



Universidade Federal de Santa Catarina

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO APLICADO À OPERAÇÃO
DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil (Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

CECÍLIA MARIA BORBA

Florianópolis, março de 2000

UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO APLICADO À OPERAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

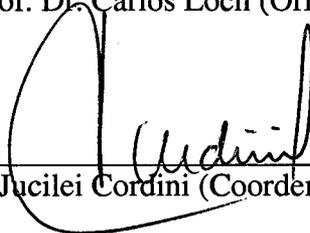
Cecília Maria Borba

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Especialidade Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



Prof. Dr. Carlos Loch (Orientador)

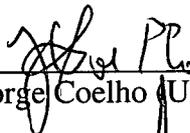


Prof. Dr. Jucilei Cordini (Coordenador do Curso)

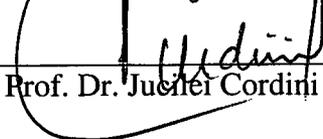
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Ing. Hans Peter Bähr (KARLSRUHE)



Prof. Dr. Jorge Coelho (UFSC)



Prof. Dr. Jucilei Cordini (UFSC)

"Na realidade, a ciência e a arte vêm aos homens por intermédio da experiência, porque a experiência criou a arte e a in experiência, o acaso. E a arte aparece quando, de um conjunto de noções experimentadas, se exprime um único juízo universal de casos semelhantes".

Aristóteles

Aos meus pais, Maria Elzy (in
memorian) e Pedro Paulo, que
sempre me incentivaram a lutar
para que os sonhos se realizassem.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a **Deus** pela dádiva da vida. E aos anjos por me iluminarem neste caminho.

A realização deste trabalho não foi uma conquista solitária. Durante toda a jornada contei com o apoio de muitas pessoas com as quais compartilho a alegria de terminar esta pesquisa. Gostaria de agradecer em particular às seguintes pessoas:

- A meus familiares, pois me sinto abençoada por ter nascido entre eles. À minha mãe em especial, que certamente está me guiando de longe;
- Ao Professor Dr. Carlos Loch, por incentivar o retorno ao mundo acadêmico e por ter acreditado em mim;
- A Hermes Lacerda Queiroz, pelo incentivo e estímulo constantes para que eu superasse minhas próprias limitações;
- A Clodoveu Davis, pela inestimável contribuição;
- A Maria Bernadete E. Dutra, minha amiga, pelas sugestões e contribuições ao texto da dissertação;
- A José Mendes Damian, por ter na função de Secretário de Planejamento da Prefeitura Municipal de São José, fornecido o material cartográfico necessário para a realização desta pesquisa;
- A Salete Monteiro Franco, colega da Celesc, por contribuir com informações técnicas importantes;
- A Wolmar da Cunha Sabino, Fabio Bernardez, e ao Presidente da SISGRAPH, Sílvio Steinberg, de São Paulo – SP, da empresa SISGRAPH Ltda., por ceder os software GeoMedia Professional, utilizado nesta pesquisa;
- A Sandro Coelho Pereira, colega da Celesc, pela colaboração da trabalhosa tarefa de levantamento de dados em campo;
- A Roberto Lima, Francisco Carlos Lajús, Suely Souza Costa, Cezário de Oliveira Lima Junior, Gabriel Ferrari Vieira, Roque Sánchez Dalotto, por importantes colaborações e estímulo a conclusão efetiva desta pesquisa;

- Aos meus colegas da Celesc, Francisco, Benoni, Marcial, Jairo, Dilnei, Estéfano, Delma, Marcelo, Regina, Rogério e Rita, pela amizade e apoio durante as minhas ausências para que eu pudesse assistir às aulas;
- Aos meus amigos e amigas que não fazem parte do meu convívio acadêmico, pela compreensão da ausência para concluir mais esta etapa;
- Aos demais professores, colegas e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pela agradável convivência;
- Aos membros da Banca Examinadora, que se propuseram a participar da mesma e a contribuir para a melhoria deste trabalho.

