

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA PROJETO E
MODELAGEM CONCEITUAL PARA BANCO DE
DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS**

ROGÉRIO GONÇALVES BITTENCOURT

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

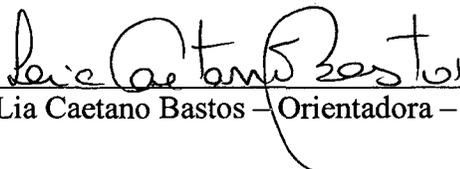
Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lia C. Bastos

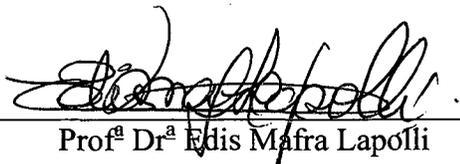
Florianópolis
2000

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 19/07/2000,
pela comissão examinadora



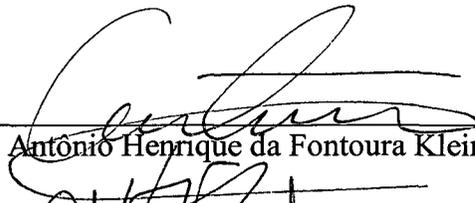
Prof^a Dr^a Lia Caetano Bastos – Orientadora – Moderadora



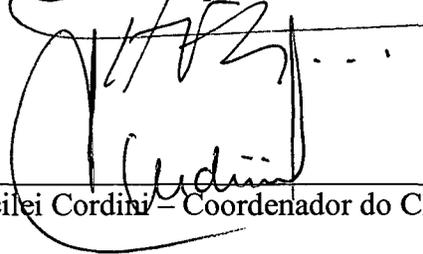
Prof^a Dr^a Edis Mafra Lapólli



Prof. Ph.D. Guilherme Guimarães Santana



Prof. MSc. Antonio Henrique da Fontoura Klein



Prof. Dr. Jucilei Cordini – Coordenador do CPGEC

Dedico esta dissertação

A Patrícia, esposa maravilhosa que
Deus me deu,
*Que esteve sempre ao meu lado em
todos os momentos, trazendo sempre
uma palavra de incentivo, com amor
e carinho.*

*"E sabemos que todas as coisas
cooperam para o bem daqueles que
amam a Deus, daqueles que são
chamados segundo o seu propósito."*

Romanos 8:28

AGRADECIMENTOS

Ao Diretor do CTTMar - UNIVALI, Prof. Fernando Luiz Diehl, MSc., pelo apoio na conclusão desta dissertação.

Ao Coordenador do Curso de Ciência da Computação - UNIVALI, Prof. Luís Carlos Martins, pelo crédito e apoio na universidade, possibilitando um ambiente agradável de trabalho.

Ao pesquisador Prof. Antônio Henrique da Fontoura Klein, MSc., pelas horas de paciência, dedicação e aos acréscimos na metodologia proposta.

Ao pessoal do Curso de Ciência da Computação - UNIVALI, colegas docentes, que contribuíram com palavras de ânimo para o término desta dissertação. Valeu a força!

A Prof^a. Lia Caetano Bastos, Dr^a., pela dedicação e dicas, que muito contribuíram para este trabalho.

Aos meus familiares, que ficaram na retaguarda torcendo, sempre com muito carinho. Valeu pessoal!

E ao maior de todos, o Senhor Jesus, pela misericórdia, amor, paz, alegria, esperança, bênçãos, luz, tranquilidade, perdão, . . . Simplesmente tudo devemos à Ele. Obrigado Senhor!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. Introdução.....	1
1.1 Justificativa.....	2
1.2 Objetivo Geral.....	3
1.3 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Estrutura do Trabalho.....	4
2. Sistema de Informações Geográficas - SIG.....	6
2.1 Definições de SIG.....	6
2.2 SIG e Seus Componentes.....	7
2.3 Conceitos de Cartografia.....	11
2.3.1 Mapas e Cartas.....	11
2.3.2 Escala.....	12
2.4 Dados Geográficos.....	13
2.5 Estruturas de Representação.....	14
2.5.1 Estrutura Matricial (Raster).....	16
2.5.2 Estrutura Vetorial.....	17
2.5.3 Comparação entre Raster e Vetor.....	18
3. Fundamentos de Banco de Dados.....	19
3.1 Conceitos Básicos.....	19
3.1.1 Definições de Banco de Dados.....	19
3.1.2 Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).....	20
3.1.3 Programas de Aplicação (PA).....	21
3.1.4 Sistema de Banco de Dados (SBD).....	21
3.2 Modelos de Dados.....	22
3.2.1 Classificação de Modelos de Dados.....	23
3.2.1.1 <i>Modelos Lógicos Baseados em Objetos - Modelos Conceituais</i>	23
3.3 Projeto de Banco de Dados Convencional.....	33
3.3.1 Projeto Conceitual.....	34
3.3.2 Projeto Lógico.....	35
3.3.3 Projeto Físico.....	35
3.4 Importância de um Projeto Conceitual.....	36
4. Modelos Conceituais para Aplicações Geográficas.....	37
4.1 Modelos de Dados Conceituais.....	37
4.2 Modelos de Dados Conceituais Geográficos.....	39
4.2.1 Modelo <i>GMOD</i>	43
4.2.2 Modelo <i>MGEO</i>	44

4.2.3 <u>Modelo GeoIFO</u>	46
4.2.4 <u>Modelo Modul-R</u>	47
4.3 <u>Conclusões com Relação aos Modelos</u>	48
5. Metodologia para Projeto e Modelagem Conceitual de Banco de Dados Geográficos	49
5.1 <u>Introdução</u>	49
5.2 <u>Projeto Conceitual</u>	50
5.2.1 <u>Análise de Requisitos</u>	50
5.2.2 <u>Modelagem Conceitual</u>	54
5.2.2.1 <u>Abordagem ERG</u>	55
5.2.2.2 <u>Entidades Convencionais e Georreferenciadas</u>	56
5.2.2.3 <u>Relacionamentos Convencionais e Espaciais</u>	61
5.2.2.4 <u>Generalização/Especialização</u>	63
5.2.2.5 <u>Múltiplas Representações Espaciais</u>	64
5.2.2.6 <u>Níveis de Detalhe do ERG</u>	66
6. Aplicação da Metodologia Proposta - Estudo de Caso	68
6.1 <u>Introdução</u>	68
6.2 <u>Desenvolvimento da Metodologia</u>	69
7. Considerações Finais e Trabalhos Futuros	86
7.1 <u>Conclusões Finais</u>	86
7.2 <u>Trabalhos Futuros</u>	87
8. Referência Bibliográfica	88
ANEXOS	93
ANEXO 1 - Formulários	94
ANEXO 2 - Exemplo de Preenchimento dos Formulários de Descrição de Projeto	111
ANEXO 3 - Diagrama de Temas	124
ANEXO 4 - Exemplo de Preenchimento dos Formulários de Descrição de Aplicação	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	Componentes de um SIG e sua interação.....	8
Figura 2.2 -	Sistemas de Informações Geográficas - SIG.....	11
Figura 2.3 -	Estruturas básicas para representar dados espaciais.....	14
Figura 2.4 -	Tipos de modelos cartográficos.....	15
Figura 2.5 -	Cadeira no formato raster e vetorial.....	15
Figura 2.6 -	Três tipos básicos (raster).....	16
Figura 2.7 -	Estrutura raster (quadrática regular).....	17
Figura 3.1 -	Estrutura em módulos de um SBD.....	22
Figura 3.2 -	Exemplos de Entidades.....	25
Figura 3.3 -	Exemplo de relacionamento entre duas entidades.....	26
Figura 3.4 -	Exemplo de auto-relacionamento.....	26
Figura 3.5 -	Exemplo de atributos.....	27
Figura 3.6 -	Exemplo de atributo identificador.....	27
Figura 3.7 -	Exemplo de atributo identificador composto.....	27
Figura 3.8 -	Exemplo de cardinalidade 1:1.....	28
Figura 3.9 -	Exemplo de cardinalidade 1:n.....	28
Figura 3.10 -	Exemplo de cardinalidade n:n.....	28
Figura 3.11 -	Exemplo de cardinalidade máxima e mínima.....	29
Figura 3.12 -	Exemplo de relacionamento ternário.....	29
Figura 3.13 -	Exemplo de Generalização/Especialização.....	31
Figura 3.14 -	Exemplo de Generalização/Especialização disjunta e total.....	32
Figura 3.15 -	Exemplo de Generalização/Especialização disjunta e parcial.....	32
Figura 3.16 -	Exemplo de diagrama ER.....	32
Figura 3.17 -	Abordagem dirigida a dados para projeto de sistemas de informações.....	34
Figura 4.1 -	Níveis de especificação de aplicações geográficas.....	39
Figura 4.2 -	Visão de Campo e Visão de Objetos.....	40
Figura 4.3 -	Visão de Campo.....	41
Figura 4.4 -	Modelo de Dados GMOD.....	43
Figura 4.5 -	Estrutura do <i>BD_GEO</i>	45
Figura 4.6 -	Hierarquia das classes de objetos geográficos.....	45
Figura 4.7 -	Componentes do Modelo <i>GeoIFO</i>	46
Figura 4.8 -	Pictogramas espaciais.....	47
Figura 4.9 -	Entidade com referência espacial.....	47
Figura 5.1 -	Metodologia Elaborada.....	49
Figura 5.2 -	Análise de Requisitos - Documentação.....	50
Figura 5.3 -	Análise de Requisitos - Formulário de Descrição da Aplicação..	52
Figura 5.4 -	Análise de Requisitos - Formulário de Saídas Gráficas.....	52
Figura 5.5 -	Análise de Requisitos - Formulário de <i>Layout</i> de Relatório (Tabular).....	53
Figura 5.6 -	Análise de Requisitos - Formulário de Descrição de Processos..	53
Figura 5.7 -	Análise de Requisitos - Formulário de Descrição de Dados.....	54
Figura 5.8 -	Construção do modelo conceitual.....	55
Figura 5.9 -	Esquema de Entidades Georreferenciadas de acordo com a visão de campo e de objetos.....	57
Figura 5.10 -	Diagramação de Entidades Georreferenciadas e Entidades	

	Convencionais.....	57
Figura 5.11 -	Diagramação da entidade georreferenciada ESCOLA.....	59
Figura 5.12 -	Exemplo de relacionamento entre entidades convencional e georreferenciada.....	61
Figura 5.13 -	Exemplo de relacionamento espacial.....	62
Figura 5.14 -	Exemplo de generalização/especialização para mostrar as representações gráficas.....	63
Figura 5.15 -	Exemplo de generalização/especialização espacial.....	64
Figura 5.16 -	Exemplos de entidades georreferenciadas.....	64
Figura 5.17 -	Exemplos de entidades georreferenciadas com múltipla representação espacial, em uma mesma escala.....	65
Figura 5.18 -	Exemplos de entidades georreferenciadas com múltiplas representações.....	65
Figura 5.19 -	Diagrama de temas.....	66
Figura 5.20 -	Diagrama Nível II - Aplicação Queimaduras.....	67
Figura 6.1-	Formulário PJ 1/10.....	69
Figura 6.2-	Formulário PJ 2/10.....	70
Figura 6.3-	Formulário PJ 3/10.....	71
Figura 6.4-	Formulário PJ 4/10.....	72
Figura 6.5-	Formulário PJ 5/10.....	73
Figura 6.6-	Formulário PJ 6/10.....	74
Figura 6.7-	Formulário PJ 7/10.....	75
Figura 6.8-	Formulário PJ 8/10.....	76
Figura 6.9-	Formulário PJ 9/10.....	77
Figura 6.10-	Formulário PJ 10/10.....	78
Figura 6.11-	Abordagem ERG - Diagrama de Temas.....	79
Figura 6.12-	Formulário AP 1/5.....	80
Figura 6.13-	Formulário AP 2/5.....	81
Figura 6.14-	Formulário AP 3/5.....	82
Figura 6.15-	Formulário AP 5/5.....	83
Figura 6.16-	Lista Mestre de Dados.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Exemplos de tipos de SIG's, classificados de acordo com a área de aplicação. Outros termos utilizados para SIG.....	7
Tabela 2.2 - Vantagens e desvantagens das estruturas de representação Raster e Vetorial.....	18
Tabela 5.1 - Objetos Espaciais e seus respectivos pictogramas espaciais e entidades georreferenciadas.....	58
Tabela 5.2 - Descrição dos objetos espaciais presentes no modelo ERG.....	60
Tabela 5.3 - Relacionamentos espaciais e sua diagramação.....	62

RESUMO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vem se tornando uma tecnologia cada vez mais utilizada, quer seja em Órgãos Públicos, quer seja em Empresas Privadas. Estes sistemas possuem um conjunto de componentes, tais como *interface*, entrada de dados, processamento de imagem, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados, numa visão geral. Os dados armazenados em um SIG são conhecidos como dados georreferenciados, isto é, dados que descrevem entidades do mundo real, associados à sua localização geográfica. O armazenamento dos dados se dá em um banco de dados, porém não convencional, e sim Banco de Dados Geográfico (BDG). Um BDG, assim como um banco de dados convencional, necessita de uma metodologia de projeto e modelagem. Técnicas tradicionais de modelagem de dados não são adequadas para o tratamento de dados georreferenciados. Vários modelos de dados foram propostos, porém muitos não apresentam um tratamento uniforme para os dados geográficos, isto é, utilizam convenções diferentes para modelagem de dados espaciais e convencionais. Outro problema que ocorre é que muitos modelos tendem a ser grandes, pouco claros, dificultando a sua utilização, leitura e interpretação. Neste trabalho será apresentada uma visão geral de SIG's, definindo conceitos importantes para uma melhor compreensão do problema. Também serão apresentados conceitos relativos à Teoria de Banco de Dados, evidenciando a importância de um bom projeto conceitual. Alguns modelos de dados para SIG's são relacionados, identificando vantagens e desvantagens na sua utilização. Após uma análise do problema e dos modelos propostos até agora, é criada então uma extensão do modelo Entidade-Relacionamento (ER), chamada de Abordagem Entidade-Relacionamento Geográfico (ERG). A abordagem ERG é específica para aplicações geográficas, capaz de modelar mais adequadamente aspectos espaciais, presentes numa realidade geográfica. Também foi criada uma metodologia para projeto conceitual de banco de dados para aplicações SIG, desde a análise de requisitos à construção do modelo conceitual. Utilizando-se para isso, formulários próprios, propostos neste trabalho. A metodologia é demonstrada em uma aplicação real, Projeto Segurança nas Praias.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica, Banco de Dados Geográfico, Projeto e Modelagem de Banco de Dados Geográfico.

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) have been widely used, by public and private enterprises. These systems have a set of components, such as interface, data inputs, image processing, showing and plotting, data storage and retrieving, in a general overview. Data stored in a GIS are called "geo-referenced data", in other words, data describe real world entities, associated to geographical location. Data storage occurs in a database, but a no conventional database. It occurs in a geographic database (GDB). A GDB, just like a conventional database, needs a designing and modeling methodology. Traditional techniques to model data aren't suitable to treatment geo-referenced data. A number of data models were proposed, but they didn't present an uniform treatment of geographical data, in other words, they use different conventions to model spatial and conventional data. Another problem that occurs is that many models are very large, unclear, and difficult the use, reading and interpretation. This work will present an overview of GIS and the most important concepts to a better problem comprehension. It will present concepts related to Database Theory, highlighting the importance of a good conceptual design. Some GIS data models are presented, identifying advantages and disadvantages in their use. After a problem and model analyses proposed until now, it is created an extension of entity-relationship (ER), called Geographic Entity-Relationship (GER). The approach is special to geographic application, and it can model in a more accurate spatial aspect, presented in a geographical reality. It was created a methodology to a database conceptual design to GIS applications, corresponding to all phases since request analyse to conceptual model construction. It was used appropriated forms, proposed in this work. The methodology is showed in a real application: Beach Safety Project.

Keywords: Geographic Information Systems, Geographic Database, Geographic Database modeling and design.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A informática é considerada como uma área revolucionária de pesquisa, provocando mudanças que atingem toda a sociedade em seus diversos aspectos, incluindo todo o conhecimento científico. Neste contexto não poderiam passar despercebidas as ciências cujos problemas tem um caráter espacial, direta ou indiretamente, como por exemplo a Geografia, a Oceanografia, a Geologia, a Ecologia, entre outras.

Nestas ciências, o uso da informática está se tornando obrigatório. Além do uso de *softwares* de uso generalizado (editores de textos, planilhas de cálculo, bancos de dados, etc.), foram desenvolvidos os chamados Sistemas de Informações Geográficas, ou simplesmente SIG's.

Goodchild (1990a) e Maguire (1991) definem o termo SIG como:

- *“Um sistema para captura, armazenamento, verificação, manipulação, análise e exibição de dados que são espacialmente referenciados com a Terra.”*
- *“Qualquer conjunto de procedimentos, manual ou computacional, usados para armazenar e manipular dados referenciados geograficamente.”*
- *“Uma forma particular de Sistema de Informação aplicado a dados geográficos.”*

Estes sistemas possuem, segundo Câmara (1993) e Câmara (1994), numa visão abrangente, um conjunto de componentes (interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados).

Os SIG's vêm se tornando uma tecnologia cada vez mais necessária em órgãos públicos, institutos de pesquisa e até mesmo em empresas privadas (que necessitam tratar informações espaciais), o que justifica a procura de conhecimento desta tecnologia, por um número crescente de pesquisadores.

O primeiro sistema a reunir as características básicas de um SIG foi implementado no Canadá em 1964, chamado de *Canadian Geographic Information System*. Logo depois surgiram *New York Landuse and Natural Resources Information Systems* em 1967 e *Minnesota Land Management Information System* em 1969. Estes

sistemas foram utilizados somente em agências federais e estaduais do governo americano e canadense devido aos elevados custos e problemas de implementação (Teixeira, 1992).

Muitos ainda confundem SIG's com CAD's. A diferença está em que CAD é uma ferramenta de desenho digital enquanto que SIG é uma ferramenta para processamento de informação espacial. Um CAD armazena somente o desenho, não armazenando a topologia¹ dos dados espaciais (relacionamentos espaciais) (Câmara, 1994), (Teixeira, 1992) e (Ramirez, 1994).

Com relação ao tema Banco de Dados Geográficos, ainda não possui uma teoria uniforme, faltando também uma metodologia de projeto para o desenvolvimento de aplicações geográficas (Times, 1994) e (Pires, 1993).

Os dados utilizados em SIG's são conhecidos como *dados georreferenciados*, isto é, dados que descrevem entidades do mundo real associados à sua localização geográfica (num sistema de coordenadas). Outros termos também utilizados são: *dados referenciados espacialmente*, *dados referenciados geograficamente*.

De acordo com Times (1994), alguns modelos de dados existentes tendem a ser pouco claros, pois apresentam definições voltadas para suas estruturas de dados, e os arquivos resultantes apresentam-se não compactos. Exemplos destes modelos são propostos Peuquet (1984). Um outro problema é que alguns modelos propostos não apresentam um tratamento uniforme para os dados geográficos, isto é, apresentam tratamento diferenciado entre os dados espaciais e os dados alfanuméricos, utilizando convenções diferentes para sua modelagem e manuseio (Peuquet, 1984).

1.1 Justificativa

Os SIG's ainda são usados de forma incipiente. As razões são diversas, entre as quais podemos citar:

- 1) Ausência de uma metodologia de planejamento;
- 2) Custo de aquisição (coleta) de dados e disponibilização.

¹ Descrição do relacionamento entre nó, linha e polígono e atributos não-espaciais (Padmanabhan, 1992).

Técnicas tradicionais de modelagem de dados não são adequadas para tratamento de dados geográficos. Para Times (1994) e Pires (1993), a dificuldade reside no fato de que a maior parte destes dados são validados em termos de sua localização espacial, do tempo e da confiabilidade de sua coleta. A modelagem de dados geográficos é dificultada pelos fatores multidimensionais, pelo grande número de relacionamentos espaciais e pelas definições espaciais complexas (Peuquet, 1984).

A identificação de passos/etapas para organização do Banco de Dados (BD) para SIG, tem sido tema de muitos trabalhos de pesquisa, bem como a procura de uma metodologia de modelagem conceitual. As técnicas de modelagem ditas convencionais estão sendo estendidas com o intuito de melhorar seu poder expressivo com relação a fenômenos espaciais e, inclusive, temporais. Já por alguns anos, a modelagem de dados espaciais tem sido feita utilizando-se formalismos tradicionais, tal como Entidade/Relacionamento (E/R). Especialistas em Sistemas de Informações Não-Espaciais (convencionais) reconhecem a necessidade de aperfeiçoar a modelagem E/R para fins específicos, tais como SIG's (Times, 1994) (Bédard, 1989). Pesquisadores concentram seus esforços na solução de problemas, tais como:

- a) Modelagem de Referência Espacial;
- b) Complexidade dos modelos de SIG's.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em propor uma metodologia para projeto e modelagem conceitual de banco de dados para SIG's.

1.3 Objetivos Específicos

São objetivos específicos:

- Estudar técnicas de modelagem utilizadas para modelar BD de SIG's. Será dada maior atenção à trabalhos que tratam de extensões do formalismo E/R, pois, atualmente, a maioria dos

SIG's comercializados no Brasil e no mundo, trabalham com Banco de Dados Relacionais.

- Analisar as soluções adotadas, procurando identificar as vantagens e desvantagens em cada situação.
- Propor uma nova extensão do modelo E/R, permitindo que se modele aspectos espaciais, integrando-os em um mesmo modelo de dados.
- Aplicar a metodologia proposta em um estudo de caso.

1.4 Estrutura da Dissertação

A dissertação está organizada da seguinte maneira:

O capítulo 1 mostra uma introdução ao tema deste trabalho, apresentando também os objetivos gerais e específicos e a estruturação deste trabalho.

O capítulo 2 traz os principais conceitos de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Mostra também conceitos essenciais de cartografia, para uma melhor compreensão da utilização de um SIG.

O capítulo 3 apresenta a fundamentos de banco de dados, com conceitos básicos, mostrando o que são modelos de dados e como são classificados. Apresenta também as etapas de um projeto conceitual de banco de dados convencional, mostrando sua importância como etapa de projeto de banco de dados.

No capítulo 4, são descritos, de forma sucinta e consistente, modelos de dados conceituais para aplicações geográficas.

No capítulo 5 é proposto uma metodologia de projeto conceitual de banco de dados geográfico, propondo formulários para a etapa mais importante de um projeto de banco de dados de um SIG, a análise de requisitos. Também é proposto uma nova abordagem para modelagem conceitual - o Modelo ERG. São definidas entidades georreferenciadas e relacionamentos espaciais, e abstrações necessárias para uma boa modelagem conceitual de banco de dados geográfico.

Uma aplicação exemplo é descrita no capítulo 6, exemplificando a utilização da metodologia proposta nesta dissertação.

Na conclusão, são apresentadas as contribuições da metodologia e do modelo ERG propostos. Apresenta também uma lista de trabalhos futuros, visando aperfeiçoar a metodologia.

Capítulo 2

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG

Este capítulo tem como objetivo relacionar alguns conceitos básicos sobre Sistema de Informações Geográficas, apresentando também outros termos utilizados para SIG's e exemplos de tipos de SIG's, classificados de acordo com a área de aplicação. Será mostrado e discutido o relacionamento entre SIG e outros sistemas de informação. Também é objetivo deste capítulo descrever os elementos funcionais (arquitetura) de um SIG, tipos de dados e estruturas de representação (raster e vetor).

2.1 Definições de SIG

De acordo com Thomé (1998), um SIG é um sistema de informação que trabalha com um conjunto de dados (físicos e sociais) cujo significado contém uma associação ou relação com uma localização específica, exercendo controle sobre os processos ambientais, econômicos e sociais. Esses processos são complexos, e requerem sua modelagem em certos níveis de relação, simplificação, generalização e abstração.

Para Thomé (1998), o termo Sistema de Informações Geográficas é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos.

A tecnologia SIG está para a análise geográfica assim como o microscópio, o telescópio, e os computadores tem estado para outras ciências (Goodchild, 1990a). De acordo com a definição de Goodchild, pode-se concluir então que um SIG pode ser visto como um sistema de *hardware*, *software* e procedimentos, projetados para suportar a captura, gerenciamento, manipulação, análise, modelagem e exibição de dados espacialmente referenciados para a resolução de problemas complexos de gerenciamento e planejamento.

Embora muitos outros programas de computador possam manipular dados espaciais, por exemplo AutoCAD e pacotes estatísticos, os SIG's possuem uma característica fundamental: a capacidade de realizar operações complexas de análise sobre dados espaciais (Goodchild, 1990a).

Segundo Antenucci (1991), Ramirez (1994) e Maguire (1991) existem diversos tipos de SIG's, concebidos para aplicações específicas. Alguns desses termos tem sido

empregados como nomes alternativos de SIG e sugerem sua área de aplicação (tabela 2.1). Uma listagem mais abrangente pode ser vista em Bittencourt (1996).

Tabela 2.1 - Exemplos de tipos de SIG's, classificados de acordo com a área de aplicação.

Sigla	Nome
AM/FM	Automated Mapping and Facilities Management
CAM	Computer-Assisted or Computer-Aided Mapping
CIS	Cadastral Information System
EIS	Environment Information System
GIS	Geo-Information System
LIS	Land Information System
SIS	Spatial Information System
UIS	Urban Information System

2.2 SIG e Seus Componentes

Um SIG é um sistema de aquisição, armazenamento, análise e exibição de dados geográficos. Atualmente, muitos *softwares* estão disponíveis para auxiliarem nestas tarefas. Porém, eles diferem significativamente um do outro, em parte por causa do modo como representam e trabalham com os dados geográficos, e em parte pela ênfase que eles possuem para efetuar determinadas tarefas.

Segundo Eastman (1995), um SIG é composto por diversos componentes (figura 2.1): Sistema de Digitalização, Sistema de Exibição Cartográfica (Cartografia Computadorizada), Sistema de Análise Geográfica, Sistema de Processamento de Imagens, Sistema de Análise Estatística, Sistema de Apoio à Decisão, Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). Nem todos os SIG's possuem todos esses elementos, mas para um sistema ser chamado de SIG, um grupo essencial de componentes deve ser encontrado.

Sistemas de Digitalização são sistemas essenciais para um SIG. Eles são os responsáveis pela conversão de mapas existentes em papel, para uma forma digital, desenvolvendo assim, mais adiante, um banco de dados. São sistemas imprescindíveis para a produção cartográfica (Eastman, 1995).

Sistemas de Exibição Cartográfica produzem, em algum dispositivo de saída, mapas. Sistemas de Cartografia Computadorizada se objetivam em recuperação de dados, classificação e geração automática de símbolos (Eastman, 1995). É enfatizada

mais a apresentação dos dados do que a recuperação e análise dos mesmos. Sistemas de cartografia computadorizada utilizam estruturas de dados simples, não guardando informações sobre a topologia dos dados. Eles podem ser ligados a Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD's), mas somente operações simples de consulta são possíveis. Normalmente possuem muitas ferramentas que possibilitam desenho de mapas¹ e também possuem uma produção de mapas (saída) de alta qualidade (Maguire, 1991).

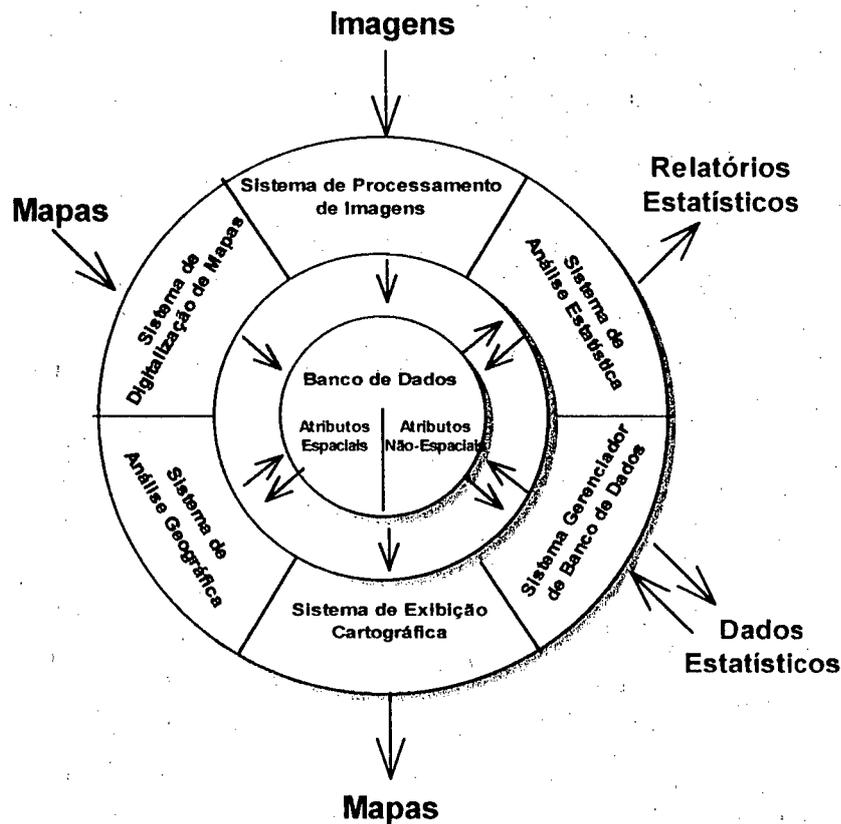


Figura 2.1 - Componentes de um SIG e sua interação (Adaptado de Eastman, 1995).

