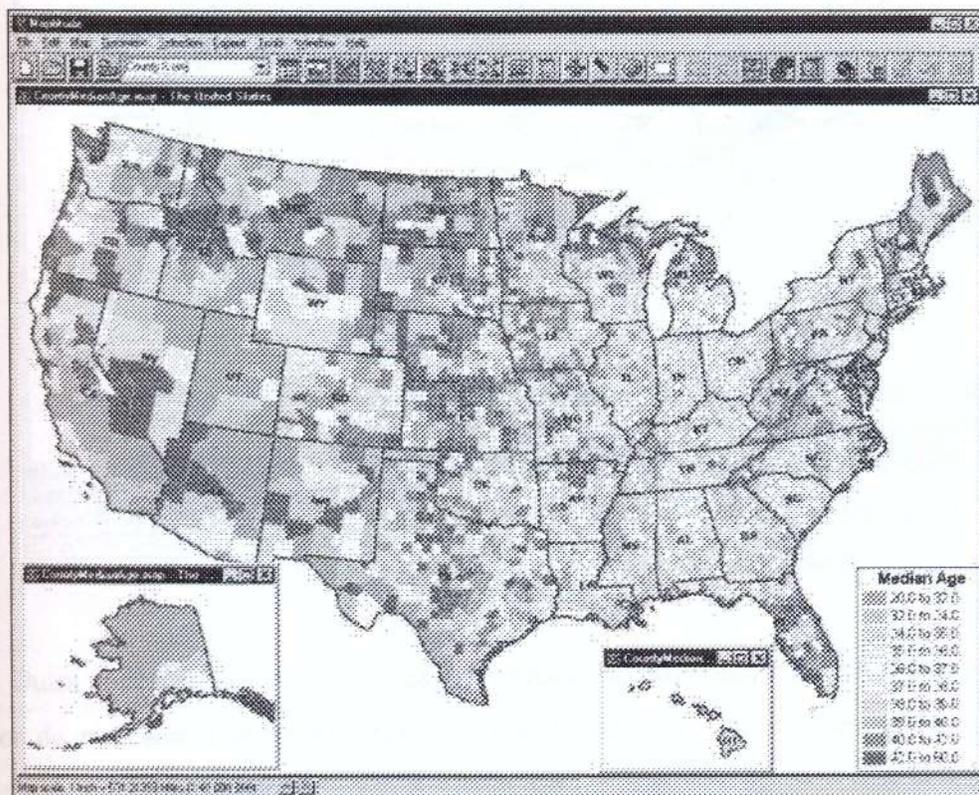


Figura 3.2 - Exemplo de aplicação de SIG em censos - média de idade

Sistemas de navegação, marítima, aérea (figura 3.3) ou terrestre, também se beneficiam bastante de SIG's. A área de navegação terrestre inclui sistemas experimentais de tráfego, reportando engarrafamentos, sistemas de monitoramento de frotas e sistemas de navegação para automóveis. No último caso, os SIG's podem oferecer facilidades como apresentação de mapas, caminhos, procura de destinos por endereço e indicação de infra-estruturas existentes. Na área de navegação marítima, o desenvolvimento de cartas náuticas digitais apresenta-se como um caminho natural para otimizar o uso dos recursos das embarcações. De fato, o aumento do tráfego marítimo em determinadas regiões do planeta, aliado às condições atmosféricas e ao estado do mar, demanda cada vez mais o desenvolvimento de sistemas de auxílio à navegação que minimizem a ocorrência de acidentes que possam, por exemplo,

resultar na destruição da natureza através do derramamento de imensas cargas de óleo ou elementos químicos. As cartas náuticas são fundamentais como instrumento de segurança da navegação, além de fonte de dados para pesquisa e análise dos ambientes por elas representados.

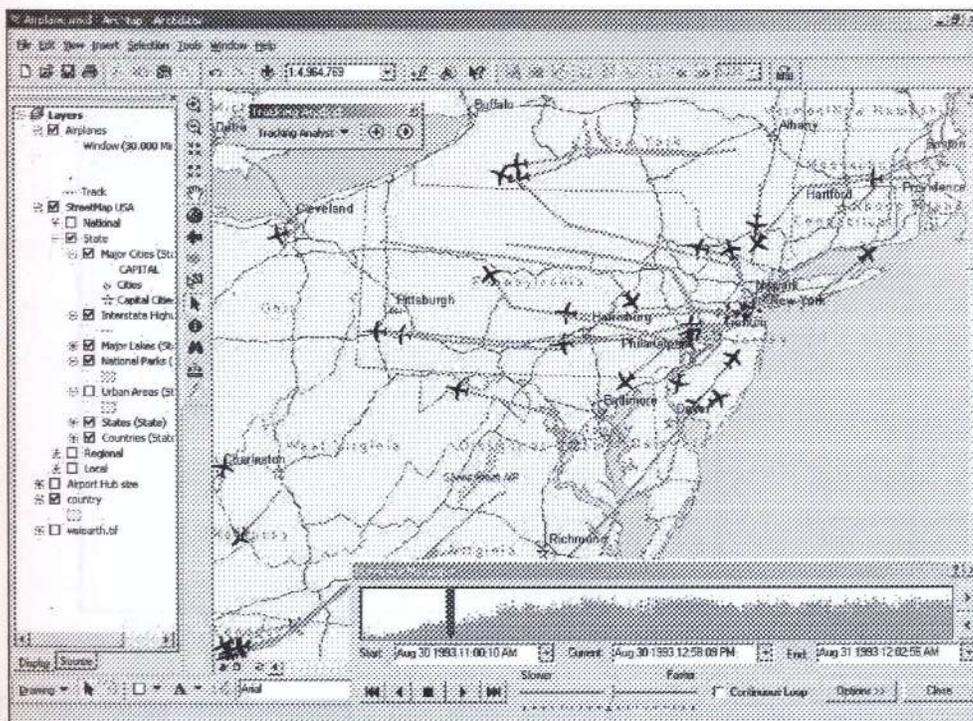


Figura 3.3 - Exemplo de aplicação de SIG em monitoração de rotas aéreas

Outra aplicação sócio-econômica para SIG's são sistemas de informações de mercado. Análises de mercado necessitam muitas vezes de informações espacialmente diferenciadas sobre consumidores e competidores. Sistemas de informações de mercado beneciam-se das funcionalidades de SIG's principalmente quando estes estão acoplados a ferramentas para análise financeira, sistemas de apoio à decisão e sistemas especialistas.

3.2. Aplicações Ambientais

Algumas aplicações ambientais precedem o uso de computadores. A modelagem espacial de fenômenos hidrológicos, por exemplo, começou há mais de cem anos e o uso de técnicas analíticas em problemas biológicos e ecológicos foi iniciado nos anos 20. SIG's vieram agilizar este processamento. As aplicações ambientais variam enormemente de área. Distinguem-se dois grupos de origem:

- o meio ambiente, incluindo ecologia, clima, gerenciamento florestal e poluição (figura 3.4);

- o uso dos recursos naturais, envolvendo extrativismo vegetal, extrativismo mineral, energia, recursos hídricos e oceânica.

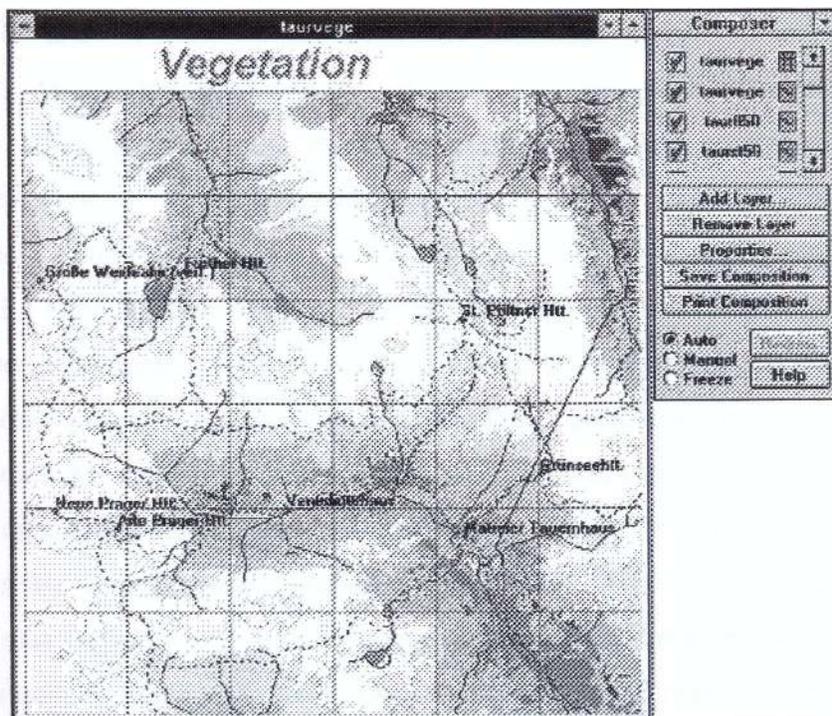


Figura 3.4 - Exemplo de aplicação de meio ambiente - vegetação

Enquadram-se em aplicações de meio ambiente modelagem climática e ambiental, previsão numérica do tempo, monitoração do desflorestamento e monitoração da emissão e ação de poluentes. Ilustrando tipos aplicações de uso de recursos naturais têm-se identificação e mapeamento mineral e petrolífero, planejamento e supervisão de redes hidroelétricas, gerenciamento costeiro e marítimo, e sistemas de informação de recursos hidrológicos.

As aplicações podem ter abrangência em uma escala global, continental, regional ou até mesmo local. Os dados são principalmente obtidos através de sensoriamento remoto, como fotos de satélite ou imagens de radar, complementados por amostras coletadas no campo. Assim, por exemplo, a distribuição da vegetação em uma região não se ocupa de plantas individuais, mas das espécies dominantes.

SIG's auxiliam sistemas de informação de solos na catalogação de perfis de solo coletados. O uso de sistemas de informação de solos não está limitado apenas a grandes catálogos nacionais, mas aplica-se também a estudos locais, tais como estudos voltados para a agricultura em fazendas.

Atualmente, um grande desafio mundial é o programa de mudanças globais. Ele parte do pressuposto de que mudanças climáticas, de fauna, flora e recursos naturais só podem ser explicados em uma escala global, de forma interdisciplinar, envolvendo biólogos, ecologistas,

geólogos, geofísicos e outros cientistas. Neste contexto, SIG's desempenham um papel fundamental. Este esforço mundial motivou uma coleta de dados em todo o planeta, com a cooperação de várias nações. Bancos de dados temáticos globais estão sendo criados e integrados. Os dados globais podem ser divididos em três categorias: dados globais de referência, de longa duração, com escala temporal de décadas a séculos (por exemplo, parâmetros climáticos, de solos, de densidade populacional); dados globais para monitoração, de média duração, com escala temporal de meses a anos, refletindo mudanças globais em uma escala espacial e temporal (por exemplo, cobertura de neve, ventos e precipitação); e dados globais tipo séries temporais para monitoração, consistindo de séries temporais, índices de medidas ou médias para células (por exemplo, índice de vegetação e temperatura oceânica).

Aplicações de modelagem hidrológica estão principalmente voltadas a estudos sobre a qualidade e a quantidade de água em uma determinada região. Os dados envolvem não apenas informações sobre a geometria e topologia de bacias hidrográficas, lagos e correntes subterrâneas, mas também fatores como composição química, caracterização das populações da região analisada e fontes poluentes. O estudo do fluxo de correntes exige informações sobre declive, solo, cobertura vegetal, dentre outros. Dentre as aplicações relacionadas destacam-se gerenciamento de bacias hidrográficas, modelagem de fontes subterrâneas e de erosão.

3.3. Aplicações de Gerenciamento

Administrações municipais, regionais e nacionais têm cada vez mais utilizado SIG's como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões, tanto para a definição de novas políticas de planejamento quanto para a avaliação de decisões tomadas. Como exemplo desta classe de aplicações há planejamento de tráfego urbano, planejamento e controle de obras públicas, planejamento da defesa civil. É crescente principalmente o uso de SIG's como apoio ao planejamento ambiental ou urbano. Em muitos casos, tal planejamento é auxiliado através do acoplamento de sistemas especialistas a SIG's. O gerenciamento de recursos agrícolas é outra área de destaque para SIG's, tais como análise de áreas de cultivo ou identificação de épocas de estiagem.

4. CONCEITOS DE CARTOGRAFIA

4.1. A Forma da Terra

Apesar de assumir que a forma da terra é rodonda, em estudos onde se exige precisão de posicionamento, como é o caso da maioria das representações da superfície terrestre em mapas e cartas, deve-se considerar mais cuidadosamente as pequenas diferenciações da sua forma.

No século XVII o inglês Newton e o holandês Huygens afirmaram que a Terra era um pouco achatada nos pólos e não perfeitamente redonda. Esse achatamento é devido “a combinação da força da gravidade” (que atua de fora pra dentro) e “à força do movimento de rotação” (que atua de dentro para fora). Assim, passou-se a considerar que a figura geométrica mais semelhante à forma da Terra era um elipsóide (figura 4.1).

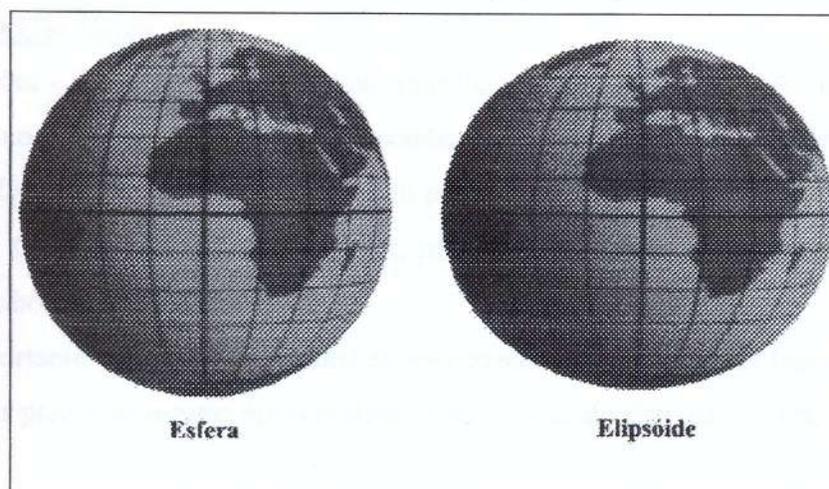


Figura 4.1 - Elipsóide

No entanto, com a evolução tecnológica foi possível comprovar que, na realidade, a Terra não é perfeitamente redonda nem elipsóidica, mas sim um tipo de elipsóide irregular que recebe o nome de *Geóide*.

O *Geóide* é a forma adotada para a Terra e é sobre esta superfície que são realizadas todas as medições. Como o *Geóide* (figura 4.2) é uma superfície irregular, de difícil tratamento matemático, foi necessário adotar, para efeito de cálculos, uma superfície regular que possa ser matematicamente definida. A forma matemática assumida para cálculos sobre o *geóide* é o *Elipsóide de Revolução*, gerado por uma elipse rotacionada em torno do eixo menor do *Geóide*.

A figura 4.2 apresenta de maneira exagerada a distinção entre a esfera, o *Geóide* e o *Elipsóide de Revolução*. Para áreas pequenas (até 50 km²) a diferença entre o *Elipsóide* e o

Geóide é quase imperceptível, o que permite estabelecer a Terra como esférica em algumas aplicações.

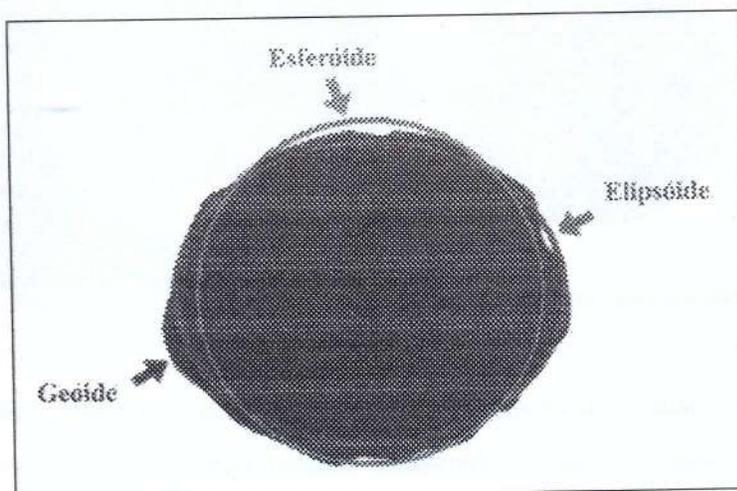


Figura 4.2 - Geóide, Esferóide e Elipsóide

4.1.1. Sistema Geodésico

Medições e levantamentos feitos na superfície terrestre (*Geóide*) são matematicamente solucionados no *Elipsóide*. Os sistemas geodésicos buscam uma melhor correlação entre o *Geóide* e o *Elipsóide*, estabelecendo a origem para as coordenadas geodésicas referenciadas a este elipsóide. Como o *Geóide* não é regular, não existe um único elipsóide e cada país adota aquele que melhor se ajuste à sua área.

É importante estar sempre atento às informações constantes nas legendas dos mapas utilizados, pois para uma mesma área podem existir mapas de sistema geodésicos diferentes.

4.2. Sistemas de Coordenadas

Para localizar qualquer lugar no mundo, seja um país, uma cidade ou um rio, utilizamos sistemas de coordenadas, que são sistemas de referência de posicionamento de pontos em uma determinada superfície. A origem do sistema de coordenadas global (geográficas) é uma rede quadriculada de linhas imaginárias, verticais e horizontais, que cortam todo o globo terrestre, dando medidas de longitude e latitude. É considerado o sistema primário de localização na Terra (figura 4.3).

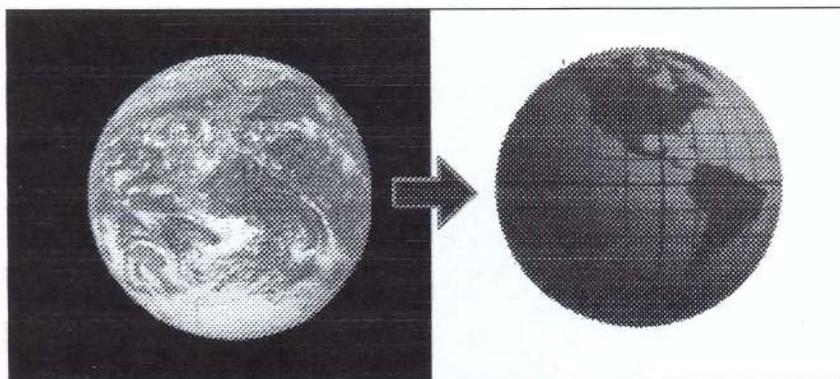


Figura 4.3 - Foto da Terra e representação da terra com sistema de coordenadas

A utilização de sistemas de coordenadas (geográficas ou planas), em quaisquer casos, estabelece os relacionamentos matemáticos necessários para o exato posicionamento da informação sobre a superfície terrestre, isto é, georreferenciamento.

4.2.1. Sistemas de Coordenadas Planas

Os sistemas planos de maior utilização são os cartesianos (figura 4.4), em que a posição de um ponto qualquer é definida através de um par de coordenadas (x,y) . Esses sistemas podem ainda ser bi ou tridimensionais. No caso dos tridimensionais, são necessárias três coordenadas para o posicionamento de um ponto qualquer no espaço (x,y,z) .

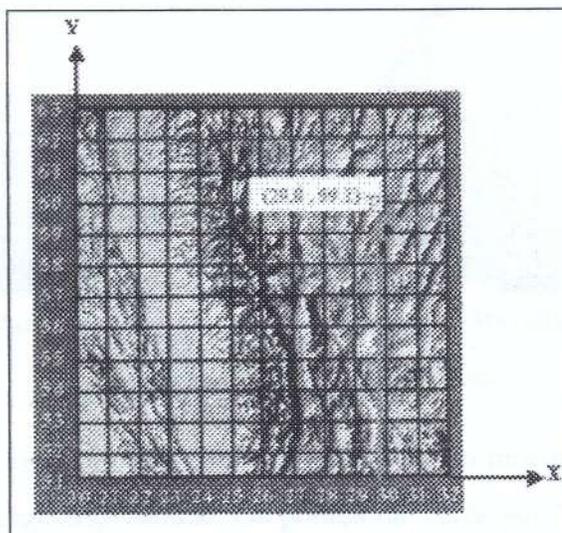


Figura 4.4 - Sistema de coordenadas planas cartesiano

4.2.2. Sistema de Coordenadas Geográficas

A partir da consideração da Terra como uma esfera, o sistema de coordenadas básico utilizado é da mesma forma, esférico, chamado sistema geocêntrico polar. Neste sistema considera-se que qualquer ponto na superfície terrestre dista igualmente do centro da Terra (figura 4.5).

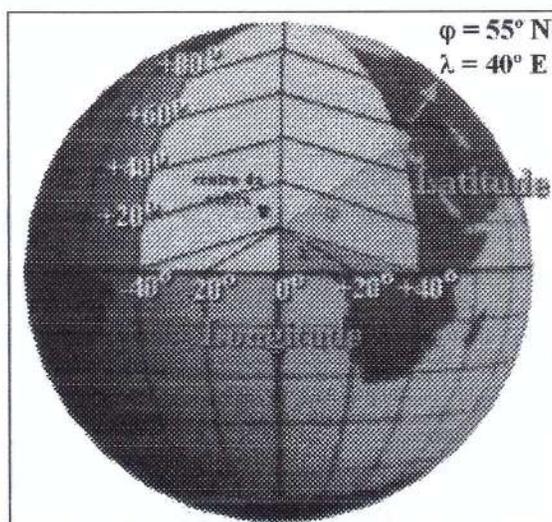


Figura 4.5 - Todo ponto da superfície terrestre dista igualmente do centro

O par de coordenadas utilizado para este posicionamento tem nome e simbologia especial: latitude (φ) e longitude (λ), e é definido a partir de uma rede geográfica.

As linhas horizontais chamam-se paralelos, pois são paralelas a linha do Equador, e servem para medir a latitude, enquanto as linhas verticais desta rede são chamados meridianos e vão de um pólo a outro, servindo para medir a longitude (direção leste-oeste) (Figura 4.6).

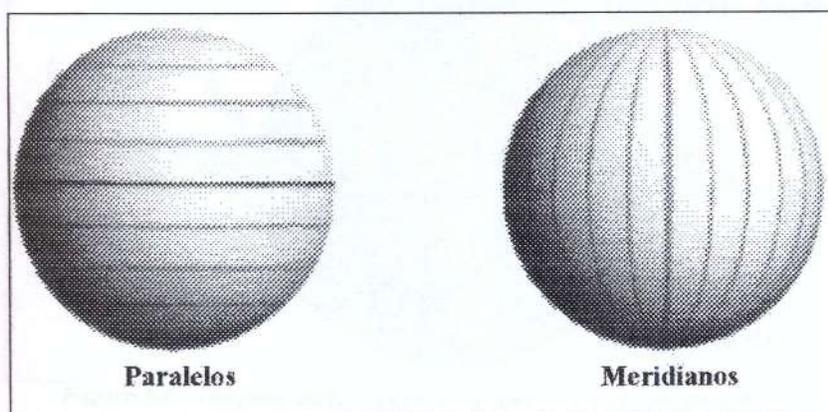


Figura 4.6 - Paralelos e Meridianos

A construção da rede geográfica se inicia a partir do movimento de rotação da Terra em torno de um eixo imaginário vertical. Os pontos da Terra por onde esse eixo emerge são conhecidos como Pólo Norte e Pólo Sul (figura 4.7).

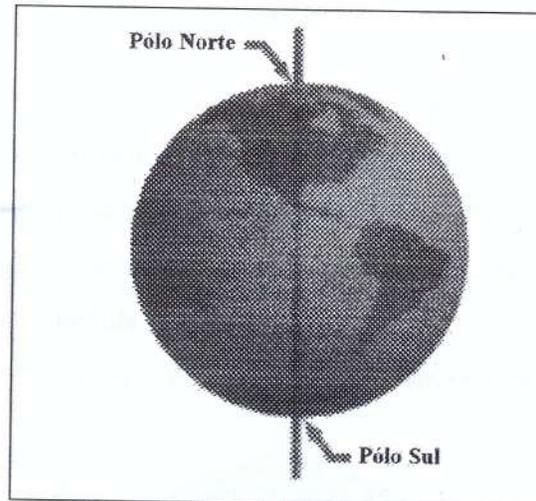


Figura 4.7 - Pólo Norte e Pólo Sul

Para melhor entender a construção desta rede geográfica, parte-se de um plano horizontal perpendicular a este eixo, que passa bem no centro da Terra. Ao cortar a superfície terrestre, esse plano horizontal forma a linha do Equador, que divide o Globo em dois hemisférios, o norte e o sul (figura 4.8).