Agradeço ainda à Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

A Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. - CELESC, por ter me concedido licença para assistir às disciplinas do mestrado, durante o horário normal de trabalho, como também por disponibilizar materiais necessários a para realização desta pesquisa.

Enfim, a todos aqueles que acreditaram neste trabalho e, de uma forma ou de outra, investiram em sua realização,

MUITO OBRIGADA

Cecília Maria Borba
Florianópolis, março/2000

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	VIII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
ESTRUTURA DO TRABALHO	XII
1 INTRODUÇÃO	1
2 IMPORTÂNCIA DO PROBLEMA.....	3
3 JUSTIFICATIVAS	6
4 OBJETIVOS.....	8
4.1 OBJETIVO GERAL	8
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
5.1 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA SUPERFÍCIE DA TERRA (HISTÓRICO)	9
5.2 CARTOGRAFIA.....	10
5.3 BASE DE DADOS CARTOGRÁFICA	11
5.4 SISTEMA CARTOGRÁFICO.....	14
5.5 SISTEMAS DE PROJEÇÃO UTM (UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR).....	15
5.6 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	21
5.7 CADASTRO TÉCNICO.....	24
5.8 CADASTRO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	26
5.8.1 <i>Símbolos Aplicados ao Setor Elétrico de Distribuição</i>	30
5.8.2 <i>Ferramentas Utilizadas para Atendimento das Ocorrências</i>	31
5.8.2.1 Diagrama unifilar	31
5.8.2.2 Painel sinóptico estático.....	33
5.8.2.3 Sistema de atendimento às ocorrências.....	34
5.9 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – SIG.....	36
5.9.1 <i>Funcionalidades do SIG</i>	36
5.9.2 <i>Aplicações do SIG</i>	37
5.9.3 <i>Processo de Implantação de um SIG</i>	39
5.10 ESTRUTURA E MODELO DE DADOS	39
5.10.1 <i>Estruturas de Dados em Vetor</i>	42
5.10.1.1 <i>Estrutura de dados espaguete</i>	43
5.10.1.2 <i>Estrutura de rede de cadeia triangular irregular (TIN)</i>	44
5.10.1.3 <i>Estrutura de dados incorporando atributos de vetor</i>	44
5.10.1.4 <i>Estrutura topológica de dados</i>	44
5.10.2 <i>Estruturas de Dados Raster</i>	47
5.10.3 <i>Estruturas de Dados Híbridos</i>	47
5.10.4 <i>Modelo Entidade e Relacionamento (MER)</i>	48
5.10.5 <i>Modelagem Baseada em Objetos</i>	50
5.10.6 <i>Modelagem Baseada em Conhecimentos</i>	54
5.11 REDES.....	56

6	MATERIAIS UTILIZADOS E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	59
6.1	MATERIAIS UTILIZADOS	59
6.2	BASE CARTOGRÁFICA.....	60
6.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	61
7	METODOLOGIA	64
7.1	LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES	66
7.1.1	<i>Reconhecimento dos Componentes da Rede Primária (pontos notáveis)</i>	66
7.1.2	<i>Associações Cartográficas</i>	67
7.1.3	<i>Gerenciamento das Ocorrências no Sistema Elétrico</i>	68
7.2	MODELO LÓGICO.....	68
7.3	DEFINIÇÃO DE SOFTWARE SIG	74
7.4	MONTAGEM DA BASE CARTOGRÁFICA	77
7.5	CADASTRO E ORGANIZAÇÃO DE DADOS	78
7.6	SÍMBOLOS UTILIZADOS	82
7.7	MONTAGEM DO BANCO DE DADOS E GEOPROCESSAMENTO.....	83
7.8	CARREGAMENTO DO SISTEMA	88
7.9	INTEGRAÇÃO SIG E SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OCORRÊNCIAS	89
7.10	VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DAS OCORRÊNCIAS.....	90
7.11	SUBSÍDIOS NA TOMADA DE DECISÃO	91
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
8.1	LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES	92
8.2	MODELAGEM DE DADOS	92
8.3	SOFTWARE SIG UTILIZADO	94
8.4	A BASE CARTOGRÁFICA PARA O SIG.....	96
8.5	O PROTÓTIPO COMO MODELO DE GEOPROCESSAMENTO PARA OS COD	102
9	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	108
9.1	CONCLUSÃO	108
9.2	RECOMENDAÇÕES	112
	GLOSSÁRIO	114
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
	ANEXOS	127
1.	CAMADAS DA BASE CARTOGRÁFICA BÁSICA E O TEMA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA SUPERPOSTAS UTILIZADAS NO PROTÓTIPO.....	127
2.	IDENTIFICAÇÃO DOS VÉRTICES BIGUAÇU E KUGAT DA REDE DE TRIANGULAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM	128
3.	CARACTERÍSTICAS DO APOIO TERRESTRE DO LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ – SC.....	132
4.	DIAGRAMA UNIFILAR UTILIZADO NOS COD.....	135