Existe uma variedade de sistemas no mercado que possuem somente esses dois componentes, muitos dos quais são chamados de SIG. Porém, apesar de terem esses componentes, não constituem verdadeiros SIG's. O componente que falta é o que permite a análise dos dados baseados em suas características espaciais. Para isso, é necessário um Sistema de Análise Geográfica, que estenderá as capacidades de consulta de banco de dados tradicional, podendo efetuar uma consulta a um dado baseado em sua

¹ Um mapa é uma representação gráfica dos fenômenos geográficos. Num ambiente computacional, a noção de mapa deve ser estendida para incluir diferentes tipos de dados como imagens de satélite e modelos numéricos de terreno (Câmara, 1994).

localização espacial (Eastman, 1995).

Sistema de Processamento de Imagens permite converter uma imagem adquirida por um sensor remoto em dados interpretados de acordo com vários procedimentos de classificação. Sistemas de Sensoriamento Remoto foram desenvolvidos para coletar, armazenar, manipular e apresentar dados *raster*², tipicamente coletados por “*scanners*” montados em satélites. Mas Sistemas de Sensoriamento Remoto possuem limitações quanto ao manuseio de vetores e, portanto, não são convenientes em operações como análise de redes³. Eles geralmente possuem pouca capacidade para manuseio de atributos de dados e possuem somente ligações pobres com SGBD's. Embora estes sistemas tenham muitas ferramentas para classificar dados, eles tem capacidade limitada nas análises espaciais (Maguire, 1991).

Sistemas de Análise Estatística em um SIG, são sistemas que oferecem, além dos procedimentos estatísticos tradicionais, rotinas especializados para análise estatística de dados espaciais.

O apoio a decisão é uma das funções mais importantes de um SIG. Um SIG deve ser capaz de gerar informações, na forma de gráficos, mapas ou tabular, que se possa utilizar para uma tomada de decisão. Porém, em muitos SIG's, as ferramentas projetadas para esse fim são poucas.

Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD's) são sistemas que estão muito bem desenvolvidos que armazenam e recuperam atributos de dados não-gráficos. A recuperação e apresentação de dados gráficos ainda é muito limitada. Eles também possuem limitações quanto a implementações de operações de análise espacial (Maguire, 1991).

A maior característica de um SIG é sua capacidade de análise espacial (operações analíticas) (Aronoff, 1989). Segundo Goodchild, citado em (Maguire, 1991, P.13), *“a capacidade de um Sistema de Informação Geográfico em analisar dados espaciais é freqüentemente visto como um elemento chave em sua definição, e tem sido freqüentemente usado como característica que distingue o SIG de outros sistemas, que o objetivo primário é a produção de mapas”*.

² É uma estrutura de dados (matriz bi-dimensional) que contém linhas e colunas de números de um tipo de dado único (e simples). Cada número representa o valor de algum parâmetro (como por exemplo a elevação). Cada número (ou célula) é freqüentemente usado para controlar a cor e intensidade de um *pixel* na tela do computador (Padmanabhan, 1992).

³ Técnicas analíticas interessadas no relacionamento entre localizações na rede, como o cálculo de uma rota ótima através de uma rede de tráfego, melhor localização para alguma coisa na rede. Rede pode ser

Segundo Maguire (1991), um SIG pode ser sintetizado e apresentado na forma de três visões distintas. Estas visões podem ser chamadas de *mapa*, *banco de dados* e *análise espacial*.

A *visão de mapa* concentra-se sobre o aspecto cartográfico do SIG. Por esta visão, um SIG é visto como um processador de mapas ou como um sistema de exibição de mapas. Em um processador de mapas, cada conjunto de dados é representado como um tema, camada ou cobertura. Esses temas são geralmente produzidos no *formato raster* a partir de outros mapas ou fotos, e são manipulados por uma função que pode adicionar, subtrair ou procurar por padrões. A saída destas operações é outro mapa. Empresas de mapeamento topográfico e temático também sustentam esta *visão de mapa* e colocam grande ênfase na capacidade de um SIG em produzir mapas de alta qualidade e desenhos, geralmente, no *formato vetorial*.

A *visão de banco de dados* de um SIG salienta a importância de um bom projeto e a implementação da base de dados. Um SGBD sofisticado é visto como uma parte importante de um SIG. Esta visão predomina entre os membros da comunidade SIG que possuem conhecimento em ciência da computação.

A terceira visão de um SIG ressalta a importância da *análise espacial*. Esta visão concentra-se em análise e modelagem na qual um SIG é visto mais como um sistema de informação espacial do que como uma tecnologia. Embora, atualmente, existam sistemas proprietários com funcionalidades limitadas para análise espacial, está claro que esta é a maior área de desenvolvimento. Esta visão parece tornar-se largamente aceita pela comunidade SIG e já é usada como diferencial entre SIG's e outros sistemas de informação.

Pelo exposto acima, podemos concluir que Sistemas de Informações Geográficas contam com a integração de três aspectos distintos aliados à tecnologia do computador: um gerenciador de banco de dados (de dados gráficos e não-gráficos); rotinas para manipulação, exibição e impressão de representações gráficas dos dados; e algoritmos e técnicas que facilitam a análise espacial. Esta integração pode ser visualizada como os principais componentes de um SIG (figura 2.2) (Ramirez, 1994).

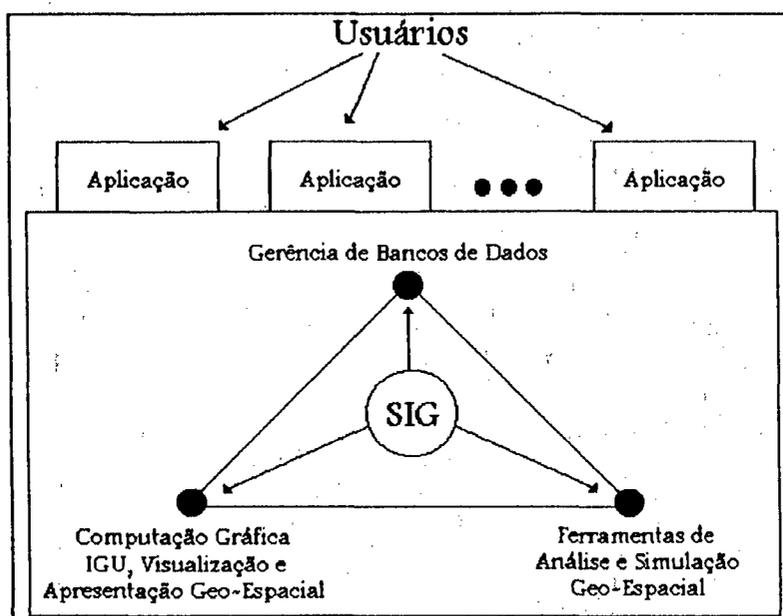


Figura 2.2 - Sistemas de Informações Geográficas - SIG

2.3 Conceitos de Cartografia

Para um melhor entendimento sobre Sistemas de Informações Geográficas, alguns conceitos básicos de cartografia tornaram-se importantes, e serão apresentados a seguir.

2.3.1 Mapa e Carta

Segundo Oliveira (1993), os conceitos de mapas e cartas não possuem uma distinção rígida. O termo mapa era usado antigamente de modo a designar exclusivamente as representações terrestres, sendo adotado o termo carta para denominar as representações marítimas (Duarte, 1988).

Os mapas são representações gráficas aproximadas da superfície terrestre, que projetam cada ponto do globo terrestre em uma superfície plana, para isto utiliza-se os sistemas de projeções cartográficas, que será abordado no item 2.5.4. Já a 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 (Câmara, 1996).

Já para Goodchild (1990b), um mapa é uma representação, normalmente em escala e em uma superfície plana, de uma seleção de material ou feições (características)

sobre, ou em relação, à superfície da Terra. A produção de um mapa requer:

- Seleção de algumas características do mundo real a serem incluídas no mapa;
- Classificação destas características selecionadas em grupos;
- Simplificação (para representação);
- Exagero (ampliação) destas características a serem incluídas no mapa, para serem melhor representadas em uma certa escala;
- Simbolização para representar as diferentes classes de características escolhidas.

Nesta dissertação, adotar-se-á o termo mapa, não fazendo distinção entre os termos.

Há vários tipos de mapas, classificados de acordo com a informação que possuem. Os Mapas Topográficos incluem acidentes naturais e artificiais, permitindo facilmente a determinação de altitudes. Já os Mapas Planimétricos são semelhantes aos topográficos, contudo não exibem indicações de altitude. Outro tipo de mapa muito referenciado é o Mapa Cadastral, geralmente confeccionado em escala grande ($\approx 1:2.000$), mostra os limites verdadeiros e usos das propriedades. Mapas Temáticos contém informações sobre um único assunto, como por exemplo, a vegetação (representando as características e a distribuição da cobertura vegetal), ou do solo (identificando e classificando os diversos tipos de solo e sua distribuição geográfica) de uma determinada região da Terra (Câmara, 1996).

2.3.2 Escala

Escala é a relação entre as dimensões dos elementos representados em um mapa e a grandeza correspondente, medida sobre a superfície da Terra. A escala é uma informação obrigatória para qualquer mapa e geralmente está representada de forma numérica. As escalas numéricas ou fracionárias são descritas por frações cujos denominadores representam as dimensões naturais e os numeradores, as que lhes correspondem no mapa.

A escala de 1 para 50.000 (notação 1:50.000 ou 1/50.000), por exemplo, indica

que uma unidade de medida no mapa equivale a 50.000 unidades da mesma medida sobre o terreno. Ou seja, 1cm no mapa corresponde a 50.000cm no terreno.

2.4 Dados Geográficos

De acordo com Aronoff (1989), a informação para uma feição geográfica possuem quatro componentes principais: a posição geográfica (localização); os atributos (dados alfanuméricos); relacionamentos topológicos (caracterizam relacionamentos de vizinhança ou de conexão entre objetos); e o componente tempo (se refere ao período ou época da ocorrência do fenômeno ou fato geográfico). Estes componentes são simplesmente as respostas as seguintes perguntas: onde, o que, qual o relacionamento com outras feições espaciais, e quando ocorreu o fato (ou fenômeno) geográfico. Uma vez dentro de um SIG, estes dados podem ser classificados em três categorias principais:

- Dados Convencionais \Rightarrow atributos alfanuméricos tradicionais, que podem ser tratados por um SGBD convencional (ex.: nome e população de uma cidade);
- Dados Espaciais \Rightarrow atributos que descrevem a geometria e a localização do fenômeno geográfico. Possui propriedades geométricas⁴ e topológicas⁵ (ex.: limite geográfico de um lago);
- Dados Pictóricos \Rightarrow atributos que armazenam imagens (fotos) (ex.: fotografia aérea de uma cidade).

Em um SIG, as estruturas básicas (figura 2.3) para representar objetos espaciais são:

- Pontos - adimensionais, representam entes cuja propriedade espacial mais significativa é a sua localização pontual;
- Linhas - unidimensionais, representam entes onde a localização, a forma e conectividade são relevantes;

⁴ Medidas de comprimento, ângulos, distância entre dois pontos, posicionamento, etc.

⁵ Diz respeito à estrutura de vizinhança espacial. Ex.: continência, conectividade, adjacência e proximidade (Rodrigues, 1994).

- Polígonos (áreas, regiões) - bidimensionais, representam unidades com diferentes finalidades. Por exemplo, podem ser utilizados para representar regiões homogêneas (mapas temáticos).
- Superfícies (volumes) - tridimensional, representam objetos com comprimento, altura e largura.

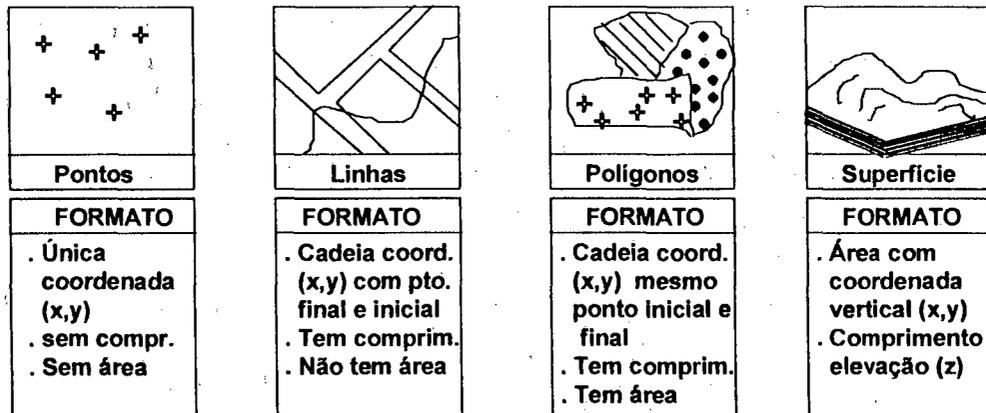


Figura 2.3 - Estruturas básicas para representar dados espaciais (Bittencourt, 1996).

Um mesmo objeto pode ter diferentes representações em função da escala ou do nível de detalhe. Assim, um lago pode ser representado por uma região (polígono) ou por um ponto, em função da escala.

2.5 Estruturas de Representação (Modelos)

Tradicionalmente, os dados geográficos têm sido representados por modelos analógicos bidimensionais, mais conhecidos por mapas. Na figura 2.4, pode-se ver os tipos de modelos cartográficos existentes (Peuquet, 1984).

Quando da atualização do mapa, um novo mapa deve ser desenhado, ou o antigo modificado. Todo este processo é manual, ou seja, custoso, demorado. Ele requer habilidade e precisão no desenho de cada mapa.

Os outros dois tipos básicos de modelos de dados geográficos armazenam e representam a informação localizacional na forma digital; vetor e raster (figura 2.5).

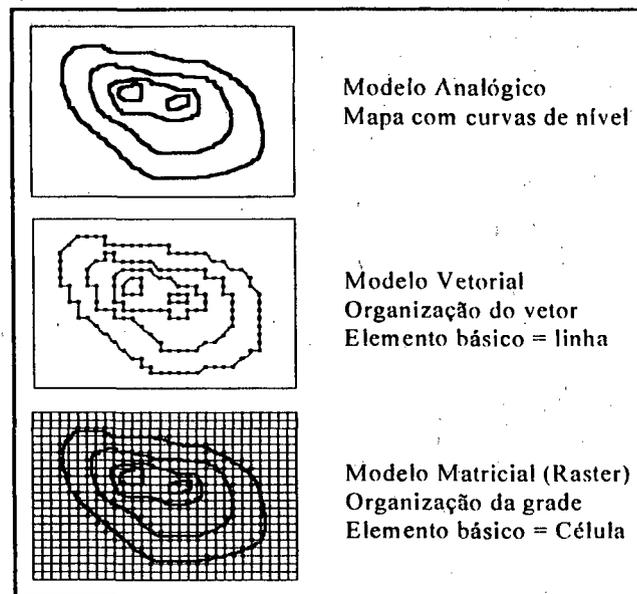


Figura 2.4 - Tipos de modelos cartográficos (Peuquet, 1984).

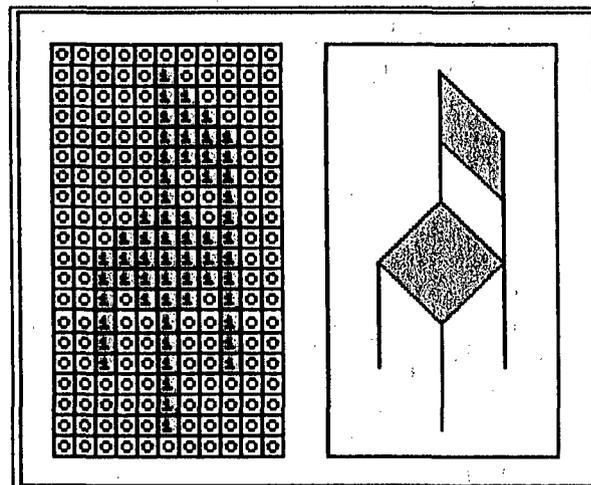


Figura 2.5 - Cadeira no formato raster e vetorial (Burrough, 1992).

Em ambas as estruturas, a informação espacial é representada utilizando unidades homogêneas. Na abordagem raster, as unidades homogêneas são as células. É usado um número muito grande de células relativamente pequenas, todas do mesmo tamanho. Arquivos de dados raster contém milhões de células e a posição de cada unidade é rigidamente definida. Na abordagem vetorial, as unidades homogêneas são pontos, linhas e polígonos. Comparado com a estrutura raster, estas unidades homogêneas são relativamente poucas em número, e variáveis em tamanho. Em um arquivo vetorial, o número de elementos podem ser dez ou mil, mas não milhões, como é o caso dos arquivos raster.

Nas sessões seguintes serão apresentados algumas características de cada

estrutura de representação.

2.5.1 Estrutura Raster (Matricial)

A estrutura matricial possui como unidade básica lógica uma célula de uma malha (um *pixel*). O espaço é regularmente subdividido dentro de uma grade regular de células (podendo ser irregular também) e a localização de cada célula é definida pelo número da linha e da coluna. Cada célula da grade contém um valor único. A estrutura matricial define um espaço, que quando preenchido, define a localização das entidades⁶ (Burrough, 1992); (Aronoff, 1989). De acordo com Aronoff (1989), a estrutura matricial divide o espaço geográfico em elementos discretos.

Existem três tipos básicos de modelos raster, cada um possui diferenças funcionais que são baseadas nas diferenças geométricas do polígono. Este três tipos básicos são: quadrático, triangular e hexagonal (figura 2.6) (Peuquet, 1984).

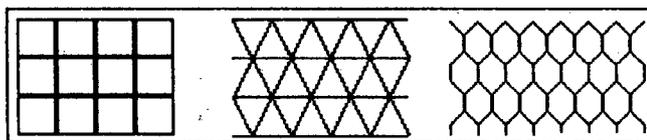


Figura 2.6 - Três tipos básicos (raster) (Peuquet, 1984).

O preenchimento das células se dá numa seqüência específica, linha a linha, da esquerda para a direita (figura 2.7). Cada conjunto de células está associado a uma camada, ou seja, cada conjunto de células armazenam valores relativos a um tema, sendo que cada célula contém somente um tipo de valor. Tipo de solo e vegetação de uma área deve ser armazenado em arquivos diferentes. Operações sobre múltiplos arquivos raster envolve a recuperação e processamento dos dados de uma célula (posição de uma célula) correspondente em diferentes arquivos (Aronoff, 1989); (NCGIA, 1992); (Goodchild, 1990a).

Por exemplo, para encontrarmos todas as células com floresta de Pinus e solo arenoso, cada célula no arquivo solos (arquivo que trata o tema tipos de solos) e a célula correspondente, (mesma localização), no arquivo floresta (arquivo que trata o tema tipos de vegetação) devemos recuperar e avaliar. Todas células que foram codificadas como floresta de Pinus e, além disso, como solo arenoso, devem ser identificadas e poderão

ser colocadas em um novo arquivo. Este procedimento é chamado de Análise de *Overlays* (Aronoff, 1989).

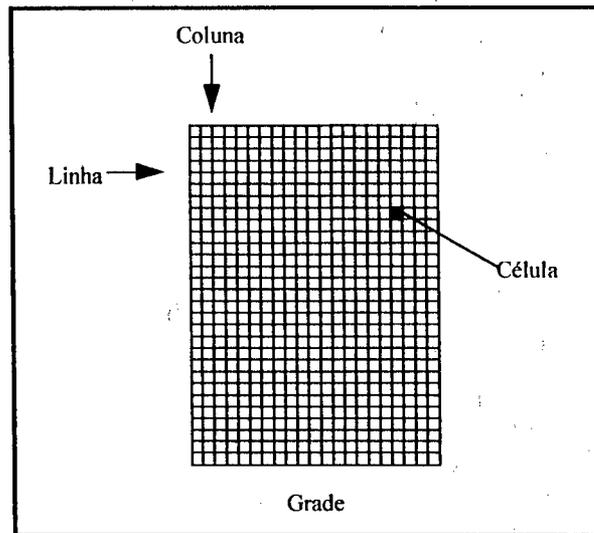


Figura 2.7 - Estrutura raster (quadrática regular).

Apesar dos modelos de dados quadráticos serem os mais utilizados (Peuquet, 1984), a organização hexagonal possui uma vantagem: todas as células vizinhas de uma dada célula estão equidistantes do ponto central daquela célula. Esta simetria radial facilita a construção de funções de recuperação aplicadas sobre a estrutura raster (Times, 1994).

Detalhes sobre os métodos de compactação de estruturas raster podem ser encontrados em Aronoff (1989), Burrough (1992), Peuquet (1984) e Bittencourt (1996).

2.5.2 Estrutura Vetorial

A estrutura vetorial utiliza linhas, pontos ou regiões para representar feições de interesses, e a localização destas feições sobre a superfície terrestre são referenciadas em termos de coordenadas x,y (Sistema de Coordenadas Cartesianas) (Aronoff, 1989). Qualquer elemento pode ser reduzido a estas três formas básicas. Objetos discretos, tais como cidades, limites, são formados pela conexão de segmentos de linhas. A estrutura vetorial, segundo Aronoff (1989), considera o espaço geográfico contínuo, seguindo postulados da Geometria Euclidiana, permitindo assim que todas as posições,

⁶ O termo entidade diz respeito ao elemento que está sendo representado

comprimentos e dimensões sejam definidas com maior grau de precisão.

A representação vetorial de um objeto é uma tentativa para representar o objeto o mais exatamente possível. Supõem-se que as coordenadas vetoriais sejam matematicamente exatas, assim, o método vetorial usa relações implícitas que permitem o armazenamento de estruturas complexas em um mínimo de espaço (Burrough, 1992); (Aronoff, 1989).

2.5.3 Comparação entre Raster e Vetor

Na tabela 2.2 estão listadas as principais vantagens e desvantagens de cada estrutura (Aronoff, 1989).

Tabela 2.2 - Vantagens e desvantagens das estruturas de representação Raster e Vetorial.

RASTER		VETOR	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
A estrutura raster é quase obrigatório para uma manipulação eficiente de imagens de satélite	Ineficaz para realizar análises espaciais complexas, condicionadas por vários atributos descritivos dos temas mapeados	Estrutura compacta	A representação da alta variabilidade espacial é ineficiente
SIG's matriciais são de custo baixo	Menos compacto que o vetorial	Boa representação de linhas e polígonos	Combinação de <i>layers</i> complexa
Estrutura de dados simples	Difícil de se representar relacionamentos topológicos	Precisão (cálculos)	Visualização e plotagem caras
Operações de <i>overlay</i> são facilmente e eficientemente implementadas	Desempenho comprometido em aplicações que demandam resoluções elevadas	Melhor descrição topológica	Manipulação de imagens de satélite não pode ser efetivamente feita no domínio vetorial
Bom desempenho em operações booleanas	Menor precisão	Suporta operações que requerem informações topológicas	Estruturas de dados complexas (mais que o modelo raster)
		Reduz redundâncias devido ao uso de coordenadas	
		Alta qualidade nas saídas gráficas	

Capítulo 3

FUNDAMENTOS DE BANCO DE DADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar alguns conceitos básicos sobre Banco de Dados e Teoria de Banco de Dados. Será apresentada uma introdução à projeto de banco de dados convencional, mostrando cada etapa, dando ênfase ao Modelo Relacional.

3.1 Conceitos Básicos

3.1.1 Definições de Banco de Dados

Existem diversas definições clássicas de Banco de Dados (BD). Algumas dessas definições são listadas abaixo:

- “Um banco de dados é um conjunto de arquivos relacionados entre si” (Chu, 1983);
- “Um banco de dados é uma coleção de dados operacionais armazenados, sendo usados pelos sistemas de aplicação de uma determinada organização” (Date, 1991);
- “Um banco de dados é uma coleção de dados relacionais” (Elmasri, 1989);
- “Um banco de dados é um conjunto de dados armazenados, cujo conteúdo informativo representa, a cada instante, o estado atual de uma determinada aplicação” (Laender, 1990).

Com base nas definições acima, pode-se definir então que Banco de Dados é:

- Coleção de dados relacionados;
- Coleção logicamente coerente de dados com algum significado inerente;

- Um BD está sempre associado a aplicações e a usuários que têm interesse nele.

3.1.2 Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)

O SGBD permite a *definição, construção e manipulação* do banco de dados para diversas aplicações (Heuser, 1995); (Heuser, 1998).

Por *definição, construção e manipulação* entendemos:

1. A definição do BD envolve a especificação dos tipos de dados a serem armazenados no BD, e sua descrição;
2. A construção do BD diz respeito ao processo de armazenar os dados em um meio controlado pelo SGBD;
3. A manipulação do BD é a execução de operações de consulta e recuperação de dados específicos, além de atualização de dados para refletir, no BD, mudanças no "mini-mundo" sendo modelado. A manipulação inclui, também, a geração de relatórios a partir dos dados do BD.

• **Vantagens**

Sistema de Banco de Dados proporciona à instituição o *controle centralizado* de seus dados operacionais. Tal situação contrasta nitidamente com o que podemos encontrar em uma empresa que não utiliza um SGBD, onde cada aplicação dispõe de seus próprios arquivos de tal forma que os dados operacionais são muito dispersos, dificultando o controle sistemático. Isto implica que exista um Administrador do Banco de Dados (DBA). Um DBA é uma pessoa (ou grupo de pessoas) responsável pelo estabelecimento de regras e procedimentos para controlar a estrutura do BD, gerenciar as modificações nos dados e proteger o BD (Kroenke, 1998).

Como vantagens, podemos citar:

- Reduzir Redundância:
- Evitar Inconsistência:
- Manter a Integridade:

- Equilibrar Necessidades Conflitantes:
- Compartilhamento dos Dados:
- Restrições de Segurança:
- Independência dos Dados:
- Independência dos Dados:

3.1.3 Programas de Aplicação (PA)

Programas de Aplicação são programas desenvolvidos de maneira personalizada para processar um BD. Servem para fazer a interface de acesso ao BD, utilizando comandos do SGBD. O PA pode ser escrito em uma linguagem de programação padrão (como por exemplo, C, Delphi, etc.) ou em uma linguagem específica para o SGBD, linguagem essa fornecida pelo fabricante do SGBD (Kroenke, 1998).

3.1.4 Sistema de Banco de Dados (SBD)

Sistema de Banco de Dados é um sistema de software composto pelos programas de aplicação, pelo SGBD e pelo BD, para um conjunto de aplicações de uma mesma organização (Kroenke, 1998).

$$\text{SBD} = \text{BD} + \text{SGBD} + \text{PA}$$

De acordo com Date (1991), um SBD é dividido em módulos (figura 3.1) que tratam de partes, em separado, cada uma das responsabilidades do sistema geral. Estes componentes fundamentais são:

- Gerenciador de Arquivos → que trata da alocação do espaço para armazenamento e das estruturas de dados utilizadas para representar a informação armazenada no disco;
- Gerenciador de Banco de Dados → fornece a interface entre os dados de baixo nível armazenados no disco e os programas aplicativos e de consulta submetidos ao sistema;

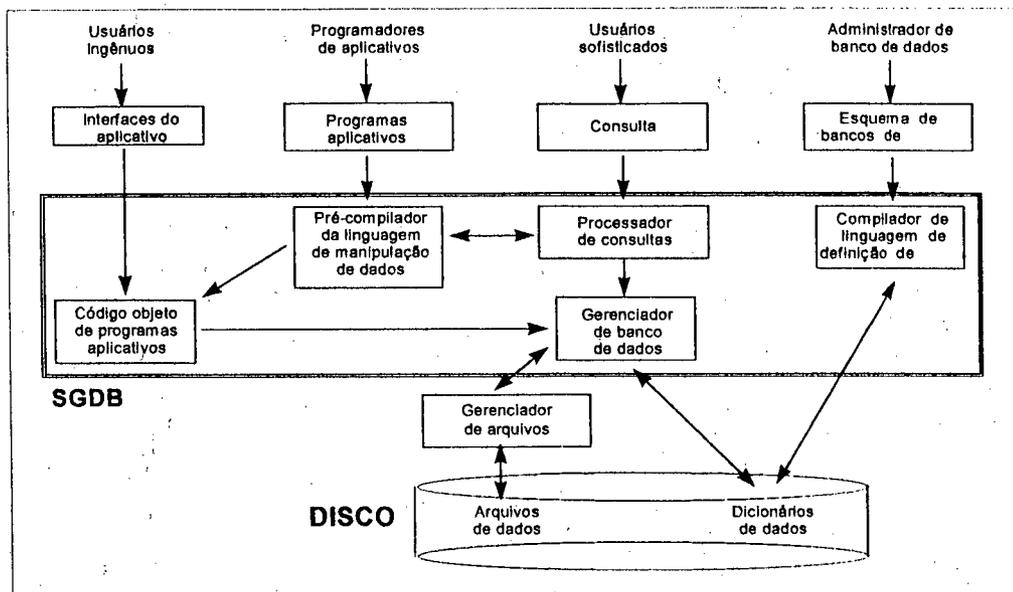


Figura 3.1 - Estrutura em módulos de um SBD (Adaptado de Date, 1991).