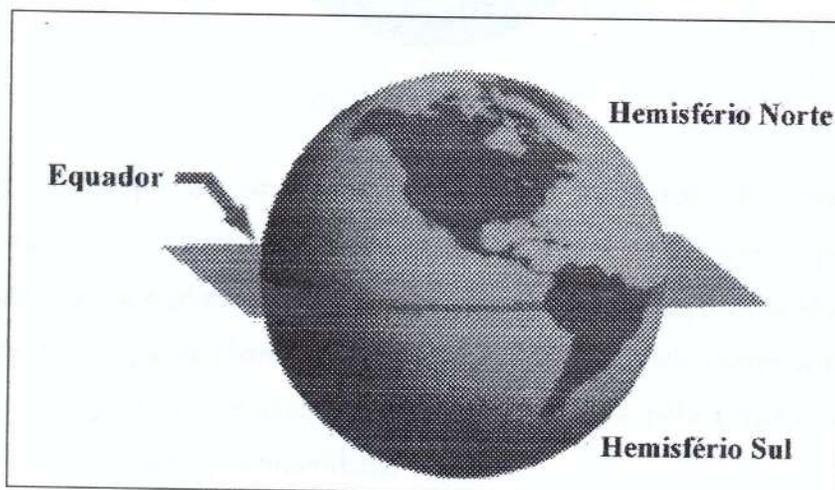


Figura 4.8 - Divisão da terra em dois hemisférios - Norte e Sul

Em seguida é traçada uma série de outros planos horizontais, que quando “cortam” o globo terrestre formam os pequenos círculos, paralelos ao do Equador. Estes círculos vão diminuindo a partir do Equador até aos pólos devido à curvatura da Terra (figura 4.9).

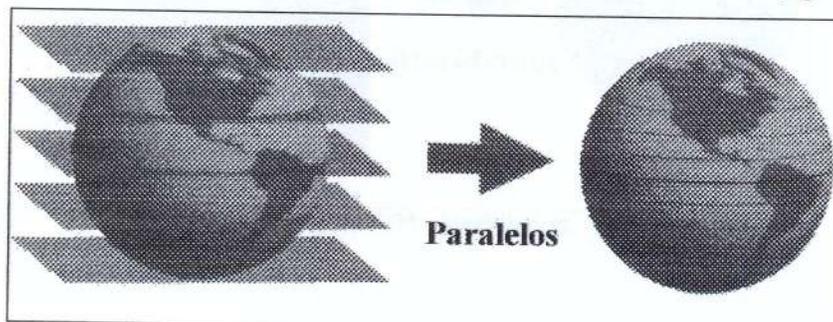


Figura 4.9 - Paralelos

Para obter-se a posição de qualquer ponto na direção norte-sul são dados valores a estes círculos. A linha do Equador recebe valor zero, ou seja, possui latitude a 0° , sendo portanto considerada a origem da contagem destas coordenadas. Cada círculo ou paralelo vai recebendo um valor em graus que cresce para o norte ou sul a partir do Equador até os pólos. Essa variação de valores é medida em graus de latitude e vai de 0° a 90° N (ou $+90$) no hemisfério norte, e de 0° a 90° S (ou -90°) no hemisfério sul (figura 4.10).

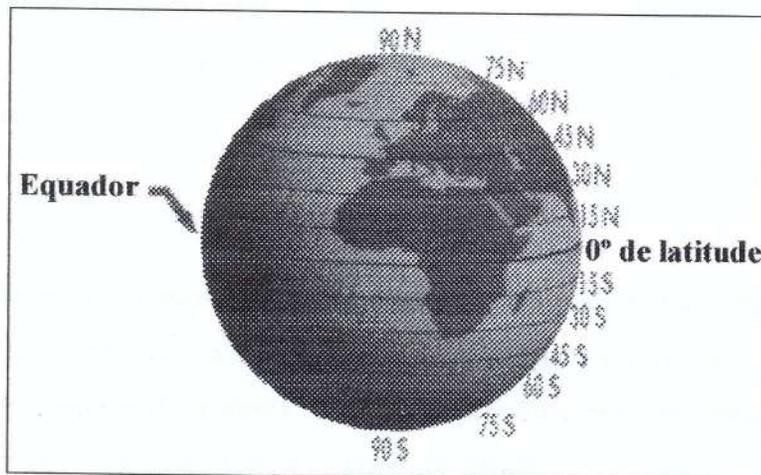


Figura 4.10 - Latitude

O segundo grupo de círculos imaginários de localização é formado por linhas verticais, chamadas meridianos. Os meridianos são linhas originadas a partir de planos verticais que atravessam o globo terrestre, interceptando-o em toda a extensão do seu eixo de rotação, resultando no que se chama de grandes círculos. À metade destes círculos denomina-se meridiano, na verdade um semicírculo que vai de pólo a pólo (figura 4.11). À metade complementar dá-se o nome de antimeridiano.

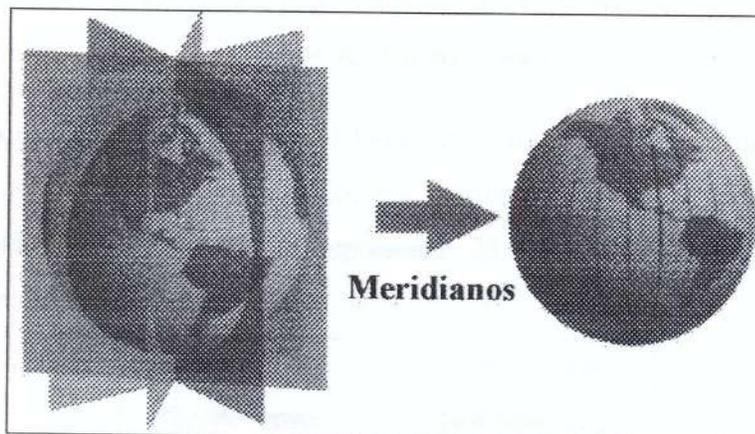


Figura 4.11 - Meridianos

Em 1884, como o resultado de um acordo internacional, adotou-se como primeiro meridiano ou meridiano de origem, aquele que atravessa o observatório real britânico, em Greenwich, Londres – Inglaterra, razão pela qual também é conhecido como meridiano de Greenwich. Este meridiano divide a Terra em dois hemisférios, o ocidental e o oriental e é a origem da contagem das longitudes,

Ao primeiro meridiano é atribuído o valor 0, ou longitude igual a 0° . Os demais recebem valor variando de 0° a 180° E (leste) ou de 0° a 180° W (oeste), conforme o hemisfério oriental ou ocidental. Tal como ocorre com as latitudes, as longitudes também foram convencionadas como positivas e negativas, atribuindo-se a leste os valores positivos e a oeste os negativos.

4.3. Escalas

Cartograficamente, a escala é a razão da medida efetuada sobre o mapa e a sua medida real na superfície da Terra. Isto quer dizer que as medidas de comprimento e de área efetuadas no mapa terão representatividade direta sobre os seus valores reais no terreno. Quanto menor a escala, maior a área de representação e menores os detalhes observados.

Existem duas formas comuns de indicar a escala de um mapa:

- A escala gráfica (figura 4.12) assemelha-se a uma régua com subdivisões detalhadas ou não, dependendo do grau de definição que o mapa oferece. Para se medir pequenas distâncias diretamente sobre mapas, pode-se fazer uso dessa escala;

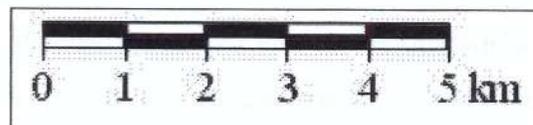


Figura 4.12 - Escala Gráfica

- A escala numérica (figura 4.13) é apresentada a partir de números fracionários que representam uma razão. Por exemplo, a escala 1:25.000 representa que uma unidade no mapa representa 25.000 vezes essa mesma unidade no terreno.

1 mm	1 cm
50.000 mm	200.000 cm

Figura 4.13 - Escala Numérica

O nível de detalhamento de um mapa está intimamente ligado à sua escala. Quanto maior a escala deste mapa, maior o nível de detalhamento representado e menor a área de abrangência levantada.

4.3.1. Erro e Precisão Gráfica

A escala de representação está ligada a um conceito de precisão de observação. O olho humano permite distinguir uma medida linear de, aproximadamente, 0,1 mm. Um ponto porém, só será perceptível com valores em torno de 0,2 mm de diâmetro. Este valor foi adotado como a precisão gráfica vinculado a escala de representação. Desta forma, a precisão gráfica de uma mapa está diretamente ligada a este valor fixo de 0,2 mm, estabelecendo assim a precisão das medidas de mapas, em função direta da escala.

Quanto menor a escala de representação, maior é o erro gráfico associado. Logo, a escolha de escala deve, entre outras coisas, considerar as dimensões e precisões de posicionamento desejadas. O erro gráfico representa, na realidade, a componente final de todos os erros acumulados durante o processo de construção da carta.

4.4. Projeções Cartográficas

Embora se saiba que a Terra não é uma esfera perfeita, pode-se dizer que um globo geográfico é a sua representação mais semelhante, principalmente quando a reduzimos a escalas muito pequenas. No entanto, a representação da Terra através de globos tem uma série de desvantagens, entre elas o fato destes serem de difícil manuseio, de confecção cara e de só atenderem a representações em escalas muito pequenas.

Estas vantagens e desvantagens são eliminadas quando se utiliza uma representação plana da superfície terrestre, em que cada ponto da superfície terrestre terá um, e apenas um, ponto correspondente na carta ou mapa (figura 4.12). Os métodos empregados para se obter esta correspondência são os chamados Sistemas de Projeção Cartográfica.

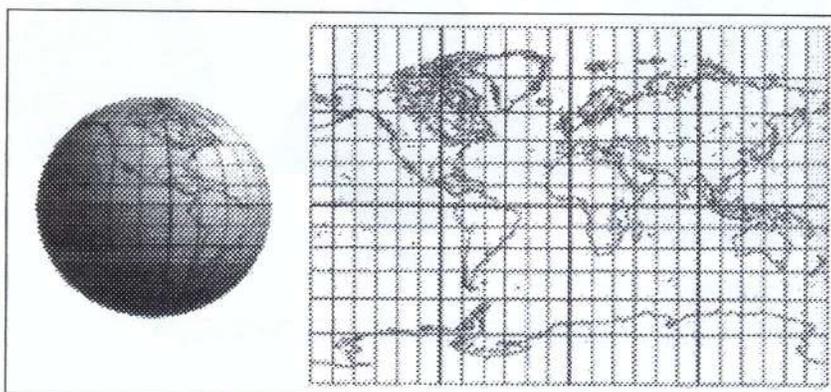


Figura 4.14 - Projeção Cartográfica

Todos os sistemas de projeções apresentam deformações, já que não é possível "achatar" uma superfície esférica em uma superfície plana sem a deformar. Estas deformações podem ser lineares, angulares, superficiais ou, ainda, uma combinação destas três.

O importante é ter-se capacidade de decidir a melhor projeção para cada aplicação que se deseja, analisando-se as propriedades geométricas oferecidas por cada projeção, de modo a preservar as características mais importantes para cada tipo de uso, pois, frequentemente, precisamos conhecer a distância entre lugares, a área de cidades, estados ou outras parcelas de terra, a direção de ventos, sinais eletrônicos e etc. Ou seja, todo mapa apresenta algum tipo de distorção, que depende da natureza do processo de projeção. Dependendo do objetivo do mapa, estas distorções podem ser minimizadas quanto à forma, área, distância ou direção. Portanto, quando utilizamos mapas devemos procurar escolher as projeções que preservem as características mais importantes para nosso estudo, e que minimizam as outras distorções.

4.4.1. Superfícies Desenvolvíveis

Não existe forma de se transformar uma superfície esférica em um plano sem modificar a sua geometria. Diferentemente da esfera, existem superfícies que podem se desenvolver em um plano sem qualquer deformação, denominadas superfícies desenvolvíveis e são ideais para serem usadas como superfícies intermediárias, ou auxiliares, na projeção dos elementos do globo em um plano.

Existem inúmeras classificações dos sistemas de projeção, mas as mais usuais classificam-nos quanto às superfícies utilizadas para desenvolvimento da esfera em um plano e quanto às propriedades geométricas conservadas.

No primeiro caso, tem-se as famílias das projeções cilíndricas, cônicas e planas (figura 4.15).

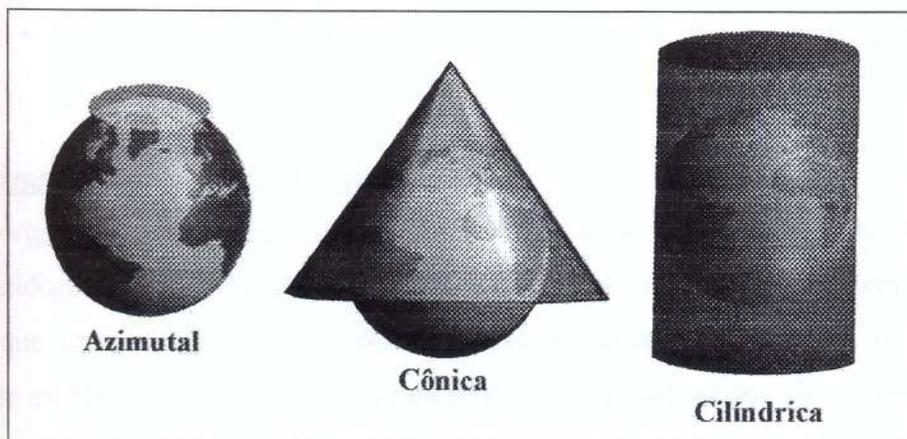


Figura 4.15 - projeção cilíndrica, cônica e plana

A representação das regiões terrestres em um mapa é dependente da projeção utilizada, já que formas e áreas variam para cada caso. É comum na preparação das bases de dados digitais para SIG, a necessidade de efetuar transformações geométricas entre mapas e projeções distintas, de modo a permitir a sua compatibilização em um mesmo projeto, adotando-se um sistema de projeção único.

4.4.2. O Sistema Universal Transverso de Mercador – UTM

A conhecida projeção UTM, na verdade, não é uma projeção, mas sim um sistema da projeção transversa de Mercador conforme Gauss, onde o cilindro se encontra em posição transversa.

Este sistema surgiu em 1947 para determinar as coordenadas retangulares nas cartas militares de todo mundo. Tendo sido proposto em 1951, pela UGGI (União Geodésica e Geofísica Internacional), como um sistema universal, na tentativa de unificação dos trabalhos cartográficos. Gradativamente foi sendo adotado para os mapeamentos topográficos de qualquer região, sendo hoje bastante utilizado em vários tipos de levantamentos.

As principais características do sistema UTM são:

- a Terra é dividida em 60 fusos de 6° de longitude, numerados a partir do anti-meridiano de Greenwich, seguindo de oeste para leste até o fechamento no mesmo ponto de origem;
- cada fuso possui um meridiano central que o divide exatamente ao meio, sendo o seu valor igual ao limite inferior do fuso mais 3 graus;
- a contagem de coordenadas é idêntica em cada fuso e tem sua origem a partir do cruzamento entre a linha do Equador e o meridiano central do fuso; e
- a extensão em latitude vai de 80° Sul até 84° Norte, ou seja, até às calotas polares.

4.4.3. Sistema de Coordenadas UTM

A origem das coordenadas do sistema UTM se dá no cruzamento da linha do Equador com o meridiano central de cada fuso. Logo as mesmas coordenadas repetem em todos os fusos, o que torna fundamental o conhecimento a cerca da numeração do fuso ou da coordenada de Meridiano Central, já que estes são os parâmetros que distinguem os fusos. A simbologia adotada para coordenadas UTM é: N = para as coordenadas NORTE-SUL; e E = para as coordenadas LESTE-OESTE. Os SIG's, de um modo geral, solicitam a informação de

fuso, como parâmetro para definição do sistema UTM. Na maioria das cartas, a informação constante é a do Meridiano Central e faz-se necessário o cálculo do fuso.

4.5. Mapas e Cartas

Os conceitos de mapa e carta não possuem uma distinção rígida. A palavra “mapa” teve origem na Idade Média e era exclusivamente empregada para designar representações terrestres.

Após o século XIV, os mapas marítimos passaram a ser denominados cartas. Algumas definições consideram que um “mapa” não tem caráter científico especializado, sendo destinado a fins culturais, ilustrativos ou mesmo comerciais. Já “carta” é a representação dos aspectos naturais ou artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes. Neste trabalho, os termos “mapa” e “carta” estão utilizados indistintamente, adotando a definição de caráter científico.

Baseado na ABNT (Associação Brasileira de Normas e Técnicas), cartas são classificadas como:

- Geográficas:
 - topográficas: confeccionadas mediante levantamento topográfico regular, ou compiladas de cartas topográficas existentes, e que incluem os acidentes naturais e artificiais, permitindo facilmente a determinação de altitudes;
 - planimétricas: semelhantes às cartas topográficas, porém não apresentam indicação de altitudes;
- cadastrais e plantas: geralmente em escala grande, usadas para mostrar limites verdadeiros e usos das propriedades;
- aeronáuticas: representam a superfície da Terra com sua cultura e relevo de maneira a satisfazer especificamente as necessidades da navegação aérea;
- náuticas: resultam dos levantamentos dos mares, rios, canais e lagoas navegáveis e se destinam à segurança da navegação;
- especiais, por exemplo:

- meteorológicas: mostram as classificações climáticas e as que, em serviço contínuo, diário e sistemático, contêm informações meteorológicas, observadas simultaneamente em vários lugares, além das alterações progressivas nas condições do tempo;
- de solo: identificam e classificam os diversos tipos de solos e sua distribuição geográfica;
- de vegetação: representam as características e a distribuição da cobertura vegetal;
- de uso da Terra: representam a classificação e distribuição geográfica dos diversos usos aos quais está sujeita a superfície da Terra;
- globos: contêm representações da superfície da Terra em outra superfície semelhante.

4.6. Conceitos de Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é definido como o conjunto de processos e técnicas usados para medir propriedades eletromagnéticas de uma superfície, ou de um objeto, sem que haja contato entre o objeto e o equipamento sensor.

Existem diversos sistemas de aquisição de dados, tais como câmaras fotográficas aerotransportadas, satélites, sistemas de radar, sonar ou microondas. Os sistemas podem ser ativos(microondas) que registram a diferença de frequência entre o sinal emitido por elas e o sinal recebido da superfície, ou passivos(câmaras fotográficas), que registram a reflectância ou emitância de uma superfície.

Nos concentraremos nas câmaras fotográficas aerotransportadas e sensores a bordo de satélites.

4.6.1. Sensores a Bordo de Satélites

Sensores a bordo de satélites permitem a realização de medidas consistentes multi-temporais, relativas a grandes áreas, durante períodos de tempo que chegam a décadas. Muitos sensores são transportados em satélites em órbitas próximas dos pólos e sincronizadas com o sol, pois cruzam sempre o Equador na mesma hora solar, a fim de atingirem uma cobertura global e uma geometria de iluminação consistente. Outros sensores são

transportados em satélites em órbitas geoestacionárias a fim de proverem uma grande frequência de cobertura de uma mesma região.

4.6.1.1. GPS

GPS (Global Positioning System) é um sistema baseado em satélites que provê a medição de latitude, longitude e altura em qualquer ponto da Terra. Os satélites enviam mensagens específicas que são interpretadas por um receptor GPS. A distância entre o satélite e o receptor GPS pode ser calculada a partir dos sinais enviados e da velocidade do satélite. Para maior precisão, a localização do ponto em questão é determinada utilizando-se pelo menos quatro distâncias e trigonometria. Se 21 satélites estiverem em operação, é possível se medir coordenadas na Terra em qualquer hora do dia (figura 4.16).

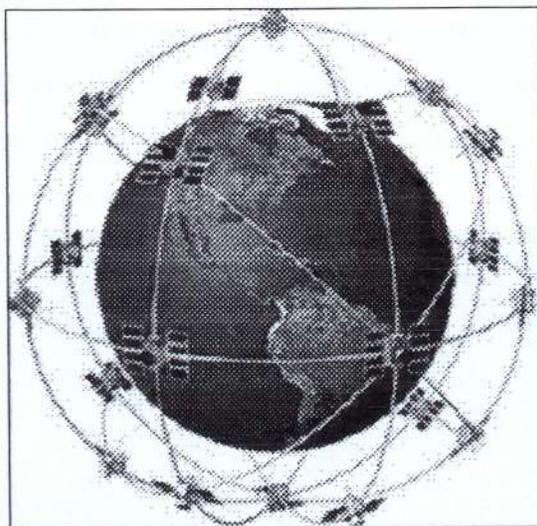


Figura 4.16 - Sistema de satélites para GPS

A tecnologia de GPS foi criada com fins militares. Nos EUA, havia um serviço mais preciso para uso militar, e outro, para uso geral, menos preciso, degradando os sinais enviados pelos satélites. Rapidamente, fornecedores de receptores para GPS transpuseram este problema ajustando o dispositivo a partir de medidas em pontos previamente conhecidos, criando o DGPS (Differential GPS).

Os receptores GPS variam em precisão e funcionalidade. Por exemplo, alguns incluem programas que fazem transformações entres sistemas de coordenadas ou possuem dados de saída compatíveis com SIG's comuns no mercado. Outros dispositivos permitem a leitura com os receptores em movimentos e são muito úteis para realizar mapeamento de terrenos com veículos.

4.6.2. Câmaras Fotográficas aerotransportadas

Em um SIG, fotografias aéreas possuem duas funções principais:

- como componente gráfico, servindo como fundo sobre o qual outras informações são apresentadas;
- e como fonte de dados, atualizando ou criando novos arquivos em escala grande ou servindo para controle de qualidade de dados já armazenados.

Fotogrametria é a ciência de se obter medidas acuradas e confeccionar mapas a partir de fotografias. Um projeto de mapeamento de terrenos utilizando fotografias aéreas inclui o planejamento de rotas para a aquisição das fotografias, a escolha de pontos de controle para georreferenciamento, a digitalização e geração automática dos dados a partir da fotografia.

Fotografias aéreas são obtidas a partir de um avião voando em linhas paralelas, chamadas linhas de voo (figura 4.17 e 4.18). O planejamento de voo usualmente garante que haja sobreposição de fotos para a cobertura da área estudada. Dependendo da forma de sobreposição é possível criar uma imagem tridimensional.

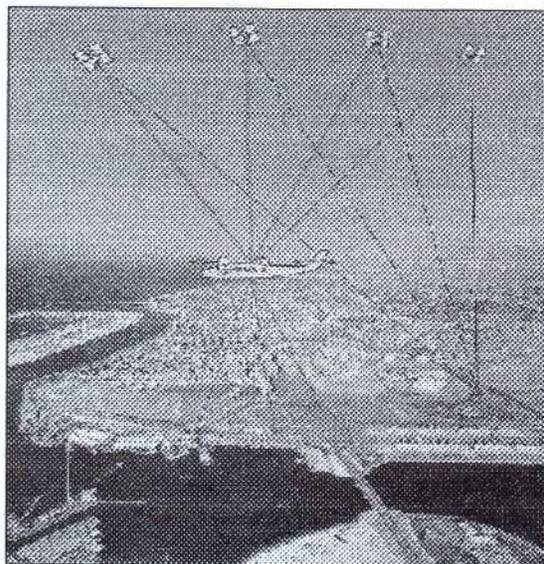


Figura 4.17 - Linhas de voo

As fotografias podem ser gravadas em filme, papel, vidro ou em forma digital. As fotografias podem ser preto e branco ou coloridas, em infra-vermelho ou em comprimento de onda visível, onde a escolha é função da sensibilidade espectral do fenômeno geográfico a ser analisado. Imagens em infra-vermelho foram desenvolvidas originalmente para fins militares, a fim de se distinguir objetos camuflados na vegetação. Atualmente, são muito úteis em estudos envolvendo a identificação de certas vegetações e de vida selvagem. Imagens em preto e branco ou coloridas normais têm funções similares para mapeamento em geral, sendo

as primeiras mais baratas, porém as últimas mais adequadas à visão humana para a diferenciação de objetos.