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PONTOS DE APOIO HORIZONTAL NO INTERIOR DA REGIÃO.	12
FIGURA 2 – PONTOS DE APOIO HORIZONTAL PRÓXIMOS DA REGIÃO.	12
FIGURA 3 – PONTOS DE APOIO HORIZONTAL DISTANTES DA REGIÃO.	13
FIGURA 4 – RELAÇÃO BÁSICA DE OBJETOS VETORIAIS DE UMA BASE CARTOGRÁFICA URBANA.	13
FIGURA 5 – ESCALA DE DISTORÇÃO EM QUALQUER FUSO DE 6° NAS PROXIMIDADES DO EQUADOR.	16
FIGURA 6 – DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1978 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA DO CENTRO DA FOLHA.	17
FIGURA 7 – FUSOS DA CARTA DO MUNDO AO MILIONÉSIMO RELACIONADOS COM OS SISTEMAS PARCIAIS QUE ABRANGEM O TERRITÓRIO BRASILEIRO.	18
FIGURA 8 – O ESTADO DE SANTA CATARINA CABE EM APENAS UM FUSO UTM.	19
FIGURA 9 – TRÊS TIPOS DE CONFLITO DE ESPAÇO.	22
FIGURA 10 – PARTE DO DIAGRAMA UNIFILAR UTILIZADO NOS COD.	33
FIGURA 11 – MODELO DE QUADRO SINÓPTICO UTILIZADO PELOS COD.	34
FIGURA 12 – ABSTRAÇÃO DO MUNDO REAL.	41
FIGURA 13 – MODELO DE ESTRUTURA DADOS ESPAGUETE.	43
FIGURA 14 – ILUSTRAÇÃO DE CONECTIVIDADE E TOPOLOGIA ARCO-NÓ.	46
FIGURA 15 – ESTRUTURA TOPOLÓGICA DO TIPO ARCO-NÓ-POLÍGONO.	46
FIGURA 16 – ABRANGÊNCIA DO SISTEMA DE GESTÃO DA DISTRIBUIÇÃO.	56
FIGURA 17 – DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.	63
FIGURA 18 – DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA EMPREGADA.	65
FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO DOS POSTES E TRANSFORMADORES NUM SISTEMA DE GESTÃO.	70
FIGURA 20 – REPRESENTAÇÃO DOS POSTES E TRANSFORMADORES PARA OPERAÇÃO.	70
FIGURA 21 – REPRESENTAÇÕES DE EDIFICAÇÕES E PONTOS ELÉTRICOS.	71
FIGURA 22 – FEIÇÃO TEXTO/CLIENTE ASSOCIADA À FEIÇÃO PONTO/TRANSFORMADOR.	72
FIGURA 23 – FEIÇÃO TEXTO/CLIENTE ASSOCIADA À FEIÇÃO PONTO/PONTO_ELÉTRICO.	73