- Processador de Consultas → traduz as consultas escritas em uma linguagem de alto nível para instruções de baixo nível que o gerenciador do banco de dados entende.;
- Pré-compilador DML (Linguagem de Manipulação de Dados) → converte comandos DML embutidos em um aplicativo para chamadas de procedimento normal na linguagem hospedeira;
- Arquivos de Dados → armazenam banco de dados por si mesmos;
- Dicionário de Dados → é o componente responsável pelo armazenamento dos metadados sobre a estrutura do banco de dados. O dicionário de dados é bastante utilizado.

3.2 Modelos de Dados

De acordo com Korth (1993), modelos de dados são uma coleção de ferramentas conceituais para descrição de dados, relacionamentos de dados, semântica de dados e restrições de consistência. É de fundamental importância para uma estruturação de um banco de dados.

Para Heuser (1998), um modelo de dados é a descrição dos tipos de informações que estão armazenadas em um banco de dados.

Para se construir um modelo, utiliza-se uma *linguagem de modelagem de*

dados, que pode ser uma linguagem textual ou gráfica. Então, podemos apresentar um modelo de diversas formas, e cada apresentação do modelo recebe o nome de *esquema de banco de dados* (Heuser, 1998).

3.2.1 Classificação de Modelos de Dados

Os modelos de dados propostos atualmente, podem ser divididos em três (3) grandes grupos (Korth, 1993):

- Modelos Lógicos Baseados em Objetos (ou simplesmente Modelos Conceituais);
- Modelos Lógicos Baseados em Registros (ou simplesmente Modelos Lógicos);
- Modelos Físicos de Dados.

A nível de projeto de banco de dados, geralmente o projetista só constrói os modelos conceitual e lógico. Nesta dissertação, nos concentraremos somente no modelo conceitual.

3.2.1.1 Modelos Lógicos Baseados em Objetos - Modelos Conceituais

Uma realidade a ser modelada aparece sempre de forma nebulosa, difícil de ser entendida, compreendida. Porém, se nos concentrarmos nela, podemos retirar informações, fatos, que nos fazem conhecê-la de um modo mais organizado. Então, devemos registrar esse entendimento, e esse pode ser feito através da criação de um modelo (Machado, 1995).

Modelos conceituais são usados para representar/descrever uma realidade. Eles descrevem o banco de dados de forma independente de implementação em um SGBD, ou seja, registra que dados serão armazenados, mas não registra como serão armazenados em um SGBD (Heuser, 1998). Eles se caracterizam pelo fato de fornecerem, de forma conveniente, capacidade de estruturação flexíveis e admitem

estrições¹ de dados para serem explicitamente especificados (Korth, 1993). Então, um modelo conceitual especifica a estrutura lógica geral do BD baseado na percepção do mundo real.

O resultado de um modelo conceitual é chamado de *Esquema Conceitual* (Machado, 1995).

Modelos conceituais de dados são descritos através de sua representação gráfica e de sua definição textual.

Existem muitas técnicas de modelagem conceitual, as mais conhecidas são:

- Abordagem Entidade-Relacionamento (ER);
- Orientado a Objetos (OO);
- Objetos Semânticos de Dados

A técnica mais utilizada, atualmente, pela sua facilidade de uso e modelos bem consistentes com o mundo real, é a abordagem Entidade-Relacionamento (ER), criada por Peter Chen, em 1976 (Chen, 1976), e pode ser considerada como um padrão para a modelagem conceitual. O modelo conceitual gerado através desta técnica, é representado graficamente através de um diagrama chamado Diagrama Entidade-Relacionamento (Diagrama ER).

ABORDAGEM ENTIDADE RELACIONAMENTO

O modelo ER é um modelo formal. Um modelo formal é um modelo preciso, não ambíguo, que possui uma única interpretação. Isto significa que um modelo ER, terá sempre o mesmo significado para todos os leitores. O fato do modelo ser formal traz, além da não ambigüidade, a vantagem de permitir que uma *ferramenta CASE* possa gerar, a partir do Diagrama ER, um *esquema de BD* para um SGBD específico. Assim, é importante que o analista conheça perfeitamente o significado de um diagrama ER, para garantir a comunicação perfeita com outros e com as *ferramentas CASE*.

De acordo com Korth (1993), o Modelo ER consiste em uma coleção de objetos básicos chamados *entidades*, e em *relacionamentos* entre esses objetos, com

¹ Condições que devem ser satisfeitas para garantir a integridade e a consistência dos dados armazenados no banco de dados.

seus respectivos *atributos*, originalmente. Posteriormente foram adicionados outros conceitos, a fim de enriquecer o modelo ER.

➤ Entidade

Define-se entidade como algo que pode ser identificado, conjunto de “*coisas*” que se queira armazenar no BD (Kroenke, 1998). Uma entidade é representada graficamente através de um retângulo, com o nome da entidade dentro. Entidade é uma representação abstrata de um objeto da realidade modelada. Entidades podem representar tanto objetos concretos da realidade quanto objetos abstratos da realidade. A figura 3.2 mostra exemplos de entidades.

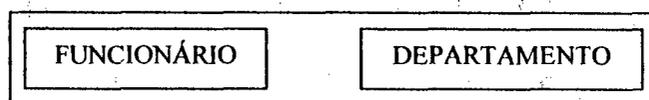


Figura 3.2 – Exemplos de Entidades

É importante destacar que uma entidade é um conjunto de informações de mesmas características (Machado, 1995). Sendo assim, na figura 3.2, a entidade FUNCIONÁRIO designa o conjunto de todos funcionários que se deseja manter informações no banco de dados. Caso se deseje referenciar um determinado funcionário, fala-se em *instância* ou *ocorrência da entidade funcionário* (Heuser, 1998).

➤ Relacionamento

Além de especificar os objetos sobre os quais deseja-se manter informações, pode-se especificar o *relacionamento* (a associação) entre estes objetos, ou seja, as entidades podem ser associadas entre si através de relacionamentos. Exemplificando, pode ser desejável saber que funcionários estão associados a qual departamento em uma organização. Em um Diagrama ER, a representação gráfica de um relacionamento é através de um losango, ligado por linhas aos retângulos representativos das entidades que participam do relacionamento.

O Diagrama ER da figura 3.3 contém duas entidades, *FUNCIONÁRIO* e *DEPARTAMENTO*, e um relacionamento, *LOTAÇÃO*.



Figura 3.3 – Exemplo de relacionamento entre duas entidades

De acordo com a definição no modelo ER original, um relacionamento pode incluir muitas entidades, e esse número de entidades que participam do relacionamento é chamado de *grau* de um relacionamento (Kroenke, 1998). Então, na figura 3.3 temos um relacionamento de grau 2, que são muito comuns e freqüentemente chamados de *relacionamentos binários*.

Não necessariamente um relacionamento associa entidades diferentes. Existe o *auto-relacionamento*, isto é, um relacionamento entre ocorrências de uma única entidade. Neste caso, é necessário um conceito adicional, o de *papel* da entidade no relacionamento (figura 3.4) (Heuser, 1998).

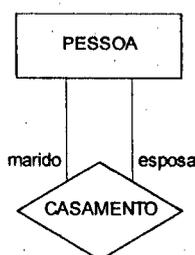


Figura 3.4 – Exemplo de auto-relacionamento

No caso do relacionamento de *CASAMENTO* (figura 3.4), uma ocorrência de *PESSOA* exerce o *papel* de *marido* e a outra ocorrência de *PESSOA* exerce o *papel* de *esposa*.

➤ Atributos

Em algumas versões de diagramas ER, *atributos* são mostrados dentro de elipses, conectados à entidade ou ao relacionamento aos quais pertencem (Kroenke, 1998). Outros autores preferem representar atributos através de linhas conectadas às entidades, ou relacionamentos, com uma bola em sua extremidade. A figura 3.5 nos mostra este tipo de representação gráfica, expressando que a entidade *PROJETO* possui um nome, um código e um tipo.

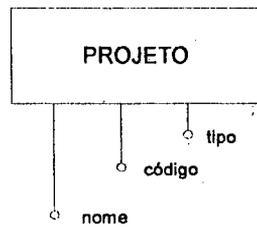


Figura 3.5 – Exemplo de atributos

Cada entidade deve possuir um *identificador*. Um *identificador* é um conjunto de atributos cujos valores servem para distinguir uma ocorrência da entidade das demais ocorrências da mesma entidade, e são representados como é mostrado na figura 3.6.

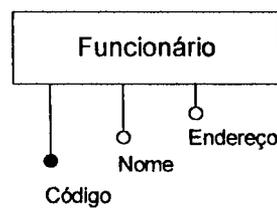


Figura 3.6 – Exemplo de atributo identificador

Já na entidade *ALUNO* (figura 3.7), o identificador da entidade é composto por mais de um atributo.

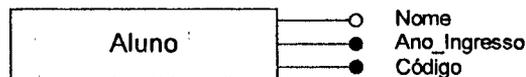


Figura 3.7 – Exemplo de atributo identificador composto

O identificador de uma entidade, seja ele simples ou composto, deve obedecer duas propriedades:

- O identificador deve ser *mínimo*, ou seja, deve ser o menor possível.
- Cada entidade deve possuir *um único* identificador.

Geralmente os atributos não são representados graficamente, a fim de não sobrecarregar um diagrama ER, visto que muitas entidades possuem muitos atributos.

➤ Cardinalidade

Uma das maneiras de se restringir relacionamentos é através da especificação de sua *cardinalidade*. Há duas cardinalidades a se considerar: a *máxima* e a *mínima*. A cardinalidade indica quantas ocorrências de entidade (no mínimo e no máximo) podem estar associadas através de um relacionamento.

Para Projeto de BD, apenas duas *cardinalidades máximas* são importantes: a cardinalidade máxima *1* e a cardinalidade máxima “muitos”, referida pela letra *n*.

- **1:1** → uma ocorrência da entidade *A* está associada a, no máximo, uma ocorrência da entidade *B*, e vice-versa (figura 3.8).



Figura 3.8 – Exemplo de cardinalidade 1:1

- **1:n** → uma ocorrência da entidade *A* está associada a qualquer número de ocorrências da entidade *B*. Uma ocorrência da entidade *B* pode estar associada a, no máximo, uma ocorrência da entidade *A* (figura 3.9).



Figura 3.9 – Exemplo de cardinalidade 1:n

- **n:n** → Uma ocorrência da entidade *A* pode estar associada a qualquer número de ocorrências da entidade *B*. Uma ocorrência da entidade *B* pode estar associada a qualquer número de ocorrências da entidade *A* (figura 3.10).



Figura 3.10 – Exemplo de cardinalidade n:n

Para fins de projeto de BD, consideram-se apenas duas *cardinalidades mínimas* (zero ou um). A cardinalidade mínima *1* também recebe a denominação de “*participação obrigatória* da entidade no conjunto de relacionamentos”, já que ela indica que a entidade deve estar associada ao menos uma vez pelo relacionamento, e a

cardinalidade mínima 0 recebe a denominação de "*participação opcional*". A cardinalidade mínima é anotada no diagrama junto com a cardinalidade máxima (figura 3.11) (Heuser, 1998).



Figura 3.11 – Exemplo de cardinalidade máxima e mínima

No caso de um relacionamento ternário (figura 3.12), a cardinalidade refere-se a *pares de entidades*. Em um conjunto de relacionamentos **R** entre três conjuntos de entidades **A**, **B** e **C**, a cardinalidade máxima de **A** e **B** dentro de **R** indica quantas entidades de **C** podem estar associadas a um par de entidades **A** e **B** (Heuser, 1998).

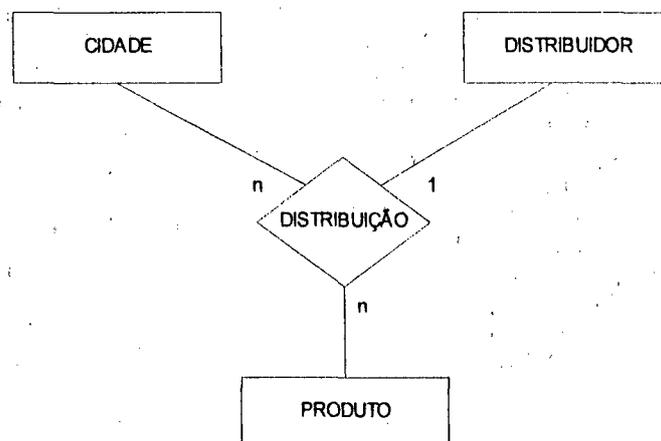


Figura 3.12 – Exemplo de relacionamento ternário

De acordo com o diagrama ER mostrado na figura 3.12, cada ocorrência do relacionamento *DISTRIBUIÇÃO* associa três ocorrências de entidade: um produto a ser distribuído, uma cidade na qual é feita a distribuição e um distribuidor (Heuser, 1998).

O "1" na linha que liga o retângulo representativo do conjunto de entidades *DISTRIBUIDOR* ao losango representativo do conjunto de relacionamentos expressa que cada par (*CIDADE*, *PRODUTO*) está associado a no máximo um distribuidor. Em outros termos, não há concorrência pela distribuição de um produto em uma cidade. Segundo Heuser (1998), os dois "n" expressam que:

- A um par (*CIDADE*, *DISTRIBUIDOR*) podem estar associados

muitos *PRODUTOS*, ou em outras palavras, um *DISTRIBUIDOR* pode *DISTRIBUIR* em uma *CIDADE* muitos *PRODUTOS*;

- A um par (*PRODUTO*, *DISTRIBUIDOR*) podem estar associadas muitas *CIDADES*, ou seja, um *DISTRIBUIDOR* pode *DISTRIBUIR* um *PRODUTO* em muitas *CIDADES*.

Um outro conceito importante na abordagem ER, é o de abstração. Em banco de dados, abstração é uma visão das informações em um nível mais elevado, onde certos detalhes destas informações são omitidos. As abstrações mais utilizadas são Generalização/Especialização e Entidade Associativa.

➤ Generalização/Especialização

Uma das principais abstrações introduzidas no modelo ER original foi a de generalização/especialização. Mas para entendermos melhor esta abstração, antes veremos o conceito de subclasse/superclasse. Em muitos casos, uma entidade possui um subconjunto de ocorrências com características bem particulares. Por exemplo, a entidade *EMPREGADO* pode ser um agrupamento de entidades *SECRETÁRIA*, *ENGENHEIRO*, *TÉCNICO*, e outros. Quaisquer ocorrências dessas subclasses (entidades especializadas), também fazem parte da entidade *EMPREGADO* (superclasse). O processo de definição das subclasses é chamado de *especialização*. Uma *generalização* seria então o processo inverso, ou seja, de posse das características de algumas entidades, identificamos as características comuns, e generalizamos estas entidades em uma única entidade (superclasse). A figura 3.13 mostra a representação gráfica de uma hierarquia de Generalização/Especialização.

Associada ao conceito de *generalização/especialização* está a idéia de *herança* de propriedades. Herdar propriedades significa que cada entidade do conjunto especializado (subclasses) possui, além de suas próprias propriedades (atributos, relacionamentos e generalizações/especializações), também as propriedades da entidade genérica correspondente (superclasse).

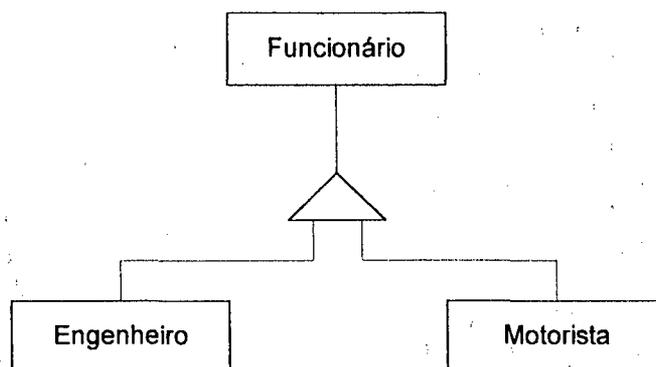


Figura 3.13 – Exemplo de Generalização/Especialização

Existe duas restrições para se aplicar especialização/generalização. A primeira diz respeito a **disjunção**, na qual especifica que as subclasses devem ser disjuntas, isto é, uma ocorrência de uma entidade genérica (superclasse) deve pertencer a somente uma entidade especializada (subclasse). Se a estrutura de generalização/especialização não for disjunta, então é chamada de **sobreposta** (Elmasri, 1989). Muitos autores adotam os termos **exclusiva** e **não-exclusiva** para denotar disjunção e sobreposição, respectivamente. Muitos autores também não permitem generalização/especialização sobreposta (não-exclusiva), porque as entidades especializadas (em muitos casos) não poderiam herdar o identificador da entidade genérica. Quando ocorrer estes casos, é preferível usar o conceito de relacionamento simples. Nesta dissertação também adotaremos este posicionamento (Heuser, 1998).

A outra restrição diz respeito a obrigatoriedade ou não de haver entidades especializadas. Em uma generalização/especialização **total**, para cada ocorrência da entidade genérica existe sempre uma ocorrência da entidade especializada. Toda entidade **CLIENTE** aparece obrigatoriamente em uma de suas especializações. É simbolizado por um “t” (figura 3.14). Em uma generalização **parcial** (figura 3.15), “*nem toda ocorrência da entidade genérica possui uma ocorrência correspondente em uma entidade especializada*” (Heuser, 1998); (Elmasri, 1989).

A generalização/especialização pode ser classificada, então, em quatro tipos:

- **Disjunta e total** (fig. 3.14)
- **Disjunta e parcial** (fig. 3.15)
- **Sobreposta e total**
- **Sobreposta e parcial**

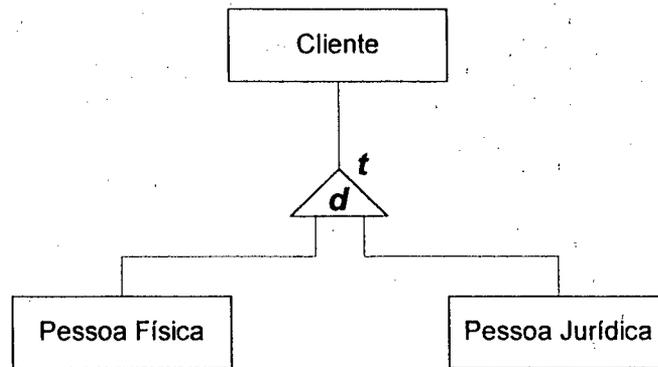


Figura 3.14 – Exemplo de Generalização/Especialização disjunta e total

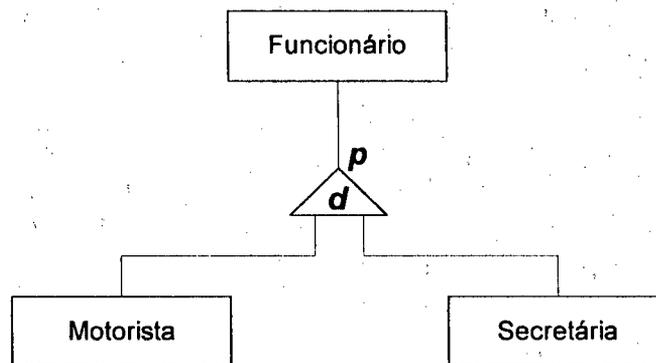


Figura 3.15 – Exemplo de Generalização/Especialização disjunta e parcial

➤ Definição Textual de Modelos ER

A descrição de um modelo é chamada, na terminologia de banco de dados, de o *esquema da base de dados*. Até agora tratamos sempre com a forma gráfica. Um diagrama ER (figura 3.16) pode ser também representado na forma textual (Heuser, 1998).

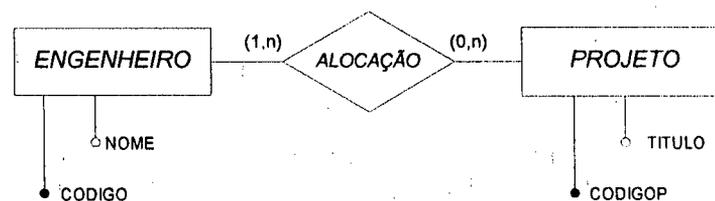


Figura 3.16 – Exemplo de diagrama ER

Esquema: ENG_PROJ

Entidade: ENGENHEIRO

Atributos: CODIGO: inteiro

NOME: texto(30)

Identificadores: CODIGO

Entidade: PROJETO

Atributos: CODIGOP: inteiro

TITULO: texto(50)

Identificadores: CODIGOP

Relacionamento: ALOCAÇÃO

Entidades (1,n) ENGENHEIRO

(0,n) PROJETO

3.3 Projeto de Banco de Dados Convencional

Projeto de banco de dados convencional é um processo complexo que envolve várias decisões a níveis muito diferentes. A complexidade é administrada melhor decompondo o problema em subproblemas e resolvendo cada subproblema independentemente, usando métodos específicos e técnicas. O *projeto de banco de dados* é a atividade que leva à implementação de um sistema de banco de dados. É executado em três etapas (Fig. 3.17): a) projeto conceitual, b) projeto lógico, c) projeto físico (Batini, 1992); (Heuser, 1998); (Machado, 1995).

Projeto de Banco de dados representa uma abordagem dirigida a dados para o desenvolvimento de sistemas de informação: o enfoque inteiro do processo de Projeto é colocado em dados e suas propriedades. Com uma abordagem dirigida a dados, primeiro é projetado o banco de dados, então depois as aplicações que usam o banco de dados. Este método foi desenvolvido no início dos anos 70, com o estabelecimento de tecnologia de banco de dados (Batini, 1992).

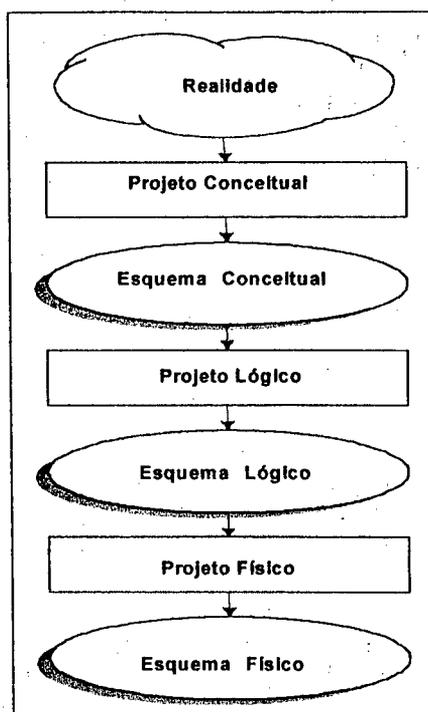


Figura 3.17 - Abordagem dirigida a dados para projeto de sistemas de informações (Adaptado de Batini, 1992).

3.3.1 Projeto Conceitual

Projeto Conceitual inicia da Especificação de Requisitos e resulta no **Esquema Conceitual** do banco de dados. Esta primeira etapa de projeto exige uma interação, muito diálogo com o usuário do sistema de banco de dados e o pessoal que desenvolve o projeto do sistema. Um **Esquema Conceitual** é uma descrição de alto nível da estrutura do banco de dados, independente do software de SGBD particular que será usado para implementar o banco de dados. Um **Modelo Conceitual** é uma linguagem que é usada para descrever o **Esquema Conceitual**. O propósito do projeto conceitual é descrever as informações contidas no banco de dados em lugar das estruturas de armazenamento que serão exigidas para administrar estas informações (Batini, 1992); (Heuser, 1998); (Machado, 1995).

O modelo conceitual do sistema compreende basicamente uma descrição de alto nível dos dados e estruturas usados pelo sistema, dos relacionamentos entre estes dados, e das aplicações que utilizam estes dados. O Diagrama Entidade-Relacionamento (Diagrama ER), de Peter Chen (Chen, 1976), expressa a descrição da

maior parte destes dados. O restante da descrição aparece como descrição textual, normalmente (Batini, 1992).

3.3.2 Projeto Lógico

Projeto lógico é a descrição dos dados do BD em termos de modelo de dados (como relações no modelo relacional) suportado pelo SGBD. É a conversão em um modelo lógico segundo uma abordagem de modelo de banco de dados, e é feita através de regras de mapeamento. Ex. regras de mapeamento ER → Relacional.

Projeto Lógico inicia do Esquema Conceitual e resulta no **Esquema Lógico**. Um esquema lógico é uma descrição da estrutura do banco de dados que pode ser processada pelo software de SGBD. Um **Modelo Lógico** é uma linguagem que é usada para especificar esquemas lógicos. O modelo lógico mais amplamente usado é o Modelo Relacional. Projeto lógico depende do modelo de dados usado pelo SGBD, mas não do SGBD específico usado (em outras palavras, projeto lógico é conduzido da mesma maneira para todo o SGBD relacional porque eles todos usam o modelo relacional).

3.3.3 Projeto Físico

Projeto Físico inicia do Esquema Lógico e resulta no **Esquema Físico**. Um esquema físico é uma descrição da implementação do banco de dados (base de dados) em memória secundária; descreve as estruturas de armazenamento e métodos de acesso usados para se ter acesso aos dados efetivamente. Então, projeto físico é ligado a um SGBD específico. Há realimentação entre projeto físico e lógico, porque decisões levantadas durante projeto físico, para melhorar o desempenho, podem afetar a estrutura do esquema lógico (Batini, 1992); (Heuser, 1998); (Machado, 1995).

Uma vez que o projeto físico do banco de dados é completado, os esquemas lógicos e físicos são expressos pela *linguagem de definição de dados* (DDL) do SGBD designado.

3.4 Importância de um Projeto Conceitual

O projeto conceitual é sem dúvida a fase mais crítica de projeto de banco de dados. As características básicas de projeto conceitual e de modelos conceituais de dados é relativamente simples, e a compreensão delas não requer muito conhecimento técnico sobre sistemas de banco de dados como uma condição prévia. Sendo assim, os usuários podem aprender muito facilmente sobre projeto conceitual, ajudando os projetistas em seu trabalho e até mesmo projetar bancos de dados simples.

Uma influência maior do usuário final em decisões de projeto tem muitas conseqüências positivas, tais como:

- A qualidade do esquema conceitual melhora;
- O projeto converge para um provável resultado esperado;
- Ocorre uma diminuição de custos de desenvolvimento.

Outro argumento forte a favor do projeto conceitual é sua independência com relação a um SGBD particular. De acordo com Batini (1992), esta característica gera várias vantagens:

1. A escolha do SGBD pode ser adiada;
2. Se o SGBD ou requisitos da aplicação mudam, o esquema conceitual ainda pode ser usado como um ponto de partida para a nova atividade de projeto;
3. Podem ser comparados bancos de dados diferentes, descritos pelo esquema conceitual deles.

O projeto conceitual enfatiza o uso de esquemas conceituais depois do fim do projeto. O esquema conceitual não deve ser considerado como um documento intermediário de projeto, deve permanecer como parte das especificações de banco de dados, organizada com uma variedade de documentos que também descrevem em detalhes a aquisição de requisitos e processo de projeto. O modelo conceitual e sua documentação facilitam a compreensão de esquemas de dados e de aplicações que os usam, e assim facilita a transformação e manutenção deles (Batini, 1992).

Capítulo 4

MODELOS CONCEITUAIS PARA APLICAÇÕES GEOGRÁFICAS

Este capítulo tem como objetivo apresentar alguns modelos de dados conceituais geográficos, mostrando pontos fortes e fracos.

4.1 Modelos de Dados Conceituais

Quando projetamos um Sistema de Informações, a metodologia usada normalmente requer a criação de modelos de dados de modo que a composição de futuros bancos de dados possam ser definidos e comunicados.

Para criar esses modelos, projetistas, programadores e usuários fazem uso de formalismos, que são linguagens formais criadas a partir de um número restrito de conceitos com notação gráfica e regras de uso (por exemplo, Entidade e Relacionamento de Peter Chen). O primeiro nível desses modelos é chamado de *conceitual* e é independente da tecnologia usada, desde que ela define o "o que" do modelo sem considerar o "como".

Modelos de dados são visões simplificadas de uma parte da realidade e são construídos de acordo com certas regras para facilitar a implementação de um banco de dados em um sistema de informação. Nossa capacidade geral de compreensão, recordação, tomada de decisões e comunicação depende de nossa capacidade de construir modelos.

Modelagem de dados é um processo de abstração onde os elementos essenciais são enfatizados e aqueles não-essenciais são eliminados com relação a um objetivo específico (ex.: melhorar os meios de transporte, estabelecer um melhor gerenciamento dos arquivos de propriedades). A modelagem de dados requer o uso de dados para criar o modelo (ex.: formas normais de Codd) e para comunicar este modelo, i.e. o emprego de uma linguagem com um conjunto de símbolos bem definidos (literal e/ou gráficos) com significados associados.

A construção de bons modelos de dados é muito importante visto que eles têm o papel principal na determinação de "qual parte" da realidade está sendo representada

no banco de dados, como ela é representada, o que pode ser feito com esta representação e com que velocidade ela pode ser concluída. Além disso, os modelos de dados descrevem a fonte mais estável e cara de um sistema de informações: **os dados**.

Um bom modelo de dados inclui todos os tipos de entidades sobre as quais queremos informações, todos os atributos necessários para descrever as características desejadas dos tipos de entidades selecionadas e todas as relações necessárias entre estes tipos de entidades (Paquette, 1989).