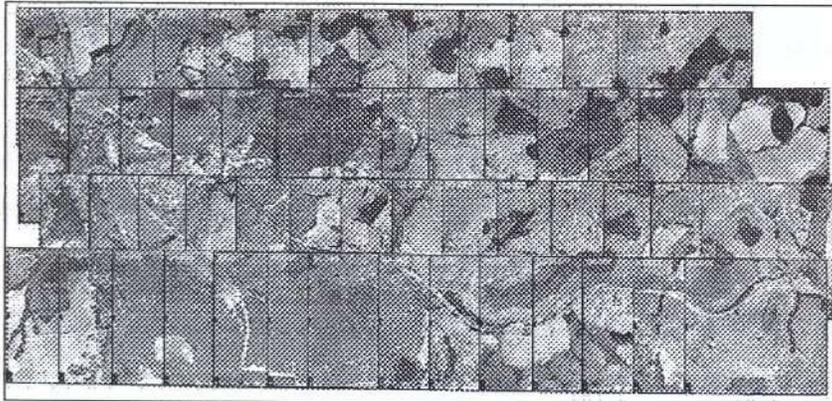


Figura 4.18 - Fotos aéreas agrupadas

5. ESTRUTURA DE DADOS NO SIG

Um SIG se difere dos demais pela sua capacidade de estabelecer relações espaciais entre elementos gráficos. É o sistema mais adequado para a análise espacial de dados geográficos.

Essa capacidade é conhecida como *Topologia*, ou seja, o estudo genérico dos lugares geométricos, com suas propriedades e relações. Essa estrutura, além de descrever a localização e a geometria das entidades de um mapa, define relações de conectividade (conectado a, ligado a, relacionado com), adjacência (vizinho a, ao lado de), proximidade, pertinência, contingência e intersecção. A figura 5.1 mostra alguns desses relacionamentos espaciais.

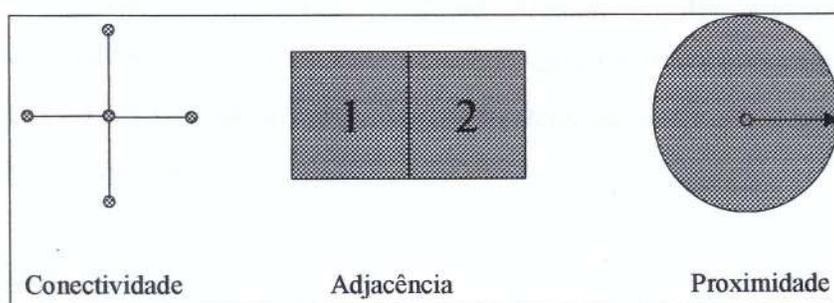


Figura 5.1 - Relacionamentos espaciais

A conectividade permite que arcos estejam ligados a outros por nós. A adjacência permite que arcos possuam direções e lados como esquerda e direita. A direção é importante para a modelagem de fluxos, em que atributos de orientação como *de nó* e *para nó* são armazenados. Para definir a topologia de um mapa, os SIG's utilizam uma estrutura de base de dados espacial.

Em um SIG, todas as entidades de um mapa estão relacionadas a um sistema de coordenadas. Além dos dados geométricos e espaciais, os SIG's possuem atributos alfanuméricos. Os atributos alfanuméricos são associados com os elementos gráficos (figura 5.2), fornecendo informações descritivas sobre eles. Esses dados são geralmente armazenados em bases separadas, mas isso não é regra. Mais informações no capítulo 7.

Os SIG's são projetados de modo a permitir exames de rotina em ambas as bases geográfica e alfanumérica simultaneamente. O usuário é capaz de procurar informações associadas às entidades gráficas e vice-versa. Perguntas do tipo 'Quais lotes do bairro X da cidade são maiores que um hectare e destinados ao uso industrial?' podem ser solucionadas pelo sistema. A resposta pode ser dada através da listagem dos números dos lotes ou da identificação dos lotes no mapa da cidade.

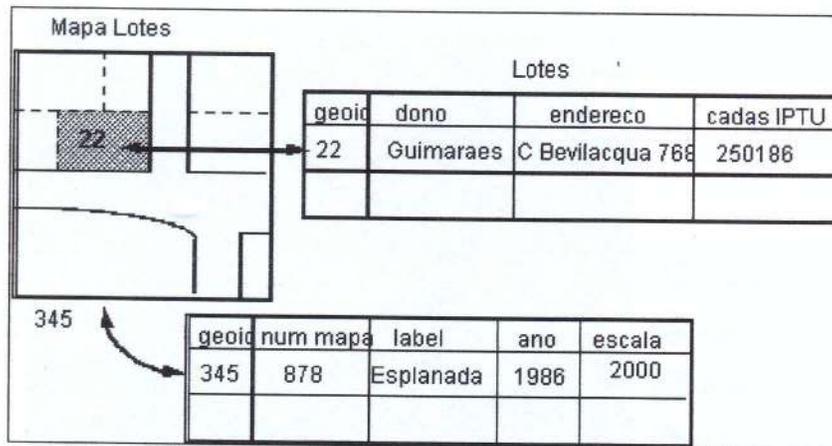


Figura 5.2 - Associação de elemento geográfico com atributos alfanuméricos

Os dados utilizados em um SIG podem ser divididos em dois grandes grupos: *dados gráficos, espaciais ou geográficos*, que descrevem as características geográficas da superfície (forma e posição) e *dados não gráficos, alfanuméricos ou descritivos*, que descrevem os atributos destas características.

5.1. Dados Espaciais

Existem basicamente duas formas distintas de representar dados espaciais em um SIG: Vetorial (Vector) e Matricial (Raster).

5.1.1. Vetorial

Os mapas são abstrações gráficas nas quais linhas, sombras e símbolos são usados para representar as localizações de objetos do mundo real. Tecnicamente falando, os mapas são compostos de pontos, linhas e polígonos. Internamente, um SIG representa os pontos, linhas e áreas como um conjunto de pares de coordenadas (X, Y) ou (Longitude, Latitude). Os pontos são representados por apenas um par. Linhas e áreas são representadas por sequência de pares de coordenadas, sendo que na áreas o último para coincide exatamente com o primeiro.

Desta forma, são armazenadas e representadas no SIG as entidades do mundo real que são representáveis graficamente, no modelo vetorial (figura 5.3). No entanto, um SIG precisa ser capaz de extrair mais resultados destas informações. Deve ser capaz, por exemplo, de determinar se uma construção está totalmente contida no lote e de indicar qual é o lote que contém o registro de água. Para isto, os SIG's contam com um conjunto de algoritmos que lhes permitem analisar topologicamente as entidades espaciais.

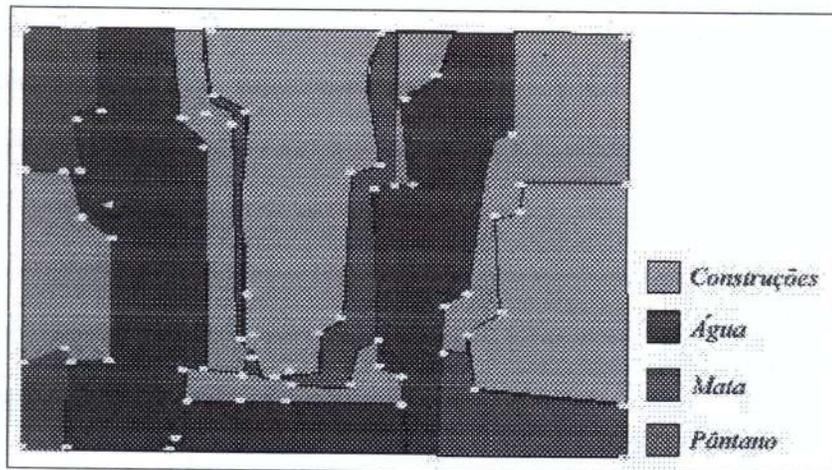


Figura 5.3 – Representação Vetorial

5.1.2. Matricial

O outro formato de armazenamento interno em uso pelos SIG's é o formato matricial ou raster (figura 5.4). Neste formato, têm-se uma matriz de células, às quais estão associados valores, que permitem reconhecer os objetos sob a forma de imagem digital. Cada uma das células, denominada pixel, é endereçável por meio de suas coordenadas (linha, coluna).

É possível associar o par de coordenadas da matriz (coluna, linha) a um par de coordenadas espaciais, (X, Y) ou (Longitude, Latitude). Cada um dos pixels são associados a valores. Esses valores serão sempre números inteiros e limitados, geralmente entre 0 e 255 (1 byte). Os valores são utilizados para definir uma cor para apresentação na tela ou para impressão.

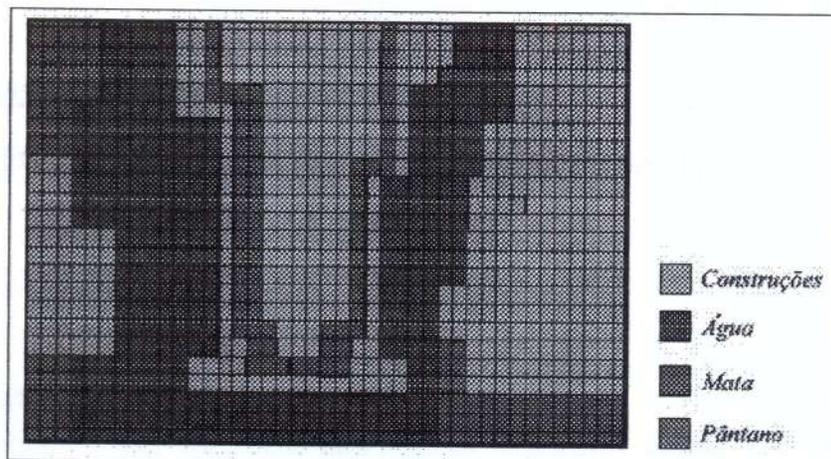


Figura 5.4 - Representação Matricial

Os valores dos pixels representam uma medição de alguma grandeza física, correspondente a um fragmento do mundo real. Por exemplo, em uma imagem obtida por satélite, cada um dos sensores é capaz de captar a intensidade de reflexão de radiação

eletromagnética sobre a superfície da Terra em uma específica faixa de frequências. Quanto mais alta a reflectância, no caso, mais alto será o valor do píxel.

A tabela 1 apresenta uma comparação entre as estruturas vetorial e matricial, sob vários aspectos:

Tabela 1 - Comparação formato vetorial e matricial

ASPECTOS	FORMATO VETORIAL	FORMATO MATRICIAL
Relações espaciais entre objetos	<ul style="list-style-type: none"> • Armazena informações sobre relacionamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionamentos espaciais devem ser inferidos.
Ligação com banco de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita associar atributo a elementos gráficos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Associa atributos apenas à classe do mapa.
Análise, simulação e modelagem	<ul style="list-style-type: none"> • Representação indireta de fenômenos contínuos. • Álgebra de mapas é limitada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço.
Algoritmos	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas com erro geométrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Processamento mais rápido e eficiente.
Armazenagem	<ul style="list-style-type: none"> • Por coordenadas (mais eficiente) 	<ul style="list-style-type: none"> • Por matrizes.
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Redes: Concessionárias de Água, Esgoto, Lixo, Energia, Telefonia, Transportes e etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientais: Diagnóstico, Zoneamento, Planejamento, Gerenciamento, Manejo, Gestão Ambiental e etc.

5.2. Dados Alfanuméricos

Os dados alfanuméricos ainda podem ser divididos em dois tipos:

- Atributos dos dados espaciais;
- Atributos georreferenciados.

5.2.1. Atributos dos dados espaciais

São atributos que fornecem informações descritivas acerca das características de algum dado espacial. Estão ligados a elementos espaciais através de identificadores comuns, normalmente chamados geocódigos, que estão armazenados tanto nos registros alfanuméricos como nos espaciais.

Podem fornecer informações qualitativas ou quantitativas associadas às feições espaciais pontos, linhas ou áreas representadas na base de dados. Um exemplo da feição ponto

seriam os postes de uma concessionária de energia. Pode-se ter um arquivo de atributos alfanuméricos com informações do tipo de poste, material, diâmetro, estado de conservação, etc. No caso de linhas, tem-se o exemplo de uma rede de abastecimento de água, que permitiria um arquivo associado com informações sobre tipo de rede, material, diâmetro, vazão; ou o caso de uma estrada, com informações do número de acidentes em cada trecho.

Análise do tipo: mostre-me todos os postes de concreto, todas as redes de determinado diâmetro ou vazão, ou número de acidentes por trecho da estrada, são facilmente executadas pelo SIG.

5.2.2. Atributos georreferenciados

Como o próprio nome diz, são dados onde a preocupação é apenas georreferenciar alguma característica específica, sem descrever suas feições espaciais.

Como exemplos têm-se os relatórios de acidentes de uma estrada, que são associados à estrada, ou os relatórios de crimes, associados por delegacia ou bairro. Neste caso, a entidade estrada não poderia ser dividida em trechos com mais ou menos acidentes, como no exemplo do item anterior. Estes dados são armazenados e gerenciados em arquivos separados, sendo associados à base espacial através de registros.

6. CARACTERÍSTICAS DE UM SIG

Um SIG deve ser capaz de:

- representar graficamente informações de natureza espacial, associando a estes gráficos informações alfanuméricas tradicionais. Representar informações gráficas sob a forma de vetores (pontos, linhas e polígonos) e/ou imagens digitais (matrizes de pixels);
- recuperar informações com base em critérios alfanuméricos, à semelhança de um sistema de gerenciamento de bancos de dados tradicional, e com base em relações espaciais topológicas, tais como continência, adjacência e interceptação;
- realizar operações de aritmética de polígonos, tais como união, interseção e diferença. Gerar polígonos paralelos (*buffers*) ao redor de elementos ponto, linha e polígono;
- limitar o acesso e controlar a entrada de dados através de um modelo de dados, previamente construído;
- oferecer recursos para a visualização dos dados geográficos na tela do computador, utilizando para isto uma variedade de cores;
- interagir com o usuário através de uma interface amigável, geralmente gráfica;
- recuperar de forma ágil as informações geográficas, com o uso de algoritmos de indexação espacial;
- possibilitar a importação e exportação de dados de/para outros sistemas semelhantes, ou para outros softwares gráficos;
- oferecer recursos para a entrada e manutenção de dados, utilizando equipamentos como mouse, mesa digitalizadora e *scanner*;
- oferecer recursos para a composição de saídas e geração de resultados sob a forma de mapas, gráficos e tabelas, para uma variedade de dispositivos, como impressoras e plotters.

Atualmente existe um grande número de SIG's, com as mais variadas características possíveis em termos de tipos de estruturas de dados, modelos de banco de dados, sistemas de

análise e outras afim de atender os requisitos acima. Apesar de possuírem habilidades diferentes, existem alguns módulos presentes na maioria destes programas. Estes módulos são:

- Sistema de Aquisição e Conversão dos Dados;
- Base de Dados Espaciais e de Atributos;
- Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados;
- Sistema de Análise Geográfica;
- Sistema de Processamento de Imagens;
- Sistema de Modelagem Digital de Terreno – MDT;
- Sistema de Modelagem de Redes;
- Sistema de Análises Estatísticas;
- Sistema de Apresentação Cartográfica;

6.1. Sistema de Aquisição e Conversão dos Dados

Os sistemas de aquisição são constituídos de funções que possuem capacidade de importar formatos disponíveis de dados. A conversão de dados representa um conjunto de técnicas de fundamental importância para o sucesso de um SIG. Neste contexto, conversão de dados é uma expressão que identifica o trabalho de transformação de informações que estão disponíveis em um determinado meio para outro. Naturalmente, como se está tratando de sistemas informatizados, o resultado dos trabalhos de conversão é um banco de dados, seja ele gráfico, alfanumérico ou ambos. O material original poderá ser composto de registros manuais (fichas, mapas, plantas, croquis) ou mesmo armazenados em meio magnético.

Existem quatro fatores a considerar em trabalhos de conversão de dados, são eles:

- informações a converter;
- organização do processo;
- pessoas envolvidas;
- tecnologia utilizada.

6.2. Base de Dados

As bases de dados são formadas pela base de dados espaciais, descrevendo a forma e a posição das características da superfície do terreno, e a base de dados de atributos, descrevendo os atributos ou qualidades destas características. Em alguns sistemas, as bases de dados espaciais e o de atributos são rigidamente distintos. Em outros, são integrados em uma entidade simples. A seguir, será vista a associação através de um geocódigo, através da localização geográfica (ponteiro) e a estrutura simples.

O método mais comum de se estabelecer a ligação entre duas bases de dados é através de armazenamento de identificadores comuns a cada uma delas (figura 6.1).

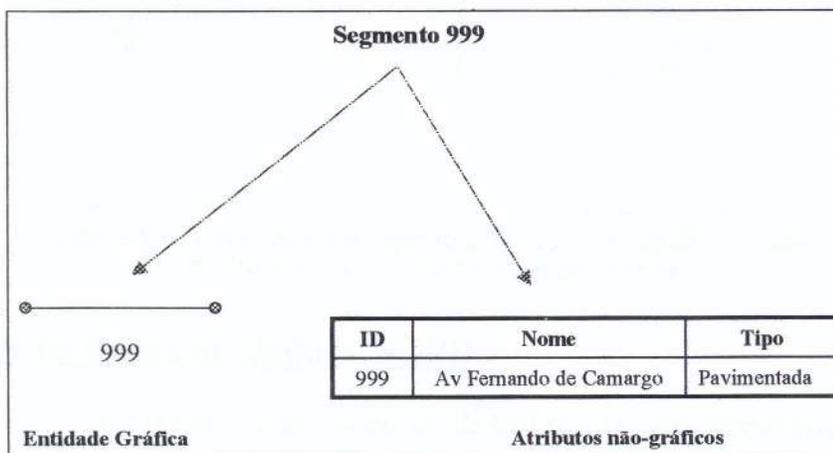


Figura 6.1 - Estabelecendo ligação entre atributos gráficos e não-gráficos através de identificadores comuns

A ligação entre as duas bases de dados pode ser feita, também, por meio da indicação da localização geográfica através de ponteiros. Neste caso, inclui-se um campo, nos registros da sub-classe de dados alfanuméricos contendo as coordenadas que determinam a localização da feição física associada. Na figura 6.2, a entidade exemplificada contém um campo, no registro da sub-classe alfanumérica, com as coordenadas da sua localização geográfica e que serve de conector entre as duas sub-bases de dados.

Um outro exemplo, aplicando a estrutura anterior, seria o tipo de solo, onde a simples enunciação da classe não identificaria sua ocorrência, pois o mesmo tipo de solo pode ocorrer em localizações geográficas distintas. Como a descrição do perímetro de cada ocorrência é única, basta utilizar um ponteiro para localizar o perímetro de cada uma das classes de solo na base de dados espacial.

As bases de dados gráficas contêm dados espaciais e atributos. Os atributos são armazenados em tabelas de atributos. Elas contêm informações sobre as entidades nos temas. Cada linha nestas tabelas está ligada a uma entidade da base geográfica através de um

identificador. Cada entidade na base gráfica pode estar ligada a um elemento no desenho através de um vínculo de entidade – elemento. Esta estrutura é utilizada em diversos programas de SIG's.

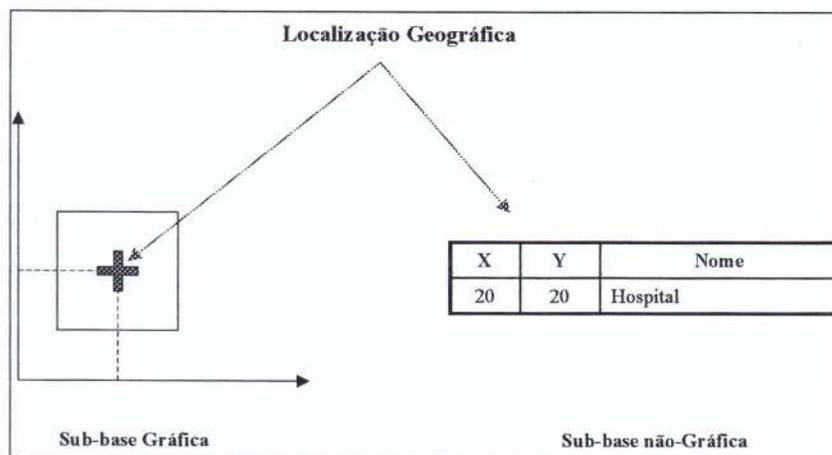


Figura 6.2 - Estabelecendo ligação entre atributos gráficos e não-gráficos através da localização geográfica

6.3. Modelos de Banco de Dados e SGBD

Os sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD) informatizados são a principal ferramenta disponível atualmente para o armazenamento, manipulação e organização de grandes volumes de informações. São sistemas que armazenam e recuperam informações de acordo com uma simplificação do mundo real, em que cada entidade física é representada com maior ou menor grau de detalhe, de acordo com a necessidade de utilização das informações, ou seja, da aplicação.

O sucesso da implementação de um sistema de informação é dependente da qualidade da transposição de entidades do mundo real e suas interações para um sistema computadorizado. Isto é ainda mais crítico no caso de um SIG, em que a representação informatizada de informações com componente espacial poderá ser bastante complexa, diminuindo a semelhança entre o modelo conceitual dos dados e sua implementação física.

Portanto, o modelo de armazenamento de informações adotado pelo SGBD associado no SIG é de fundamental importância para a sua correta utilização. Quanto ao modelo de armazenamento de informações, os SGBD's associados aos SIG's são classificados em: sequencial, hierárquico, de rede, relacional e orientado a objetos.

6.3.1. Seqüencial

Em uma estrutura deste tipo, as informações são guardadas em registros organizados seqüencialmente, um após o outro.

6.3.2. Hierárquico

Numa estrutura hierárquica existem diversos tipos de registros no banco de dados. Estes registros são classificados com pais e filhos em uma hierarquia. Um registro pai é associado a vários filhos que podem ou não ter seus próprios filhos e assim sucessivamente. Por exemplo: em uma quadra, todos os lotes são filhos desta quadra. Os filhos dos lotes seriam as edificações dentro do lote. Se é eliminado o registro de uma quadra, todos os lotes são eliminados automaticamente.

6.3.3. Relacional

Num banco de dados tipo relacional, os diversos arquivos são ligados entre si de forma apenas lógica. Cada arquivo ou tabelas (no caso de um SGBD como Oracle) contém diversos campos (ou colunas) e, para se relacionar com o outro arquivo/tabela, basta que este novo tenha um destes campos. Por exemplo: no arquivo/tabela de proprietário, existe o campo "código do proprietário". No arquivo/tabela de lotes deverá existir também o campo "código do proprietário". Desta maneira as duas tabelas estão relacionadas.

Atualmente, está provado que o modelo relacional, com seus recursos, é capaz de implementar os conceitos de todos os modelos anteriores, simulando seu funcionamento e podendo substituí-los, se necessário. É o principal tipo de banco de dados utilizado atualmente, tanto para SIG's como para aplicações convencionais. No entanto, a implementação dos conceitos espaciais não é simples, levando em geral a muitos problemas, principalmente no consumo em espaço em disco, na performance e no entendimento da representação dos dados por parte do usuário.

6.3.4. Orientado a Objetos

Nos bancos de dados orientados a objetos, a unidade fundamental de recuperação e armazenamento de informações passa a ser o objeto. O objeto é uma estrutura de dados que contém, além de suas informações gráficas e alfanuméricas, informações sobre o relacionamento deste objeto com outros objetos. O comportamento do objeto também faz parte da base de dados, ajudando a resolver, de forma padronizada, algumas situações comuns: criação do objeto, exclusão do objeto, apresentação na tela, plotagem, etc.

Este tipo de enfoque se apresenta como sendo mais adequado para implementação de SIG, pois permite uma maior flexibilidade na definição das entidades representadas e suas interdependências, sem comprometer a percepção do usuário com relação ao modelo.

6.4. Sistema de Análise Geográfica

Com o sistema de análise geográfica é ampliada a capacidade do SIG, com possibilidades de análises de dados quanto à localização, extensão, correlação e evolução de determinado fenômeno de interesse.

A organização do banco de dados em *layers* de mapas não existe simplesmente por razões de organização, mas pelo rápido acesso aos elementos necessários para análise geográfica.

Apesar de existirem várias ferramentas analíticas no SIG, as principais são:

- Consulta ao Banco de Dados;
- Operações Algébricas com mapas;
- Operações de Distância.

6.4.1. Consulta ao Banco de Dados

É a mais fundamental de todas as ferramentas do SIG. Nesta consulta são possíveis, dentre outras, as seguintes questões:

- Que localização é esta?
- Mostre-me todas as localizações que contêm determinado atributo.

Se a condição envolve um atributo simples, usa-se a reclassificação da imagem para criar um novo mapa a partir da condição de interesse. Se a condição envolve muitos atributos, é necessário individualizar cada um deles, realizando a reclassificação e, posteriormente, sobrepor-los para a produção do resultado composto.

Com a reclassificação da imagem, cria-se uma imagem binária (0,1). O valor zero indica um pixel com a condição de interesse. A sobreposição produzirá um mapa que reunirá as duas (ou mais) condições de interesse.