FIGURA 24 – MODELAGEM DE DADOS EMPREGADA.	74
FIGURA 25 – PARTE DA BASE CARTOGRÁFICA, EM CAD, COM A LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA “T” DOS COMPONENTES DA REDE ELÉTRICA UTILIZADA EM CAMPO PARA IDENTIFICAR OS EQUIPAMENTOS.	79
FIGURA 26 – PARTE DO DIAGRAMA UNIFILAR QUE DESCREVE OS COMPONENTES DA REDE ELÉTRICA UTILIZADO EM CAMPO PARA IDENTIFICAR OS EQUIPAMENTOS.	79
FIGURA 27 – DESCRIÇÃO DOS SÍMBOLOS UTILIZADOS NO PROTÓTIPO.	83
FIGURA 28 – ORGANOGRAMA DE CONVERSÃO DE DADOS MICROSTATION PARA CAD SERVER SETUP UTILITY.	85
FIGURA 29 – ORGANOGRAMA DE CONVERSÃO DE DADOS CAD SERVER SETUP UTILITY PARA GEOMEDIA.	87
FIGURA 30 – INTEGRAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS GEOGRÁFICO E ALFANUMÉRICO (CONVENCIONAL).	90
FIGURA 31 – USO DE HACHURA EM SÍMBOLOS E RÓTULOS DA DISTÂNCIA E DA MUDANÇA DA BITOLA.	96
FIGURA 32 – APRESENTAÇÃO DAS CAMADAS SUPERPOSTAS FORMANDO A BASE CARTOGRÁFICA BÁSICA DO PROTÓTIPO.	98
FIGURA 33 – APRESENTAÇÃO DAS CAMADAS SUPERPOSTAS FORMANDO A BASE CARTOGRÁFICA BÁSICA E O TEMA REDE PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.	99
FIGURA 34 – APRESENTAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DAS FEIÇÕES QUE FORMAM OS COMPONENTES DA REDE PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA UTILIZADAS NO SISTEMA DE GESTÃO DE DISTRIBUIÇÃO.	101
FIGURA 35 – APRESENTAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DAS FEIÇÕES QUE FORMAM OS COMPONENTES DA REDE PRIMÁRIA DO PROTÓTIPO.	102
FIGURA 36 – ORGANOGRAMA DE ATENDIMENTO À OCORRÊNCIA.	104
FIGURA 37 – TELA DE ATENDIMENTO AS OCORRÊNCIAS PELO DESPACHANTE.	106
FIGURA 38 – VISUALIZAÇÃO DA PRIMEIRA OCORRÊNCIA NO TRECHO DO CIRCUITO.	106
FIGURA 39 – VISUALIZAÇÃO DA SEGUNDA OCORRÊNCIA NO TRECHO DO CIRCUITO.	107