De acordo com Batini (1992), um modelo de dados conceitual deve possuir as seguintes características:

- Expressividade → O modelo conceitual deve disponibilizar uma grande variedade de conceitos que habilite uma melhor representação da realidade, ou seja, modelos conceituais ricos em conceitos (abstrações e construtores) são muito expressivos;
- Simplicidade → Um modelo conceitual deve ser simples, para que os usuários e projetistas possam compreender bem o modelo. A simplicidade e expressividade possuem objetivos conflitantes: se um modelo é semanticamente rico, pode ser que não seja simples;
- Minimalidade → Todo o conceito presente no modelo tem significado distinto com respeito a outro conceito, isto é, um conceito não pode ser expressado pela composição de outros conceitos;
- Formalidade → Formalidade requer que todos os conceitos do modelo tenham uma única, precisa, e bem definida interpretação.

“Modelagem de dados espaciais consiste na formulação de um conjunto adequado de abstrações para a representação da realidade geográfica no banco de dados, e na definição de critérios de manipulação e regras de integridade.” (Times, 1994)

4.2 Modelos de Dados Conceituais Geográficos

Muitos dos modelos de dados utilizados para a modelagem de aplicações geográficas, são extensões de modelos semânticos (tal como ER (Chen, 1976)) ou de modelos orientados a objetos (tal como OMT (Rumbaugh, 1991)). Apesar da grande expressividade desses modelos (ER, OMT), eles apresentam limitações na modelagem de aplicações geográficas, pois não possuem primitivas geográficas apropriadas para a representação de dados espaciais. Então a solução é criar extensões para representar a realidade geográfica.

Modelos de dados são representações da realidade que podem variar de acordo com o nível de abstração empregado. Para Câmara (1995), existem quatro níveis de especificação de aplicações geográficas (figura 4.1):

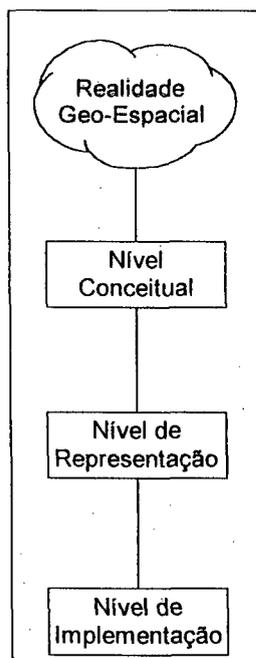


Figura 4.1 - Níveis de especificação de aplicações geográficas.

- Nível do Mundo Real → que contém os fenômenos geográficos a serem representados. Exemplos são os rios, as cidades, as ruas da cidade e vegetação;
- Nível Conceitual → oferece um conjunto de conceitos formais para modelar as entidades geográficas, em um alto nível de abstração. Neste nível é determinado classes básicas que

possibilitem a especificação dos campos e objetos geográficos que são relevantes para a criação do banco de dados;

- Nível de Representação → as entidades geográficas definidas no nível conceitual, são associadas às classes de representação espacial disponíveis nos SIG's. As classes de representação podem variar de acordo com a escala, projeção escolhida ou a visão do usuário;
- Nível de Implementação → é diretamente dependente do software de SIG a ser utilizado. Define as estruturas de armazenamento de cada tipo de representação.

Os modelos de dados existentes para SIG estão relacionados com diferentes formas de percepção da realidade que podem ser empregadas. Para Goodchild (1990a), estes modelos podem ser divididos segundo duas visões (figura 4.2):

- visão de campo → quando a realidade observada possui uma distribuição contínua no espaço, os objetos do banco de dados são criações do processo de modelagem;
- visão de objeto → muitas entidades existem independente de qualquer processo de modelagem, como por exemplo, uma rua, que possui dimensões bem definidas.

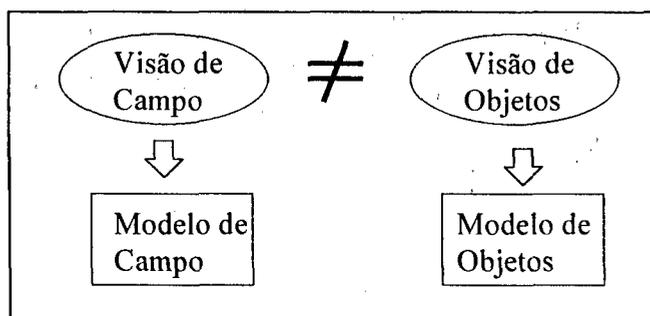


Figura 4.2 - Visão de Campo e visão de objetos.

Goodchild (1990b) descreve seis tipos diferentes de modelos de dados baseados na visão de campo. São eles (figura 4.3):

1. Amostragem Irregular de Pontos → o banco de dados contém um conjunto de tuplas $\langle x,y,z \rangle$ representando valores coletados em um conjunto finito de localizações irregularmente espaçadas. (ex.: estações de medições de temperatura);
2. Linhas de Contorno → o banco de dados contém um conjunto de linhas, cada uma com um valor z associado. (ex.: curvas de nível);
3. Polígonos Adjacentes → a área é particionada em um conjunto de polígonos, onde cada localização pertence a exatamente um único polígono. Cada polígono tem um valor que é único em todas as posições dentro do polígono. Os limites dos polígonos são descritos por pares ordenados de coordenadas $\langle x,y \rangle$. (ex.: tipos de solo);
4. Amostragem Regular de Pontos → como no item 1. porém com pontos distribuídos regularmente. (ex.: modelo de elevação de terreno);
5. Grade de Células (tesselação) → a área é particionada em uma grade regular de células, onde o valor de cada célula corresponde ao valor da variável para todas as posições dentro da célula. (ex.: imagens de satélites);
6. Rede Triangular Irregular → a área é particionada em triângulos irregulares. O valor da variável é definido em cada vértice do triângulo e varia linearmente sobre o triângulo. (ex.: TIN).

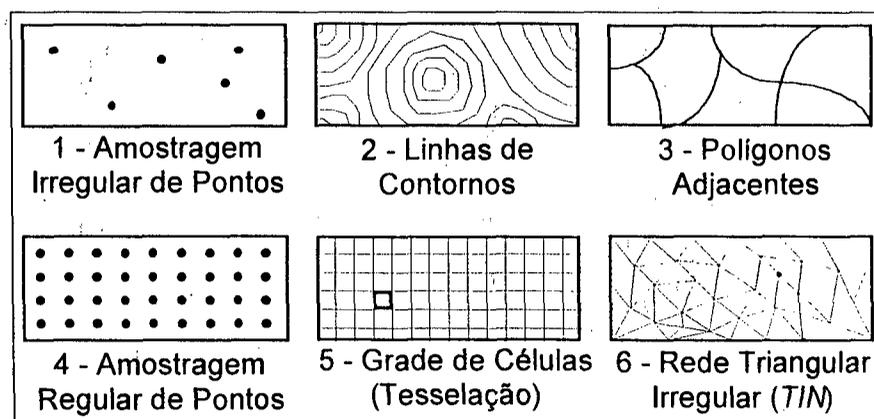


Figura 4.3 - Visão de Campo (Adaptado de Goodchild, 1990b).

Cada um desses modelos pode ser representado em um banco de dados como um conjunto de pontos, linhas, áreas ou células. Normalmente, os modelos 4 e 5 são mapeados em uma estrutura matricial, enquanto que os demais são mapeados em uma estrutura vetorial (Lisboa, 1997); (Goodchild, 1990b).

Baseando-se na visão de objetos, os objetos são representados como pontos, linhas ou polígonos (áreas, como é encontrado em várias literaturas). Dois objetos podem estar localizados na mesma posição geográfica, ou seja, podem possuir coordenadas idênticas (Lisboa, 1997).

Muitos modelos de implementações não fazem distinção entre visão de campos ou de objetos. Por exemplo, um conjunto de linhas pode representar contornos (visão de campos) ou estradas (visão de objetos), embora as implicações das intersecções sejam muito diferentes nos dois casos (Goodchild, 1990b).

Juntando os conceitos, no nível conceitual é modelada a realidade como um conjunto de atributos convencionais e georreferenciados. Atributos georreferenciados estão relacionados com alguma região na superfície terrestre, de acordo com uma visão de campo ou de objetos.

Para Lisboa (1997), essa divisão em níveis torna evidente que a dicotomia entre a visão de campos e objetos é considerada nos níveis conceitual e de representação, e a dicotomia entre estruturas vetoriais e matriciais é uma questão inerente ao nível de implementação.

De acordo com Câmara (1995), estes níveis de especificação possuem uma certa relação com as etapas de projeto de banco de dados (descritas no capítulo 3.3), e leva a compreensão de que as etapas do projeto de banco de dados convencional são bem menos complexas do que as de projeto de banco de dados geográfico.

O nível conceitual, descrito por Câmara (1995), equivale a fase do projeto conceitual de banco de dados, acrescida de conceitos específicos de aplicações geográficas como a diferenciação entre os campos e objetos geográficos. (Lisboa, 1997)

Muitos modelos foram propostos para atender as necessidades das aplicações geográficas, entre eles estão o Modelo GMOD (Oliveira, 1997), o Modelo MGEO (Times, 1994), o Modelo GeoIFO (Tryfona, 1995) e o Modelo MODUL-R (Caron, 1993).

4.2.1 Modelo *GMOD*

O modelo GMOD é resultado de um projeto de pesquisa da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), entre outras.

É um modelo orientado a objetos proposto no ambiente de desenvolvimento de aplicações geográficas UAPE (*geo-User Analysis and Project Environment*). Este modelo é uma extensão do modelo descrito por Câmara (1994), e permite a definição de fenômenos georreferenciados de acordo com as visões de campos e objetos, através de classes pré-definidas. A figura 4.4 nos mostra a hierarquia de classes no Modelo GMOD.

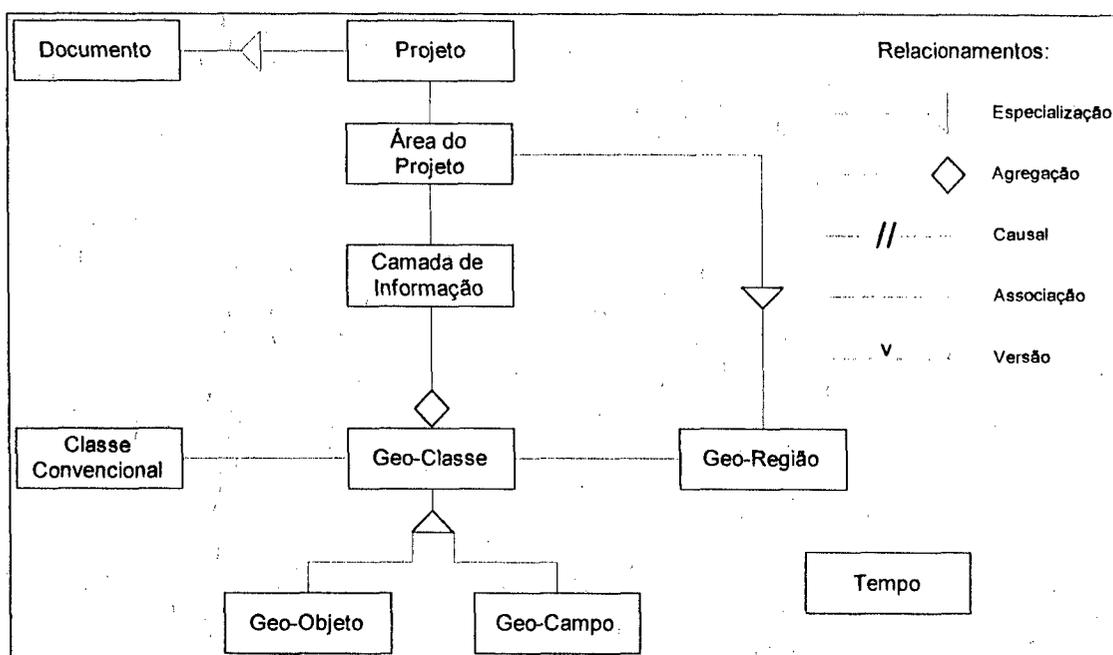


Figura 4.4 - Modelo de Dados GMOD (Oliveira, 1997).

O modelo possui três construtores básicos:

- *Classe* → como nos modelos orientados a objetos;
- *Relacionamento* → possibilita conectar as classes de diversas maneiras;
- *Restrição* → permite a definição de regras de consistência imposta sobre as classes, relacionamentos ou suas instâncias.

Quando a dimensão temporal for importante (relevante), uma classe ou um relacionamento pode ser definida como *temporal*.

Uma descrição mais detalhada pode ser encontrada em Oliveira (1997).

4.2.2 Modelo MGEO

O modelo MGEO é um modelo conceitual proposto por Times (1994), e utiliza a representação gráfica do modelo de objetos OMT. Este modelo apresenta uma extensa hierarquia de classes capazes de representar um grande conjunto de requisitos relacionados às aplicações geográficas. A representação gráfica baseada em objetos é bem detalhada, porém a baseada em campos é muito fraca.

O modelo de dados proposto por Times (1994) apresenta as seguintes características:

- representação das camadas temáticas;
- definição de um grande número de operações espaciais;
- elevado nível de abstração, permitindo que os usuários raciocinem convenientemente sobre os objetos de qualquer aplicação do domínio vetorial;
- previsão da integração de ambas representações gráficas: *raster* e *vetorial*;
- dados geográficos são representados em função de suas características descritivas, geométricas e gráficas;
- alterações na escala modificarão não só as características geométricas do dado geográfico, mas também sua simbologia e descrição;
- as associações múltiplas entre os objetos espaciais (ponto, linha e região), símbolos e objetos não espaciais são definidas. Isto permite que uma cidade, por exemplo, possa ser representada por um ponto ou por uma região. Ou por outro lado, permite que uma linha representando uma fronteira entre dois estados (UF) possa ser descrita pelos mesmos;
- especificação formal.

A figura 4.5 mostra a estrutura de um *BD_GEO* (Um *BD_GEO* é a maior unidade de informação. É responsável pela agregação de todos os modelos de representação), onde aparecem também os relacionamentos entre as classes de objetos mais genéricas. A classificação dos objetos geográficos envolvidos neste modelo é mostrado na figura 4.6.

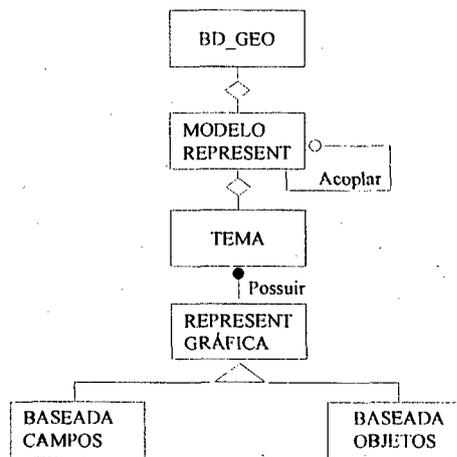


Figura 4.5 - Estrutura do *BD_GEO* (Times, 1994).

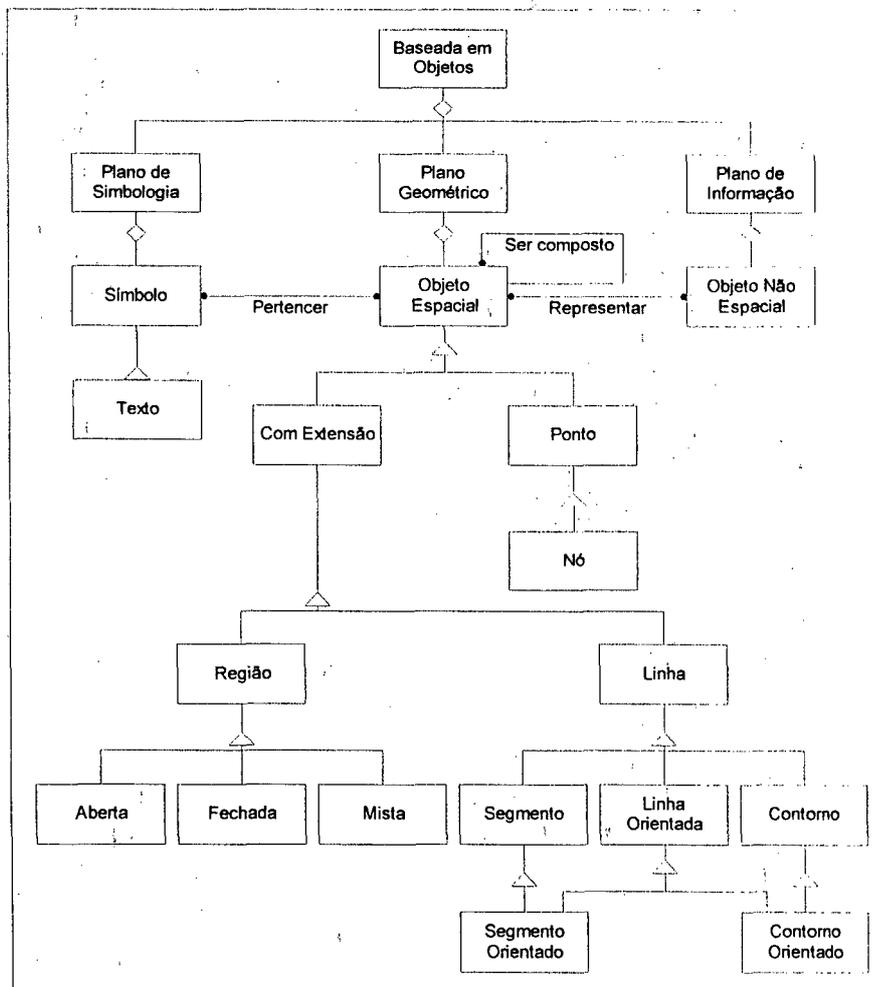


Figura 4.6 - Hierarquia das classes de objetos geográficos (Times, 1994).

A classe *Baseada em Objetos* representa informação de um SIG onde os objetos geográficos são individualizados e tem identificação com elementos do mundo real, como lotes num mapa cadastral.

Uma descrição detalhada do modelo, bem como exemplo de utilização, podem ser encontrados em Times (1994).

4.2.3 Modelo GeoIFO

O modelo GeoIFO foi proposto por Tryfona e Hadzilacos (Tryfona, 1995), e é uma extensão do modelo IFO, onde um conjunto mínimo de novos construtores semânticos é introduzido para representar esquemas conceituais de bancos de dados geográficos (figura 4.7). Porém, os relacionamentos espaciais não foram abordados neste modelo.

Os objetos do mundo real estão ligados ao espaço através de sua posição. A posição de um objeto inclui sua localização, forma, tamanho e orientação. Em modelos semânticos, a posição de um objeto pode ser modelada como um tipo especial de atributo, assim, posição seria uma função que retornaria para cada objeto geográfico uma parte do espaço. (Lisboa, 1997)

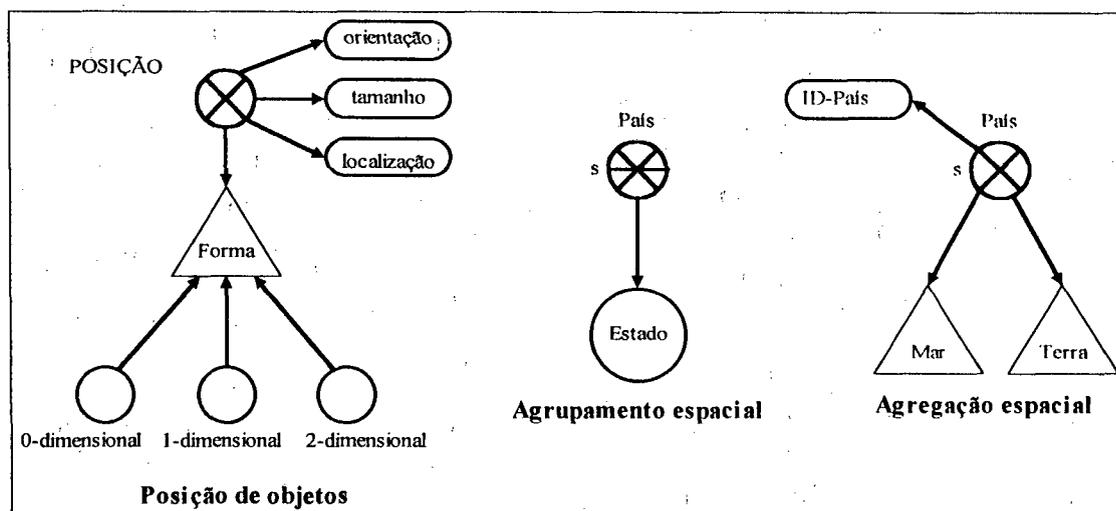


Figura 4.7 - Componentes do Modelo *GeoIFO* (Tryfona, 1995)

Neste modelo não foram abordados aspectos relacionados a representação das relações espaciais e as estruturas topológicas de conectividade, nem a questão de múltiplas representações.

Uma descrição mais detalhada do modelo pode ser encontrado em Tryfona (1995).

4.2.4 Modelo *MODUL-R*

O Modelo *Modul-R* (*Modul* de estrutura modular, e *R* de modelagem integrada da realidade) é uma extensão do modelo usado pelo método MERISE, voltado para aplicações geográficas urbanas. Proposto por Caron (1993), apresenta a utilização de pictogramas espaciais (figura 4.8 e 4.9) para substituir relacionamentos e entidades geométricas, a fim de facilitar a leitura dos diagramas, bem como a diminuição do tamanho do mesmo (técnica esta chamada de *Técnica de Substituição Simbólica* (Bédard, 1989)). Além disso, a combinação desses pictogramas representam as múltiplas visões de uma mesma entidade.

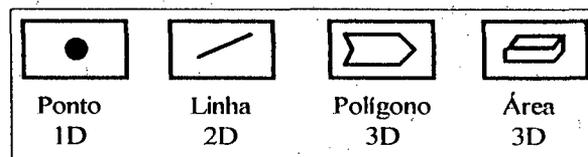


Figura 4.8 - Pictogramas espaciais (Bédard, 1989).

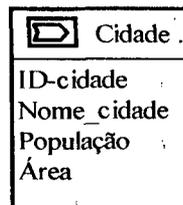


Figura 4.9 - Entidade com referência espacial (Caron, 1993).

Modul-R é baseado em uma estrutura modular, cujos módulos apresentam (cada um) um conjunto de componentes semânticos para o projetista do banco de dados utilizar na construção do modelo conceitual. Não existe uma forma explícita de modelagem de fenômenos sob a visão de campo.

Uma descrição mais detalhada do modelo pode ser encontrado em Caron (1993).

4.3 Conclusões com Relação aos Modelos

Dos modelos descritos sucintamente acima, apenas os modelos GMOD, MGeo e GeoIFO apresentam uma representação na visão de campo e de objetos. O modelo Modul-R apresenta apenas uma representação na visão de objetos.

Com relação aos relacionamentos espaciais, todos os modelos se mostraram ineficientes para representá-los. Apresentam apenas primitivas para representar relacionamentos espaciais de pertinência. Relacionamentos de adjacência e conectividade não são cobertos pelos modelos descritos.

Com relação a temporalidade dos dados geográficos, apenas os modelos GMOD e Modul-R fornecem mecanismos para sua representação.

Sabe-se que uma entidade geográfica pode estar representada em diferentes mapas, podendo ter diferentes formas, ou seja múltiplas representações. Apenas os modelos GMOD e MGeo criaram primitivas para se ter múltiplas representações, porém não em um nível conceitual, mas sim em um nível de representação.

A complexidade dos modelos gerados estão diretamente relacionados com o tamanho de seus diagramas conceituais. O modelo Modul-R introduziu a utilização de pictogramas gráficos, diminuindo assim o tamanho de seu diagrama, sem afetar a qualidade da modelagem gerada, conseqüentemente, se tornando de simples entendimento.

De todos os modelos descritos acima, o modelo GMOD se mostrou o mais completo, mas ainda é muito falho na representação da realidade geográfica, principalmente nos aspectos de relacionamentos espaciais e temporalidade.

Capítulo 5

METODOLOGIA PARA PROJETO E MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Este capítulo tem como objetivo propor uma metodologia de projeto de banco de dados geográfico. Também é proposto uma extensão do modelo ER.

5.1 Introdução

Muitos problemas relativos à viabilidade de um SIG podem ser resolvidos através de um bom projeto. As fases de um projeto de banco de dados convencional estão descritas no capítulo 3.3. Porém, se tratando de um banco de dados para Sistemas de Informações Geográficas, estas fases sofrem modificações. Na figura 5.1 identificamos as diferenças nas etapas de projeto de Banco de Dados.

A metodologia elaborada nessa dissertação visa o desenvolvimento e documentação das etapas do projeto conceitual de banco de dados geográfico, mais especificamente a análise de requisitos e a modelagem conceitual (figura 5.1).

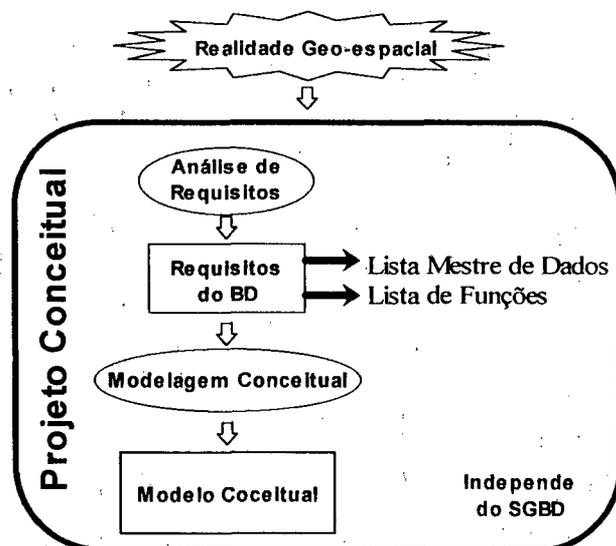


Figura 5.1 - metodologia elaborada

5.2 Projeto Conceitual

O projeto conceitual de um SIG consiste na modelagem conceitual do banco de dados. O planejamento do banco de dados é uma atividade importante no desenvolvimento de um SIG.

O projeto conceitual começa com a identificação dos dados necessários, inclusão desses (e de outros) dados em um modelo de dados e coleta de dados. O produto desta etapa é um modelo conceitual definido.

5.2.1 Análise de Requisitos

Uma análise de requisitos é necessária e é a primeira etapa de um projeto de SIG. Esta etapa produz dois conjuntos de informações importantes:

- a lista de funções que o SIG irá fazer;
- uma lista mestre de todos os dados espaciais e não espaciais

A etapa de análise de requisitos, que é feita através de entrevistas, gera informações que permitem projetar o banco de dados, identificar *software* SIG que mais satisfaz as necessidades de seus usuários, bem como preparar seu plano de implementação (figura 5.2).

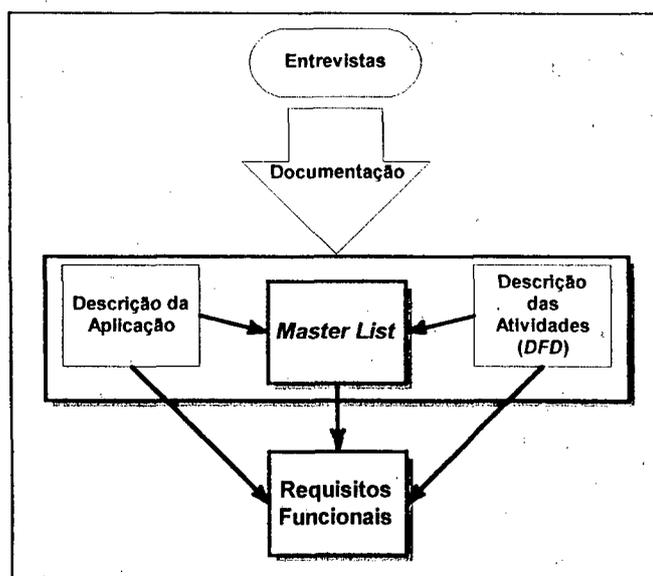


Figura 5.2 - Análise de Requisitos - Documentação

É muito importante documentar toda a análise de requisitos, de uma forma clara, estruturada e padrão. A documentação pode ser feita através de um conjunto de formulários (Calkins, 1999). Os formulários são desenvolvidos por uma equipe, de forma que sejam de utilização geral, trazendo todo tipo de informação necessária para o desenvolvimento de qualquer aplicação de SIG. Nesta dissertação foi elaborado um conjunto de formulários próprios. Este conjunto de formulários contempla:

- Descrição do Projeto, onde será mostradas informações importantes relativo a todo o projeto, em 10 páginas de formulários, contemplando dados como instituições envolvidas, pessoal envolvido no projeto, área de estudo com o sistema de projeção utilizado, resumo, objetivos e metas, metodologia e estratégia de ação, resultados e impactos esperados, riscos e dificuldades, outros projetos e financiamentos e referência bibliográfica (os formulários para descrição de projeto encontram-se no anexo 1);
- Descrição da Aplicação, mostrando informações de identificação da aplicação, o propósito (justificativa) da aplicação, escala, tipo de resposta (mapa ou tabela, em vídeo ou papel), dados necessários para a aplicação (separando já em entidades, com/sem objeto espacial, atributos, não se importando com o tipo do atributo) (figura 5.3);
- Saída Gráfica (mapa), mostrando um esboço do mapa a ser produzido, inclusive com legendas e símbolos a serem utilizados (pode ser feito a mão livre, porém deve estar na escala aproximada) (figura 5.4);
- Saída de Relatório (tabular), mostrando exemplo das tabelas a serem produzidas pela aplicação (como relatórios) (figura 5.5);
- Descrição das Atividades, que normalmente é feita por especialistas utilizando a técnica de DFD (Diagrama de Fluxo de Dados), por se tratar de uma metodologia para descrever funções (figura 5.6);
- Diagrama dos Dados, mostrando as entidades de dados e seus

relacionamentos (figura 5.7). Para tal, utiliza-se uma abordagem de modelagem de dados. Nesta dissertação, está sendo proposta, também, uma abordagem de modelagem de dados espaciais, **Abordagem ERG**, que é descrita em detalhes mais adiante.