A função de sobreposição produzirá novas imagens como resultado de algumas operações matemáticas entre imagens existentes. Em SIG, a operação de multiplicação realiza a condição *and* (e) e a opção de cobertura produz o operador lógico *or* (ou). As operações



lógicas *and* e *or* são também conhecidas como operações de interseção e união. Elas pertencem à Lógica Boleana, muito utilizada em SIG.

6.4.2. Operadores Algébricos com Mapas

Esse conjunto de ferramentas é o que faz a combinação matemática de *layers* de mapas (figura 6.3). A modelagem permite combinar mapas de acordo com várias operações matemáticas.

Nestas combinações estão disponíveis três tipos de operações:

- Modificar aritmeticamente os valores dos atributos sobre o espaço por uma constante (escalar aritmético);
- Transformar valores de atributos por uma operação padrão, tais como funções trigonométricas, transformações logarítmicas, etc;
- Combinar matematicamente diferentes layers de dados para produzir um resultado composto, através da adição, subtração, multiplicação e divisão.

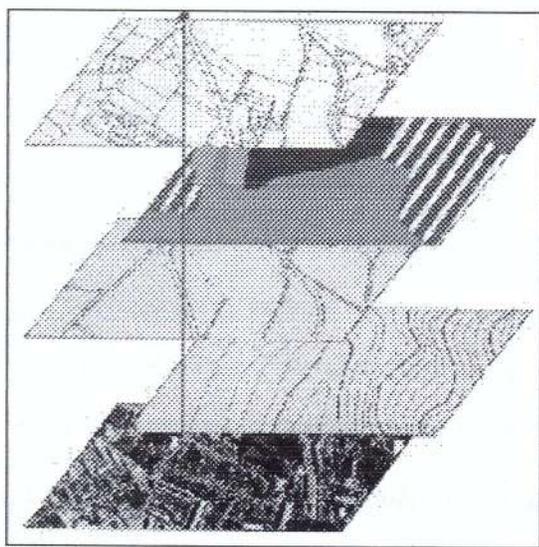


Figura 6.3 - Layers de mapas

6.4.3. Operadores de Distância

Constituem-se em um conjunto de ferramentas onde a distância desempenha papel chave nas análises. Exemplo:

- As áreas dentro de uma distância especificada de um tipo de característica.
Ex.: áreas inundáveis de um rio;
- A distância de todas as localizações;

- A mais perto possível de um conjunto de características projetadas. Ex.: Escolha de locais para uma indústria;
- O caminho mínimo. Ex.: Escolha a melhor rota.

6.5. Sistema de Processamento de Imagens

Tratamento de imagens de satélite e de "scanners". Com o advento de Satélites de Alta Resolução e de técnicas de Fotogrametria Digital, as imagens de satélite e aerotransportadas estão se transformando cada vez mais úteis para estudos ambientais e cadastrais. Entre as funções necessárias estão:

- Realce por modificação de histograma;
- Filtragem espacial;
- Classificação estatística;
- Rotação;
- Transformação;
- Registro.

6.6. Sistema de Modelagem Digital de Terrenos

Alguns SIG's possuem funções de geração de Modelos Digitais de Terreno (figura 6.4), que permitem cálculo de declividade, volume, cortes transversais, linha de visada. Fundamental para aplicações de engenharia, o conjunto básico consta de:

- Determinação do modelo (grade regular ou triangular) a partir de pontos esparsos ou linhas;
- Geração de mapas de contorno;
- Geração de mapas de declividade e de aspecto;
- Visualização 3D (com imagens e temas);
- Cálculo de volumes; e análise de perfis.

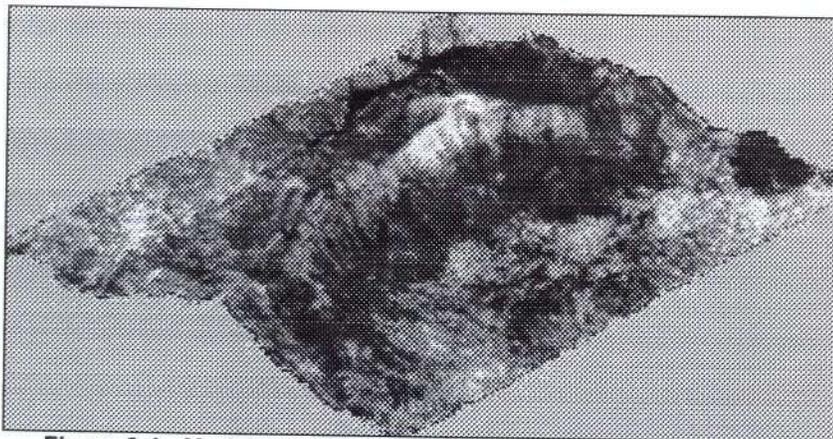


Figura 6.4 - Modelagem Digital de Terreno em visualização 3D

6.7. Sistema de Modelagem de Redes

O pacote mínimo disponível nos sistemas comerciais consiste tipicamente de cálculo de caminho ótimo e crítico.

Este pacote básico é insuficiente para a realização da maioria das aplicações, pois cada usuário tem necessidades completamente distintas. No caso de um sistema telefônico, uma questão pode ser: "quais são todos os telefones servidos por uma dada caixa terminal?". Já para uma rede de água, pode-se perguntar: "Se injetarmos uma dada porcentagem de cloro na caixa d'água de um bairro, qual a concentração final nas casas?". Deste modo, um sistema de modelagem de redes só terá utilidade para o cliente depois de devidamente adaptado às suas necessidades.

Esta adaptação pode levar de seis meses a vários anos. Isto impõe uma característica básica para esta aplicação, ou seja, os sistemas devem ser versáteis, maleáveis, e adaptáveis. No caso das aplicações de redes, a ligação com banco de dados é fundamental. Toda a informação descritiva está guardada no banco de dados, pois os dados espaciais têm formatos relativamente simples. Mais do que em outras aplicações de SIG's, é na área de redes que o uso de soluções mais modernas como SGBD's orientados-a-objetos está se impondo..

6.8. Sistema de Análises Estatísticas

Este sistema oferece procedimentos estatísticos e rotinas especializadas para a análise estatística do dado espacial. Atualmente, vêm-se desenvolvendo sistemas mais aplicados, baseados em *Geoestatística*.

Geoestatística é um ramo da Estatística Aplicada que estuda fenômenos naturais, levando em conta a sua continuidade e sua variabilidade espacial.

A inserção de um módulo de Geoestatística num programa de SIG é importante, tendo em vista que ela desenvolve técnicas eficazes para caracterizar camadas individuais de informação, embora lance mão de técnicas multivariadas. O SIG, por sua vez, tem o seu ponto forte na interação entre múltiplas camadas de informação (figura 6.5).

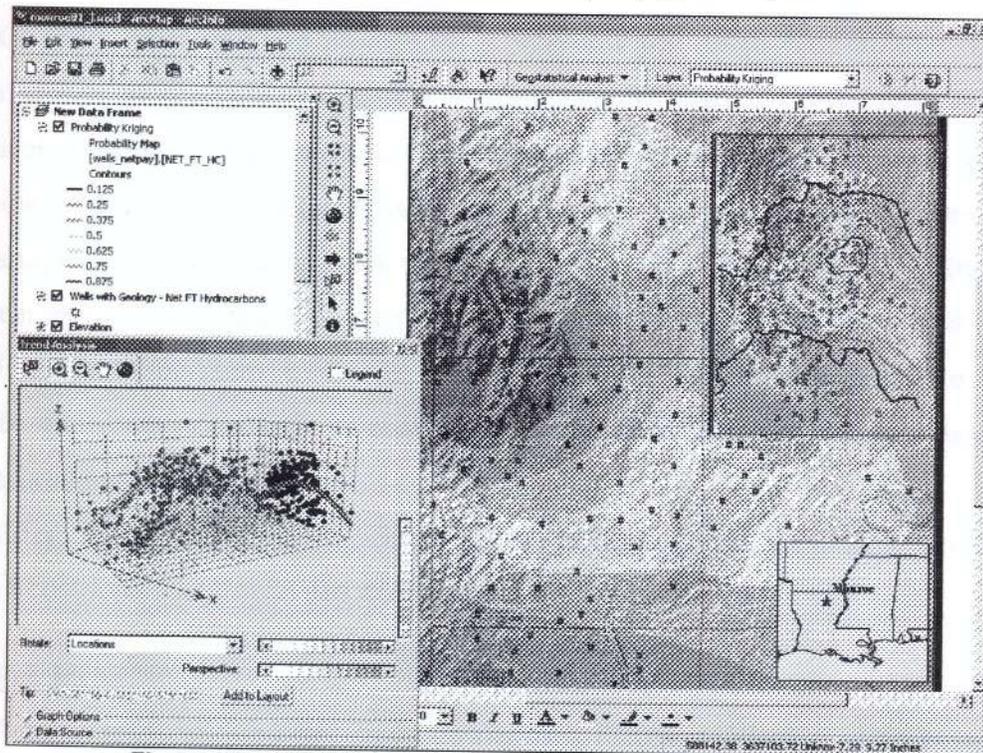


Figura 6.5 - Módulo de análise estatística de um SIG comercial

Estruturas de dados comuns a ambas as abordagens criam uma condição favorável para que dados primários, que poderiam ser geoprocessados diretamente, sejam previamente tratados pela Geoestatística, tornando-se uma nova camada de informação no SIG.

6.9. Sistema de Apresentação Cartográfica

É um dos módulos mais básicos do SIG. Permite a extração de elementos selecionados do banco de dados e a produção de mapas, gráficos, relatórios e tabelas no monitor de vídeo, ou cópia impressa, utilizando impressora ou plotter.

No caso de plotagem, alguns SIG's dispõem de ferramentas para produção de cartas, com recursos muitas vezes altamente sofisticados de apresentação gráfica. Estas ferramentas permitem a definição interativa de uma área de plotagem, colocar legendas, textos explicativos e notas de crédito. Uma biblioteca de símbolos é também atributo fundamental de um sistema de produção. Os pacotes mais sofisticados dispõem de controladores para

dispositivos de gravação eletrônica a laser, o que assegura a produção de mapas de alta qualidade.

6.10. Integração da Informação via SIG

Os dados existentes são produzidos e coletados por diferentes entidades, em épocas distintas, através de diversos processos e equipes, além de diferentes propósitos. Esses dados são obtidos através de mapeamentos e recenseamentos e vão compor as bases espaciais e alfanuméricas. As bases de dados provenientes de mapeamentos diversos são compostas pelas bases cartográficas e complementadas por vários temas em escalas e unidades diferenciadas, que devem ser integrados nos SIG's, através de unidades territoriais de integração de dados.

É muito importante a escolha destas unidades, pois, topologicamente definidas, permitirão efetivamente realizar as análises almejadas e estabelecer a ligação das bases de dados espacial e alfanumérica.

Estas unidades também determinarão os processos mais adequados, em termos de precisão e custo, para aquisição dos dados espaciais.

6.10.1. Resolução

A integração de diferentes tipos de dados – físicos, bióticos e sócio econômicos – provenientes das mais variadas fontes, em diferentes escalas, deve ser feita através de uma estrutura de processamento dos dados (raster ou vetorial) que comporte a escala adotada e permita essa integração.

Portanto, a área de análise deve ser discretizada de forma a permitir a integração desses dados à mesma base de dados georreferenciados. Isso vai depender dos dados existentes, da escala e da unidade escolhida para a integração territorial dos dados.

No caso da estrutura matricial ou raster, a resolução será definida pela menor unidade de área perceptível pelo sistema computacional, ou seja, o menor pixel. Exemplificando, se a maioria dos dados for originário de sensoriamento remoto, a resolução adotada deverá ser maior ou igual 'a(s) da(s) imagem(s) utilizada(s)'.

Nas estruturas vetoriais, a resolução espacial é considerada com a menor distância que pode ser representada numa fase cartográfica, sem ser através de símbolos. Tendo em vista que um ponto só será perceptível pela visão humana até valores de 0,2 mm, a resolução espacial corresponderá à representação desta medida na respectiva escala, ou seja, ela será igual à precisão cartográfica.

6.10.2. Unidade Territorial de Integração de Dados

A integração dos dados é um dos principais aspectos nas análises realizadas por Geoprocessamento, visto que os elementos que compõem o mundo real estão fortemente inter-relacionados.

Enquanto entidades geográficas, as unidades territoriais básicas (UTB) devem possuir contigüidade espacial, ser georreferenciadas e pertencerem a uma classificação tipológica que permita seu agrupamento em diversas ordens de grandeza.

As unidades territoriais de integração (UTI) não precisam ser geometricamente regulares. Uma vez que integrem a área, podem ser figuras de qualquer forma, registradas em estruturas celulares (raster) ou polígonos (vetorial).

Os tipos de unidades de informação ou unidades territoriais de integração e de análise dos dados dependerão das variáveis ou temas a serem estudados.

6.10.3. Escalas de Medição

Outro aspecto que deverá ser salientado é que os dados não são registrados segundo uma única escala de medição. Basicamente, tem-se quatro escalas para representação de atributos do mundo real: razão, intervalo, ordinal e nominal.

- Escala de Razão: é a escala mais poderosa, pois permite todas as operações numéricas associadas à pesquisa de dados. É baseada no campo dos números racionais, infinito em extensão e densidade em qualquer intervalo, fornecendo rigor de medição em qualquer discretização temporal ou espacial. Ela não somente discrimina, hierarquiza e mensura, como tem a propriedade de manter a razão entre valores de um atributo. Por exemplo: uma cidade de 500.000 habitantes tem cinco vezes mais habitantes que uma cidade de 100.000 habitantes. *Nesta escala a posição zero representa a ausência do atributo que se esteja medindo.* Ela é usada em medidas de quantificação: contagens populacionais, medidas de quantidade, área, extensão, entre outras.
- Escala de Intervalo: esta escala difere da escala anterior por serem arbitrários o seu posicionamento e a extensão total dos seus intervalos, geralmente atrelados a condições físicas pré-definidas. *A sua posição neutra (zero) não representa a ausência do atributo e a extensão dos intervalos é aceita por convenção.* Um exemplo desta característica são as coordenadas geográficas: o zero da latitude e/ou longitude é convencional apenas, não indicando a

ausência do atributo de localização. Outro exemplo pode ser referido ao uso de escalas de temperatura: é absurdo dizer que a temperatura "10°C" é dez vezes mais quente que "1°C", ou que "0°C" indica ausência de calor.

- Escala Nominal: também conhecida como escala qualitativa ou de atributos, a escala nominal limita-se a enumerar e discriminar os atributos de um objetivo, sem estipular-lhes quaisquer valores quantitativos. É a que tem menor poder de manipulação dos dados, embora permitindo agrupamento de categorias por similaridade de localização, forma, extensão ou funcionamento de entidades do mundo real. Como exemplo de atributos representados nesta escala, têm-se os mapas de uso de terra, litológico, solos, geomorfológico e outros. Um tipo espacial de escala nominal é constituído por variáveis binárias, onde 0 indica a ausência de uma característica e 1 indica a sua presença. Este procedimento numérico tem sido muito empregado para tratamentos quantificados como no caso do Sensoriamento Remoto.
- Escala Ordinal: nesta escala é mantida a hierarquização de posições, pois possui o atributo lógico da transitividade que define: *se $A > B$ e $B > C$, logo, $A > C$* . Nesta escala não estão automaticamente definidos a extensão e o valor intrínseco dos intervalos. Contudo, é mantido o posicionamento relativo das entidades que estejam sob sua ordenação, garantindo o seu uso em classificações diversas. São exemplos do uso desta escala a idade relativa das rochas em Geologia e as pesquisas para preferências eleitorais, que definem o candidato a ser eleito como 1º colocado, independente do número de votos do 2º colocado. Esta escala é uma alternativa para conversão de dados oriundos de outras escalas. O procedimento consiste em atribuir uma nota para cada classe do mapa a ser convertido (por exemplo 0 a 10) e um peso para cada mapa (todos somando 100%), em função da importância dessas classes e mapas para os objetivos almejados. No final, as classes apresentarão uma hierarquização em termos de valores numéricos, criando-se um referencial padrão para executar as análises por procedimentos matemáticos, como por exemplo a média ponderada.

6.10.4. Escolha da Escala de Trabalho

A escala de trabalho a ser adotada deve possibilitar uma visão total desta área e ser uma escala que permita integrar e relacionar dados de diferentes naturezas para estudar uma área como um todo.

A integração destes dados deve ser feita sobre bases cartográficas oficialmente validadas, em escala igual ou maior à em que os demais dados serão levantados. Deve-se evitar a *escalagem* de uma escala melhor para uma escala pior, pois certamente haverá perda de qualidade do dado.

No intuito de minimizar os problemas relativos à escolha de escala (com conseqüente resolução e precisão), serão apresentados na tabela 2, alguns critérios que devem ser observados em função do nível de trabalho, das aplicações típicas e dos processos e equipamentos mais indicados.

Tabela 2 - Critérios a serem observados na escolha da escala de trabalho

Nível	Escala	Aplicações Recomendáveis	Captura de Dados
Global	1:2.500.000 a 1:1.000.000	Geopolítica, Levantamento de Recursos Naturais, Geológicos, Camada de Ozônio, Mudanças Climáticas (efeito estufa e elevação do nível do mar), Desmatamento, Desertificação	Sensoriamento Remoto
Regional ou Nacional	1:250.000 a 1:100.000	Zoneamentos (para fins de planejamento, monitoramento e gestão ambiental), Florestais (desmatamentos e reflorestamentos), Agricultura (previsões de safras), Mapas Geológicos	Sensoriamento Remoto e a Fotogrametria.
Intermunicipal	1:100.000 a 1:50.000	Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas, Estudos de Planejamento de Transportes, Hidrológicos, Energéticos, Florestais, Agrícolas, Geológicos	Sensoriamento Remoto e a Fotogrametria.
Municipal	1:50.000 a 1:10.000	Gestão Ambiental de Municípios (Planos Diretores, Planejamento Urbano), Análise Ambiental (Zoneamento Ambiental), Projetos Básicos de Engenharia (Saneamento, Hidrológicos e Transporte), Regularização Fundiária, Florestais, Agricultura (projetos de irrigação), Geológicos	Fotogrametria, o Sensoriamento Remoto, o GPS e a Topografia Convencional
Local	1:10.000	Gestão de Municípios (Planos	Fotogrametria, o

Nível	Escala	Aplicações Recomendáveis	Captura de Dados
	a 1:2.000	Diretores, Planejamento de Cadastro Urbano – UPTU), Análise Ambiental (Zoneamento), Redes de Concessionárias de Serviço Públicos, Agricultura de Precisão, Projetos Executivos de Engenharia (Saneamento, Hidrológicos e Transporte), Florestais, Geológico-Geotécnico, Estudo de Fenômenos Ambientais Específicos	Sensoriamento Remoto, o GPS e a Topografia Convencional
Local em Detalhe	Local em Detalhe	Aplicações Imobiliárias, Projetos de Engenharia em nível de detalhe (construção civil e projetos paisagísticos), Redes de Concessionárias, Agricultura de Precisão, Estudo de Fenômenos Ambientais Específicos	Fotogrametria, o GPS e a Topografia Convencional

7. ARQUITETURA

A arquitetura de um SIG pode influenciar, de maneira decisiva, aspectos como o desempenho, a capacidade de gerenciamento de grandes bases de dados, a capacidade de utilização simultânea por múltiplos usuários e a capacidade de integração com outros sistemas.

Basicamente, os SIG's comerciais se encaixam em uma das categorias abaixo:

- SIG Tradicional
- Arquitetura Dual
- SIG baseado em CAD
- SIG relacional
- SIG orientado a objetos
- Desktop mapping
- SIG baseado em imagens

- SIG integrado (imagens-vetores)

As cinco primeiras categorias são SIG's baseados em vetores. Isso reflete o fato de existirem muitas variações para filosofia básica de armazenamento e utilização de vetores. Já o gerenciamento e processamento de imagens é mais uniforme entre as diversas aplicações comerciais existentes. Esta categorização está perdendo gradualmente a nitidez com o passar do tempo e com o crescimento do nível de complexidade dos SIG comerciais.

7.1. SIG Tradicional

Por "tradicional" entenda-se que se trata da arquitetura dos primeiros SIG, projetados em uma época em que a novidade estava na integração de dados gráficos a dados alfanuméricos em um único ambiente. Neste tipo de sistema, o usuário pode acessar os dados geográficos através de uma interface gráfica (*Graphical User Interface, GUI*) ou através de uma linguagem de programação. Esta linguagem de programação é em geral muito simples, consistindo apenas de macro-comandos, ou seja, na possibilidade de encadeamento de comandos encontrados na interface gráfica de qualquer maneira. Assim, a linguagem de programação pode funcionar também como uma interface do tipo linha de comando, em que o usuário pode digitar comandos interativamente. Existe também a possibilidade de

personalização da GUI, de modo a incluir macro-comandos ou seqüências de comandos desenvolvidos pelo usuário.

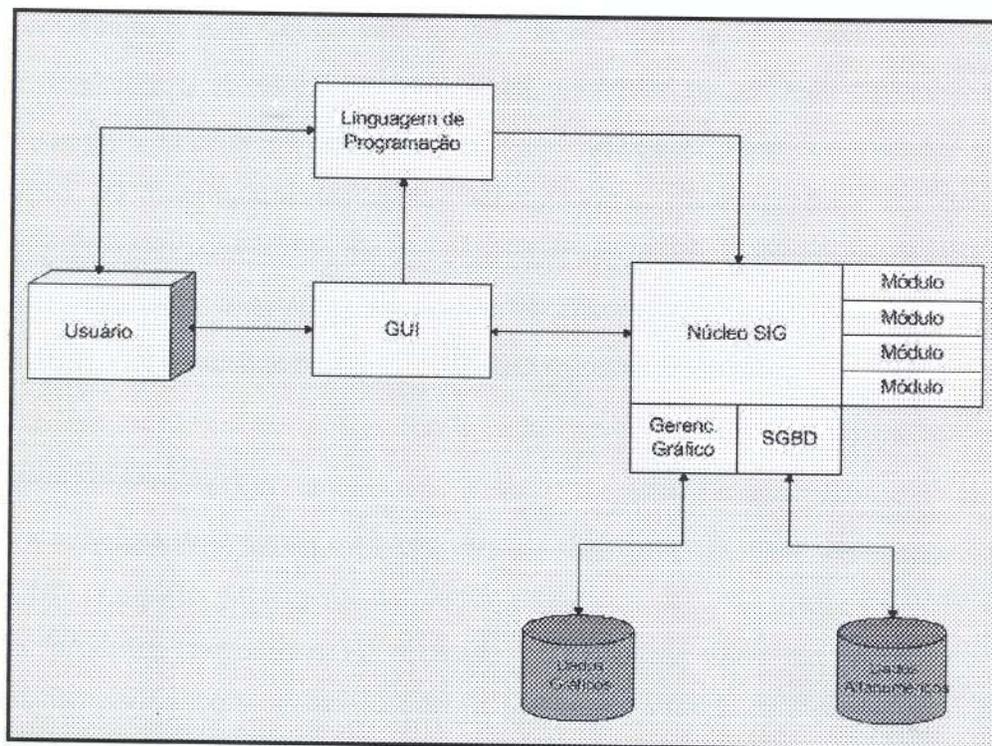


Figura 7.1 - SIG Tradicional

Os comandos formulados via GUI ou via linguagem são executados pelo *núcleo(kernel)* do software, responsável tanto pelo processamento das funções geográficas quanto pelo gerenciamento dos dados. Este núcleo pode ser implementado de forma monolítica, contendo todas as funções do SIG. No entanto, é mais comum, até por motivos comerciais, encontrar implementações em que as funções são divididas em módulos, cabendo ao núcleo implementar a funcionalidade básica e o gerenciamento dos dados. Estes módulos podem ser comercializados separadamente, permitindo que o usuário configure seu ambiente com custos mais reduzidos. Por exemplo, podem existir módulos para edição gráfica/topológica, acabamento final e plotagem de mapas, processamento de redes, modelagem digital do terreno, gerenciamento de imagens e outros.

Mas o principal aspecto desta arquitetura está na forma de gerenciamento dos dados gráficos e alfanuméricos. A opção implementada pelos desenvolvedores inclui a codificação dos dados gráficos em estruturas proprietárias, ou seja, estruturas de dados concebidas e implementadas dentro do ambiente do desenvolvedor e tratadas como segredo comercial. Assim, os dados gráficos são codificados em arquivos binários, cuja leitura e correta interpretação só pode ser feita por quem conheça a estrutura de codificação, e este conhecimento está restrito aos técnicos do próprio desenvolvedor.