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – Associação Cartográfica Internacional

AM/FM – Automated Mapping and Facilities Management

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CAAD – Computer Aided and Drafting

CAD – Computer Aided Design

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.

CLIMERH – Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos

COD – Centro de Operação da Distribuição

daN – deca newton

DEPV – Diretoria de Eletrônica e Proteção de Vôo do Ministério da Aeronáutica

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

DSG – Diretoria do Serviço Geográfico, do Ministério da Guerra

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S.A.

GIS – Geographic Information System

GPS – Global Positioning System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IME – Ministério do Exército

kVA – quilowatt-ampère

kVAr – quilowatt-ampère reativo

LIS – Land Information System

MER – Modelo Entidade Relacionamento

ONU – Organizações das Nações Unidas

SAD 69 – Datum Sul Americano 1969

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

SE – Subestação

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SQL – Structured Query Language

TMO – Técnica de Modelagem de Objetos

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UGGI 67 – União Geodésica e Geofísica Internacional 1967

UPS – Estereográfica Polar Universal

US – Usina

UTM – Universal Transversa de Mercator

V – volt, unidade de potencial elétrico ou tensão elétrica

Observações:

GeoMedia Professional TM é marca registrada da Intergraph Corporation.

MicroStation TM é marca registrada de Bentley Systems Incorporated,

©1993 Intergraph Corporation.

Windows TM é marca registrada da Microsoft Corporation.

RESUMO

Esta dissertação define um conjunto de etapas para levar à prática providências concretas na preparação de um Sistema de Informações Geográficas - SIG, independentemente da área de aplicação. A proposta incluiu a preparação de um protótipo utilizando o SIG voltado à essencialidade e necessidades da operação da distribuição de energia elétrica, apresentando graficamente a rede primária de distribuição integrada ao sistema de atendimento às ocorrências e disponibilizando-o como ferramenta de suporte ao despacho de ocorrências nos Centros de Operação da Distribuição - COD. A personalização do protótipo baseia-se no padrão banco de dados, permitindo buscar de uma representação detalhada (sistema corporativo da gestão da distribuição) se chegar a uma representação simplificada (módulo operação) sem a alteração na modelagem de dados. Como proposta, buscou-se o recurso da redução controlada de dados espaciais, tanto na representação quanto na quantidade de atributos. Esta proposta diminui o espaço de armazenamento e, principalmente, acelera o processamento, o que contém as necessidades da operação em disponibilizar para os COD um sistema: ágil; disponível para o despachante, logo que constata a interrupção; que imediatamente apresenta a localização geográfica das ocorrências na tela, formando constelações de pontos interrompidos; que subsidia o despachante a detectar o equipamento que provocou a interrupção no sistema; e agiliza a decisão para o pronto restabelecimento do sistema elétrico. O protótipo tem como objeto de estudo parte dos bairros Kobrasol, Roçado e Campinas, situados no município de São José, Santa Catarina.

ABSTRACT

This dissertation defines a set of steps that can put into practice concrete measures in the preparation of a Geographic Information System – GIS, independently of the field of application. The proposal includes the preparation of a prototype utilizing GIS aimed at the particular needs of an electrical energy distribution operation, graphically presenting the primary distribution network integrated to the incident response service and making it available as a support tool to respond to incidents at the Distribution Operation Centers – DOC. The customization of the prototype is based on the data base standard, allowing it to search from a detailed representation (incorporated system of distribution management) and reach a simplified representation (operation module) without alteration in the data modeling. It proposes to establish a resource for the controlled reduction of spatial data, both for representation as well as for indicating the quantity of attributes. This proposal decreases the storage space and moreover accelerates the processing. This satisfies the needs of the operation to make available for the DOC a system that is agile; available to the expeditor as soon as an interruption is identified; that immediately presents the geographic location of the incidents on the screen, forming constellations of interrupted points; that assists the expeditor to detect the equipment that caused the interruption in the system; and that agilizes the decisions that must be taken for the fast re-establishment of the electrical system. The prototype will be studied in the neighborhoods of Kobrasol, Roçado and Campinas, located in the municipality of São José, Santa Catarina.

ESTRUTURA DO TRABALHO

A concepção geral deste trabalho é apresentada em nove capítulos, os quais têm as seguintes disposições: nos primeiros quatro capítulos são apresentados a introdução; a relevância do problema; as justificativas do tema utilizado e o escopo e objetivos da pesquisa, que se concentra em empregar a tecnologia SIG para o desenvolvimento de um módulo específico a ser utilizado pela operação da distribuição de energia elétrica, como ferramenta de visualização da localização das ocorrências pelos COD apresentando graficamente a rede primária de distribuição integrada ao sistema de atendimento às ocorrências.

No quinto capítulo, é apresentada a revisão bibliográfica, que aborda os principais assuntos utilizados para o desenvolvimento do protótipo, que incluem: **Cartografia**: base cartográfica, sistema de projeção, escala e generalização cartográfica; **Cadastro Técnico**: com propósito de registro de fiscalização, taxaço e com aplicações à gestão de distribuição de energia elétrica como especial à operação da distribuição; **Sistemas Geográficos**: como funcionalidade, aplicações e processos de implementação de um SIG; **Estrutura de Dados Espaciais**: vetorial e raster; e **Modelos de Dados**: como entidade e relacionamento – MER, técnica de modelagem de objetos – TMO e breve descrição do que seja modelagem baseada em conhecimentos. O capítulo discute, ainda, o geoprocessamento em **aplicações de rede**.