UNIVALI Sistema de Informação Geográfica
 GINT/Mar Análise de Requisitos

Aplicação Número:
 Nome da Aplicação:
 Departamento:
 Definido por:

Finalidade e Descrição:

Tipo de Aplicação:
 Exibição (Display)
 Consulta
 Análise Especial

Escala: _____
 Chave de Consulta: _____

Dados Requeridos:

Entidades (features)	Atributos	Objeto Especial

Elaborado por: _____
 Aprovado por: _____ Data: ____/____/____

Figura 5.3 - Análise de Requisitos - Formulário de Descrição da Aplicação

UNIVALI Sistema de Informação Geográfica
 GINT/Mar Análise de Requisitos

Aplicação Número:
 Nome da Aplicação:
 Departamento:
 Definido por:

Amostra da Saída Gráfica:

Tela (Display)
 Impressora/Plotter
 Arquivo Formato: _____

Legenda:

Elaborado por: _____
 Aprovado por: _____ Data: ____/____/____

Figura 5.4 - Análise de Requisitos - Formulário de Saídas Gráficas



Sistema de Informação Geográfica
Análise de Requisitos

Aplicação Número: _____
 Nome da Aplicação: _____
 Departamento: _____
 Definido por: _____

Layout de Relatório:
 Tela (Display)
 Impressora/Plotter
 Arquivo
 Formato: _____

Elaborado por: _____
 Aprovado por: _____

Data: ____/____/____

Figura 5.5 - Análise de Requisitos - Formulário de *Layout* de Relatório (Tabular)



Sistema de Informação Geográfica
Análise de Requisitos

Aplicação Número: _____
 Nome da Aplicação: _____
 Departamento: _____
 Definido por: _____

Descrição de Processos: *Diagrama de Fluxo de Dados - DFD*

Elaborado por: _____
 Aprovado por: _____

Data: ____/____/____

Figura 5.6 - Análise de Requisitos - Formulário de Descrição de Processos



Sistema de Informação Geográfica
Análise de Requisitos

Aplicação Número:
Nome da Aplicação:
Departamento:
Definido por:

Descrição de Dados: Diagrama ERG

Elaborado por: _____
Aprovado por: _____ Data: ____/____/____

Figura 5.7 - Análise de Requisitos - Formulário de Descrição de Dados

5.2.2 Modelagem Conceitual

A modelagem conceitual identifica o conteúdo do banco de dados, e descreve o **que** o banco de dados deverá conter e **não como** estes dados serão implementados.

Como visto nos itens 3.2 e 4.1, um modelo de dados é uma definição formal dos dados. Não é uma tarefa fácil. Esta etapa é enfocada somente em especificar o que será incluído no banco de dados, e deverá prover, de uma forma clara e não ambígua, uma lista (e/ou diagrama) de todos os dados (entidades, relacionamentos e atributos) presentes no banco de dados do SIG.

O processo de modelagem de dados é feito normalmente utilizando-se uma abordagem, como visto no item 3.2.1.1. Normalmente é utilizada a abordagem ER (Entidade-Relacionamento), porém esta abordagem necessita de extensões para uma melhor descrição dos dados de uma realidade geográfica. O diagrama gerado serve também para se descobrir inconsistências de dados descritos na etapa de análise de requisitos.

O processo de construção do modelo envolve as entidades e atributos da lista mestre. Já os relacionamentos, convencionais e espaciais, são encontrados examinando-se as descrições das aplicações e determinando se os processos necessitarão de uma

operação específica (figura 5.8).

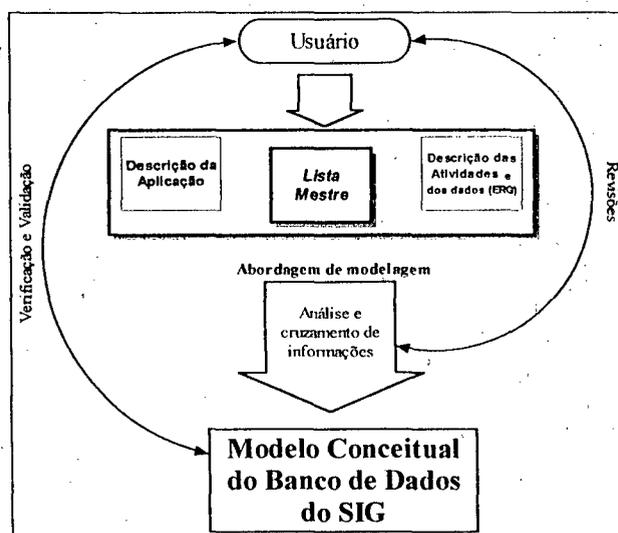


Figura 5.8 - Construção do modelo conceitual

Como as entidades são agregadas em um único modelo, a lista mestre deverá ser revisada e alterada quando necessário, inclusive se verificando redundâncias de dados. Esta nova lista, completa e livre de redundâncias, é então utilizada para a construção do arquivo de **Metadados**. Metadados são informações sobre dados, devem descrever as características dos dados, tais como precisão, fonte, entidade onde está presente, etc.

5.2.2.1 Abordagem ERG

É um modelo de dados conceitual para aplicações de sistemas de informações geográficas. É chamado de modelo ERG (entidade-relacionamento geográfico), utilizando a notação do modelo ER (entidade-relacionamento).

O modelo ERG integra tanto a visão de campo, quanto a visão de objeto, utilizando para isso entidades e relacionamentos, pictogramas pré-definidos. Apresenta também algumas abstrações para a questão de múltiplas visões de uma mesma entidade, pela variação da escala, por exemplo.

A opção de estender o modelo ER se deu pelo fato de atualmente existirem muitos projetistas de bancos de dados que dominam a utilização desta abordagem, para modelagem de bancos de dados que seguem o modelo relacional, além de possuir uma notação gráfica muito simples e poderosa. A maioria dos SIG's disponíveis no mercado

utilizam banco de dados relacional (independente do desenvolvedor). Baseado neste fato, nada melhor que se estender a abordagem que melhor se adapte a este modelo de banco de dados, facilitando, inclusive, o mapeamento do modelo conceitual para o modelo lógico.

Nesta dissertação foram introduzidas primitivas geográficas no modelo ER convencional, a fim de aumentar a capacidade de representar a semântica da aplicação geográfica.

O modelo ERG apresenta as seguintes características gerais:

- utiliza conceitos de visão de campos e visão de objetos;
- diferencia as classes espaciais das convencionais;
- utiliza uma representação simbólica, através de pictogramas, que possibilita a percepção imediata da natureza do dado;
- representa no modelo os relacionamentos espaciais e os convencionais;
- possibilita a representação de múltiplas visões de uma mesma classe geográfica, em função da variação da escala;
- é totalmente independente da implementação.

No modelo ERG, será utilizado o método de Simplificação de Esquemas por Substituição Simbólica (Bédard, 1989); (Caron, 1993), e na tabela 5.1 é apresentado um conjunto fixo de tipos geométricos através de pictogramas espaciais que representam as formas geométricas destas entidades.

5.2.2.2 Entidades Convencionais e Georreferenciadas

Uma entidade é a representação de objetos ou "coisas" que serão inseridas em um banco de dados. Estes objetos, em um banco de dados geográfico, podem estar associados a objetos espaciais (no espaço contínuo ou discreto), possuindo propriedades geográficas. Estas entidades serão chamadas de Entidades Georreferenciadas (espacial). Quando uma entidade não possuir uma associação com um objeto espacial, então serão chamadas de Entidades Convencionais (ou simplesmente Entidades).

Podemos especializar entidades georreferenciadas de acordo com a visão de

campos e de objetos (figura 5.9).

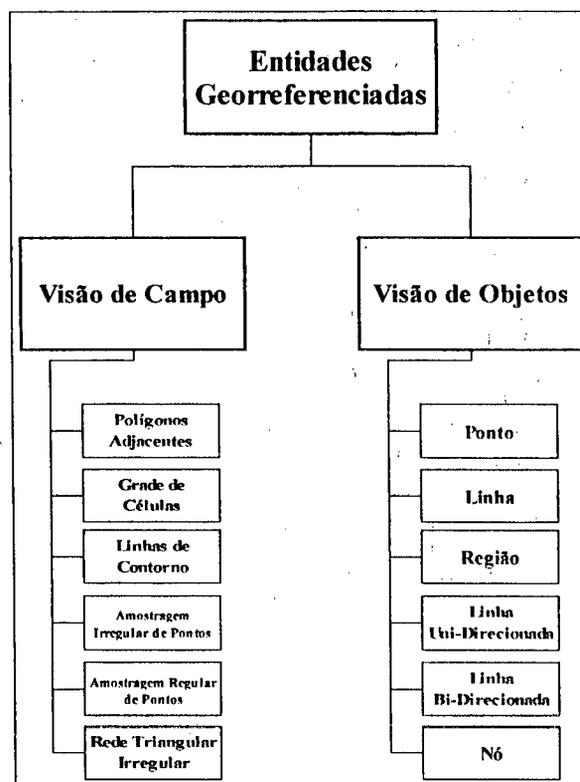


Figura 5.9 - Esquema de Entidades Georreferenciadas de acordo com a visão de campo e de objetos.

A diagramação de uma entidade convencional é a mesma de um diagrama ER convencional. A diagramação de uma entidade georreferenciada diferencia-se da convencional pela presença do pictograma espacial no canto superior direito, com a utilização do método de substituição de esquema por substituição simbólica (figura 5.10).

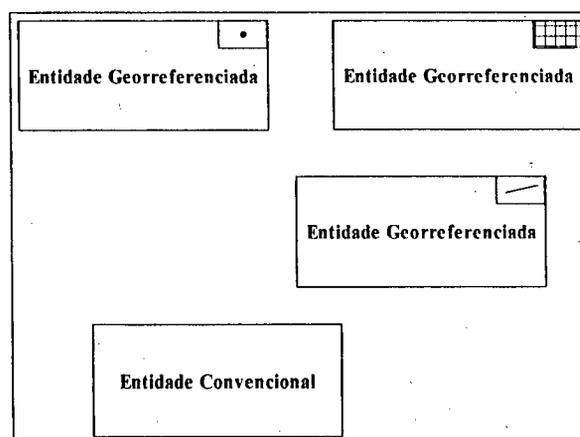
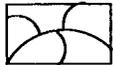
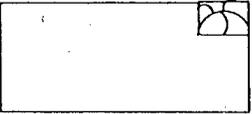
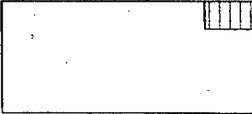
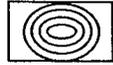
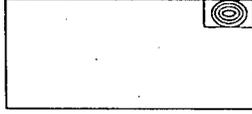
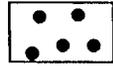
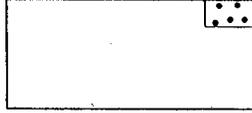
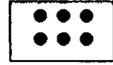
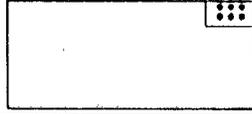
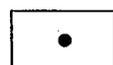
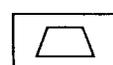
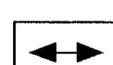


Figura 5.10 - Diagramação de Entidades Georreferenciadas e Entidades Convencionais.

Na tabela 5.1 são apresentados todos os objetos espaciais e seus pictogramas espaciais representados no modelo ERG, entidades georreferenciadas.

Tabela 5.1 - Objetos espaciais e seus respectivos pictogramas espaciais e entidades georreferenciadas.

Objeto Espacial	Pictograma Espacial	Entidade Georreferenciada
Polígonos Adjacentes		
Grade de Células		
Linhas de Contorno		
Amostragem Irregular de Pontos		
Amostragem Regular de Pontos		
Rede Triangular Irregular		
Ponto		
Linha		
Região		
Linha Uni-Direcionada		
Linha Bi-Direcionada		
Nó		

Entidades georreferenciadas que representam objetos espaciais de acordo com a visão de campo, representam objetos distribuídos continuamente pelo espaço. Já entidades georreferenciadas que representam objetos espaciais de acordo com a visão de objeto, representam objetos geográficos que possuem uma identificação com elementos do mundo real. Estes objetos podem estar associados a mais de uma representação geométrica, dependendo da escala. Por exemplo, uma escola, em uma determinada escala, é percebida como um ponto. Aumentando-se a escala, a mesma escola passa a ser percebida como uma região (figura 5.11). Estas entidades georreferenciadas podem ou não ter atributos convencionais.

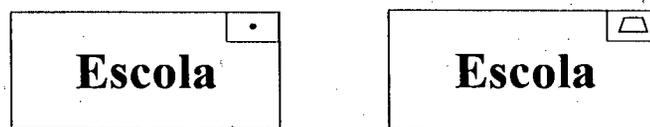


Figura 5.11 - Diagramação da entidade georreferenciada ESCOLA.

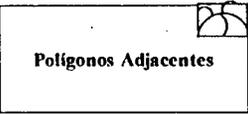
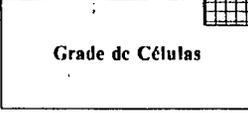
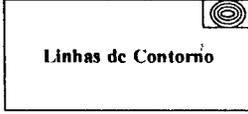
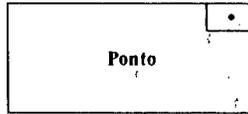
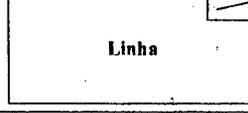
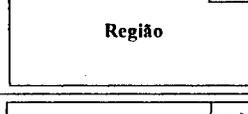
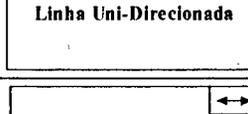
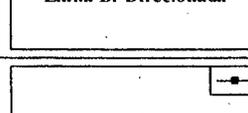
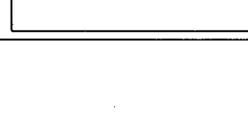
Todo o esquema da aplicação deve estar de acordo com os dados dos formulários obtidos junto com os usuários, na etapa de análise de requisitos.

Entidades georreferenciadas que representam objetos espaciais de acordo com a visão de campo, obedecem ao princípio da Restrição Planar (*Planar Enforcement*), que consiste na aplicação de duas regras sobre estes objetos espaciais: (NCGIA, 1990)

- 1) Dois objetos do tipo área não podem se sobrepor;
- 2) Cada posição no mapa pertence a uma única área, ou a um limite entre áreas adjacentes.

Na tabela 5.2, é apresentado a descrição de cada objeto espacial baseado nas de Goodchild (1992), Lisboa (1997) e Borges (1999), e como é sua representação na abordagem ERG.

Tabela 5.2 - Descrição dos objetos espaciais presentes no modelo ERG.

Entidade Georreferenciada	Descrição	Exemplo
 <p>Polígonos Adjacentes</p>	A área é particionada em um conjunto de regiões, onde a cada região está associado um valor que é único em todas as suas posições.	Tipos de solo; Divisões administrativas
 <p>Grade de Células</p>	A área é dividida em uma grade regular de células, onde o valor de cada célula corresponde ao valor da variável para todas as posições dentro da célula.	Imagem de satélite
 <p>Linhas de Contorno</p>	O banco de dados contém um conjunto de linhas, cada uma com um valor z associado. As linhas não se cruzam nem se tocam.	Curvas de nível
 <p>Amostragem Irregular de Pontos</p>	O banco de dados contém um conjunto de tuplas $\langle x,y,z \rangle$ representando valores coletados em um conjunto finito de localizações irregularmente espaçadas.	Estações de medição de temperatura.
 <p>Amostragem Regular de Pontos</p>	O banco de dados contém um conjunto de tuplas $\langle x,y,z \rangle$ representando valores coletados em um conjunto finito de localizações regularmente espaçadas.	Modelos numéricos de terreno
 <p>Rede Triangular Irregular</p>	A área é particionada em triângulos irregulares. O valor da variável é definido em cada vértice do triângulo e varia linearmente sobre o triângulo.	TIN
 <p>Ponto</p>	Objetos que não possuem dimensão significativa, de acordo com a escala em uso. Possuem um único par de coordenadas $\langle x,y \rangle$.	Postes Hidrantes Árvores
 <p>Linha</p>	Objetos que possuem uma distribuição espacial linear.	Ruas Rodovias Cabos telefônicos
 <p>Região</p>	Possuem uma representação bidimensional, objetos de área.	Lotes Ilhas Quadras
 <p>Linha Uni-Direcionada</p>	Objetos lineares que começam e terminam em um nó e possuem uma única direção.	Trechos das redes de esgoto
 <p>Linha Bi-Direcionada</p>	Objetos lineares que começam e terminam em um nó e são bi-direcionais	Rede Viária
 <p>Nó</p>	Objetos pontuais no fim de uma linha, ou objetos pontuais nas quais as linhas se cruzam.	Cruzamentos de uma malha viária

5.2.2.3 Relacionamentos Convencionais e Espaciais

Para ser possível executar estas operações de análise espacial, é necessário manter os diferentes tipos de relacionamentos envolvendo estes objetos espaciais.

Os relacionamentos podem existir entre duas ou mais entidades (convencionais e/ou georreferenciadas), ou até mesmo entre a própria entidade. Os relacionamentos entre entidades convencionais seguem as mesmas regras do modelo ER convencional. Os relacionamentos entre entidades convencionais e entidades georreferenciadas também são chamados de relacionamentos convencionais (ou simplesmente relacionamentos), possuindo também cardinalidades mínimas e máximas, diagramados através de losangos de linhas simples e contínuas (figura 5.12) e podem ter atributos próprios.

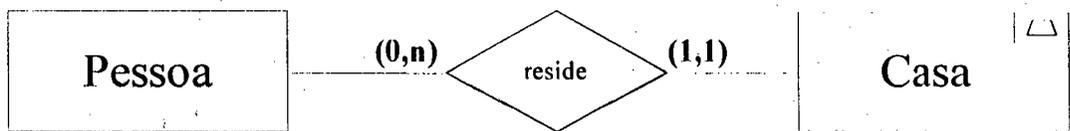
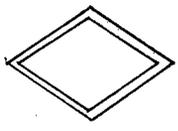
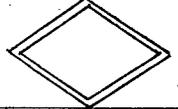
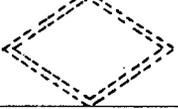


Figura 5.12 - Exemplo de relacionamento entre entidades convencional e georreferenciada.

Relacionamentos espaciais são relacionamentos entre entidades georreferenciadas, que podem ser implementados em um SIG através de operações sobre as coordenadas $\langle x,y \rangle$, ou podem ser implementados através da topologia e necessitam ser explicitados pelo usuário. Adota-se também, a representação de cardinalidades (mínima, máxima) entre parênteses ao lado do relacionamento, e podem ter atributos próprios.

Adoto, para todos os relacionamentos espaciais, a representação por losangos de linhas duplas, podendo variar em linhas duplas contínuas (representando relacionamentos espaciais implementados pelo SIG através da topologia), ou linhas duplas tracejadas (representando relacionamentos espaciais implementados pelo SIG através de operações sobre as coordenadas $\langle x,y \rangle$). Na tabela 5.3, é mostrado os relacionamentos espaciais em um SIG.

Tabela 5.3 - Relacionamentos espaciais e sua diagramação.

Relacionamento Espacial	Verbos Descritivos	Implementação em um SIG	Símbolo ERG
Conectividade	Ligado Conectado Cruza Atravessa	Topologia	
Contigüidade	Adjacente Toca em Encontra	Topologia	
Continência	Contém Contido Dentro de	Operações sobre coordenadas <x,y>	
Proximidade	Perto de Próximo Sobre Sob Acima (mais alto que sob) Abaixo (mais baixo que sob)	Operações sobre coordenadas <x,y>	
Coincidência	Coincide Cobre Coberto por Sobreposição	Operações sobre coordenadas <x,y>	

Um relacionamento espacial pode ter uma seta mostrando qual o sentido da relacionamento, para dar mais semântica ao modelo (figura 5.13). A seta pode ser na linha, logo após o relacionamento espacial, ou acima do relacionamento espacial.

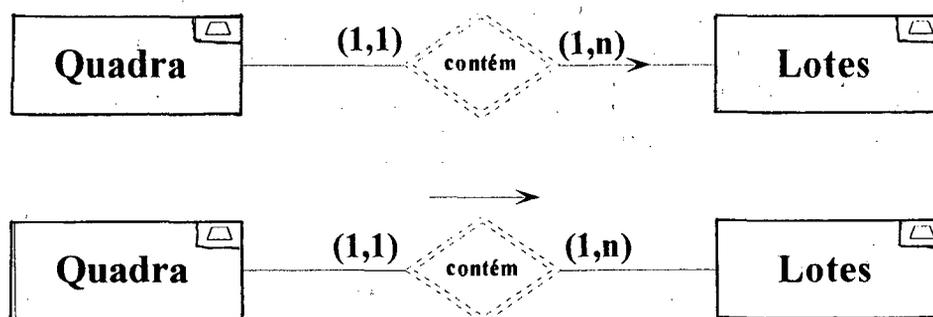


Figura 5.13 - Exemplo de relacionamento espacial.

De acordo com Borges (1999), alguns relacionamentos somente são possíveis entre determinados objetos espaciais, pois são dependentes da forma geométrica. Um exemplo é o relacionamento "dentro de", que implica que um dos objetos espaciais seja uma região (polígono).

5.2.2.4 Generalização/Especialização

Em certas situações, é necessário que o projetista do banco de dados especifique relações do tipo "é um" ("IS-A") entre entidades.

O símbolo característico da estrutura generalização/especialização é um pequeno triângulo que associa uma superentidade às respectivas subentidades. A superentidade é a que está conectada ao vértice superior do triângulo. As subentidades são as entidades conectadas à base do triângulo. A figura 5.14 mostra as diferentes representações gráficas adotadas no modelo ER para modelar estrutura generalização/especialização de acordo com a disjunção, sobreposição, e quanto a totalidade, parcialidade.

No caso de um banco de dados geográfico, adoto um círculo conectado ao vértice do triângulo, que indica uma generalização/especialização espacial. No caso de uma generalização/especialização convencional, ela só é justificada se houver atributos diferenciados entre as subentidades. No caso espacial, ela só é justificada se houver variação nas propriedades gráficas (cor, tipo de linha, símbolo, etc.), porém as subentidades herdam a representação espacial da superentidade. Em outras palavras, existe generalização/especialização espacial quando houver necessidade de uma distinção visual entre as subentidades. A figura 5.15 ilustra a utilização desta estrutura em um banco de dados geográfico. A estrutura de generalização/Especialização espacial também pode ser classificada com relação a disjunção e com relação a totalidade.

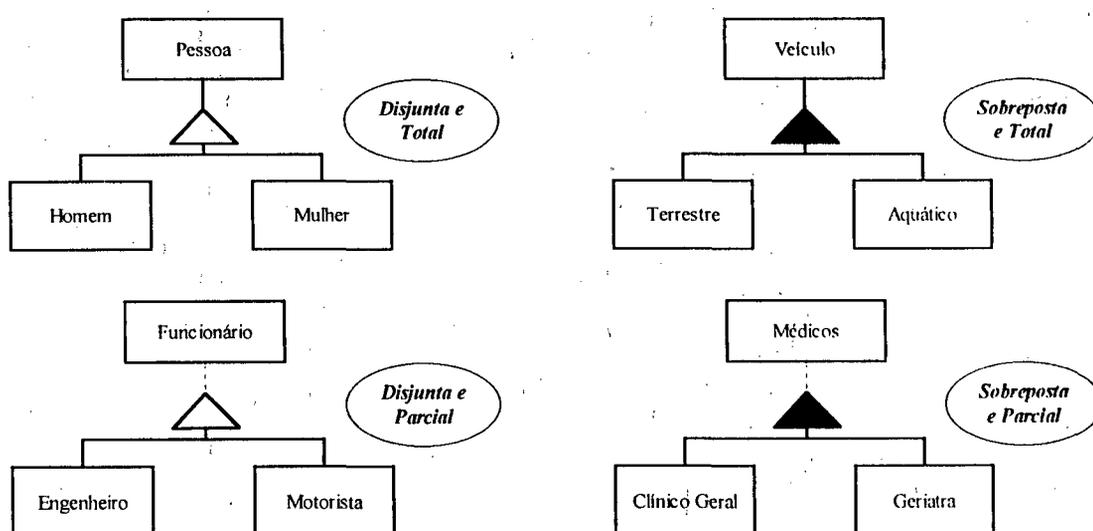


Figura 5.14 - Exemplo de generalização/especialização para mostrar as representações gráficas.

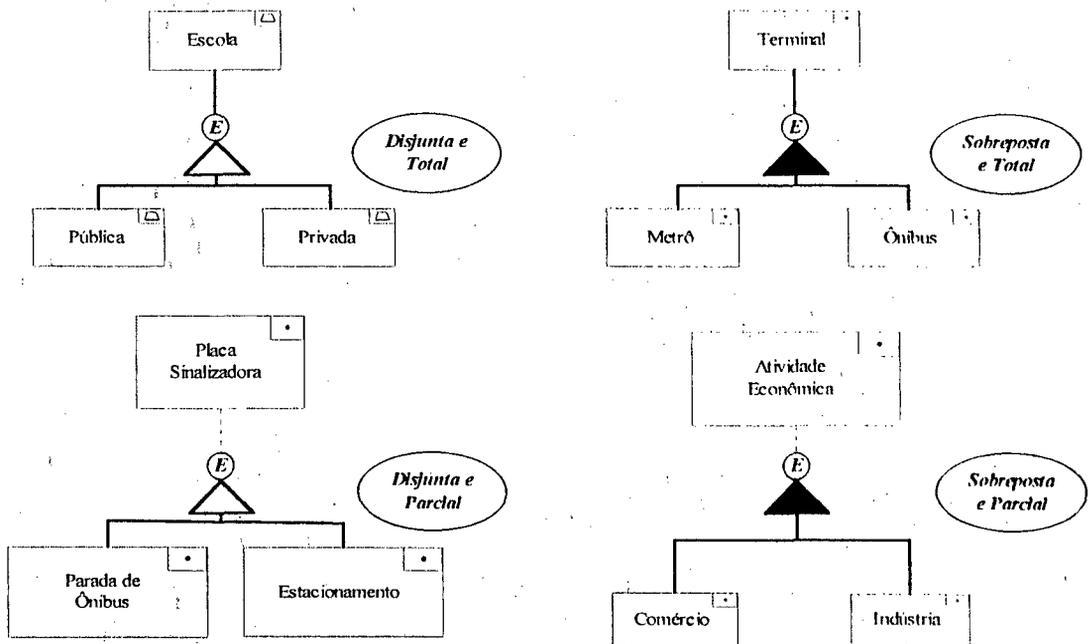


Figura 5.15 - Exemplo de generalização/especialização espacial.

5.2.2.5 Múltiplas Representações Espaciais

Em um SIG, algumas vezes é necessário termos objetos espaciais com mais de uma representação espacial (ponto, linha, etc.). Esta mudança de representação espacial pode ser em virtude de uma mudança de escala.

Um exemplo de múltipla representação espacial por mudança de escala seria o representado na figura 5.16. Um posto de salva-vidas, em uma determinada praia e em uma determinada escala, é representada por um ponto. Se aumentarmos a escala, passa a ser representado por uma região (polígono).

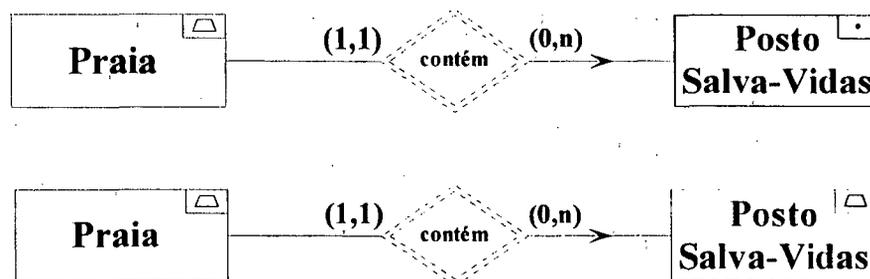


Figura 5.16 - Exemplos de entidades georreferenciadas.

A mudança de representação também pode ser devido a simples alteração da

forma, sem haver troca de escala. Um exemplo de mudança de objeto espacial pela forma, seria o de uma estrada, que pode ser percebido, em uma mesma escala, ou como uma linha, ou como uma região, ou uma linha bi-direcionada, em uma mesma escala. Neste caso, também haveria uma herança de atributos não-gráficos (figura 5.17).