A codificação dos dados alfanuméricos segue a mesma lógica, embora aqui não haja a preocupação com a ocultação da forma de armazenamento. É em geral adotada uma estrutura tabular, semelhante à dos SGBD relacionais, com registros de tamanho fixo. Somente é necessário conhecer a estrutura dos dados alfanuméricos (quantidade de campos, tipo de conteúdo e largura de cada um deles) para que se consiga interpretar corretamente o conteúdo dos arquivos. O tratamento dos dados alfanuméricos pode ser feito em um ambiente proprietário de gerenciamento de bancos de dados, sendo este ambiente totalmente integrado ao produto, e não tendo vida própria fora dele. Este banco de dados é em geral muito simples, não preenchendo os requisitos básicos dos SGBD relacionais padrão.

7.2. Arquitetura Dual

A arquitetura dual é uma evolução do SIG tradicional. A única diferença é a existência de um SGBD completo para gerenciar dados alfanuméricos. Esta opção é devido a intenção de utilizar produtos disponíveis no mercado para realizar parte das tarefas do SIG. Na implementação pouco muda conceitualmente, sendo que a tarefa de desenvolver o núcleo fica bastante facilitada. Observe-se que o SIG e o SGBD relacional, sendo produtos diferentes, precisam se comunicar de uma maneira satisfatória para realizar sua função. Esta comunicação é gerenciada pelo núcleo, e é restrita às operações normais de bancos de dados: inserção de dados, exclusão, consultas.

Do ponto de vista do usuário, esta alternativa abre a possibilidade de se ter aplicações convencionais, concebidas e desenvolvidas dentro do ambiente do SGBD relacional, compartilhando os atributos alfanuméricos dos objetos geográficos. O problema é que, como o SGBD relacional não conhece a estrutura gráfica proprietária, existe o sério risco de se introduzir inconsistências no banco de dados geográfico. Imagine-se, por exemplo, que um usuário de aplicação exclusivamente alfanumérica possa excluir um registro alfanumérico, mas que compõe um conjunto de atributos para uma determinada entidade geográfica. Sem que o SIG saiba, esta entidade geográfica passa a não ter mais atributos, tornando-se inconsistente. Assim, o acesso a atributos alfanuméricos de dados geográficos só pode ser feito de maneira criteriosa, dentro de controles rígidos que precisam ser implementados pela aplicação, uma vez que o software básico (SIG e SGBD relacional) não oferecem qualquer recurso para a garantia automática da integridade dos dados. Observe-se que este tipo de problema poderia ocorrer no caso anterior também, mas como o acesso aos dados gráficos e alfanuméricos somente é feito através do SIG, tem-se um ambiente mais controlado.

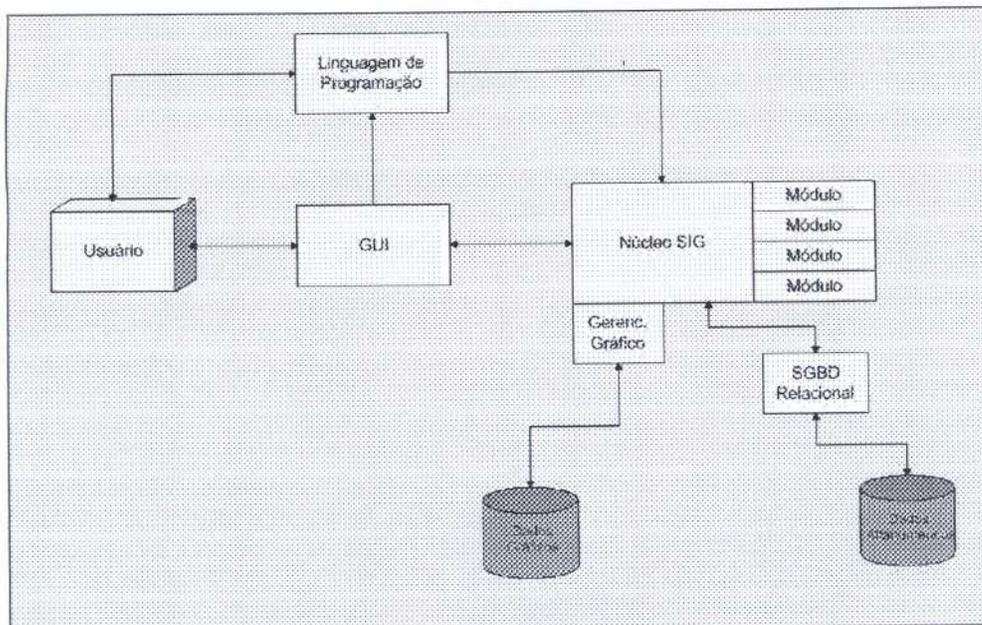


Figura 7.2 - SIG Arquitetura Dual

7.3. SIG baseado em CAD

Uma extensão lógica do raciocínio que levou ao armazenamento de dados alfanuméricos em SGBD relacionais padrão de mercado seria a implementação do gerenciamento dos dados gráficos através de ferramentas também padrão de mercado. No caso, as ferramentas gráficas que melhor se adaptam às necessidades do SIG são os sistemas CAD (*Computer Aided Design*). Estas ferramentas tem seu uso bastante consolidado nas áreas de engenharia, arquitetura e semelhantes, e são naturais candidatas a ambientes de produção cartográfica. Como no caso anterior, ficou nítido para alguns desenvolvedores de SIG que a reimplementação das funções, típicas de sistemas CAD, de edição gráfica e de gerenciamento de arquivos gráficos seria "reinventar a roda". Leve-se ainda em consideração o estágio de desenvolvimento dos sistemas CAD, já extremamente evoluídos e confiáveis.

Assim, tem-se a arquitetura apresentada na figura 7.3, em que o núcleo do SIG trata principalmente da integração entre um gerenciador gráfico (CAD) e um gerenciador alfanumérico (SGBD relacional), além de implementar e tornar disponíveis funções geográficas básicas. Funções geográficas mais específicas são oferecidas em um esquema de módulos, como nos casos anteriores. O sistema dispõe de uma interface gráfica, em geral baseada na do CAD, buscando tornar o sistema mais familiar para aqueles usuários que já tivessem experiência com o CAD. Omitiu-se aqui, propositadamente, a referência a uma linguagem de programação. Embora os principais sistemas CAD disponham de linguagens de programação razoavelmente completas, estas têm acesso exclusivamente à funcionalidade do

CAD. O SIG baseado em CAD terá, no máximo, uma macro-linguagem capaz de formular seqüências de comandos disponíveis no ambiente SIG, mas alguns não dispõem nem mesmo deste recurso.

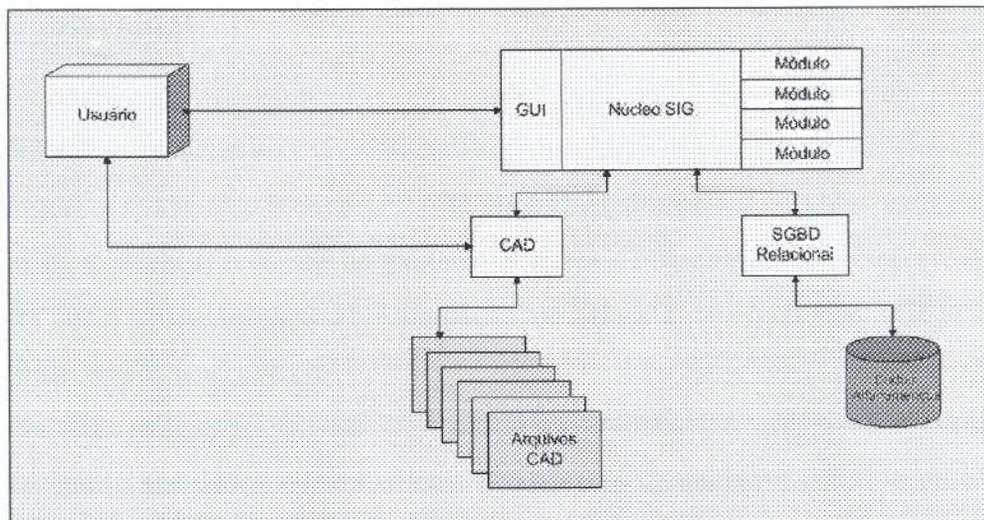


Figura 7.3 - SIG baseado em CAD

Esta alternativa de arquitetura tem dois grandes problemas principais. O primeiro, e mais grave, é a grande facilidade que se tem em introduzir inconsistências no banco de dados geográfico, de forma semelhante à relatada no exemplo anterior. Aqui é ainda mais fácil: basta algum usuário ter acesso aos dados gráficos, por exemplo usando diretamente o software CAD para acessar os arquivos gráficos: se alguma entidade gráfica for deletada, o registro alfanumérico correspondente ficará isolado. O registro não será também deletado pelo SGBD relacional, pois o mesmo não tem conhecimento desta operação no CAD. Da mesma maneira, um usuário com acesso ao SGBD relacional pode deletar algum registro associado a um dado gráfico, causando o efeito inverso. Apenas o uso exclusivo dos dados através do núcleo do SIG pode pretender garantir a consistência gráfico-alfa. O segundo problema com este enfoque está na utilização das estruturas de arquivo do CAD para armazenar os dados gráficos. Os sistemas CAD não dispõem de recursos de indexação espacial, e sempre acessam seus arquivos de forma seqüencial. Assim, têm um desempenho que os impede de ter arquivos muito grandes, uma vez que o custo computacional de acesso a dados organizados seqüencialmente é muito alto. Desta forma, o usuário é obrigado a fracionar sua base gráfica em diversos arquivos, e a compor *manualmente* arquivos auxiliares para ajudar no processo de seleção de arquivos para utilização na tela. Trata-se de um custo operacional expressivo, em particular no caso de grandes bases de dados. O principal ponto positivo dos SIG baseados em CAD está na grande facilidade de utilização dos recursos de edição. Isto faz com que este

tipo de sistema seja especialmente adequado para trabalhos de entrada de dados, onde se pode controlar melhor o volume de dados que é manipulado de uma vez.

7.4. SIG relacional

A combinação de problemas dos casos anteriores, em especial os problemas de gerenciamento de gráficos e as possibilidades de introdução de inconsistências nos bancos de dados geográficos, levaram à concepção de uma nova alternativa. A idéia principal consiste em utilizar os excelentes recursos de garantia de integridade, controle de concorrência (acesso simultâneo por vários usuários) e recuperação de falhas disponíveis nos SGBD relacionais para gerenciar dados geográficos.

Nos SIG relacionais (figura 7.4), os dados gráficos são organizados em tabelas, de forma semelhante aos dados alfanuméricos. Um sistema de chaves é utilizado para relacionar estas tabelas, formando um esquema relacional cuja integridade é garantida pelo SGBD relacional. Aliás, esta tarefa é desempenhada com um nível de segurança excelente, tendo em vista o avançado grau de evolução dos SGBD relacionais, aos quais são confiadas missões nos ambientes de aplicações convencionais bem mais críticas que o gerenciamento de dados geográficos.

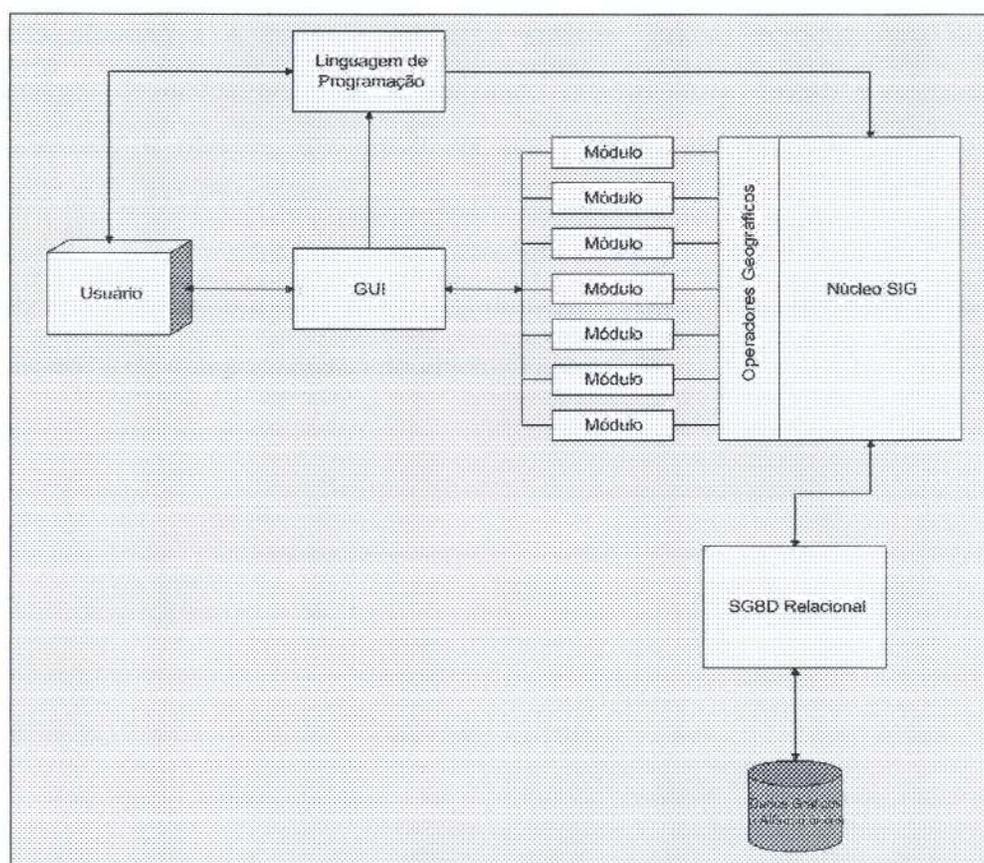


Figura 7.4 - SIG Relacional

Desta forma, toda a funcionalidade de gerenciamento de dados fica a cargo do SGBD relacional. No entanto, para realizar os tipos de consultas e operações mais frequentes no ambiente SIG, algumas extensões precisam ser feitas. A primeira delas refere-se à implementação de recursos de indexação espacial. Isto é feito em geral utilizando esquemas, armazenando a associação de cada objeto geográfico com um nó da árvore em uma tabela, e fazendo com que exista uma indexação convencional alternativa baseada nesta associação. Outra extensão importante se refere à linguagem de consulta, que nos SGBD relacionais é a linguagem SQL. É necessário estender o SQL tradicional para incluir operadores geográficos, como “contém”, “contido em”, ou “vizinho a”. Estas extensões são implementadas no núcleo do SIG, que é responsável por traduzi-las em operações previamente existentes no SGBD. Esta tarefa está-se tornando mais fácil, na medida em que alguns desenvolvedores de SGBD relacionais como a Oracle e Informix estão incorporando facilidades geográficas a seus produtos. Existem ainda sistemas relacionais mais avançados, como o Postgres, que permitem a implementação de novas estruturas de indexação e novos métodos de acesso, o que favoreceria a implementação de SIG relacionais.

7.5. SIG orientado a objetos

Esta alternativa é bastante similar à anterior, porém introduz uma novidade: o armazenamento de dados geográficos utilizando objetos. Esta função é realizada por um SGBD orientado a objetos, que pode ser um produto genérico, de mercado (os mais encontrados são o O2 e o *ObjectStore*), ou um gerenciador proprietário. Toda a operação do SIG é baseada em um modelo de dados orientado a objetos, que contém toda a informação sobre cada classe de objetos, incluindo características gráficas, características alfanuméricas e também aspectos do comportamento do objeto (Figura 7.5).

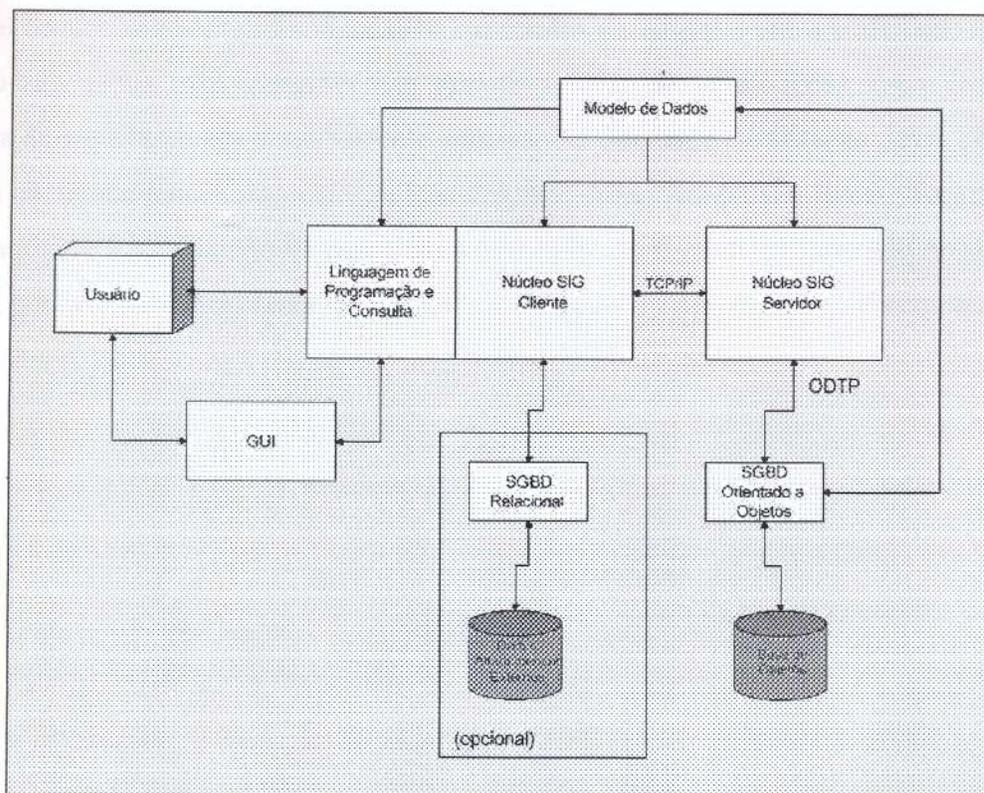


Figura 7.5 - SIG baseado em objetos

Existe a possibilidade de conexão do núcleo cliente a um SGBD relacional externo, desde que este atenda a alguns padrões, viabilizando a integração do SIG com aplicações convencionais externas. Observe-se que novamente é de responsabilidade das aplicações a garantia de integridade entre os dados mantidos pelo SIG, sob a forma de objetos, e os dados mantidos no SGBD relacional, existindo sempre a possibilidade de quebra de integridade pelo acesso exclusivo ao SIG ou ao SGBD relacional.

A utilização de conceitos de orientação a objetos nesta arquitetura a torna mais próxima do desejável em termos de sistemas abertos, uma vez que todas as iniciativas no sentido de estabelecer padrões de interoperabilidade em SIG são baseadas na padronização de objetos. No entanto, já foi demonstrado que é possível fazer o mesmo em relação a bancos de dados relacionais.

7.6. Desktop mapping

Sistemas *desktop mapping* não são considerados propriamente SIG's, mas merecem certa atenção. São uma classe de aplicações de geoprocessamento que se concentram em facilitar as atividades de apresentação de informações sob o formato de mapas. Não são, apesar disto, sistemas adequados para atividades de cartografia automatizada, pois não contam

em geral com recursos muito sofisticados em termos de edição e entrada de dados. Também não são adequados para gerenciar um grande volume de informações, uma vez que sua estrutura de arquivos tende a ser bastante simples, e é freqüente a utilização direta de arquivos gráficos ou alfanuméricos de outros aplicativos, tais como AutoCAD, Excel, Access, dBASE e outros (figura 7.6). Quando os dados são codificados no formato proprietário do sistema, no entanto, pode-se ter alguns recursos voltados à melhoria do desempenho, tais como indexação espacial.

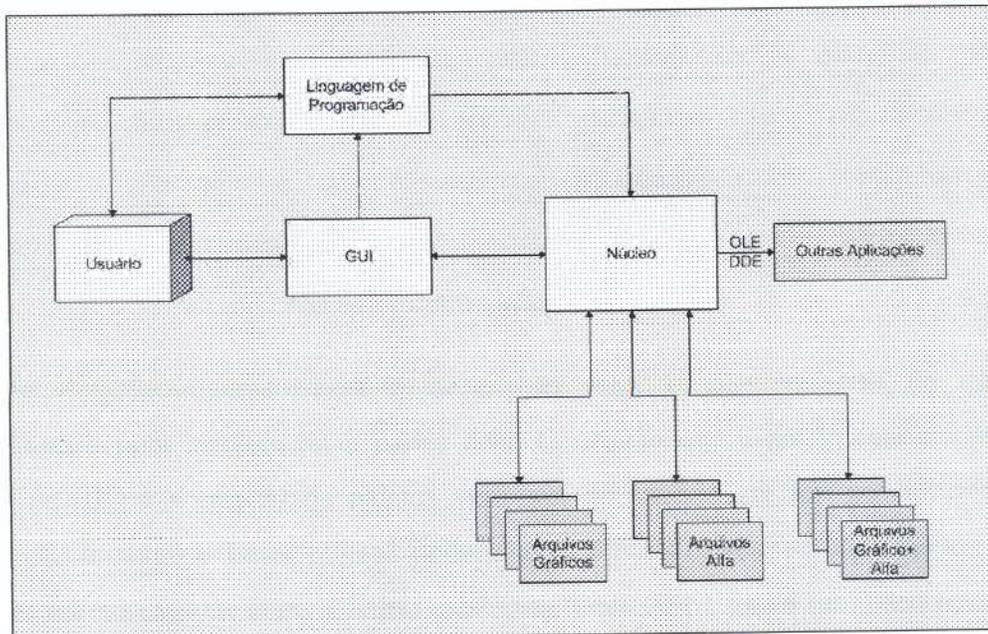


Figura 7.6 - Desktop Mapping

O forte desta classe de aplicações está precisamente na facilidade de integração de dados de diversas fontes, além das excelentes facilidades para produção de mapas temáticos plotados. Têm custos relativamente baixos, apresentando constante tendência de queda. No entanto, vêm nos últimos tempos apresentando a tendência a incorporar cada vez mais funções, de modo que alguns já estão-se intitulando *desktop SIG*.

7.7. SIG baseado em imagens

Esta é uma classe de aplicações em que o verdadeiro “banco de dados” está na imagem e seus atributos. Assim, não existe um SGBD propriamente dito, apenas um conjunto de arquivos de imagem, codificados de maneira conveniente, tanto em termos de ocupação de espaço em disco quanto em termos de facilidades de recuperação (figura 7.7).

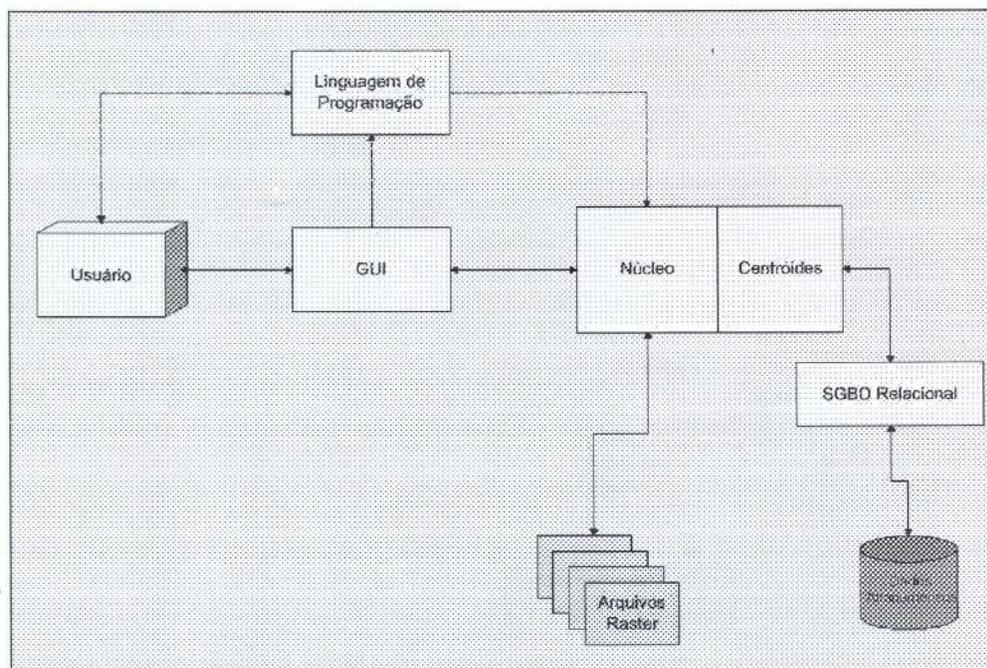


Figura 7.7 - SIG baseado em imagens

No entanto, muitas vezes é necessário associar um conjunto de informações alfanuméricas a uma imagem ou a partes dela. O recurso que é geralmente empregado por este tipo de SIG é a criação de objetos vetoriais, que podem ou não ser apresentados em sobreposição à imagem. Estes objetos podem ser dos tipos usuais, ou seja, pontos, linhas ou áreas, mas em no caso de áreas e linhas existe um “centróide”, que é um único ponto contido na linha ou área, e que é escolhido para ser o “ponto de referência” dos dados alfanuméricos correspondentes. Assim, cada elemento geográfico com possibilidade de associação a dados alfanuméricos é associado ao centróide, que por sua vez está representado no banco de dados alfanumérico, em geral relacional.