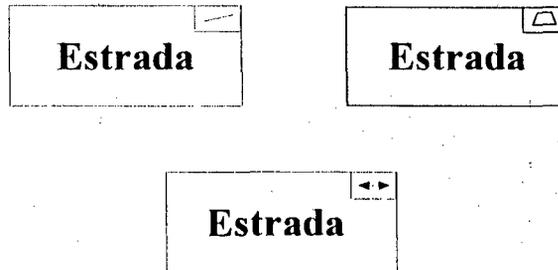


Figura 5.17 - Exemplos de entidades georreferenciada com múltipla representação espacial, em uma mesma escala.

Com isso, teremos múltiplas representações de um mesmo objeto espacial. No modelo ERG, as múltiplas representações são diagramadas através da utilização das duas entidades georreferenciadas sobrepostas, dentro de um retângulo, deixando a mostra quais objetos espaciais estão sendo utilizados para uma mesma entidade (figura 5.18). Os atributos não-gráficos são os mesmos para as duas representações, ocorrendo mudanças somente no objeto espacial. Os relacionamentos podem ser entre qualquer uma das entidades georreferenciadas, ou até mesmo com as duas. Quando o relacionamento for com as duas entidades georreferenciadas, então a linha do relacionamento vai até o retângulo que envolve a entidade georreferenciada com múltipla representação espacial (figura 5.18). Se a múltipla representação for em função da mudança de escala, então ainda terá um círculo acima da entidade georreferenciada com a letra *E*, indicando que foi por mudança de escala. Se foi em virtude de uma mudança de forma, terá um *F*.

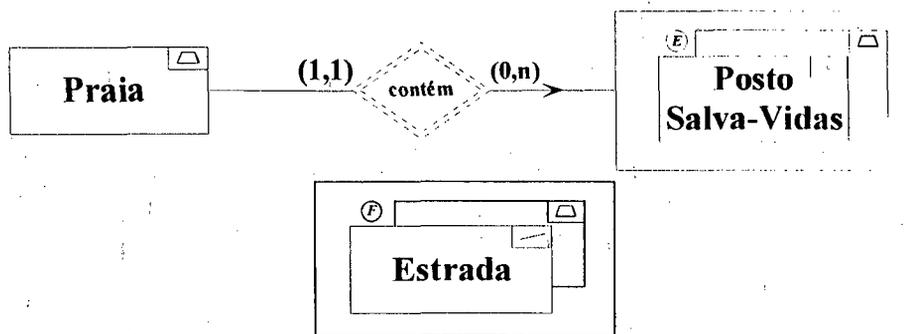


Figura 5.18 - Exemplos de entidades georreferenciadas com múltiplas representações.

Tanto em um caso como em outro, a entidade georreferenciada só poderá ser percebida como uma das múltiplas representações, em um determinado tema.

5.2.2.6 Níveis de Detalhe do ERG

A abordagem ERG apresenta quatro níveis de detalhe na construção dos diagramas de um projeto de SIG.

- **Diagrama de Temas** → mostra a estrutura de temas que compõe um projeto de SIG, listando as aplicações a serem desenvolvidas para cada tema (figura 5.19);
- **Diagrama de Nível I** → apresenta o modelo ERG referente a cada tema;
- **Diagrama de Nível II** → ilustra o modelo ERG especificamente de cada aplicação (figura 5.20);
- **Diagrama Global** → apresenta o modelo ERG completo do projeto, dando uma visão global do SIG desenvolvido.

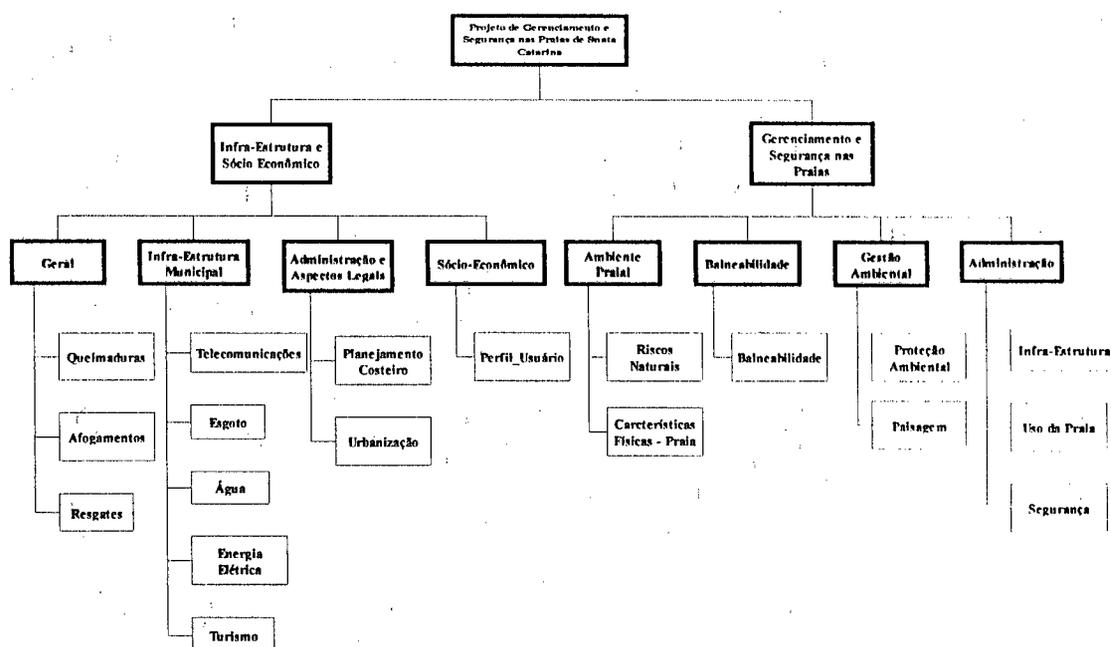


Figura 5.19 - Diagrama de temas.

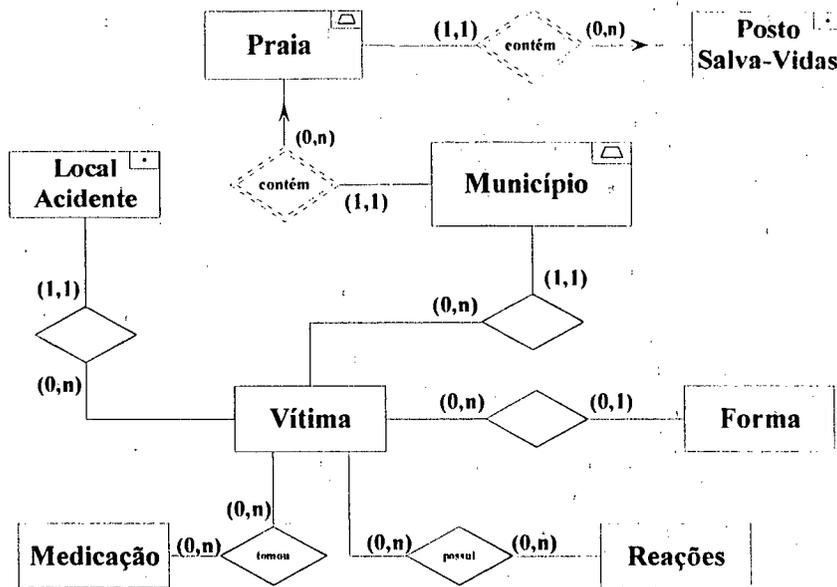


Figura 5.20 - Diagrama Nível II - Aplicação Queimaduras.

Não é obrigatório um projeto ser definido em todos os níveis de detalhes, ficando a cargo do projetista a escolha de quais níveis irá trabalhar e documentar.

Capítulo 6

Aplicação da Metodologia Proposta - Estudo de Caso

Este capítulo tem como objetivo ilustrar a utilização da metodologia proposta nesta dissertação, para projeto e modelagem conceitual de um banco de dados geográfico.

6.1 Introdução

Anualmente, no período de veraneio, muitos banhistas se envolvem em situações de risco/perigo nas praias do litoral de Santa Catarina. Com isso, o Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar – CTTMar da Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI realiza anualmente o **PROJETO SEGURANÇA NAS PRAIAS**, com o objetivo de criar uma base de informações sobre as características sócio-ambientais das praias Catarinenses e a formulação de um programa de orientação ao público usuário, definindo o grau de periculosidade dos balneários. O projeto é executado paralelamente à Operação Veraneio da Polícia Militar – Corpo de Bombeiros, do estado de Santa Catarina.

O **PROJETO SEGURANÇA NAS PRAIAS** é desenvolvido no Brasil desde a temporada de verão de 1995/1996, e foi idealizado a partir do Programa Australiano de Segurança e Gerenciamento nas Praias, com início em 1990. Em Santa Catarina, o projeto vem sendo desenvolvido e vem gerando material informativo com o objetivo de fundamentar a realização de campanhas educativas sobre os possíveis perigos que possam estar associados ao banho de mar, procurando estabelecer critérios para a definição de níveis de perigo associados a cada praia do litoral de Santa Catarina.

Atualmente, o projeto possui uma necessidade muito grande de uma nova estruturação do Banco de Dados, visando automatização de tarefas de tratamento de dados e disponibilização de informações sobre as praias de Santa Catarina para o público, via Internet. Além disso, o banco de dados será o coração de um Sistema de Informações Geográficas, que será desenvolvido pela equipe, espacializando os dados e gerando mapas, para uma melhor compreensão das informações das praias de Santa Catarina.

6.2 Desenvolvimento da Metodologia

A primeira etapa no desenvolvimento de um SIG é a etapa de análise de requisitos. Esta etapa é inicializada com as entrevistas dos responsáveis do projeto, utilizando-se os formulários, que encontram-se no anexo 1. Uma ordem lógica de preenchimento dos formulários é:

- **Formulários de Descrição de Projeto**

A descrição de projeto é feita através da utilização de dez formulários:

- Formulário PJ 1/10 → apresentando o título do projeto, instituição, especificando a área de pesquisa, instituições e pessoal envolvidos no projeto (figura 6.1).

	Sistema de Informação Geográfica
	Análise de Requisitos
<hr/>	
Título do Projeto: <i>Gerenciamento e Segurança de Praias</i> ID.: <i>SEGU1</i>	
Instituição: <i>Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI</i>	
Unidade: <i>oceanografia - CTTMAR</i>	
Área de Pesquisa: <i>oceanografia</i>	
Palavras-Chave:	
<i>Sistema de Informação Geográfica, Segurança de Praias, Base de Dados Geográficas</i>	
Instituições Envolvidas: (nome, sigla, telefone, endereço, e-mail, http)	
<i>Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, (047) 34-7544 - Rua Sanguai, 370 seguranca@cttmар.univali.br - http://www.cttmар.univali.br/oceanografia/seguranca</i>	
Pessoal Envolvido: (nome, titulação, função, instituição de origem, e-mail)	
<i>Prof. Guilherme Guimarães Santana, P.A.D. - Coordenador (UNIVALI) Prof. Antônio Klein, MSc. - Pesquisador (UNIVALI) Prof. Marcus Palette, P.A. D. - Pesquisador (UNIVALI) Prof. Ana Maria da Rocha Fernandes, MSc. - Pesquisadora (UNIVALI) Prof. Fernando Luiz Dienel, MSc. - Vice-coordenador (UNIVALI) Prof. Rafael Spert Medeiros, MSc. - Pesquisador (UNIVALI) Prof. Alessandra Porto, MSc. - Pesquisadora (UNIVALI) Prof. Marco Antonio Bacelar Barreiros, MSc. - Colaborador (UNIVALI) Prof. Francelise Pantaja Dienel, MSc. - Colaboradora (UNIVALI) Prof. Rogério Gonçalves Bittencourt, BSc. - Pesquisador (UNIVALI) Prof. João Thadeu de Menezes, BSc. - Pesquisador (UNIVALI)</i>	
Elaborado por: <i>Antônio Klein</i>	Data: <i>20/05/2008</i>
Aprovado por: <i>Guilherme Guimarães Santana</i>	Formulário PJ 1/10

Figura 6.1 - Formulário PJ 1/10

- Formulário PJ 2/10 → definindo o sistema de coordenadas e o sistema de projeção cartográfica a ser utilizado. Define também a área de estudo (retângulo envolvente) (figura 6.2).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica



GTRIMar

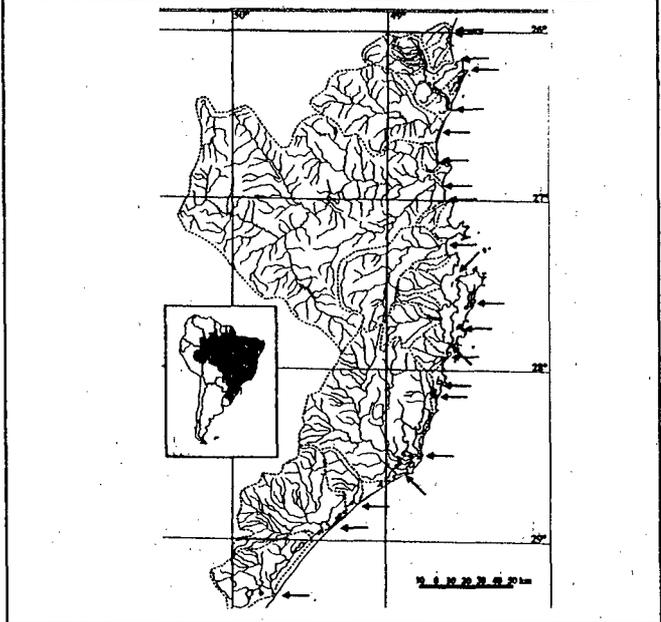
Análise de Requisitos

Sistema de Projeção: Geográfica

Área de Estudo:

Litoral de Santa Catarina

<i>Ponto SuplEsq</i>	<i>Ponto InfDir</i>
<i>lat 26°00'00" S</i>	<i>lat 29°20'00" S</i>
<i>long 49°40'00" E</i>	<i>long 48°20'00" E</i>



Elaborado por: *Antônio Klein*

Aprovado por: *Guilherme Guimarães Santana*

Data: 20/05/2000

Formulário PJ 2/10

Figura 6.2 - Formulário PJ 2/10

- Formulário PJ 3/10 → apresenta o resumo do projeto, meramente documental (figura 6.3).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica

Análise de Requisitos

Resumo:

Atualmente, no período de férias, muitas famílias se envolvem em situações de risco/perigo nas praias do litoral de Santa Catarina. Com isso, o Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - CTTC/TM da Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI realiza anualmente o PROJETO SEGURANÇA NAS PRAIAS, com o objetivo de criar uma base de informações sobre as características físico-ambientais das praias catarinenses e a formulação de um programa de orientação ao público usuário, definindo o grau de periculosidade dos balneários. O projeto é executado paralelamente à operação Veraneio da Polícia Militar - Corpo de Bombeiros, do estado de Santa Catarina.

O PROJETO SEGURANÇA NAS PRAIAS é desenvolvido no Brasil desde a temporada de verão de 1975/1976, e foi idealizado a partir do Programa Australiano de Segurança e Cuidado nas praias, com início em 1970. No Brasil, o projeto vem sendo desenvolvido e tem gerado material informativo com o objetivo de fundamentar a realização de campanhas educativas sobre as possíveis perigos que podem estar associados ao banho de mar, procurando estabelecer critérios para a definição de níveis de perigo associados a cada praia do litoral de Santa Catarina.

Atualmente o projeto possui uma necessidade muito grande de uma nova estruturação do Banco de Dados, visando automação de tarefas de tratamento de dados e disponibilização de informações sobre as praias de Santa Catarina (características físicas e riscos ao público) para o público via Internet. Além disso, o banco de dados será o coração de um Sistema de Informações Geográficas, que será desenvolvido pela equipe, espacializando os dados e gerando mapas, para uma melhor compreensão das informações das praias de Santa Catarina.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2008

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 3/10

Figura 6.3 - Formulário PJ 3/10

- Formulário PJ 4/10 → apresenta a caracterização do problema, meramente documental (figura 6.4)



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica

Análise de Requisitos

Caracterização do Problema:

A utilização dos recursos naturais costeiros brasileiros tem se intensificado em decorrência do fenômeno turístico, da urbanização e outras formas de ocupação do litoral. Mais em evidência, e de uma forma mais acelerada, evidenciando, têm sido o desenvolvimento para criação de infraestruturas voltadas para o turismo. Esta atividade econômica representa o setor de maior crescimento no mundo (KLEIN, 1977, WTA, 2000), constituindo-se no segundo produto de exportação brasileira (EMBRATUR, 1977). Por esta importância, tornou-se um setor de desenvolvimento econômico para o governo brasileiro, tendo apoio financeiro de grandes programas nacionais, tais como o PRODETUR, o investimento privado no setor ultrarapido os US\$ bilhões, em 1978, sendo que grande maioria dos turistas que visitam pelo nosso país, tanto estrangeiros quando brasileiros, buscam o litoral para suas férias e para o lazer (EMBRATUR, 1977).

Sendo um recurso estratégico e frágil ao mesmo tempo, o uso dos recursos costeiros deve obedecer critérios específicos que observem as peculiaridades (físicas/naturais e sociais) de cada praia ou região, o que se observa, no entanto, é que as pressões da crescente oferta turística e dos públicos exigem para criação de infraestruturas para satisfazer esta demanda desenvolveriam uma série de problemas ambientais e sociais nas comunidades receptoras, gerando poluição, riscos para o uso destes ambientes. A não identificação destes riscos geraram distúrbios como Acapulco (México), Algarve (Portugal) e as Ilhas Canárias (Espanha) a uma série crises que afetou o fluxo turístico, com conseqüências para a economia e balanço de pagamentos daqueles países.

A associação de riscos naturais (explosão de algas tóxicas, ciclones de retorno, etc) com os riscos induzidos (poluição orgânica, alteração da paisagem, etc) causaram inúmeras perdas humanas e grandes prejuízos para as comunidades costeiras em todo o mundo. O gerenciamento de praias neste contexto é um campo de pesquisa recente, tendo suas origens no início dos anos 80 na Austrália (HOGAN, 1987, SHORT & HOGAN, 1978, 1972 e 1973, SHEDDY et al., 1973, SHORT, 1977) e mais recentemente no Brasil (KLEIN et al., em preparo; HOEFEL & KLEIN, 1978, 1977 e 1978) através do Programa de Gerenciamento e Segurança de Praias desenvolvido desde 1975 no Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina. A Nova Zelândia deu início à implementação de projeto desta natureza em 1977 (SHORT, 1977).

No entanto, a abordagem conceitual desenvolvida na Austrália, e ora em implementação na Nova Zelândia, não é suficientemente completa e complexa para elucidar os fenômenos que interagem e dinamizam os processos de alteração sistêmicas por abordar parcialmente a dimensão social (KLEIN et al., 2000, HOEFEL,

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 4/10

Figura 6.4 - Formulário PJ 4/10

- Formulário PJ 5/10 → utilizado para definir os objetivos geral e específicos, e as metas a serem alcançadas pelo projeto, meramente documental (figura 6.5).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica



G-TM-Mat

Análise de Requisitos

Objetivos e Metas: (Objetivo Geral e Específicos)

A presente proposta tem como objetivo geral o desenvolvimento de um Modelo de Gerenciamento e Segurança de Praias o qual permitirá a análise, qualificação, categorização e classificação de praias a partir da identificação dos elementos de riscos natural-físicos e sociais de cada contexto, para suporte de tomada de decisão por parte dos poderes públicos e para o planejamento de políticas de desenvolvimento e direcionamento da implementação de infra-estrutura turística, baseada na sustentabilidade dos recursos naturais.

Para atingir este objetivo, as seguintes metas devem ser alcançadas:

- Implementar infra-estrutura para desenvolver e testar ações e tecnologias necessárias e previstas no projeto em todas as praias do Estado de Santa Catarina, como área piloto;
- Ampliar e aplicar novos parâmetros metodológicos para a identificação de diferentes níveis de riscos - naturais e induzidos - ao uso das praias, a fim de desenvolver-se metodologia para o gerenciamento de municípios costeiros;
- Desenvolver e implementar um sistema de informação geográfica que incorpore um banco de dados geográficos, sensorialmente remoto, CAD, cartografia computacionalizada e geração de banco de dados;
- Desenvolver um sistema de análise automatizada de dados e geração de resultados de utilizando como ferramentas Data Warehouse e Data Mining;
- Modelar e desenvolver um sistema que possibilite, através de Agentes Inteligentes, simular diferentes cenários de risco de uso das praias para aplicar em um treinamento de capacitação de recursos humanos;
- Implementar um sistema de multimídia atrativo, informativo e interativo, que visa transmitir informações sobre o uso e riscos associados às praias catarinenses;
- Consolidar a formação de uma escola de análise de riscos costeiros - públicos e gerenciamento de crises na instituição proponente e colaboradoras;
- Formação de recursos humanos em nível de graduação e pós-graduação.

Produtos Finais:

- Sistema de análise de riscos para tomada de decisão para Gerenciamento e Segurança de Praias, que poderá ser aplicado nos planos de desenvolvimento turístico de municípios costeiros.

Elaborado por: Antônio Klein

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Data: 20/10/2008

Formulário PJ 5/10

Figura 6.5 - Formulário PJ 5/10

- Formulário PJ 6/10 → apresenta a descrição da metodologia utilizada e as estratégias de ação, meramente documental (figura 6.6).

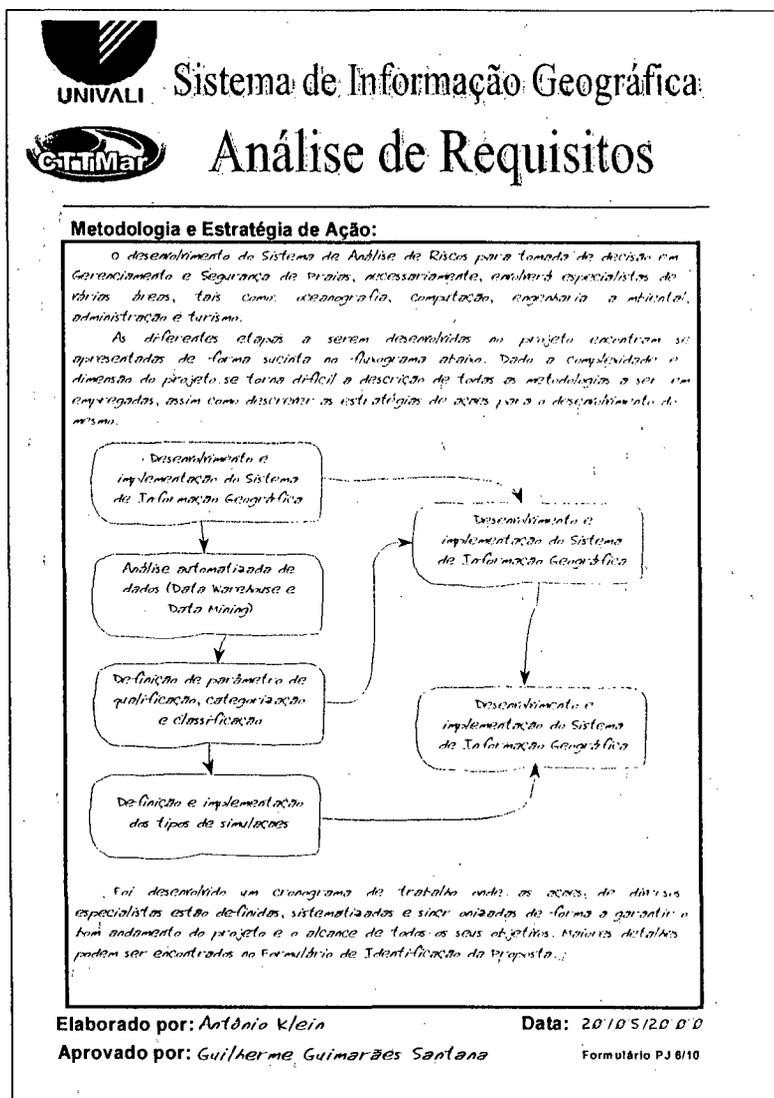


Figura 6.6 - Formulário PJ 6/10

- Formulário PJ 7/10 → lista os resultados e os impactos esperados, meramente documental (figura 6.7).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica



GRIIMa

Análise de Requisitos

Resultados e Impactos Esperados:

Resultado e produtos esperados:

Sistema de análise de riscos para tomada de decisão para Gerenciamento e Segurança de Praias que poderá ser aplicado nos planos de desenvolvimento turístico de municípios costeiros.

O processo que levará ao desenvolvimento do sistema e do Modelo, necessariamente, criará alguns produtos:

- 1 - Banco de Dados Geográficos que incorpore Sensoriamento Remoto, CAD, Cartografia Computadorizada, Gerência do Banco de Dados;
- 2 - Análise automatizada de dados e geração de resultados através da aplicação de Data Warehouse e Data Mining;
- 3 - Módulo de Simulação validado para o treinamento de recursos humanos para atuação na segurança de praias;
- 4 - Desenvolvimento de um Sistema Multimídia Interativo.

Impactos Esperados:

- Contribuição efetiva para a sustentabilidade dos recursos costeiros;
- Promoção da qualidade ambiental na costa de Santa Catarina;
- Novos parâmetros para o uso da zona costeira;
- Valorização dos recursos ecológicos, sociais, éticos e cult. vivos da população;
- Fomento do desenvolvimento de novas atividades econômicas;
- Contribuição para as condições sociais, humanas e da vida, através da disseminação dos resultados obtidos nos áreas de pesquisa e desenvolvimento;
- Desenvolvimento de consciência ecológica e de sustentabilidade;
- Maior interação e colaboração entre os diversos atores envolvidos no dinâmico costeiro.

Elaborado por: *Antonio Klein*

Data: 20/05/2000

Aprovado por: *Guilherme Guimarães Santana*

Formulário PJ 7/10

Figura 6.7 - Formulário PJ 7/10

- Formulário PJ 8/10 → apresenta os riscos e dificuldades, meramente documental (figura 6.8).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Riscos e Dificuldades:

A presente proposta nasceu naturalmente da necessidade de sistematização de algumas atividades desenvolvidas por vários especialistas do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - Universidade do Vale do Itajaí, que cursa os cursos de Oceanografia, Engenharia Ambiental, Geografia, Ciência da Computação, Biotecnologia e Engenharia Civil, bem como Medicina Preventiva. Portanto, todo o corpo de conhecimento necessário para o desenvolvimento de um Modelo de Gerenciamento e Segurança de Praias se encontra disponível neste ambiente multidisciplinar. Sendo assim, acreditamos que esta capacidade instalada minimiza consideravelmente os riscos associados a projetos desta natureza.

Talvez também que a condizância do projeto com a com uma vasta experiência em coordenação de projetos que envolvem grupos de trabalho inter e intrainstitucionais (nacionais e internacionais) e sem descontinuidade. At vários anos trabalhos e projetos relacionados ao gerenciamento de risco e crises.

É de se ressaltar, ainda, que a disponibilidade de tempo dos especialistas para a dedicação ao projeto está assegurada pela Direção do CTMMar.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 2010/5/20/00

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 8/10

Figura 6.8 - Formulário PJ 8/10

- Formulário PJ 9/10 → relaciona outros projetos correlacionados, bem como os órgãos financiadores desses projetos. Meramente documental (figura 6.9).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica



GTTMat

Análise de Requisitos

Outros Projetos e Financiamentos:

- SAARA - Sistema de Análise de Risco Ambiental - Projeto financiado com recursos do PRONEX - UNIVALI;

- Análise do potencial de recursos argêntos do platô (uma área e desembocadura de rio para captação artificial de peixes (financiado pelo PADCT III - recursos disponibilizado pela a período de agosto 1978 a março 2000 - R\$ 78.000,00);

- Análise de risco de erosão costeira, e atlas eletrônico de processos costeiros para o sul do Brasil (em parceria pelo Vía do Sul - instituição colaboradora).

Informamos que não há nenhuma proposta idêntica ou semelhante sendo submetida a outra agência de financiamento.

Elaborado por: *Antônio Klein*

Aprovado por: *Guilherme Guimarães Santana*

Data: *20/05/2000*

Formulário PJ 9/10

Figura 6.9 - Formulário PJ 9/10

- Formulário PJ 10/10 → lista as referências bibliográficas utilizadas na elaboração e desenvolvimento do projeto, meramente documental (figura 6.10).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica



GTMAR

Análise de Requisitos

Referências Bibliográficas:

EMBRATUR - Instituto Brasileiro do Turismo (1977). *Estudo do Turismo Brasileiro*. EMBRATUR, Ministério do Esporte e Turismo, Brasil.

HOEPEL, F.G. & KLEIN, A.H.F. Beach safety issue at oceanic beaches of central southern coast of Santa Catarina, Brazil: Magnitude and nature. *CLOAMAR*, Santa, SP, 1977.

HOEPEL, F.G. & KLEIN, A.H.F. Determinantes Ambientais e Sociais da Segurança no Banco em Praias do Litoral Centro-Norte de Santa Catarina. *Notas Técnicas do FACIMAR*, 1978.

HOEPEL, F.G. & KLEIN, A.H.F. Beach Safety Issue at Oceanic Beaches of Central Southern Coast of Santa Catarina, Brazil: Magnitude and Nature. *Journal of Coastal Research*, SJ 2(2) (JCS'78 proceeding), Fort Lauderdale, Florida, 1978.

HOGAN, C.I. Public hazard and awareness study of Sydney's southern beaches. BSc. Hon. Thesis (unpubl.) Dept. Geography, University of Sydney, 1971.