Estes sistemas podem ou não possuir linguagem de programação, uma vez que a funcionalidade que interessa mais diretamente ao usuário está mais ligada à área de processamento digital de imagens. No entanto, são dotados de interfaces gráficas com o usuário, que transmitem os comandos do usuário ao núcleo.

7.8. SIG integrado (imagens-vetores)

Na área ambiental, onde é grande a necessidade de integração de dados de diferentes formatos, como imagens, mapas temáticos e modelos de terreno, uma das tendências vem sendo o desenvolvimento de tecnologias que permitam o tratamento simultâneo de dados matriciais (grades e imagens), com dados vetoriais. Devido à grande quantidade de armazenamento necessária para imagens, e dado que os SGBD's de mercado ainda não

possuem suporte eficiente para este tipo de dados, os SIG's integrados são, na maior parte dos casos, uma extensão do modelo de "arquitetura dual" para incluir gerenciamento de arquivos gráficos no formato matricial ("raster").

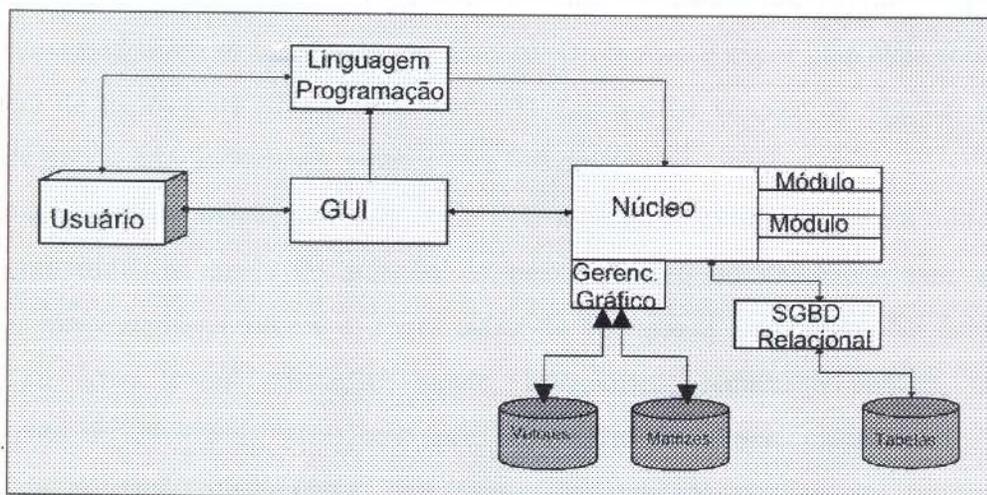


Figura 7.8 - SIG integrado

8. INTRODUÇÃO À MODELAGEM DE DADOS PARA APLICAÇÕES URBANAS DE SIG'S

O objetivo desse capítulo é apresentar “algo a mais”, um capítulo especial para aqueles interessados em se aprofundar no assunto. O objetivo é expor uma idéia sobre o que é modelagem de dados para SIG's. Será realizada uma análise simples de algumas aplicações urbanas de SIG's, adotando casos simples para fins didáticos.

O universo de aplicações urbanas de SIG é bastante extenso. Existem aplicações em praticamente todas as áreas de atuação do poder público no município, bem como nas atividades relacionadas à oferta e à prestação de serviços à população. Na área pública, destacam-se áreas como educação, saúde, transportes, segurança pública, tributação, licenciamento de atividades, meio ambiente, infra-estrutura urbana, planejamento, e outras. Na área de prestação de serviços, destacam-se as áreas de atuação das concessionárias, envolvendo redes de energia elétrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário e pluvial, e telecomunicações, bem como a prestação de serviços baseada na rede de circulação viária, em atividades como coleta e distribuição de produtos. A seguir, segue algumas análises referentes a esses itens.

8.1. Endereçamento Urbano

O endereço de correspondência é a forma de referência espacial mais encontrada nos sistemas de informação, mesmo nos sistemas não automatizados. É também a forma de localização espacial mais utilizada pela população. Muitas pessoas não conhecem o número da sua carteira de identidade ou CPF, mas certamente todo mundo conhece seu endereço, e com bastante precisão. Isto torna o endereço a “chave de acesso” mais adequada para armazenar e recuperar informações espaciais em um SIG urbano.

O uso do endereço como chave de acesso torna o SIG muito mais amigável, facilitando seu uso em aplicações urbanas. Cadastros de atividades, registros de propriedades, dados sobre ocorrências no ambiente urbano geralmente têm o endereço como referência principal. Portanto, a criação de uma base de endereços para um SIG é um passo fundamental para o sucesso de sua implementação. Especificamente, é necessário estabelecer formas de transformação de endereços (da forma como são informados pela população, ou da forma como são armazenados nos sistemas de informação disponíveis) em coordenadas geográficas, e vice-versa.

Segundo alguns autores, no ambiente urbano, de 80 a 90% dos dados usados pela administração municipal são geograficamente localizáveis, e dizem respeito a pessoas e locais. Como tanto uns quanto os outros geralmente são referenciados por endereços, a disponibilidade de uma base de endereços no SIG vai torná-lo imediatamente mais útil. Isto acontece porque, tendo sido estabelecida a correlação entre endereço e coordenadas geográficas, será possível georreferenciar com facilidade qualquer entidade para a qual se disponha do endereço. A funcionalidade do SIG estará, portanto, multiplicada, pois o usuário disporá de um maior volume de informações espacialmente distribuídas, podendo então lançar mão dos recursos tradicionais do SIG para a realização de análises e pesquisas.

8.1.1. Alternativas para Representação

Sendo uma informação de utilização popular, o endereço pode assumir diversas formas. Esta seção apresenta as formas mais utilizadas para representação de endereços em sistemas de informação tradicionais.

8.1.1.1. Endereços Individuais

O endereçamento individual é a forma mais precisa de representação de endereços, correspondendo diretamente ao endereço postal usual. Embora sua composição possa variar de cidade para cidade, o mais comum no Brasil é ter algo como:

*Rua Doutor Mariano de Abreu, 576 - Apto. 102 - Bairro Jardim América
Americana - SP
13460-120*

Como as informações acima são geralmente usadas pelos sistemas de informação convencionais apenas para impressão em correspondências, é comum que sejam armazenadas sem maiores cuidados, da seguinte forma:

Tabela 3 - Armazenagem de informações sem cuidados

Endereço	Cidade	Estado	CEP
<i>Rua Doutor Mariano de Abreu, 576 - Apto. 102 - Bairro Jardim América</i>	<i>Americana</i>	<i>SP</i>	<i>13460-120</i>

Nesta representação, o campo **Endereço** inclui todos os detalhes que compõem o endereço de porta, até mesmo o bairro. Tudo o que o sistema tem que fazer é imprimir a informação da mesma forma como foi armazenada. Este campo passará a ser decomposto em maior detalhe a seguir. Os outros campos serão desconsiderados por enquanto.

Conforme o nível de detalhe exigido por cada sistema, a informação **Endereço** será melhor detalhada, através de sua divisão em diversos campos. Do menor para o maior grau de detalhe, as seguintes formas são encontradas:

Tabela 4 - Melhor detalhamento de informação "endereço"

Endereço	Número	Complemento	Bairro
<i>Rua Doutor Mariano de Abreu</i>	<i>576</i>	<i>Apto. 102</i>	<i>Jardim América</i>

Nesta forma, ocorre a separação do bairro, que passa a ocupar um atributo separado. Também a descrição do endereço sofre uma divisão em três partes: a identificação do logradouro (campo Rua), o número do imóvel (Número) e um complemento.

Tabela 5 - Informação do logradouro caracterizado por dois campos

Tipo do logradouro	Endereço	Número	Complemento	Bairro
<i>Rua</i>	<i>Doutor Mariano de Abreu</i>	<i>576</i>	<i>Apto. 102</i>	<i>Jardim América</i>

A identificação do logradouro passa, aqui, a ser caracterizada por dois campos. O primeiro deles (Tipo) identifica o tipo de logradouro. O segundo é o nome do logradouro propriamente dito.

Tabela 6 - Logradouro com título profissional separado

Tipo do logradouro	Título	Endereço	Número	Complemento	Bairro
<i>Rua</i>	<i>Doutor</i>	<i>Mariano de Abreu</i>	<i>576</i>	<i>Apto. 102</i>	<i>Jardim América</i>

A divisão acima é mais rara, mas é adotada por empresas que dependem fundamentalmente da interpretação alfanumérica precisa dos endereços, como os Correios. A diferença para a forma anterior é que se extrai, opcionalmente, do nome do logradouro uma parcela correspondente a um título profissional ou patente que precede o nome propriamente dito. O mais comum é encontrar sistemas de endereçamento em que os títulos são abreviados de maneira padronizada, de modo a evitar pequenas diferenças de grafia.

Tabela 7 - Forma normalizada da representação do logradouro

Código do logradouro	Número do Imóvel	Complemento
<i>043154</i>	<i>00576</i>	<i>Apto. 102</i>

Tabela 8 - Tabela de apoio de logradouros

Código do logradouro	Tipo do Logradouro	Nome do Logradouro	Bairro
<i>043154</i>	<i>Rua</i>	<i>Doutor Mariano de Abreu</i>	<i>Jardim América</i>

Enfim, passa-se à forma normalizada, com a representação do logradouro por meio de um código, que será encontrado em uma tabela de apoio (tabela 8), onde o código será traduzido nos diversos atributos que identificam um logradouro.

Tabela 9 - Forma normalizada com dispensa do complemento

Código do logradouro	Número do Imóvel
043154	00576

A forma normalizada pode ser ainda simplificada com a dispensa do complemento. Considera-se, neste caso, que o complemento é desnecessário para a caracterização da localização espacial do endereço, uma vez que apenas distinguirá entre unidades de um mesmo imóvel.

Para seu armazenamento, o atributo **Tipo de Logradouro** pode ser codificado com um item alfabético de três posições, fazendo referência a uma tabela (tabela 10) onde ficarão as descrições completas de cada tipo.

Tabela 10 - Exemplos de tipos de logradouros

Tipo	Descrição
RUA	ALAMEDA
AVE	AVENIDA
BEC	BECO
PCA	PRAÇA
ROD	RODOVIA
RUA	RUA
TRV	TRAVESSA
VDP	VIA DE PEDESTRE
VIA	VIADUTO

O campo **Nome do Logradouro** será um item alfabético com até 50 posições, podendo ser menos caso o **Título** seja extraído e armazenado à parte. É lógico que, neste caso, é fácil compor o nome completo, oficial do logradouro, apenas pela concatenação do título com o nome. A grande vantagem em se extrair os títulos é a possibilidade de simplificar a análise do nome, concentrando a tarefa na parte que muda mais significativamente.

Naturalmente, o **Título** é um atributo de preenchimento opcional. Corresponde a um título profissional, título honorífico, patente, cargo ou título nobiliárquico. No entanto, a exemplo do **Tipo de Logradouro**, pode ser exaustivamente analisado e codificado, formando uma tabela (tabela 11) de referência, acessada pelas abreviações:

Tabela 11 - Exemplos de títulos de logradouros

Tipo	Descrição
-------------	------------------

Tipo	Descrição
DR	DOUTOR
PROF	PROFESSOR
PROFA	PROFESSORA
CAP	CAPITÃO
GEN	GENARAL
CEL	CORONEL
MAL	MARECHAL
ALM	ALMIRANTE
PRES	PRESIDENTE
D	DOM, DONA
VER	VEREADOR
DEP	DEPUTADO
PREF	PREFEITO
MIN	MINISTRO
GOV	GOVERNADOR
DES	DESEMBARGADOR
ENG	ENGENHEIRO
PE	PADRE
S	SÃO
STO	SANTO
STA	SANTA

O **Número do Imóvel** deve ser um campo numérico com 5 ou 6 posições. Neste sentido, não existe padronização nas cidades brasileiras. Como o mais comum é ter um número que corresponda à metragem do início do logradouro até o imóvel, 5 posições serão geralmente suficientes, pois permitem codificar a numeração de logradouros de até 100 km.

O **Complemento** é o campo mais difícil de ser padronizado. É ser usado apenas como informativo, ou então para acrescentar informações específicas para determinados casos, como por exemplo a determinação do andar do endereço. Geralmente é um campo de preenchimento livre. Isto gera um elevado grau de despadronização, fazendo com que sejam encontradas informações nas mais diversas formas, como no exemplo abaixo (tabela 12), referente à unidade 102 de um edifício:

Tabela 12 - Informações nas mais diversas formas

Complemento
apt 102
/ 102
Apto. 102
- 102
Apartamento 102
1º andar
Sala 102
Conjunto 102

Complemento

102

A informação **Código do Logradouro** é formada geralmente de modo arbitrário, por exemplo pela atribuição de um número seqüencial a cada logradouro da cidade, incrementando este número sempre que um novo logradouro é criado. Cada órgão ou empresa detentor de um cadastro de logradouros adotará um critério e um formato diferente para materializar esta codificação.

8.1.1.2. Centerlines

A base de endereços pode também conter uma estrutura de centerlines (figura 8.1), ou eixos de vias. Nesta filosofia, cria-se para cada logradouro um conjunto de elementos geográficos lineares, conectados em seqüência, correspondentes aos trechos do logradouro. A cada um destes trechos serão associadas as seguintes informações:

- código do logradouro;
- identificação do trecho dentro do logradouro;
- número de imóvel mínimo par observado dentro do trecho;
- número de imóvel mínimo ímpar;
- número de imóvel máximo par;
- número de imóvel máximo ímpar;

Existem estruturas simplificadas, que apenas armazenam os números mínimo e máximo, sem distinguir entre os lados (par e ímpar) do trecho.

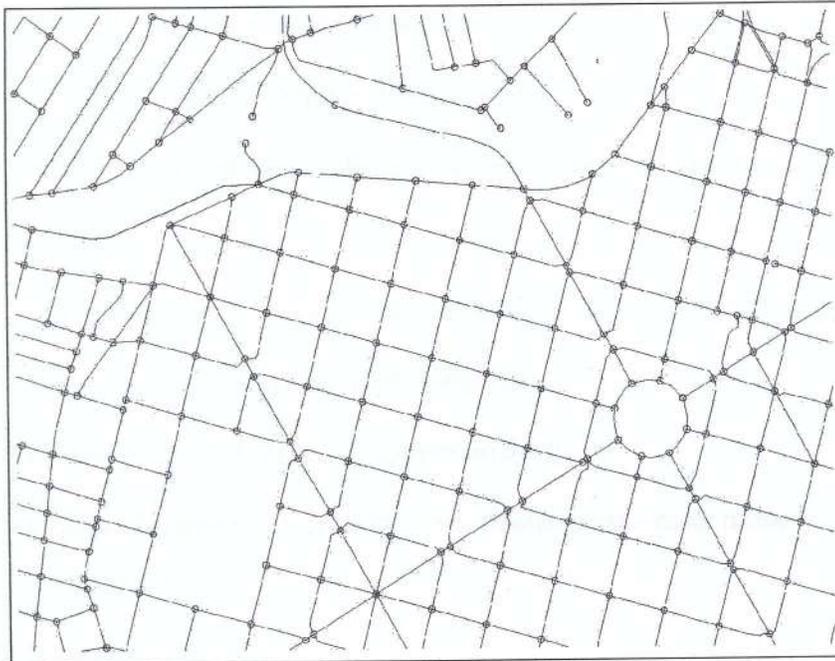


Figura 8.1 - malha de centerlines

Esta estrutura tem menor precisão de localização do que o endereço individual. Ela pode ser usada como alternativa à implantação do endereço individual, ou como complemento a ela. Também pode ser o primeiro passo na implantação inicial da base de endereços, por ser esta implementação menos trabalhosa de obter que o endereço individual.

Um grande problema da adoção deste recurso para endereçamento é a possibilidade, freqüente nas grandes cidades brasileiras, da ocorrência de logradouros com numeração irregular, ou seja, em que a numeração não é seqüencial como seria de se esperar.

8.1.1.3. Pontos de Referência

Em algumas situações, é interessante poder recorrer a um ponto de referência para auxiliar na localização geográfica, ou mesmo para obter uma localização aproximada. Isto ocorre, por exemplo, quando é necessário localizar a posição de alguma pessoa que esteja incapacitada de comunicar um endereço correto, por desconhecimento do local ou por se tratar de uma situação de emergência. Também são utilizados para completar um endereço, de modo a fornecer um elemento para verificação ou confirmação, o que é útil particularmente quando se tem várias ruas homônimas.

Os pontos de referência compreenderão a localização geográfica de diversos marcos da cidade, elementos de reconhecimento simples e imediato. Pode-se classificá-los de acordo com o tipo de referência, como se segue:

- escola (pública, particular, universidade);

- hospital (centro de saúde, pronto socorro);
- unidade da Polícia (Militar, Civil, Federal);
- agência de atendimento (PSIU, Correios, concessionárias, prefeitura);
- cartório;
- terminal de transportes (aeroporto, rodoviária, ferroviária);
- shopping center (loja de departamentos);
- mercado (central, distrital, supermercado);
- atração turística ou cultural (bar, restaurante, casa noturna, teatro, cinema, museu, biblioteca);
- templo;
- cemitério;
- clube recreativo;
- área de lazer (zoológico, parque, lagoa, mirante, horto florestal);
- esporte (estádio, ginásio, praça de esportes, jôquei);
- hospedagem (hotel, motel, apart-hotel);
- prédio público (repartição municipal/estadual/federal, estatal);
- agência bancária.

8.1.2. Modelagem

As principais fontes de endereços para a formação de bases geográficas são os sistemas de informação convencionais existentes. Nestes sistemas, o mais comum é que o endereço seja tratado como um mero atributo, que será digitado, não sofrerá qualquer tipo de crítica ou teste de consistência, e será impresso exatamente da mesma forma. O analista do sistema de informações está, neste momento, assumindo duas coisas:

- que o endereço, da forma como foi informado ao sistema, está correto;
- que não ocorrerão erros de digitação ou de transcrição.

Afinal, quando um endereço é impresso em qualquer tipo de correspondência, só o que se quer é que a correspondência chegue ao destino. E ninguém melhor para dizer como fazer isto que o próprio usuário do endereço. De qualquer forma, assume-se mais uma vez,

pequenos erros serão interpretados e corrigidos pelo próprio Correio, que conta com a experiência "fuzzy logic" de carteiros e outros profissionais experientes neste tipo de problema. Será admissível que os endereços apresentem pouca ou nenhuma padronização, pois a classificação, a interpretação de seu conteúdo, e a localização geográfica do destinatário serão feitos por pessoas experientes, um a um.

No entanto, quando se deseja que a tarefa de localização geográfica seja feita pelo computador, como em um SIG, fica claro que a modelagem de dados atribuída aos endereços é inadequada. É necessário compreender que, pelo menos do ponto de vista das aplicações geográficas, *o endereço é uma entidade, e não um atributo*. Mais ainda, o endereço é uma entidade eminentemente espacial.

Quando se considera que o endereço é um atributo, torna-se possível que diversos sistemas dentro da mesma organização o armazenem de forma redundante ou, o que é pior, conflitante. A despadroneização vista anteriormente acaba por dificultar um tratamento mais sistemático dos endereços, ocasionando desperdício de recursos e desperdício do potencial de aproveitamento dos endereços em aplicações geográficas.

Já quando se caracteriza o endereço como uma entidade, os diversos sistemas poderão utilizar-se apenas de relacionamentos para representar endereços de outras entidades. Nesta filosofia, quando se georreferencia os endereços, formando uma base geográfica de endereços, todas as aplicações que se utilizam da entidade endereço passam a ser georreferenciáveis também.

Em síntese, um esquema adequado para representar endereços está apresentado na figura 8.2. Cada uma das classes deste esquema será apresentada e detalhada a seguir.

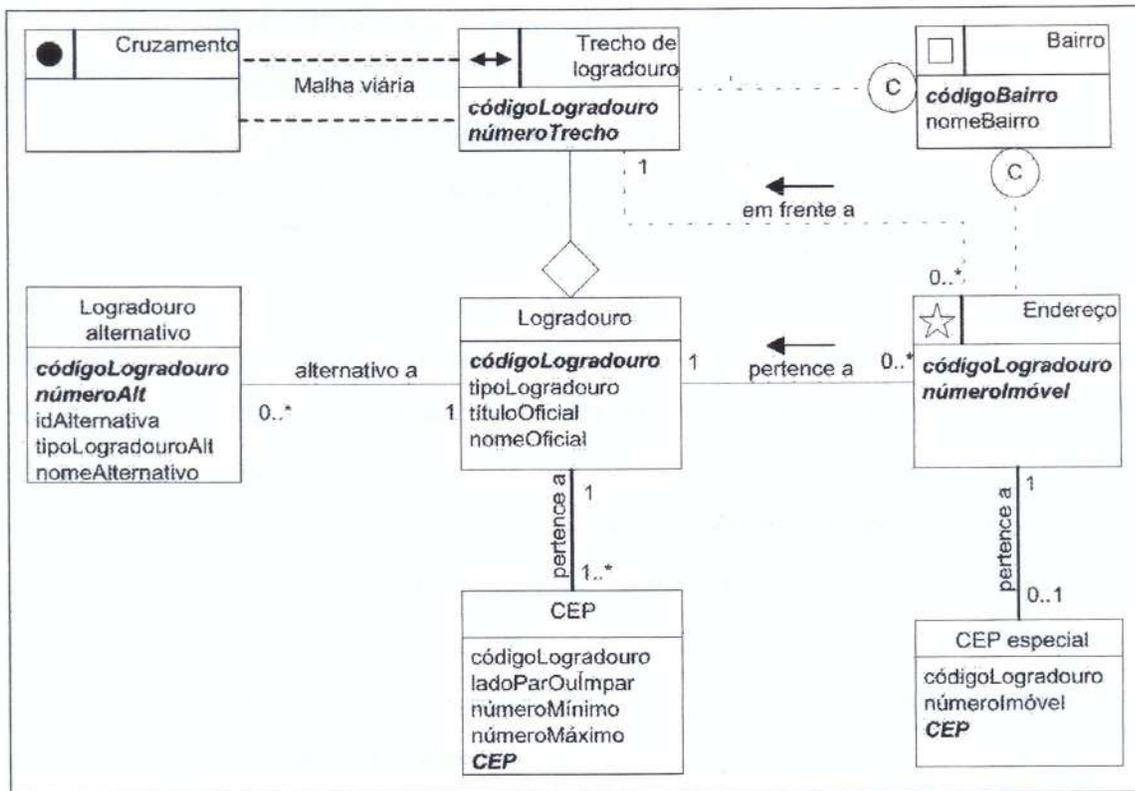


Figura 8.2 - Esquema de sistema de endereçamento

8.1.2.1. Logradouros

Esta classe contém todos os logradouros da cidade, devidamente codificados, com suas características. Deve conter, no mínimo, o código do logradouro, seu tipo e seu nome. O código deve ser criado de modo a ser uma chave de acesso única (*códigoLogradouro*).

Adicionalmente, deve-se prever recursos para o tratamento e armazenamento de tipos e nomes anteriores de logradouros, para que seja possível reconhecer referências a nomes antigos. Por exemplo, foi amplamente noticiada a mudança do nome da Avenida Vieira Souto, no Rio de Janeiro, para Avenida Tom Jobim. Um bom sistema de tratamento de endereços deve ter a capacidade de reconhecer referências à Avenida Vieira Souto, e codificá-las de forma correta, com o código da atual Avenida Tom Jobim.

Outro recurso interessante é a inclusão de "apelidos" ou nomes populares de logradouros. Sempre existirão alguns logradouros que são denominados pela população de forma completamente da designação oficial; por força do uso popular, a denominação não oficial acaba se tornando a única conhecida, e o sistema deve incorporar estas designações. Em Belo Horizonte, por exemplo, existe uma certa Praça ABC, que nunca foi assim denominada oficialmente. O nome ABC é de uma padaria existente na praça. O nome oficial

da praça, Praça Benjamin Guimarães, é praticamente ignorado pela população, a despeito das placas instaladas no local.