SHEDDY, K.; HOGAN, C.I. & SHORT, A.D. Public safety, the forgotten issue. In *Coastal Management Conference*, Hastings Council, Dartmouth, p. 129-133.

SHORT, A.D. & HOGAN, C.I. Sydney's southern surfing beaches: characteristics and hazards. In *Fabrizi, P. (ed). Recreational uses of Coastal Areas*, Australia, Kluwer Academic Publishers, p. 177-208, 1978.

SHORT, A.D. & HOGAN, C.I. How safe is your beach? Assessing public and tourist safety in a coastal environment. In *Coastal Management Conference*, Waima, Waima Municipal Council, p. 172.

SHORT, A.D. & HOGAN, C.I. The Australian beach safety and management program - surf life saving Australia's approach to beach safety and coastal planning. In *Australian Conference on Coastal and Ocean Engineering*, Townsville, National Conference Publication 7341, Townsville, p. 13-18, 1975.

SHORT, A.D. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics* - John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester., 377pp, 1971.

WTO (World Tourism Organization). *Asia/Pacific Comes Back to Drive World Tourism*. At http://www.world-tourism.org/pressrel/01_01_25.htm - 02/03/2000, 1977.

WTTC (World Travel and Tourism Council). *Latin America Economic Impact*, March 1977.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/10/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 10/10

Figura 6.10 - Formulário PJ 10/10

Todos os formulários de descrição de projeto encontram-se nos anexos 1 (formulários em branco) e 2 (formulários preenchidos com os dados do estudo de caso).

- **Diagrama de Temas (Abordagem ERG)**

Após a descrição do projeto, deve-se definir, junto ao pessoal responsável

pelo projeto, os temas presentes no projeto e as aplicações desejadas, por tema. Essa etapa irá gerar o Diagrama de Temas. Na figura 6.11 é apresentado o Diagrama de Temas do Projeto Segurança, exibindo além dos temas, as aplicações a serem desenvolvidas em cada tema. No anexo 3 também é apresentado o Diagrama de Temas.

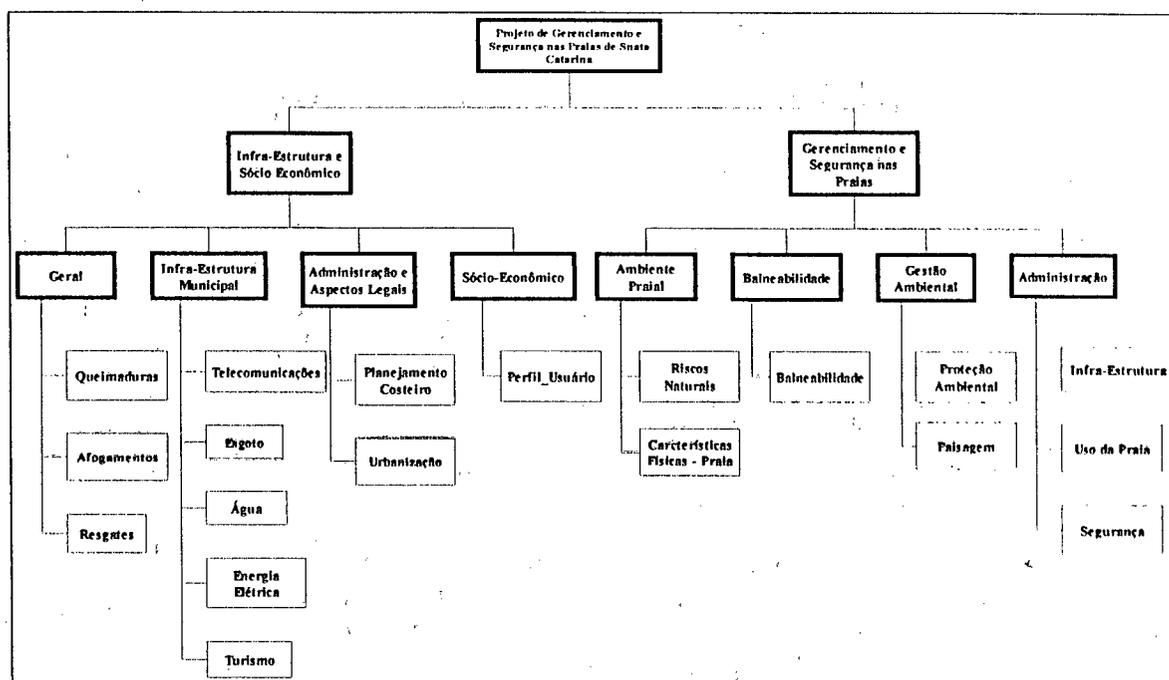


Figura 6.11 - Abordagem ERG - Diagrama de Temas

- **Formulário de Descrição da Aplicação**

A descrição da aplicação é feita através da utilização de cinco formulários:

- Formulário AP 1/5 (Descrição) → mostrando informações de identificação da aplicação, o propósito (justificativa) da aplicação, escala, tipo de resposta (mapa ou tabela, em vídeo ou papel), dados necessários para a aplicação (figura 6.12).



Sistema de Informação Geográfica

Análise de Requisitos



Aplicação ID.: AP01 **Projeto ID.:** SEG01

Nome da Aplicação: queimaduras

Instituição: Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Unidade: oceanografia

Finalidade e Descrição:

Fazer uma estatística básica sobre a ocorrência de queimaduras provocadas por organismos gelatinosos planctônicos (cnidários, água-viva), distribuídos geograficamente.

Tipo da Aplicação:

Exibição (Display)

Consulta

Análise Espacial

Escala:

Mapa:

Fotografia:

Chave de Consulta:

Água-viva, queimaduras

Dados Requeridos:

Entidades (features):	Atributos:	Objeto Especial:
Praia	Código, nome, município	Região
Vítima	Código, província, idade, sexo, região do corpo atingida	
Ponto Salto-Vidas	Código, quantidade de saltos-vidas	Ponto
Local do Acidente	Código, nome da localidade do ponto de ocorrência	Ponto
Reações	Código, descrição da reação	
Medicação	Código, tipo de medicação	
Formato do organismo	Código, descrição do formato	
Município	Código, nome do município	Região

Elaborado por: Charrid Resgalla Jr.

Data: 20/05/2008

Aprovado por: Antônio Klein

Formulário AP 1/5

Figura 6.12 - Formulário AP 1/5

- Formulário AP 2/5 (Amostrã Saída Gráfica) → esboço do mapa a ser produzido, inclusive com legendas e símbolos a serem utilizados (figura 6.13).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica

Análise de Requisitos

Aplicação ID.: AP01

Projeto ID.: SEG01

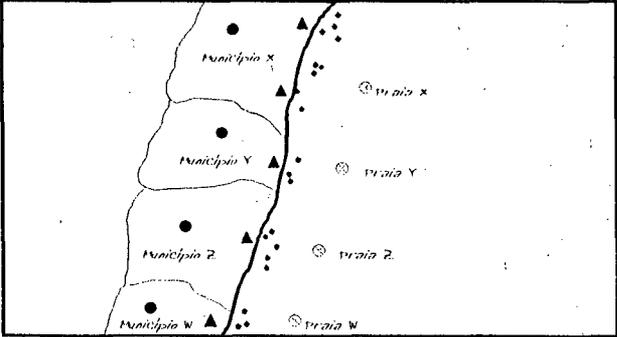
Nome da Aplicação: *queimaduras*

Instituição: *Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI*

Unidade: *oceanografia*

Amostrã de Saída Gráfica:

Tela (*Display*)
 Impressora/Plotter
 Arquivo Formato:



Legenda:

<p> Limite Município</p> <p> Linha de Costa</p> <p> Município</p>	<p> Posto Salvo-Vidas</p> <p> ocorrência</p> <p> Praia</p>
---	--

Elaborado por: *Cherid Resgalla Jr.*

Data: *28/05/2008*

Aprovado por: *Antônio Klein*

Formulário AP 2/5

Figura 6.13 - Formulário AP 2/5

- Formulário AP 3/5 (*Layout* de Relatório/Tabela) → apresenta exemplo dos relatórios e/ou tabelas a serem produzidas pela aplicação (figura 6.14).



UNIVALI

Sistema de Informação Geográfica

Análise de Requisitos

Aplicação ID.: *AP01* Projeto ID.: *SEG01*
 Nome da Aplicação: *queimaduras*
 Instituição: *Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI*
 Unidade: *oceanografia*

Layout de Relatório/Saída Tabular

 Tela (Display)
 Impressora/Plotter
 Arquivo Formato:

<i>Relatório de ocorrências</i>						
<i>Ocorrência Número</i>	<i>Data</i>	<i>Preço</i>	<i>Município</i>	<i>Região Queimada</i>	<i>Sexo do Vítilo</i>	<i>Indicação</i>

Elaborado por: *Caarrid Resgalla Jr.* Data: *2010512000*
 Aprovado por: *Antonio Klein* Formulário AP 3/5

Figura 6.14 - Formulário AP 3/5

- Formulário AP 4/5 (Descrição de Processos) → descreve um processo (manual ou não) a ser implementado. Normalmente é feita por especialistas utilizando a técnica de DFD (Diagrama de Fluxo de Dados).

Após a etapa de análise de requisitos, vem a etapa de modelagem conceitual do banco de dados, onde será detalhado o banco de dados, a nível conceitual, utilizando para isso os níveis de detalhe da abordagem ERG.

A abordagem ERG, através dos seus níveis de detalhe, nos mostra desde uma visão global da aplicação à nível de temas, até uma visão global à nível de dados (entidades e relacionamentos, convencionais e georreferenciadas). O Diagrama ERG de Nível I, onde é desenhado o BD para um tema específico, apresenta a agregação de todos os Diagramas ERG de Nível II presentes em cada formulário AP 5/5 (Descrição de Dados), de cada aplicação. O Diagrama ERG Global nos dá uma visão geral do banco de dados do projeto. É construído com base nos diagramas de nível I e II, agregando todas as entidades e relacionamentos necessários para o desenvolvimento do banco de dados de um SIG.

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Conclusões Finais

Este trabalho propôs uma metodologia de projeto e modelagem conceitual de banco de dados para Sistemas de Informações geográficas, abordando desde a etapa de análise de requisitos – definindo formulários próprios e consistentes – até a modelagem conceitual do banco de dados – através de uma abordagem que contempla dados e relacionamentos convencionais e espaciais – em um único modelo.

Para a análise de requisitos, baseando-se em trabalhos recentes, foi proposto a utilização de um conjunto de formulários próprios para a definição e documentação de requisitos de aplicações de Sistemas de Informações Geográficas. Estes formulários, através de um exemplo real de aplicação geográfica na área ambiental, demonstraram-se eficientes e completos, abordando tudo necessário a ser levantado, à nível de requisitos, para um bom projeto de Sistemas de Informações Geográficas.

O Modelo Conceitual ERG, também proposto neste trabalho, é uma extensão do Modelo ER (Chen, 1976). Por ser na sua essência um modelo ER, o modelo ERG herda as características do ER, tais como facilidade de leitura e interpretação, facilidade na tradução para o Modelo Relacional (Codd, 1970), e ainda possibilita a representação dos aspectos espaciais, permitindo assim gerar um modelo da realidade geográfica com mais semântica. O Modelo ERG foi desenvolvido a partir de análise de modelos conceituais de dados propostos na literatura.

O Modelo ERG demonstrou ser o mais completo, dentre os analisados, apresentando as seguintes características:

- utiliza conceitos de visão de campos e visão de objetos;
- diferencia as classes espaciais das convencionais;
- utiliza uma representação simbólica, através de pictogramas, que possibilita a percepção imediata da natureza do dado;

- representa no modelo os relacionamentos espaciais e os convencionais;
- possibilita a representação de múltiplas visões de uma mesma classe geográfica, em função da variação da escala;
- é totalmente independente da implementação.

7.2 Trabalhos Futuros

Como trabalho futuro, é proposto:

- extensão do Modelo ERG a fim de que contemple também o aspecto temporal de uma realidade geográfica;
- criação de regras bem definidas de mapeamento do Modelo ERG para o Modelo Relacional de Banco de Dados;
- construção de uma ferramenta que auxilie no gerenciamento e documentação de projetos de aplicações SIG. Esta ferramenta também auxiliaria o desenho dos Diagramas ERG, como uma Ferramenta CASE.

Capítulo 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTENUCCI, John C.; BROWN, Kay; CROSWELL, Peter L. et al. **Geographic Information Systems : A Guide to the Technology**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

ARONOFF, Stan. **Geographic Information Systems : A Management Perspective**. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.

BATINI, C.; CERI, S.; NAVATHE, S. B.: **Conceptual database design**. Benjamin/Cummings Publ. Co., Redwood City, 1992.

BÉDARD, Yvan ; PAQUETTE, François. Extending Entity/ Relationship Formalism for Spatial Information Systems. **Auto Carto**, Baltimore, n.9, p. 818-828, 1989.

BITTENCOURT, Rogério.: **Estudo sobre Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica**. Porto Alegre, RS : CPGCC/UFRGS, 1996. TI-502.

BORGES, Karla & DAVIS, Clodoveu. Fundamentos de Geoprocessamento: 17 - Modelagem de dados geográficos. São José dos Campos, SP : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999. [on-line]: <http://www.dpi.inpe.br>. (visitado em 01/06/1999).

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment** (Monographs on soil and resources survey). New York : Oxford University Press, 1992.

CALKINS, Hugh W. GIS Development Guide: Needs Assessment. [on-line]: <http://unix6.nysed.gov/pubs/needs.html>. (visitado em 01/06/1999). 1999.

- CÂMARA, Gilberto. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica: Visão Atual e Perspectivas de Evolução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., 1993, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: USP, 1993.
- CÂMARA, Gilberto. **Análise de Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos Orientados-a-Objetos**. São José dos Campos, SP : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, abr. 1994.
- CÂMARA, Gilberto. **Modelos, linguagens e arquiteturas par bancos de dados geográficos**. São José dos Campos, SP : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995. (Tese de Doutorado)
- CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco Antônio; HEMERLY, Andrea S.; MAGALHÃES, Geovane Cayres; MEDEIROS, Claudia Bauzer. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. In: 10ª ESCOLA DE COMPUTAÇÃO, 1996. Campinas, SP: UNICAMP, julho de 1996.
- CARON, Claude; BÉDARD, Yvan.: Extending the individual formalism for a more complete modeling of urban spatially referenced data. **Computers, Environment and Urban Systems**, v.17, p.337-346, 1993.
- CHEN, P. P. S. : **The entity relationship model - toward a unified view of data**. In: ACM Transactions on Database Systems, 1:1, March 1976, pp 9-37.
- CODD, E. F.: **A relational modelo for large shared data banks**. In: Communications of the ACM, 13:6, June 1970, pp 377-387.
- DATE, C. J.: **Introdução a sistemas de bancos de dados**. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 4ª Edição, 1991.
- DUARTE, P. A. **Cartografia Básica**. Florianópolis, SC : Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2ª ed. 1988.

- ELMASRI, R.; NAVATHE, S.B.: Fundamentals of database systems. Benjamin/Cummings, Redwood, 1989.
- EASTMAN, J. R.: IDRISI for windows: user's guide. Clark Labs fro Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clark University, USA, 1995.
- GOODCHILD, Michael F. ; KEMP, Karen K. (Eds.) NCGIA Core Curriculum : Introduction to GIS. Santa Barbara, CA : National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), University of California, July 1990a.
- GOODCHILD, Michael F. ; KEMP, Karen K. (Eds.) NCGIA Core Curriculum : Issues in GIS. Santa Barbara, CA : National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), University of California, July 1990b.
- GOODCHILD, Michael F. Geographical data modeling. Computers & Geosciences, Great Britain, v.18, n.4, p. 401-408, 1992.
- HEUSER, Carlos Alberto: Projeto de banco de dados. In: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo (CYTED), Subprograma VII: Topicos Actuales en Bases de Datos. Santa Cruz de La Sierra - Bolivia, maio, 1995.
- HEUSER, Carlos Alberto: Projeto de Banco de Dados. Série Livros Didáticos, Num. 4, Ed. Sagra Luzzatto, Porto Alegre, 1998.
- KORTH. H. F. & SILBERSCHATZ, A.: Sistemas de bancos de dados. 2^a Ed., McGraw-Hill, São Paulo, 1993.
- KROENKE, D. M.: Banco de dados: fundamentos, projeto e implementação. LTC S.A., Rio de Janeiro, 1998.
- LISBOA F., Jugurta.: Modelos conceituais de dados para sistemas de informações geográficas. Porto Alegre, RS : CPGCC/UFRGS, 1997. EQ-12.

- MACHADO, F. N. R. & ABREU, M.: Projeto de banco de dados: uma visão prática. Ed. Érica Ltda., São Paulo, 1995.
- MAGUIRE, David J. An Overview and Definition of GIS. In: MAGUIRE D. J. ; GOODCHILD, M. F. ; RHIND, D. W. (Eds.). **Geographical Information Systems : Principles and Applications**. London : Longman, 1991. v.1, p. 9-20.
- NATIONAL CENTER FOR GEOGRAPHIC INFORMATION AND ANALYSIS (NCGIA). **Secondary Education Project : GIS in the Schools**. Santa Barbara, CA : University of California, 1992. Workshop Resource Packet.
- OLIVEIRA, Cêurio. **Curso de Cartografia Moderna**. 2^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- OLIVEIRA, Juliano L., PIRES, Fátima, MEDEIROS, Claudia B. An environment for modeling and design of geographic applications. **GeoInformatica**, Boston, n.1, p.29-58, 1997.
- PADMANABHAN, G. ; YOON, J. ; LEIPNIK, M. **A Glossary of GIS Terminology**. Santa Barbara, CA : National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, 1992. (NCGIA Technical Report 92-13).
- PEUQUET, Donna J. A conceptual framework and comparison of spatial data models. **Cartographica**, [S.l.], v.21, n.4, p. 66-113, 1984.
- PIRES, Fátima ; MEDEIROS, Claudia Bauzer. Uma Metodologia para Projeto de Sistemas de Informações Geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE, 7., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro : SBC/PUC-RJ, 1993.
- RAMIREZ, Milton Ramos. **Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados para Geoprocessamento**. Rio de Janeiro, RJ : COPPE/UFRJ, abr. 1994. Dissertação de Mestrado.

RUMBAUGH, J. et al. **Object-oriented modeling and design**. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida ; MORETTI, Edmar ; CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro, SP : Ed. do Autor, 1992.

THOMÉ, Rogério. **Interoperabilidade em Geoprocessamento, Conversão entre Modelos Conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e, Comparação com o Padrão *Open GIS***. São José dos Campos, SP : INPE , 1998. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada.

TIMES, Valéria Cesário. **MGeo: Um Modelo Orientado a Objetos para Aplicações Geográficas**. Recife, PE : UFP , jun. 1994. Dissertação de Mestrado.

TRYFONA, N.; HADZILACOS, T. **Geographic applications development: models and tools for the conceptual level**. In: ACM-GIS INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 1995, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: [s.n.], 1995.

ANEXOS

ANEXO 1

Formulários



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Título do Projeto:

ID.:

Instituição:

Unidade:

Área de Pesquisa:

Palavras-Chave:

Instituições Envolvidas: (nome, sigla, telefone, endereço, e-mail, http)

Pessoal Envolvido: (nome, titulação, função, instituição de origem, e-mail)

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Sistema de Projeção:

Área de Estudo:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:

Resumo:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:



Análise de Requisitos

Caracterização do Problema:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:

Objetivos e Metas: (Objetivo Geral e Específicos)

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Metodologia e Estratégia de Ação:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Resultados e Impactos Esperados:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:

Formulário PJ 7/10



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Riscos e Dificuldades:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:

Outros Projetos e Financiamentos:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Referências Bibliográficas:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:

Formulário PJ 10/10



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Aplicação ID.:

Projeto ID.:

Nome da Aplicação:

Instituição:

Unidade:

Finalidade e Descrição:

Tipo da Aplicação:

- Exibição (*Display*)
- Consulta
- Análise Espacial

Escala:

Mapa:

Fotografia:

Chave de Consulta:

Dados Requeridos:

Entidades (features):	Atributos:	Objeto Espacial:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Aplicação ID.:

Projeto ID.:

Nome da Aplicação:

Instituição:

Unidade:

Amostra de Saída Gráfica:

Tela (*Display*)

Impressora/*Plotter*

Arquivo Formato:

Legenda:

Elaborado por:
Aprovado por:

Data:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Aplicação ID.:

Projeto ID.:

Nome da Aplicação:

Instituição:

Unidade:

Layout de Relatório/Saída Tabular

Tela (*Display*)

Impressora/*Plotter*

Arquivo Formato:

Elaborado por:

Aprovado por:

Data:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Aplicação ID.:

Projeto ID.:

Nome da Aplicação:

Instituição:

Unidade:

Descrição dos Processos:

Elaborado por:

Data:

Aprovado por:



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Aplicação ID.:

Projeto ID.:

Nome da Aplicação:

Instituição:

Unidade:

Descrição dos Dados: (Diagrama ERG - Nível II)

Elaborado por:

Data:

Aprovado por:

Formulário AP 5/5

ANEXO 2
Exemplo de Preenchimento dos
Formulários de Descrição de Projeto



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Título do Projeto: *Gerenciamento e Segurança de Praias* ID.: *SEG01*

Instituição: *Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI*

Unidade: *oceanografia - CTTMar*

Área de Pesquisa: *oceanografia*

Palavras-Chave:

Sistema de Informação Geográfica, Segurança de Praia, Banco de Dados Geográfico

Instituições Envolvidas: (nome, sigla, telefone, endereço, e-mail, http)

*Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, (0xx47) 341-7544 - Rua Uruguai, 370
seguranca@cttmar.univali.br - http://www.cttmar.univali.br/oceanografia/seguranca*

Pessoal Envolvido: (nome, titulação, função, instituição de origem, e-mail)

Prof. Guilherme Guimarães Santana, Ph.D. - Coordenador (UNIVALI)
Prof. Antônio Klein, MSc. - Pesquisador (UNIVALI)
Prof. Marcus Polette, Ph. D - Pesquisador (UNIVALI)
Profª. Anita Maria da Rocha Fernandes, MSc. - Pesquisadora (UNIVALI)
Prof. Fernando Luiz Diehl, MSc. - Vice-coordenador (UNIVALI)
Prof. Rafael Sperb Medeiros, MSc. - Pesquisador (UNIVALI)
Profª. Alessandra Porto, MSc. - Pesquisadora (UNIVALI)
Prof. Marco Antonio Bacelar Barreiros, MSc. - Colaborador (UNIVALI)
Profª. Franceline Pantoja Diehl, MSc. - Colaboradora (UNIVALI)
Prof. Rogério Gonçalves Bittencourt, BSc. - Pesquisador (UNIVALI)
Prof. João Thadeu de Menezes, BSc. - Pesquisador (UNIVALI)

Elaborado por: *Antônio Klein*

Data: *20/05/2000*

Aprovado por: *Guilherme Guimarães Santana*

Formulário PJ 1/10



Análise de Requisitos

Sistema de Projeção:

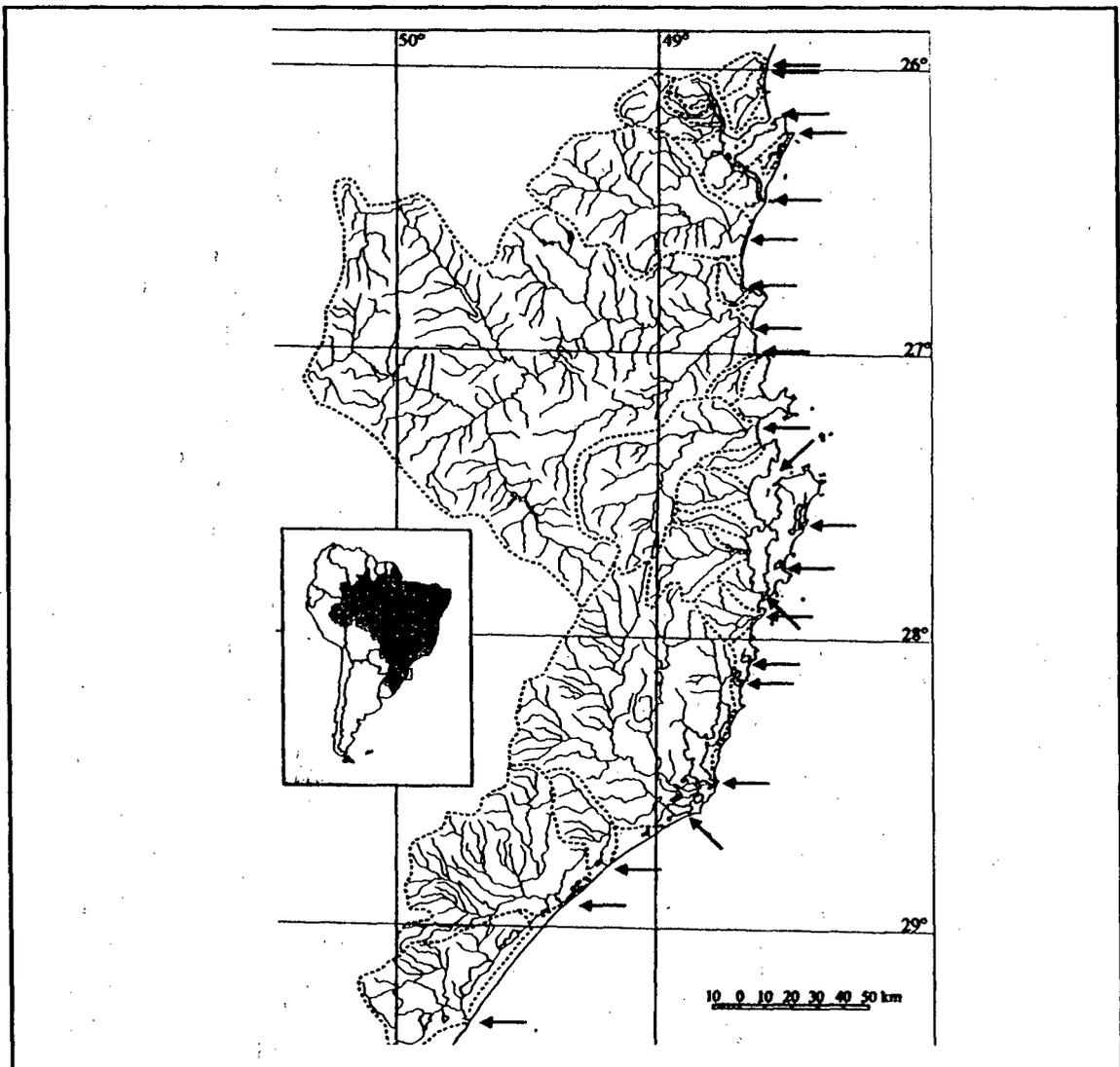
Geográfica

Área de Estudo:

Litoral de Santa Catarina

Ponto SuplEsq
lat 26°00'00" S
long 49°40'00" E

Ponto InfDir
lat 29°20'00" S
long 48°20'00" E

Elaborado por: *Antônio Klein*Data: *20/05/2000*Aprovado por: *Guilherme Guimarães Santana*

Formulário PJ 2/10



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Resumo:

Anualmente, no período de veraneio, muitos banhistas se envolvem em situações de risco/perigo nas praias do litoral de Santa Catarina. Com isso, o Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - CTTMar da Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI realiza anualmente o PROJETO SEGURANÇA NAS PRAIAS, com o objetivo de criar uma base de informações sobre as características sócio-ambientais das praias Catarinenses e a formulação de um programa de orientação ao público usuário, definindo o grau de periculosidade dos balneários. O projeto é executado paralelamente à operação Veraneio da Polícia Militar - Corpo de Bombeiros, do estado de Santa Catarina.

O PROJETO SEGURANÇA NAS PRAIAS é desenvolvido no Brasil desde a temporada de verão de 1995/1996, e foi idealizado a partir do Programa Australiano de Segurança e Gerenciamento nas Praias, com início em 1990. No Brasil, o projeto vem sendo desenvolvido e vem gerando material informativo com o objetivo de fundamentar a realização de campanhas educativas sobre os possíveis perigos que possam estar associados ao banho de mar, procurando estabelecer critérios para a definição de níveis de perigo associados a cada praia do litoral de Santa Catarina.

Atualmente o projeto possui uma necessidade muito grande de uma nova estruturação do Banco de Dados, visando automatização de tarefas de tratamento de dados e disponibilização de informações sobre as praias de Santa Catarina (características físicas e riscos ao público) para o público via Internet. Além disso, o banco de dados será o coração de um Sistema de Informações Geográficas, que será desenvolvido pela equipe, espacializando os dados e gerando mapas, para uma melhor compreensão das informações das praias de Santa Catarina.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 3/10



Caracterização do Problema:

A utilização dos recursos naturais costeiros brasileiros tem se intensificado em decorrência do fenômeno turístico, da urbanização e outras formas de ocupação da orla. Mais em evidência, e de uma forma mais acelerada, entretanto, têm sido o desenvolvimento para criação de infraestruturas voltadas para o turismo. Esta atividade econômica representa o setor de maior crescimento no mundo (WTTC 1999; WTO 2000), constituindo-se no segundo produto de exportação brasileiro (EMBRATUR 1999). Por esta importância, tornou-se um vetor de desenvolvimento econômico para o governo brasileiro, tendo apoio financeiro de grandes programas nacionais, tais como o PRODETUR. O investimento privado no setor ultrapassou os US\$6 bilhões, em 1998, sendo que grande maioria dos turistas que viajam pelo nosso país, tanto estrangeiros quanto brasileiros, buscam o litoral para gozar férias e para o lazer (EMBRATUR 1999).

Sendo um recurso estratégico e frágil ao mesmo tempo, o uso das áreas costeiras deve obedecer critérios específicos que observem as peculiaridades (físicas/naturais e sociais) de cada praia ou região. O que se observa, no entanto, é que as pressões do crescente fluxo turístico e das práticas empregadas para criação de infraestruturas para satisfazer esta demanda desencadearam uma série de problemas ambientais e sociais nas comunidades receptoras, gerando potenciais riscos para o uso destes ambientes. A não identificação destes riscos levaram destinos como Acapulco (México), Algarve (Portugal) e as Ilhas Canárias (Espanha) a uma séria crise que afetou o fluxo turístico, com conseqüências para a economia e balança de pagamentos daqueles países.

A associação de riscos naturais (explosão de algas tóxicas, correntes de retorno, etc) com os riscos introduzidos (poluição orgânica, alteração da paisagem, etc) causaram inúmeras perdas humanas e grandes prejuízos para as comunidades costeiras em todo o mundo. O gerenciamento de praias neste contexto é um campo de pesquisa recente, tendo suas origens no início dos anos 80 na Austrália (HOGAN 1987; SHORT & HOGAN, 1990, 1992 e 1993; SHEDDY et al. 1993; SHORT, 1999) e mais recentemente no Brasil (KLEIN et al., em preparo; HOEFEL & KLEIN 1996, 1997 e 1998) através do Programa de Gerenciamento e Segurança de Praias desenvolvido desde 1995 no Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina. A Nova Zelândia deu início à implementação de projeto desta natureza em 1999 (SHORT 1999).

No entanto, a abordagem conceitual desenvolvida na Austrália, e ora em implementação na Nova Zelândia, não é suficientemente completa e complexa para elucidar os fenômenos que interagem e dinamizam os processos de alterações sistêmicas por abordar parcialmente a dimensão social (KLEIN et al. 2000, HOEFFEL

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 4/10



Análise de Requisitos

Caracterização do Problema: *Continuação (página 2)*

e KLEIN 1999). Neste sentido, a proposta em desenvolvimento no Brasil trás esta contribuição para o avanço neste campo da ciência. Deve-se ainda esclarecer que o "Bandeira Azul", aplicado na União Européia, não é um programa de gerenciamento de praias e sim um programa de classificação de praias de acordo com certos parâmetros ecológicos (balneabilidade) e infra-estrutura turística a serem identificados nas praias que se voluntariam a este programa. Portanto, não fornece subsídios práticos para definições de parâmetros preventivos nem de planejamento.

O conceito de gerenciamento de praias necessariamente requer a sistematização e processamento de informações advindos das ciências sociais aplicadas, humanas, biológicas, exatas e da terra, absorvendo os resultados dos avanços em áreas, tais como, ecologia, administração, economia, oceanografia, direito, geografia, química, história, engenharia ambiental, turismo, entre outras.

Esta proposta aborda a temática de gerenciamento de praias de uma forma diferenciada da que domina a literatura, uma vez que não só se propõe a identificar e classificar os elementos físicos/naturais e antrópicos, mas também busca contextualizar as diversas formas de usos e seus decorrentes impactos e riscos gerados ao público usuário.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 4/10

Objetivos e Metas: (Objetivo Geral e Específicos)

A presente proposta tem como objetivo geral o desenvolvimento de um Modelo de Gerenciamento e Segurança de Praias o qual permitirá a análise, qualificação, categorização e classificação de praias a partir da identificação dos elementos de riscos naturais-físicos e sociais de cada contexto, para suporte de tomada de decisão por parte dos poderes públicos e para o norteamento de políticas de desenvolvimento e direcionamento de implementação de infra-estrutura turística, buscando a sustentabilidade dos recursos naturais.

Para atingir este objetivo, as seguintes metas devem ser alcançadas:

- Implementar infra-estrutura para desenvolver e testar ações e metodologias necessárias e previstas no projeto em todas as praias do Estado de Santa Catarina, como área piloto;
- Ampliar e aplicar novos parâmetros metodológicos para a identificação de diferentes níveis de riscos - naturais e introduzidos - ao uso das praias, a fim de desenvolver-se metodologia para o gerenciamento de municípios costeiros;
- Desenvolver e implementar um sistema de informação geográfica que incorpore um banco de dados geográficos, sensoriamento remoto, CAD, cartografia computadorizada e gerência de banco de dados;
- Desenvolver um sistema de análise automatizada de dados e geração de resultados de utilizando como ferramentas Data Warehouse e Data Mining;
- Modelar e desenvolver um sistema que possibilite, através de Agentes Inteligentes, simular diferentes cenários de risco de uso das praias para aplicação em treinamento de capacitação de recursos humanos;
- Implementar um sistema de multimídia atraente, informativo e interativo, que visa transmitir informações sobre o uso e riscos associados às praias catarinense.
- Consolidar a formação de uma escola de análise de riscos costeiros - públicos e gerenciamento de crises na instituição proponente e colaboradoras;
- Formação de recursos humanos em nível de graduação e pós-graduação.

Produtos Finais:

- Sistema de análise de riscos para tomada de decisão para Gerenciamento e Segurança de Praias, que poderá ser aplicado nos planos de desenvolvimento turístico de municípios costeiros.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 5/10



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Objetivos e Metas: (Objetivo Geral e Específicos) *Continuação (página 2)*

O processo que levará ao desenvolvimento do sistema e do Modelo necessariamente criará alguns produtos:

- 1 - Banco de Dados Geográficos que incorpora Sensoriamento Remoto, CAD, Cartografia Computadorizada, Gerência de Banco de Dados;
- 2 - Análise automatizada de dados e geração de resultados através da aplicação de Data Warehouse e Data Mining;
- 3 - Módulo de Simulação voltado para o treinamento de recursos humanos para atuarem na segurança de praias;
- 4 - Desenvolvimento de um Sistema Multimídia Interativo.

Elaborado por: *Antônio Klein*

Data: 20/05/2000

Aprovado por: *Guilherme Guimarães Santana*

Formulário PJ 5/10



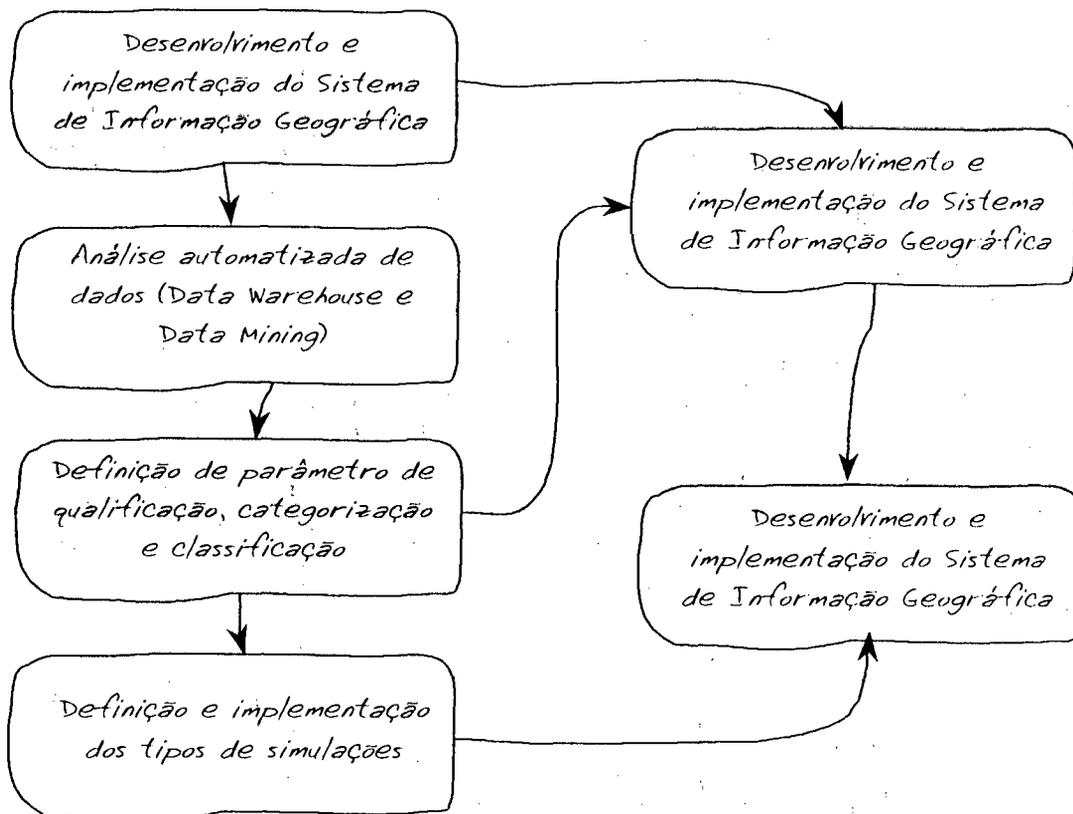
Sistema de Informação Geográfica

Análise de Requisitos

Metodologia e Estratégia de Ação:

O desenvolvimento do Sistema de Análise de Riscos para tomada de decisão em Gerenciamento e Segurança de Praias, necessariamente, envolverá especialistas de várias áreas, tais como: oceanografia, computação, engenharia ambiental, administração e turismo.

As diferentes etapas a serem desenvolvidas no projeto encontram-se apresentadas de forma sucinta no fluxograma abaixo. Dado a complexidade e dimensão do projeto se torna difícil a descrição de todas as metodologias a serem empregadas, assim como descrever as estratégias de ações para o desenvolvimento do mesmo.



Foi desenvolvido um cronograma de trabalho onde as ações de diversos especialistas estão definidas, sistematizadas e sincronizadas de forma a garantir o bom andamento do projeto e o alcance de todos os seus objetivos. Maiores detalhes podem ser encontrados no Formulário de Identificação da Proposta.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 6/10



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Resultados e Impactos Esperados:

Resultado e produtos esperados:

- Sistema de análise de riscos para tomada de decisão para Gerenciamento e Segurança de Praias que poderá ser aplicado nos planos de desenvolvimento turístico de municípios costeiros.

O processo que levará ao desenvolvimento do sistema e do Modelo, necessariamente, criará alguns produtos:

- 1 - Banco de Dados Geográficos que incorpora Sensoriamento Remoto, CAD, Cartografia Computadorizada, Gerência de Banco de Dados;
- 2 - Análise automatizada de dados e geração de resultados através da aplicação de Data Warehouse e Data Mining;
- 3 - Módulo de Simulação voltado para o treinamento de recursos humanos para atuarem na segurança de praias;
- 4 - Desenvolvimento de um Sistema Multimídia Interativo.

Impactos Esperados:

- Contribuição efetiva para a sustentabilidade dos recursos costeiros;
- Promoção da qualidade ambiental na costa de Santa Catarina;
- Novos parâmetros para o uso da zona costeira;
- Valorização dos recursos ecológicos, sociais, étnicos e culturais da população;
- Favorecimento do desenvolvimento de novas atividades econômicas;
- Contribuição para as ciências sociais, humanas e da vida, através da disseminação dos resultados obtidos nas ações de pesquisa e desenvolvimento;
- Desenvolvimento de consciência ecológica e de sustentabilidade;
- Maior interação e colaboração entre os diversos atores envolvidos na dinâmica costeira.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 7/10



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Riscos e Dificuldades:

A presente proposta nasceu naturalmente da necessidade de sistematização de algumas atividades desenvolvidas por vários especialistas do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - Universidade do Vale do Itajaí, que congrega os cursos de oceanografia, Engenharia Ambiental, Geografia, Ciência da Computação, Biotecnologia e Engenharia Civil, bem como Medicina preventiva. Portanto, todo o corpo de conhecimento necessário para o desenvolvimento de um Modelo de Gerenciamento e Segurança de Praias se encontra disponível neste ambiente multidisciplinar. Sendo assim, acreditamos que esta capacidade instalada minimiza consideravelmente os riscos associados a projetos desta natureza.

Informamos também que o coordenador do projeto conta com uma vasta experiência em coordenação de projetos que envolvem grupos de trabalhos inter e intrainstitucionais (nacionais e internacionais) e vem desenvolvendo há vários anos trabalhos e projetos relacionadas ao gerenciamento de risco e crises.

É de se ressaltar, ainda, que a disponibilidade de tempo dos especialistas para a dedicação ao projeto está assegurada pela Direção do CTMar.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

Formulário PJ 8/10



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Outros Projetos e Financiamentos:

- SAARA - Sistema de Análise de Risco Ambiental - Projeto financiado com recursos da PROPPEX - UNIVALI;

- Avaliação do potencial de recursos arenosos da plataforma interna e desembocadura de rios para engordamento artificial de praias (financiado pelo PADCT III - recursos disponibilizado para o período de agosto 1998 a março 2000 - R\$ 78.000,00);

- Análise de risco da erosão costeira, e atlas eletrônico de processos costeiros para o sul do Brasil (em avaliação pelo Plano Sul - instituição colaboradora).

Informamos que não há nenhuma proposta idêntica ou semelhante sendo submetida a outra agência de financiamento.

Elaborado por: Antônio Klein

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Guilherme Guimarães Santana

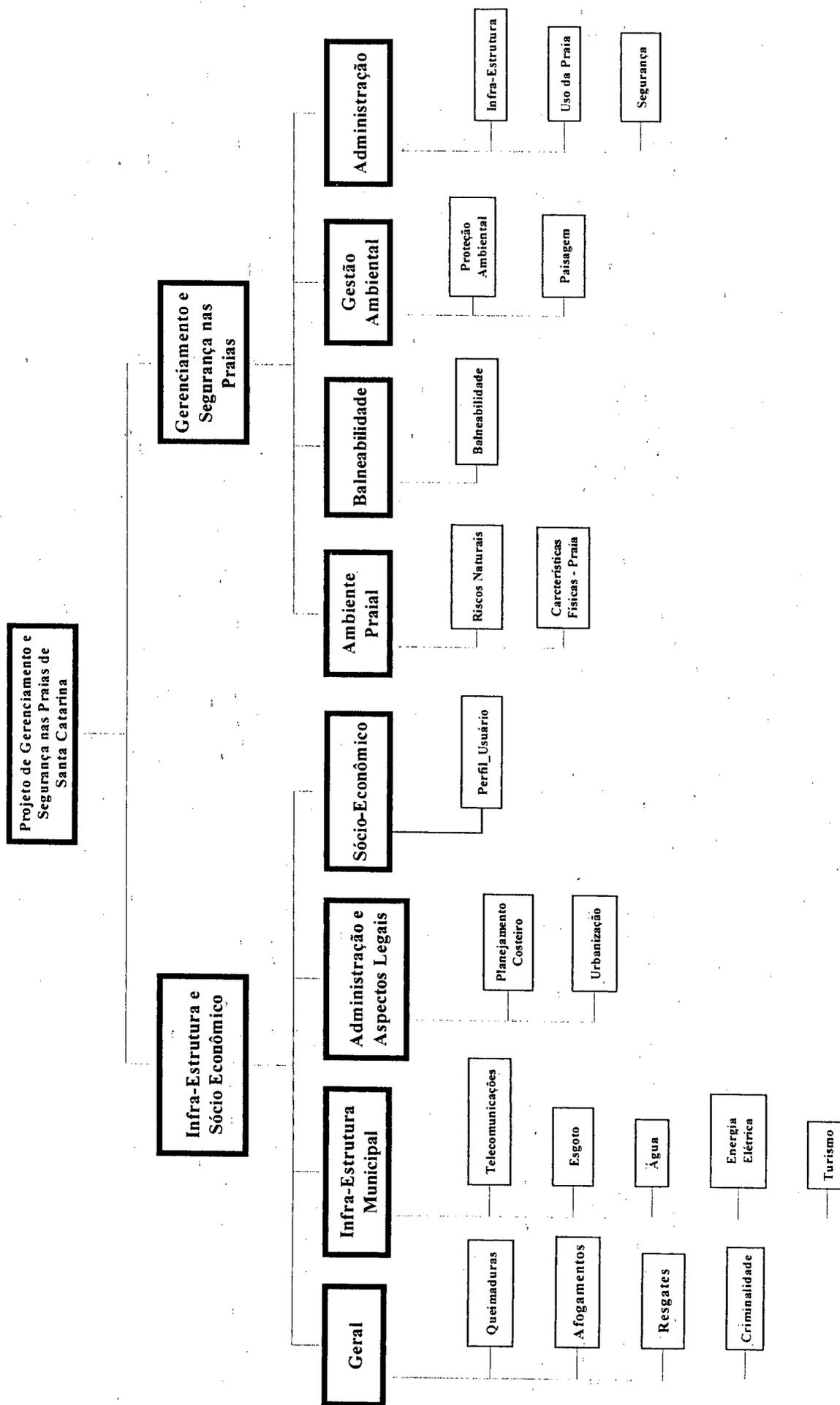
Formulário PJ 9/10

Referências Bibliográficas:

- EMBRATUR - Instituto Brasileiro do Turismo (1999) *Estudos do Turismo Brasileiro*, EMBRATUR, Ministério do Esporte e Turismo, Brasil.
- HOEFEL, F.G. & KLEIN, A.H.F. *Beach safety issue at oceanic beaches of central northern coast of Santa Catarina, Brazil: Magnitude and nature*. CLOCAMAR. Santos, SP. 1997.
- HOEFEL, F.G. & KLEIN, A.H.F. *Determinantes Ambientais e Sociais da Segurança no Banho em Praias do Litoral Centro-Norte de Santa Catarina*. Notes Técnicas da FACIMAR. 1998.
- HOEFEL, F.G. & KLEIN, A.H.F. *Beach Safety Issue at oceanic Beaches of Central Northern Coast of Santa Catarina, Brazil: Magnitude and Nature*. *Journal of Coastal Research*. SI (26) (ICS'98 Proceeding). Fort Lauderdale, Florida. 1998.
- HOGAN, C.L. *Public hazard and awareness study of Sydney's southern beaches*. BSc. Hons. Thesis (unpubl.) Dept. Geography, University of Sydney, 289.1987.
- SHEDDY, K.; HOGAN, C.L. & SHORT, A.D. *Public safety, the forgotten issue*. In: *Coastal Management Conference*, Hastings Council, Porto Macquire, 12p.1993.
- SHORT, A.D. & HOGAN, C.L. *Sydney's southern surfing beaches: characteristics and hazards*. In Fabbri, P. (ed). *Recreational Uses of Coastal Areas*. Australia, Kluwer Academic Publishers, p 199-210. 1990.
- SHORT, A.D. & HOGAN, C.L. *How safe is your beach? Assessing public and tourist safety in a coastal environment*. In: *Coastal Management Conference*, Kiama, Kiama Municipal Council, 11p. 1992.
- SHORT, A.D. & HOGAN, C.L. *The Australian beach safety and management program - surf life saving Australia's approach to beach safety and coastal planning*. In: *11th Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering*, Townsville. National Conference Publication 9314. Townsville, p. 113-118. 1993.
- SHORT, A.D.. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics* - John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester., 379pp. 1999.
- WTO (World Tourism Organization). *Asia/Pacific Comes Back to Drive World Tourism* http://www.world-tourism.org/pressrel/100_01_25.htm - 02/03/2000. 1999.
- WTTC (World Travel and Tourism Council). *Latin America Economic Impact*, March 1999.

ANEXO 3
Diagrama de Temas

Diagrama de Temas



ANEXO 4
Exemplo de Preenchimento dos
Formulários de Descrição de
Aplicação



Análise de Requisitos

Aplicação ID.: AP01

Projeto ID.: SEG01

Nome da Aplicação: *queimaduras*Instituição: *Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI*Unidade: *oceanografia***Finalidade e Descrição:**

Fazer uma estatística básica sobre a ocorrência de queimaduras provocadas por organismos gelatinosos planctônicos (cnidários, água-viva), distribuídas geograficamente.

Tipo da Aplicação:

- Exibição (Display)
 Consulta
 Análise Espacial

Escala:

Mapa: 1:50 000

Fotografia: 1:20 000

Chave de Consulta:*Água-viva; queimaduras***Dados Requeridos:**

Entidades (features):	Atributos:	Objeto Espacial:
<i>Praia</i>	<i>Código, nome, município</i>	<i>Região</i>
<i>Vítima</i>	<i>Código, procedência, idade, sexo, região do corpo atingida</i>	
<i>Posto Salva-Vidas</i>	<i>Código, quantidade de salva-vidas</i>	<i>Ponto</i>
<i>Local do Acidente</i>	<i>Código, nome do local (zona de arrebentação)</i>	<i>Ponto</i>
<i>Reações</i>	<i>Código, descrição da reação</i>	
<i>Medicação</i>	<i>Código, tipo de medicação</i>	
<i>Formato do Organismo</i>	<i>Código, descrição do formato</i>	
<i>Município</i>	<i>Código, nome do município</i>	<i>Região</i>

Elaborado por: *Charrid Resgalla Jr.*Data: *20/05/2000*Aprovado por: *Antônio Klein*

Formulário AP 1/5



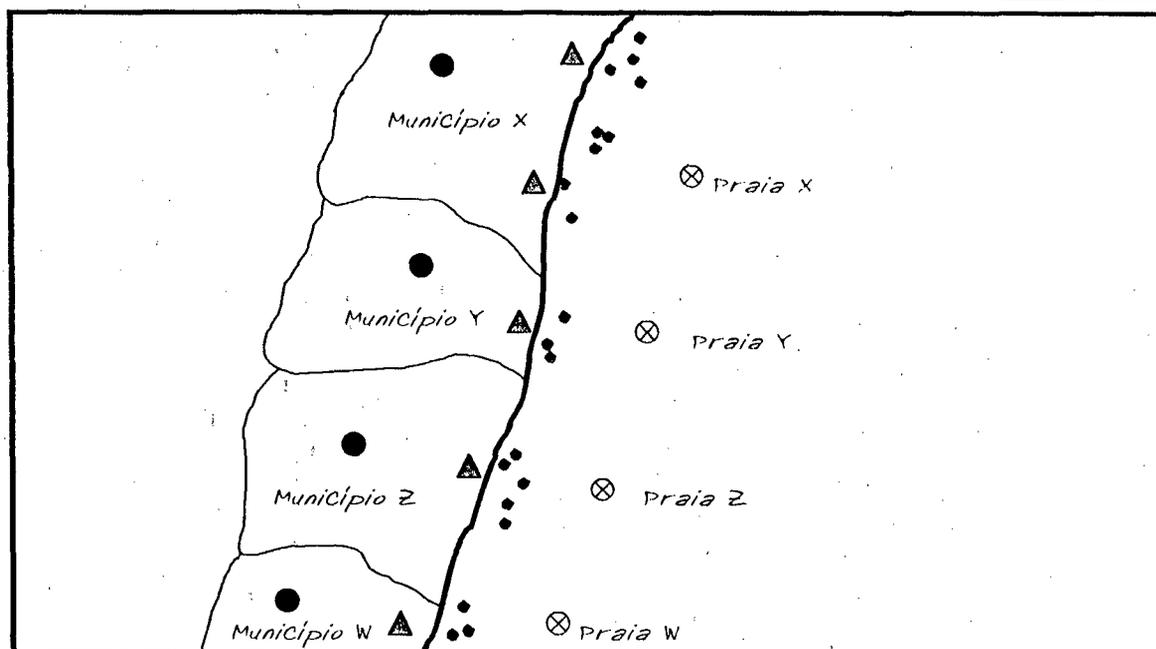
Aplicação ID.: AP01

Projeto ID.: SEG01

Nome da Aplicação: *queimaduras*Instituição: *Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI*Unidade: *oceanografia*

Amostra de Saída Gráfica:

X	Tela (Display)
X	Impressora/Plotter
	Arquivo Formato: <input type="text"/>



Legenda:

- | | | | |
|--|------------------|--|-------------------|
| | Limite Município | | Posto Salva-Vidas |
| | Linha de Costa | | Ocorrências |
| | Município | | Praia |

Elaborado por: *Rogério Gonçalves Bittencourt* Data: *20/05/2000*Aprovado por: *Antônio Klein*

Formulário AP 2/5



Sistema de Informação Geográfica



Análise de Requisitos

Aplicação ID.: AP01

Projeto ID.: SEG01

Nome da Aplicação: *queimaduras*

Instituição: *Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI*

Unidade: *oceanografia*

Layout de Relatório/Saída Tabular

Tela (Display)

Impressora/Plotter

Arquivo Formato:

<i>Relatório de ocorrências</i>						
<i>ocorrência Número</i>	<i>Data</i>	<i>Praia</i>	<i>Município</i>	<i>Região queimada</i>	<i>Sexo da Vítima</i>	<i>Medicação</i>

Elaborado por: *Charrid Resgalla Jr.*

Data: *2010/05/20/00*

Aprovado por: *Antônio Klein*

Formulário AP 3/5



Aplicação ID.: AP01

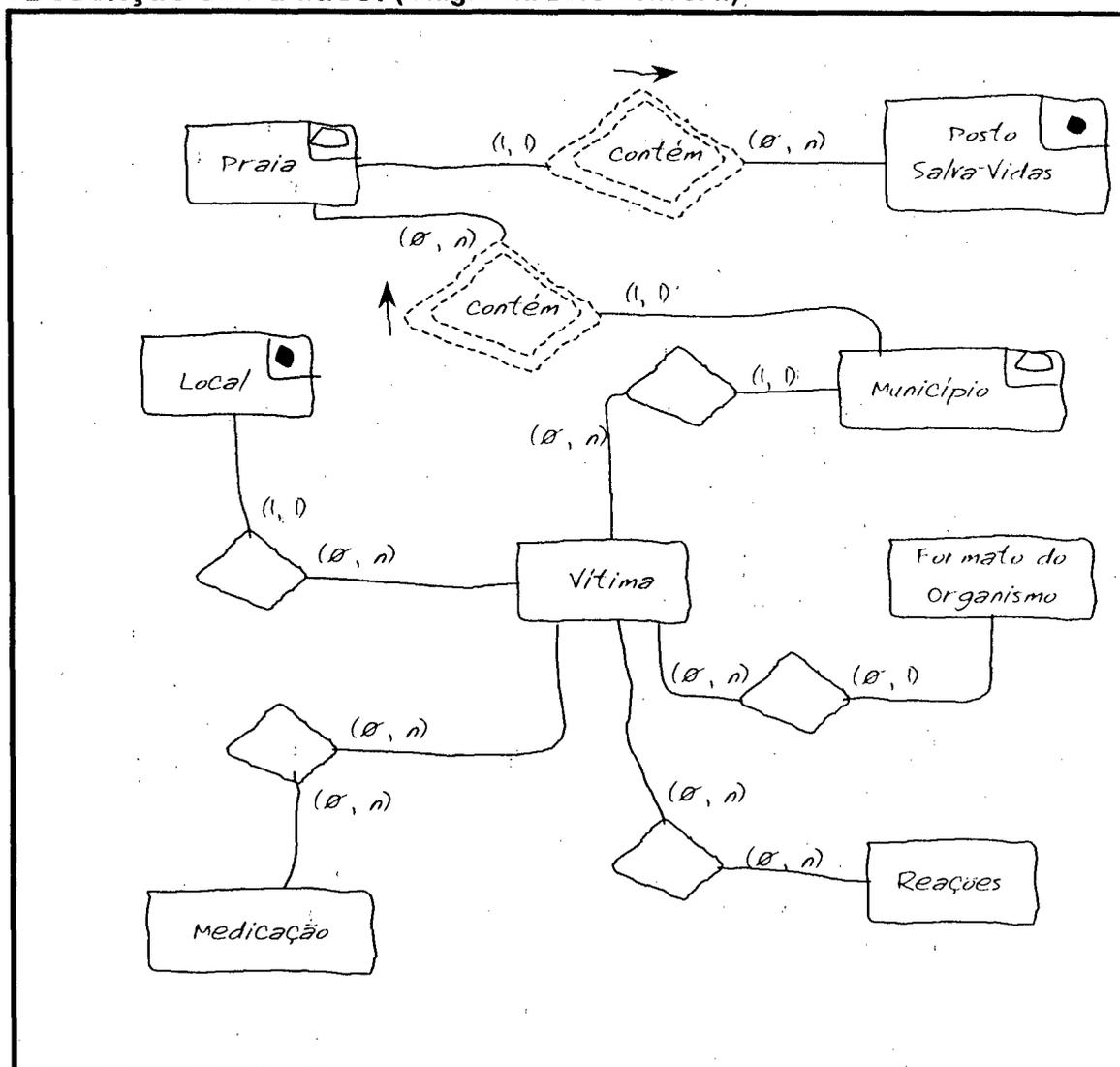
Projeto ID.: SEG01

Nome da Aplicação: queimaduras

Instituição: Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Unidade: oceanografia

Descrição dos Dados: (Diagrama ERG - Nível II)



Elaborado por: Bruno Schmitt Filho

Data: 20/05/2000

Aprovado por: Rogério Gonçalves Bittencourt

Formulário AP 5/5