Em diversas situações, o reconhecimento de um nome de logradouro pode ficar prejudicado pela sua grafia. Isto ocorre principalmente com nomes próprios de origem estrangeira. Nestas situações, é interessante poder contar com rotinas de codificação fonética de strings. Estas rotinas decodificarão um nome em seus fonemas básicos, e produzirão um código, que será idêntico ao de outros nomes com sonoridade semelhante. Como exemplo, considere-se que se deseja pesquisar a ocorrência de um determinado nome na tabela de logradouros, por exemplo "Jucelino Kubitchek", e este nome, exatamente como grafado, não foi encontrado. Utilizando uma rotina fonética, esta produz para Jucelino Kubitchek o código J245. Este código é então pesquisado na tabela de logradouros, e será encontrado no registro correspondente à Avenida Juscelino Kubitschek. A rotina fonética considera que o som das duas versões é semelhante, e portanto produz códigos fonéticos idênticos para as duas grafias.

Um problema potencial no uso de rotinas fonéticas é que boa parte das versões disponíveis não foi desenvolvida para a língua portuguesa, o que reduz sua eficiência na prática. Apesar disto, o uso destas rotinas como alternativa de método para codificação de logradouros é bastante importante. Como alternativa, existem algoritmos especializados em casamento de padrões, capazes de reconhecer um string de caracteres considerando a possibilidade de ocorrência de erros, como supressão, inclusão, substituição e inversão de caracteres. Este tipo de algoritmo permite determinar, por exemplo, que Osvaldo Cruz, Owsaldo Cruz e Oswldo Cruz podem corresponder a Oswaldo Cruz.

8.1.2.2. Endereços

Com a codificação dos logradouros, em todos os seus detalhes, a definição da classe de endereços passa a ser bem simples. Apenas são necessários os campos correspondentes ao código do logradouro, ao número do imóvel e, eventualmente, ao complemento.

Nas situações em que se deseja imprimir um endereço completo, o que se tem a fazer é localizar o objeto na tabela de logradouros correspondente ao código do logradouro que existe para o endereço. Deste registro, pode-se extrair o tipo e o nome do logradouro, além de qualquer outra informação dentre as apresentadas anteriormente.

Com este tipo de representação, o resultado da concatenação do código do logradouro com o número do imóvel forma uma chave única ou identificador, facilitando sua localização imediata no banco de dados. Em um SIG, os dados desta tabela estarão georreferenciados,

pela determinação de um par de coordenadas para cada identificador de endereço, o que permite modelar os endereços como uma classe de objetos georreferenciados com um símbolo. Esta localização espacial pode ser trazida para um sistema de banco de dados convencional, acrescentando campos para conter as coordenadas X e Y de cada endereço. A tabela de endereços passará a ter, neste caso, a seguinte estrutura:

Código do Logradouro	Número do Imóvel	Coordenada X	Coordenada Y
----------------------	------------------	--------------	--------------

8.1.2.3. CEP

Outra classe indicada no esquema é a que materializa as relações entre o Código de Endereçamento Postal, o CEP, e a tabela de logradouros. O CEP não pode ser modelado como um atributo da tabela de logradouros, porque um logradouro pode ter diversos CEP. Além disto, é muito provável que a tabela de logradouros contenha entradas para logradouros que não tem CEP, seja por peculiaridade do logradouro, seja por falha do Correio.

No entanto, como a ECT fornece a relação de logradouros e CEPs da cidade em meio magnético, o catálogo de CEP pode ser um bom início para a montagem do cadastro de logradouros. O CEP ganhou uma importância muito maior a partir do momento em que a ECT decidiu implantar o CEP de oito algarismos, na tentativa de fazer com que cada logradouro fosse imediatamente identificado pelo seu CEP. Inicialmente, estava prevista a implantação de um CEP de 11 algarismos, sendo que os três últimos corresponderiam à centena do número do imóvel.

Para os Correios, o CEP é o verdadeiro código de logradouro. No entanto, o sistema de CEP-8 é ainda muito recente, e certamente tem falhas. Em Belo Horizonte, por exemplo, a Prefeitura auxiliou os Correios a localizar diversos logradouros que, por estarem ausentes dos registros da ECT, não haviam ainda recebido CEP. Assim, estes logradouros já estão devidamente codificados, mas não foram incluídos na primeira versão do Guia de CEP. Portanto, os moradores destes logradouros tiveram dificuldades para utilizar corretamente o CEP.

A estrutura do CEP é a seguinte :

- 1º dígito : Região;
- 2º dígito : Sub-região;
- 3º dígito : Setor;
- 4º dígito : Sub-setor;
- 5º dígito : Distrito;

- os três últimos dígitos se referem ao logradouro desta forma:
 - 000 a 849 - Logradouros ou partes de logradouros (faixas de numeração)
 - 850 a 899 - Reserva técnica
 - 900 a 969 - Grandes usuários (CEP's especiais)
 - 970 a 999 - Agencias do correio

Embora não seja muito preciso, contendo erros e omissões, o CEP pode ser uma solução preliminar no caso de falta de uma base de dados de endereços organizada. Então é necessário conhecer melhor suas características para que se possa usá-lo sabendo dos riscos envolvidos.

Vantagens:

- domínio público (teoricamente, quase todo mundo sabe seu CEP);
- fácil codificação;
- fácil acesso a codificação (Guia do CEP);
- programas que codificam automaticamente;
- pode ser uma chave comum entre cadastros de empresas diferentes.

Desvantagens:

- freqüentemente está errado ou não preenchido nos cadastros;
- não guardou relação com o CEP antigo;
- demora do Correio em corrigir os erros (centralizado em Brasília).

8.1.2.4. CEP's Especiais

Existe previsão, no sistema do CEP, para atribuir códigos específicos a locais com grande movimento de correspondência. São os chamados CEPs especiais, que funcionam exatamente como os CEPs normais, com a diferença de que refletem um endereço individual, em vez de um logradouro ou trecho de logradouro. Estarão, portanto, diretamente relacionados com a classe de endereços, e poderiam mesmo ser modelados como uma classe georreferenciada de pontos.

8.1.2.5. Centerlines

Centerlines são, conforme já dito, elementos geográficos lineares, que representam um trecho de logradouro compreendido entre dois cruzamentos. São de digitalização simples, se comparadas com as informações cartográficas básicas presentes em algumas bases geográficas. Apesar disto, podem se constituir em elementos importantes para o georreferenciamento de endereços.

No esquema apresentado na figura 8.2, os centerlines são denominados “trechos de logradouro” e modelados como arcos de rede bidirecionais, conectados a nós de cruzamento, formando a malha viária. Normalmente, seriam incluídos como atributos dos trechos de logradouro as informações relativas à faixa de numeração que ocorre no trecho, ou seja, numeração mínima e máxima, à direita e à esquerda. No esquema da figura 8.2, no entanto, optou-se por deixar esta informação de lado, uma vez que estamos admitindo que existe um classe de endereços individuais. Na ausência dos endereços individuais, no entanto, a codificação de faixas dentro dos trechos de logradouro passa a ser indispensável.

Nos Estados Unidos, o U.S. Census Bureau criou no início dos anos 80 uma base de centerlines para todo o país, com o objetivo de georeferenciar as informações censitárias. Esta base é de domínio público, e está disponível em arquivos denominados TIGER (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing), e ocupa astronômicos 16 Gbytes. Nos arquivos TIGER, as seguintes informações são codificadas, entre outras:

- distritos e setores censitários (census blocks, census tracts e outras divisões);
- informações postais (ZIP codes);
- eixos de vias, com nomes de ruas e faixas de numeração.

Uma fonte tão rica de informações a custo baixo gerou todo um aftermarket. Existem empresas que se especializam em refinar e melhorar a qualidade dos arquivos TIGER, para revenda, constituindo todo um acervo de dados de prateleira, informações comercialmente disponíveis com um bom padrão de qualidade. Desenvolvedores de software produzem rotinas especiais para tratamento e extração de informações a partir de arquivos TIGER. Alguns SIG já vêm, inclusive, com recursos para a localização de endereços sobre estruturas do tipo TIGER.

No Brasil, entretanto, estas iniciativas, oficiais ou privadas, não existem. Constata-se, no entanto, que esta alternativa é bastante interessante para o mapeamento rápido de nossas cidades, principalmente considerando regiões de desordem viária, como as favelas. Uma favela típica é um deserto de infraestrutura urbana, porém superpopulado. A localização de

endereços no interior de favelas é uma tarefa muito difícil, mesmo nas favelas que possuem um sistema de endereçamento. Nestes casos, é necessário identificar os eixos dos becos e codificá-los na tabela de logradouros. Localizando as centerlines de um beco, na pior das hipóteses, será obtida uma localização aproximada para o endereço.

8.2. Planejamento Urbano

O planejamento é fundamental como instrumento de administração pública. No entanto, sem informações corretas, atuais e consistentes, não é possível planejar adequadamente. Isto porque o crescimento urbano é um processo espacial dinâmico, onde a compreensão da atualidade abrange a percepção histórica da evolução da cidade e também o potencial de mudanças para o futuro próximo.

A utilização do sistema de informações geográficas para o planejamento permite:

- a construção de um modelo, baseado em entidades espaciais, para diagnóstico do crescimento e dinâmica espacial urbana;
- o monitoramento do crescimento urbano;
- a definição das tendências de expansão;
- a identificação dos agentes que interferem neste processo de crescimento e a sua dinâmica de atuação.

É típica do geoprocessamento a elaboração de mapas temáticos, indicativos do crescimento da cidade, e que apresentem correlações entre os diversos componentes da infraestrutura urbana. Tais mapas revelam a dinâmica dos vetores de crescimento urbano, identificando também áreas em que ocorreram distorções no processo de desenvolvimento. Um Plano Diretor, para que seja válido, deve levar em consideração esta dinâmica, e seu histórico observado.

Tendo sido determinados os vetores de crescimento, pode-se a seguir identificar os agentes de transformação urbana, bem como a sua dinâmica de atuação. Sabe-se, a priori, que um dos mais importantes agentes de transformação são as grandes incorporadoras imobiliárias, cuja atuação será então monitorada de acordo com os interesses públicos. Com isto, consegue-se identificar disfunções na estrutura de ocupação do solo, muitas vezes com a intervenção do próprio governo.

A realização de diversas análises setoriais, que é freqüentemente feita pelos técnicos de planejamento urbano, seria bastante simplificada pela utilização do geoprocessamento. Por

exemplo, análises que envolvam simultaneamente a localização de um determinado tipo de atividade econômica, e a correlacione com dados de infra-estrutura urbana e de demografia. O geoprocessamento funciona significativamente bem neste tipo de situação, tanto na fase de coleta e representação de informações, quanto na visualização de resultados, utilizando os recursos gráficos do sistema.

Deve-se destacar a importância de se poder trabalhar não apenas com as informações mais atuais sobre o município, para fins de planejamento, mas também com as inter-relações espaciais entre elas. Por isto, na atualidade, considera-se fundamental a utilização do geoprocessamento como ferramenta de modelagem e análise que permite expressar, concretamente, os agentes que interferem na formação do espaço e suas implicações na configuração urbana. Deve também ser dada ênfase para o processo de geração, recuperação e sistematização de uma base de dados georreferenciada de qualidade, de forma a poder dar ao planejamento urbano uma ferramenta ágil, e preencher uma lacuna institucional, evitando duplicidade e conflitos na gestão do território urbano.

8.2.1. Exemplo: Atividades Econômicas em um Município

A figura 8.3 apresenta um esquema de uma aplicação de gerenciamento e análise das atividades econômicas em um município, para fins de planejamento urbano. Estão representados, dentro do município e sua divisão em bairros, e relacionadas aos endereços urbanos, as diversas atividades econômicas formais. Estas podem ser especializadas entre comércio, indústria e serviços. Quanto ao comércio, existe especial interesse em monitorar três ramos de atividade em particular: comércio de móveis, de roupas e de gêneros alimentícios. Como estes três ramos não representam o universo das atividades comerciais, a relação de especialização é apenas parcial. São também incluídas no esquema informações provenientes de outras esferas de governo, como os bancos de dados do ICMS (governo estadual) e da SRF (governo federal). Existe também preocupação em gerenciar as atividades autônomas, que têm local de execução incerto ou variável, georreferenciando-as com base no endereço do contribuinte, por sua vez relacionado ao cadastro do CPF.

Diversas pesquisas e análises geográficas poderiam ser realizadas a partir dos dados propostos para esta aplicação. Entre estas, pode-se citar a detecção de pontos de concentração de atividades, a análise dos impactos causados por atividades poluidoras, o desenvolvimento de estudos para descentralização, a escolha de áreas para pólos industriais, e muitas outras. Uma possibilidade sempre interessante é a do cruzamento entre as informações tributárias das três esferas de governo, visando identificar focos de sonegação fiscal.

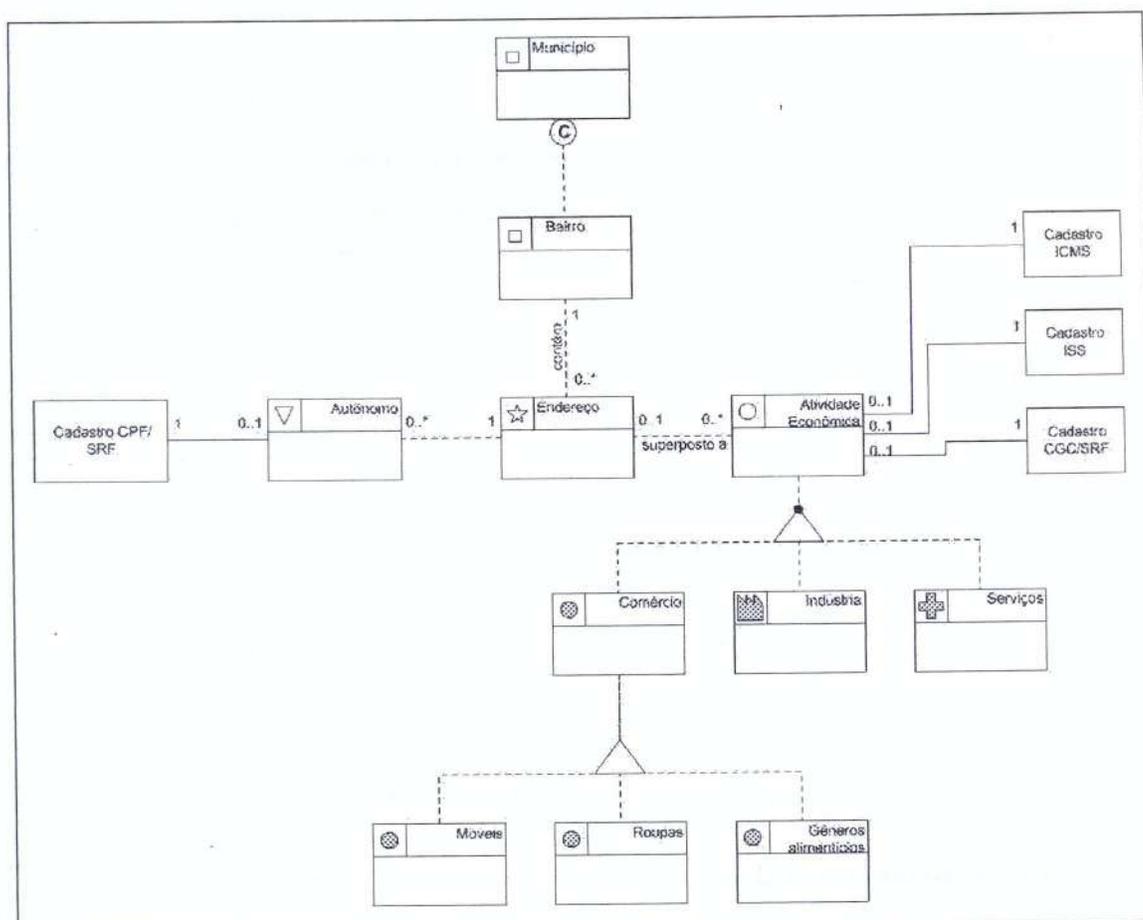


Figura 8.3 - Aplicação de planejamento urbano

8.3. Redes de Serviços Públicos

De modo geral, as concessionárias de serviços públicos tais como eletricidade, saneamento e telefonia são obrigadas a lidar com uma quantidade muito grande de informações espaciais. Saber onde se encontra cada componente de uma rede elétrica, hidro-sanitária ou telefônica é crítico para estas empresas. Não apenas porque trata-se de boa parte do patrimônio da empresa, mas também porque o conhecimento profundo da rede, em seus mínimos detalhes, pode ser de crucial importância para a eficiência do serviço.

Assim, por exemplo, se ocorre uma interrupção no fornecimento de energia, é crítico para a concessionária identificar a fonte do problema, para corrigi-lo no menor prazo possível. Desta forma, estará não apenas prestando um melhor serviço para a população, mas também fortalecendo sua imagem de eficiência. No entanto, boa parte das informações necessárias para este tipo de atendimento (manutenção de redes) está contido em plantas e projetos. Dificilmente estes dados estarão informatizados, o que acarretará uma demora significativa no atendimento. Algumas empresas implementam sistemas alfanuméricos complexos, no intuito de minimizar esta lacuna. A maioria, no entanto, conta com a experiência de funcionários com

muitos anos de casa, profundos conhecedores empíricos das instalações e suas peculiaridades. Estes funcionários constituem na prática a “memória humana” da concessionária, e sua disponibilidade é sempre crítica para as tarefas de manutenção.

Os SIG's são sistemas capazes de realizar esta tarefa com mais eficiência, pois permitem não apenas uma melhor visualização do problema, no instante em que ocorre, mas também pode oferecer ferramentas de análise que facilitarão a diagnose do problema e acelerarão sua solução. Além de ajudar na solução dos problemas de manutenção, os SIG poderão atuar nas seguintes áreas:

- catalogação patrimonial;
- projeto de novas redes;
- realização de estudos de impacto ambiental;
- dimensionamento de demanda;
- simulação de manobras/operações.

Nos projetos de concessionárias, a conversão de dados costuma ser especialmente crítica. Em geral, a qualidade dos arquivos das concessionárias, tanto em termos de projetos executivos como de desenhos “as-built”, deixa muito a desejar, em atualização e precisão. Além disto, é necessário apoiar o cadastro geográfico de redes em informações cartográficas de qualidade, que geralmente não estão disponíveis, obrigando as concessionárias a formar também a base cartográfica. A solução para este problema está no estabelecimento de parcerias entre as concessionárias e os órgãos municipais que estejam porventura interessados no mapeamento.

8.3.1. Exemplo: Rede de Esgotos

A figura 8.4 apresenta o esquema de uma aplicação de gerenciamento de uma rede de esgotos sanitários. A unidade espacial de referência é a bacia de esgoto, que se divide em subbacias. Cada uma destas contém uma parte da rede propriamente dita, que é formada por nós (poços de visita, pontos de lançamento, estações de tratamento, ligações de consumidores) e arcos (trechos de tubulação de rede coletora e interceptora). A ligação deste sistema à base de dados comercial (para faturamento) da empresa concessionária pode ser feita a partir dos endereços dos consumidores.

Contando com a estruturação dos dados na rede, é possível desenvolver diversos tipos de análises, em especial as de conectividade, registro de pontos de conserto e recuperação de

vazamentos, verificação de vazão, dimensionamento de estações de tratamento e planejamento para eliminação de pontos de lançamento em rede pluvial e em cursos d'água.

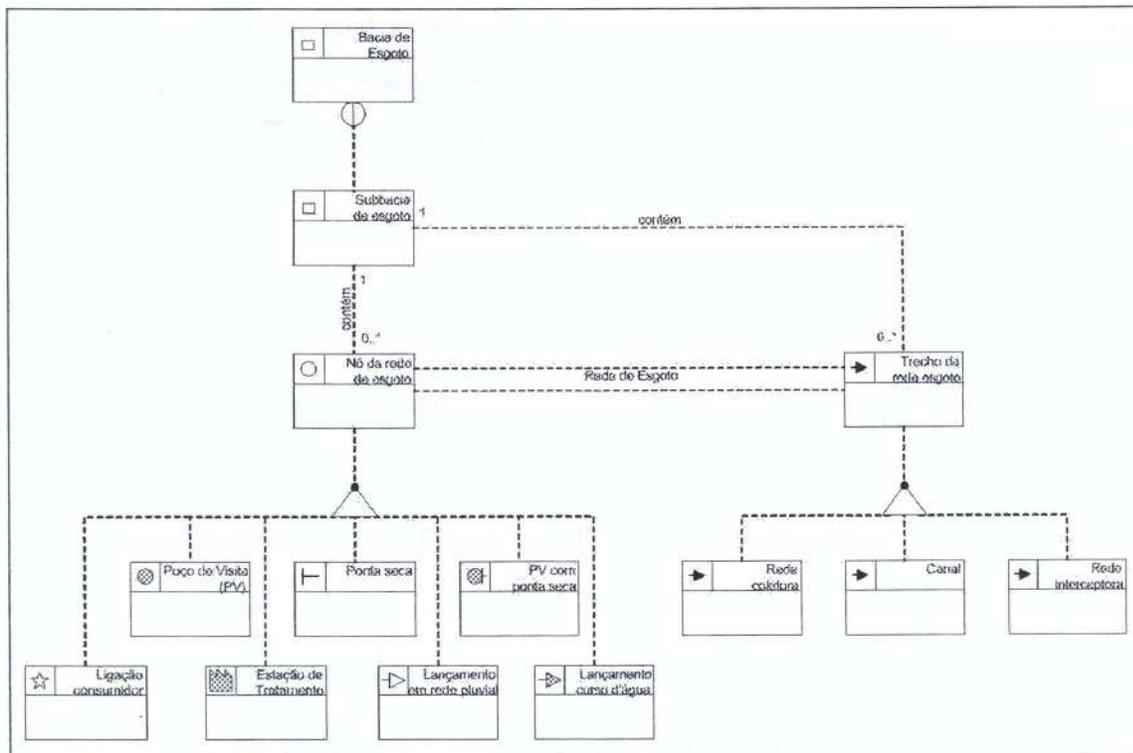


Figura 8.4 - Modelo de aplicação em rede de esgotos sanitários

8.4. Transportes

A área de transportes é também tradicional na aplicação de SIG. Existem mesmo alguns SIG desenvolvidos especificamente para esta área, implementando modelos tradicionais de análise e planejamento de sistemas de transportes. As aplicações de transportes podem ser divididas em duas áreas:

- aplicações voltadas para o planejamento e simulação do funcionamento do sistema viário e meios de transporte, públicos e privados;
- aplicações voltadas para a prestação de serviços apoiados na rede viária, tais como planejamento de coletas, de entregas e distribuição de produtos.

Ambas as áreas demandam um grande volume de informações sobre a malha viária, compreendendo principalmente o traçado das vias (por meio de eixos de vias ou centerlines), sentido de tráfego e conversões permitidas, tipo de pavimentação, e os nomes das vias (oficiais e populares). Para o poder público, serão ainda necessárias informações sobre a sinalização viária, para fins de manutenção.

O tipo de análises e processamento tipicamente realizado pelas aplicações de transportes é o de caminho mais curto ou de caminho ótimo. São as aplicações que desejam determinar, por exemplo, qual a melhor rota para o tráfego de um caminhão transportando carga perigosa, ou qual a melhor opção para a percorrer a distância entre dois pontos utilizando o sistema público de transporte coletivo. No entanto, a área de transportes demanda uma grande variedade de aplicações, entre elas:

- planejamento de capacidade de vias;
- planejamento de manutenção de vias;
- manutenção da sinalização;
- clustering: agrupamento de pontos de entrega ou coleta, para maximizar a eficiência de uma frota de veículos;
- registro e acompanhamento estatístico de acidentes de tráfego;
- roteamento de cargas intermunicipais e interestaduais;
- vehicle tracking ou automatic vehicle location: acompanhamento dinâmico do posicionamento de veículos;

Esta última aplicação tem dois extremos: a localização de viaturas policiais no ambiente urbano, e o acompanhamento por satélite de caminhões em estradas. Em ambos os casos, utiliza-se geoprocessamento acoplado a receptores GPS, colocados nos veículos, e capazes de transmitir as coordenadas atuais para uma estação central.

Assim como em tantas outras aplicações de geoprocessamento, a formação da base de dados é fundamentalmente importante para o sucesso das aplicações em transporte. A aparente dicotomia entre os interesses públicos, na formação da base de dados de transportes para fins de planejamento, e os interesses privados, usuários deste tipo de informação para comercialização de produtos e serviços, não deveria dificultar a formação destas bases de dados. Ao contrário, deveria fomentá-la, através de parcerias entre o poder público e a iniciativa privada. Isto, no entanto, permanece inédito no Brasil, até o momento.

8.4.1. Exemplo: Sistema de Transportes Coletivos

A figura 8.5 contém um esquema simplificado para uma aplicação de geoprocessamento em transportes coletivos. A rede de transporte coletivo (no caso, apenas ônibus) é organizada com nós, correspondentes aos pontos de parada, e arcos, correspondentes aos trechos de itinerário de cada linha de ônibus entre dois pontos de parada

consecutivos. As informações básicas sobre a linha de ônibus, possivelmente incluindo detalhes como quadro de horários, escala de motoristas e outros, estão organizadas em uma classe convencional.

A rede de transporte coletivo é construída sobre a rede de circulação viária, esta composta por nós, situados nos cruzamentos, e arcos direcionados, correspondentes às pistas de rolamento. Estes trechos estão relacionados ao cadastro de logradouros, sendo que está-se considerando a possibilidade de existirem trechos de circulação que não correspondem a nenhum logradouro. Tais trechos servem para representar conversões e ligações permitidas no trânsito, trechos que não estão associados diretamente a nenhum logradouro em particular.

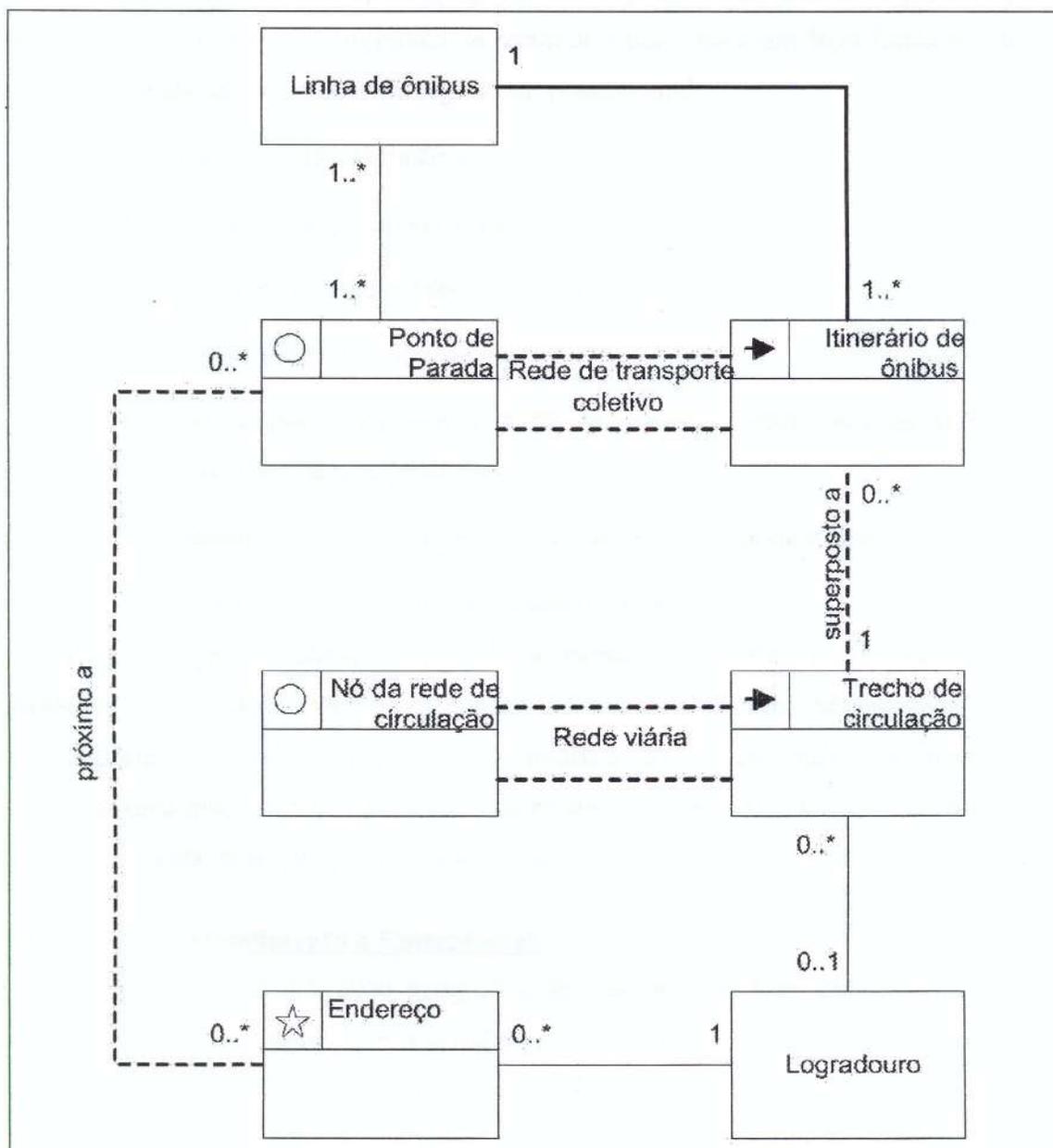


Figura 8.5 - Sistema de transportes coletivos

Uma das possibilidades de utilização destas informações seria na construção de uma aplicação para informar aos cidadãos sobre a ocorrência de pontos de parada nas proximidades de sua residência ou de algum ponto de interesse para os mesmos. Para isso, estabelece-se uma relação “próximo a” entre endereços e pontos de parada. No entanto, deve-se ter em mente que uma definição mais precisa de “próximo a” será necessária para a implementação.

8.5. Segurança Pública

Diversos tipos de aplicações geográficas são possíveis na área de segurança pública. Para começar, a localização geográfica de recursos e unidades é um fator fundamental para a logística envolvida nas operações de segurança, possibilitando:

- criar áreas de jurisdição associadas a instalações fixas;
- planejar o patrulhamento regular;
- conceber, planejar e executar operações especiais;
- analisar possíveis rotas de fuga de criminosos;
- analisar estatisticamente o perfil da violência urbana através da localização geográfica de ocorrências policiais;
- analisar concentrações de ocorrências de acidentes de trânsito;
- agilizar o atendimento a chamadas de emergência.

Boa parte dessas aplicações tem relação direta com a malha de circulação viária, pois o deslocamento de viaturas ocorre em função das regras de trânsito estabelecidas. Também é muito importante o relacionamento com informações socio-econômicas, que permitem desenvolver uma melhor visão da ligação que existe entre determinados tipos de ocorrências e a qualidade de vida da população em cada região.

8.5.1. Exemplo: Atendimento a Emergências

Um exemplo de aplicação geográfica na área de segurança pública, e que também atinge a área de saúde pública, é o atendimento a emergências. O esquema apresentado na figura 8.6 foi elaborado a partir das seguintes premissas:

- no caso específico das viaturas de policiamento, supor que existe um sistema de localização geográfica por GPS em tempo real, em que é possível saber a localização de cada viatura a cada instante. Neste caso, a viatura mais próxima do local da emergência deverá ser acionada, e a unidade da PM responsável pela viatura deverá ser notificada da chamada;
- a obtenção do endereço correspondente à chamada será feito com base na detecção automática do número do telefone chamador, e consulta a uma base de dados previamente montada, onde existe uma correspondência entre o número do telefone e o endereço.

8.6. Demografia e Indicadores Sócio-Econômicos

A informação demográfica dá vida ao geoprocessamento. De pouco adianta ter informações espaciais detalhadas sobre uma série de fenômenos se não se puder correlacionar estas informações à variável humana. A ocupação humana do espaço aparece, em graus variáveis de importância, em quase todas as classes de problemas de geoprocessamento.

No Brasil, o órgão responsável pelas informações cartográficas e demográficas é o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O IBGE produz informações através do Censo e de outras pesquisas de campo, em que sempre se especifica uma unidade espacial básica. No caso do Censo, esta unidade é o setor censitário. Para cada setor censitário, o IBGE dispõe de todas as informações coletadas, tais como quantidade de homens e mulheres, faixas etárias, faixas de renda, estrutura familiar, infra-estrutura, características construtivas e outras. Estas informações são posteriormente agregadas em diferentes níveis, tais como distrito, município e estado. Os dados demográficos assim produzidos são de fundamental importância para o pleno conhecimento do ambiente em que se pretende trabalhar.

Apesar de pensar espacialmente, o IBGE ainda não efetiva a operação espacial do Censo e demais pesquisas. Faltam-lhe, em muitos casos, dados cartográficos de resolução suficiente para planejar o trabalho de coleta de dados. Sendo assim, tipicamente o interessado em utilizar os dados do IBGE deve digitalizar, por conta própria, as unidades espaciais que lhe forem convenientes. Deve, também, ter o cuidado de verificar em que situações será possível utilizar os dados censitários. Por exemplo, admitir que cada setor censitário é uniforme e homogêneo pode induzir a distorções, quando se usa as informações censitárias para uma reagregação ao nível do bairro.

Recentemente, o IBGE terminou de produzir, em meio digital, uma malha de divisas de município para todo o Brasil, facilitando a produção de análises e mapas temáticos a partir de dados publicados a este nível, principalmente dados demográficos. Tem, também, buscado uma maior aproximação com as Prefeituras, em especial as dos grandes centros, para que estas apoiem e colaborem com os esforços de reavaliação e digitalização das malhas de setores censitários. A principal idéia é conseguir uma divisão espacial mais adequada à lógica urbana, favorecendo as análises e estudos que utilizam informações demográficas como base.

8.6.1. Exemplo: Demografia de uma Região Metropolitana

O esquema da figura 8.8 representa as divisões do território da Região Metropolitana de Salvador em unidades para as quais estão disponíveis dados censitários. Observe-se que existem duas maneiras diferentes de combinar as zonas de informação em unidades espaciais maiores: subdistritos censitários e regiões administrativas. Enquanto as primeiras são significativas para o IBGE, as últimas são utilizadas pelas prefeituras.

Cada uma das unidades espaciais de referência incluídas no esquema da figura 8.8 é associado a um conjunto de tabelas alfanuméricas, que contêm grupos variados de informações sócio-econômicas típicas dos levantamentos censitários (figura 8.7).

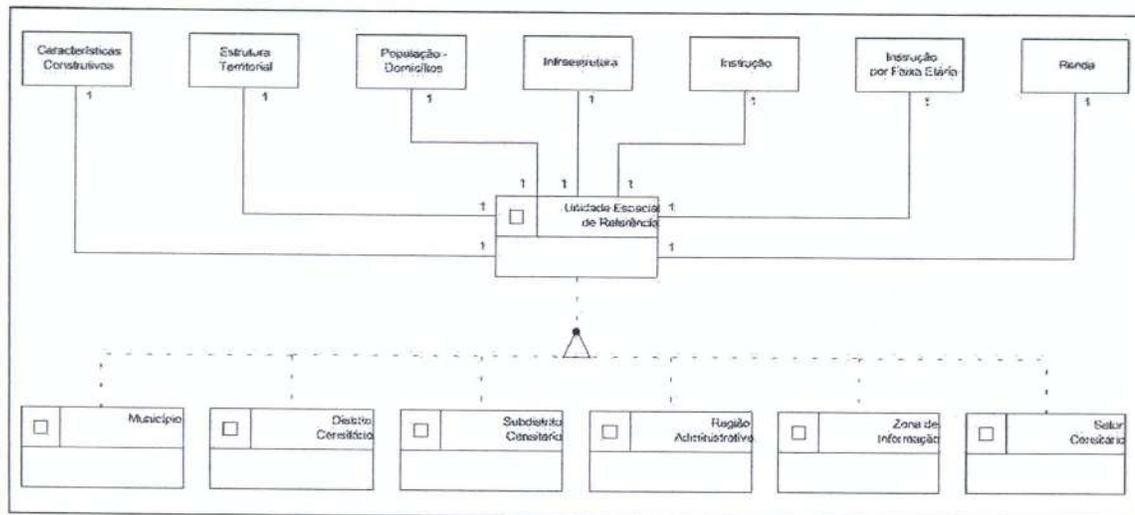


Figura 8.7 - Unidades espaciais de referência para aplicação em demografia

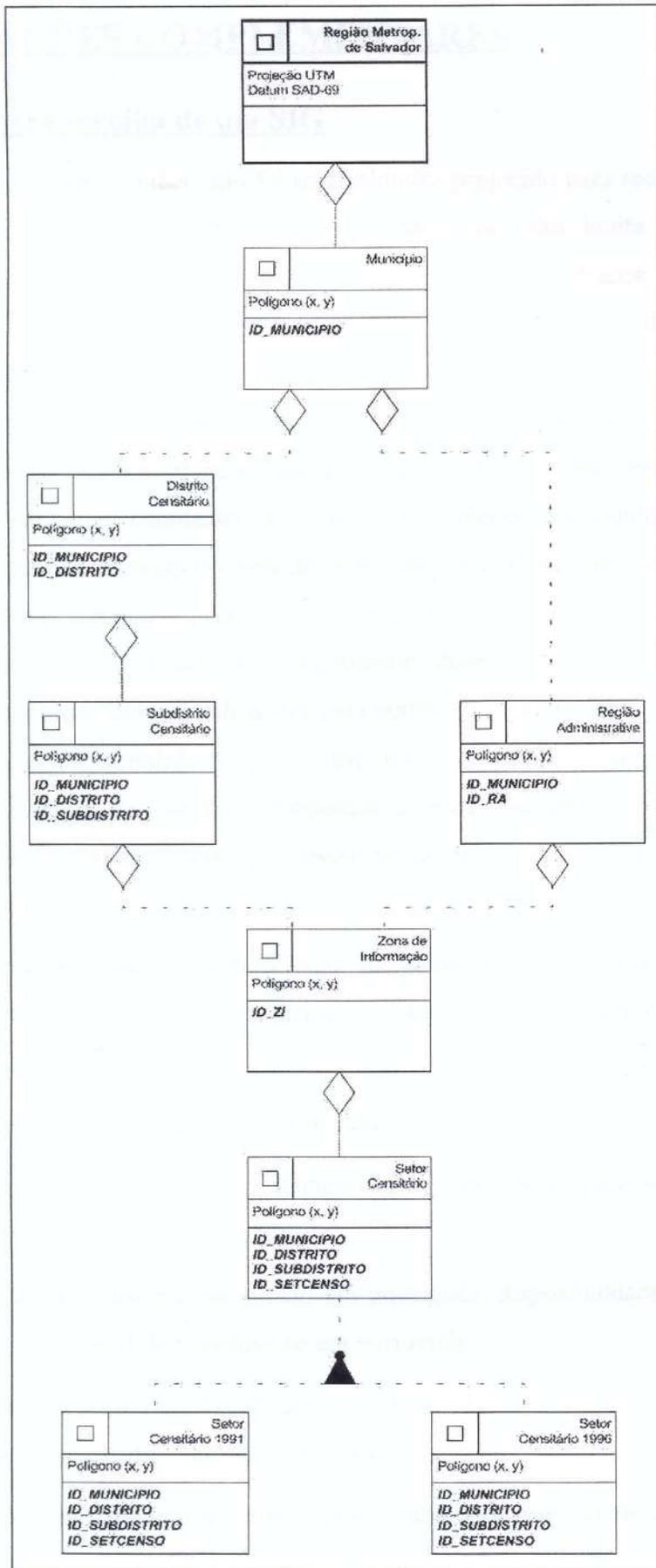


Figura 8.8 - Modelo de dados demográficos

9. INFORMACÕES COMPLEMENTARES

9.1. Critérios para escolha de um SIG

Cada SIG existente no mercado foi originalmente projetado para resolver um conjunto específico de problemas em geoprocessamento. Mas isso não limita seu universo de aplicação, mas o fato é que cada um terá seus pontos fortes e pontos fracos. Não se pode dizer que qualquer um deles é perfeitamente adequado para qualquer aplicação, nem que corresponde perfeitamente aos objetivos a que teoricamente atende.

Sendo assim, o melhor caminho é o de focalizar os esforços na identificação destas necessidades, pesando sua importância para a aplicação. Desta forma, será possível analisar objetivamente os softwares candidatos a resolver o problema, pontuando suas aptidões de acordo com a escala de prioridades previamente composta. Conforme já dito, não se deve esperar encontrar um sistema que preencha perfeitamente as necessidades do projeto, pois este sistema provavelmente não existe. A compreensão deste fato deve levar a uma maior flexibilidade na elaboração das especificações para aquisição do software.

Devido a grande variedade de SIG's disponíveis no mercado, exige que um eventual comprador esteja bem a par de suas necessidades, para que seja capaz de especificar o software com sucesso. Características que devem ser investigadas em cada software candidato incluem:

- Possibilidades de customização da interface com o usuário (redefinição da estrutura de menus e diálogos; inclusão de funções desenvolvidas pelo usuário);
- Flexibilidade da modelagem de dados;
- Existência ou não de linguagem de programação para desenvolvimento de aplicativos e sua complexidade;
- Existência ou não de versão em português; disponibilidade de documentação e/ou material de treinamento em português;
- Armazenamento dos dados em base de dados geográfica contínua ou necessidade de fracionamento em mapas;
- Existência ou não de restrições e controles de integridade na conexão gráfico-alfa;

- Existência ou não de sistemas de indexação espacial, para recuperação rápida de informações gráficas; tipo de sistema de indexação espacial;
- Disponibilidade de aplicações prontas, desenvolvidas por terceiros, na área de interesse do projeto;
- Capacidades de importação e exportação de dados;
- Possibilidades de operação em redes heterogêneas de equipamentos (utilização simultânea de equipamentos de diversos fabricantes diferentes);
- Capacidades de produção de saídas: mapas, cartas, mapas temáticos, gráficos, relatórios, etc.
- Recursos para conversão de dados;
- Capacidades de operação simultânea por diversos usuários;
- Aderência a padrões de fato ou de direito, principalmente nas áreas de bancos de dados e intercâmbio de informações;
- Recursos de gerenciamento de backups e recuperação de dados;
- Existência ou não de linguagem de consulta à base gráfica/alfanumérica;
- Recursos de processamento de polígonos (operações de união, interseção, etc.);
- Recursos de detecção e correção de falhas nos dados gráficos;
- Variedade de tipos de dispositivos de saída (plotters e impressoras) e de entrada (scanners, mesas digitalizadoras, etc.)
- Confiabilidade comercial e técnica do representante e sua equipe de suporte.

9.2. Tendências para o futuro

9.2.1. Software de Baixo Custo

A tendência de desenvolvedores de software SIG para o desenvolvimento de alternativas de softwares simplificados é uma grande tendência do mercado. A idéia é promover uma popularização do uso da informação espacial, através de ferramentas simples e baratas, apoiadas em microcomputadores, que geralmente não funcionam sozinhas, mas acopladas em rede a servidores de dados espaciais mais poderosos.

9.2.2. Uso de Imagens

Outra tendência observada é a intensificação do uso de imagens digitais como informação complementar à informação vetorial. Cada vez mais, o uso de imagens (raster) torna-se economicamente interessante e tecnicamente viável, pois a evolução do hardware fez com que os custos de armazenamento e processamento de grandes volumes de imagens fossem drasticamente reduzidos. Em especial, espera-se um incremento no uso de fotos digitais e imagens de satélite, estas últimas com impulso maior a partir do lançamento de satélites com sensores de resolução mais alta.

9.2.3. Orientação a Objetos

A orientação a objetos é uma tendência mundial em termos de programação e desenvolvimento de sistemas. Aplicados à área de bancos de dados, os conceitos de orientação a objetos levam à definição mais racional, mais próxima do mundo real, de modelos e estruturas de dados. Isto é especialmente benéfico no caso dos SIG's, uma vez que as informações que eles manipulam, devido às suas características espaciais, são difíceis de modelar utilizando as técnicas tradicionais. Modelos de dados geográficos são mais intuitivos para o analista e para o usuário, e seu uso ajudará a reduzir o tempo de desenvolvimento de aplicativos geográficos.

9.2.4. Padronização do Intercâmbio de Dados Geográficos

Mais que uma tendência, a padronização do intercâmbio de dados geográficos tornou-se uma necessidade. Como a tendência de cada organização é adotar o SIG que melhor atende às suas necessidades, a inexistência de normas e padrões para troca de informação geográfica faz com que seja muito mais difícil compartilhar dados e racionalizar esforços de levantamento e tratamento de informações entre usuários de sistemas distintos.

9.2.5. Dados Geográficos na Internet

Diversos desenvolvedores de SIG's têm lançado produtos para prover acesso, via Internet, a bases de dados geográficas. Considerando a crescente popularização da Internet, e a necessidade dos órgãos públicos em viabilizar o acesso do cidadão à informação, este caminho parece ser bastante importante.

10. CONCLUSÃO

SIG é um tipo de sistema de informação computacional que está apenas no início de sua evolução. Devido as limitações de hardware do passado, o seu grande potencial ficou adormecido durante muito tempo. Agora, em uma época que essas limitações deixaram de ser um fator crítico, a tendência é a de evolução dessas aplicações a horizontes incríveis, dependendo apenas da imaginação humana. Para os profissionais de informática, o futuro é promissor nessa área.

O objetivo deste trabalho de graduação foi a de fazer uma apresentação de Sistemas de Informações Geográficas. Histórico, estrutura de dados e arquitetura entre outros foram introduzidos ao leitor, porém aqueles que tenham interesse em se aprofundarem no assunto deverão referenciar a bibliografia deste trabalho monografia.



Referências Bibliográficas

[RIG02]-Rigaux, Philippe; Scholl, Michel; Voisard, Agnes – Spatial Databases – With Application To Gis – Academic Press – 2002

[WOR98]-Worboys, Michael F. – GIS – A Computing Perspective – Taylor & Francis – 1998

[ROC00]-Rocha, Cezar Henrique Barra – Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar – 2000

[CAM96]-Camara, Gilberto; Casanova, Marco A.; Hemerly, Andrea S.; Magalhaes, Gilberto C.; Medeiros, Claudia M. B. – Anatomia de Sistemas de Informacao Geografica – 1996

[CAR00]-Carvalho, Maria Sá (org.), Pina, Maria de Fátima de (org.), Santos, Simone Maria dos (org.). Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde. OPAS / Ministério da Saúde, Brasília 2000.

Sites:

Accessing Spatial Data Tutorial

Endereço: <http://www.main.nc.us/GIS/guide/using/index.html>

Acessado em Agosto/2002

Análise Espacial de Dados Geográficos

Suzana Druck, Gilberto Câmara, Antônio Miguel Monteiro, Marília Sá Carvalho(ed).

Endereço: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>

Acessado em Agosto/2002

Bancos de Dados Geográficos

Clodoveu Davis, Gilberto Câmara, João Paiva (ed).

Endereço: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/>

Acessado em Agosto/2002

Caliper@ Corporation Home Page

Endereço: <http://www.caliper.com>

Acessado em Outubro/2002

Clark Labs - Idrisi32

Endereço: <http://www.clarklabs.org/IdrisiSoftware.asp>

Acessado em Outubro/2002

ESRI - GIS & Mapping Software

Endereço: <http://www.esri.com/>

Acessado em Outubro/2002

Fator GIS

Endereço: www.fatorgis.com.br

Acessado em Acesso em: Fevereiro / 2002

Free GIS

Endereço: <http://freegis.org/index.en.html>

Acessado em Agosto/2002

GE Power Systems - Smallworld Technology

Endereço:

http://www.gepower.com/dhtml/network_solutions/en_us/smallworldtechnology/index.jsp/

Acessado em Agosto/2002

GenaWarehouse

Endereço: <http://www.genamap.com>

Acessado em Outubro/2002

Geologia e Recursos Minerais - Geotecnologias

Endereço: http://planeta.terra.com.br/educacao/br_recurso/minerais/gispdigps.html

Acessado em Agosto/2002

Gilberto Câmara's Homepage

Endereço: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/>

Acessado em Agosto/2002

GIS Day Materials

Endereço: <http://www.gisday.com/material.html>

Acessado em Agosto/2002

GIS Lounge - Geographic Information Systems, Remote Sensing, DATA, Analysis

Endereço: <http://gislounge.com/>

Acessado em Agosto/2002

Introdução à Ciência da Geoinformação

Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, Antônio Miguel Monteiro (ed).

Endereço: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>

Acessado em Agosto/2002

SPRING - DPI/INPE

Endereço: <http://www.dpi.inpe.br/spring/>

Acessado em Setembro/2002

The Geographers Craft - Database Concepts

Endereço: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datacon/datacon_f.html

Acessado em Agosto/2002

U.S. census Bureau

Endereço: <http://www.census.gov>

Acessado em Agosto/2002

University of Edinburgh, Scotland: Geography

Endereço: <http://www.geo.ed.ac.uk>

Acessado em Agosto/2002

USGS Science for a Changing World - Geographic Information Systems

Endereço: <http://www.usgs.gov/research/gis/title.html>

Acessado em Agosto/2002