O sexto capítulo descreve a área de aplicação do desenvolvimento do trabalho. No sétimo capítulo define-se a metodologia aplicada, enfatizando a problemática em definir os elementos espaciais e não espaciais essenciais e suas interações para compor uma base de dados e a rede primária de distribuição, com o propósito de ser utilizada na operação e também de assegurar a estruturação de um SIG, destacando etapas e sua rígida seqüência: (a) levantamento das necessidades; (b) modelo lógico; (c) definição de software; (d) montagem da base cartográfica digital; (e) estruturação/montagem do banco de dados; (f) carregamento do sistema; e (g), finalmente, a integração SIG com o sistema de gerenciamento de ocorrências e a visualização espacial das ocorrências.

Nos capítulos oito e nove foram apresentados os resultados e respectivas discussões como também conclusões e recomendações. E, por fim são apresentados o glossário e a bibliografia consultada, seguida de anexos.

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade, em especial o sistema distribuidor, é fundamental para a sobrevivência dos seres humanos tanto em longevidade como em qualidade de vida. A falta de energia representa um caos na organização da sociedade, seja no trânsito, nas indústrias, no comércio, nas residências ou nos meios de comunicação, enfim, um transtorno perceptível somente na ausência do benefício.

A área de operação da distribuição é responsável pelas atividades que mantêm o fornecimento de energia aos consumidores, conforme padrões aceitáveis de qualidade e continuidade, principalmente na análise de falhas e operação de equipamentos.

As áreas de operação da distribuição de energia elétrica, em especial os Centros de Operação da Distribuição - COD, ainda realizam estudos e manobras no sistema utilizando diagramas unifilares em papel. A realidade atual já oferece tecnologia que utiliza geoprocessamento e automação de escritório. Assim, surgiu a proposta de “Geoprocessamento Aplicado à Operação do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica”.

Esta pesquisa tem por objetivo propor a substituição dos atuais diagramas unifilares por uma base cartográfica acrescida à rede de distribuição primária, como ferramenta operacional e de gerência, a ser utilizada como suporte aos despachantes¹ e unidades de apoio dos COD, como também no planejamento de áreas rurais, mantendo, conseqüentemente, o cadastro técnico multifuncional, apresentando a visualização gráfica do sistema elétrico de distribuição primário.

A proposta é apresentar um protótipo gráfico da rede primária integrado ao sistema já existente de atendimento às ocorrências, visando agilizar o restabelecimento de energia elétrica na distribuição.

O protótipo é desenvolvido em Sistema de Informação Geográfica - SIG de pequena escala, com apoio de programação externa. A área de estudo compreende parte dos bairros Kobrasol, Roçado e Campinas, situados no município de São José, Santa Catarina. O protótipo proporciona os seguintes benefícios:

¹ Despachante: pessoa responsável que orienta os eletricitas a fazer qualquer desligamento ou religamento dos equipamentos da rede elétrica.

- segurança da informação garantida pela tecnologia avançada;
- satisfação das necessidades da operação da distribuição de energia por meio da visualização de trechos, beneficiando a realização das manobras, reduzindo os tempos de desligamento e melhorando o atendimento aos consumidores;
- redução do estresse e melhoria das condições ergonômicas para os despachantes; e
- otimização na segurança operacional do sistema.

O motivo principal para o desenvolvimento desta pesquisa emana do fato de um engenheiro agrimensor, com atribuições na área de operação da distribuição de energia elétrica, das Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. - CELESC, vislumbrar a necessidade de mapas com qualidade e funcionalidade para aplicações no que diz respeito à qualidade do atendimento.

2 IMPORTÂNCIA DO PROBLEMA

Nas redes brasileiras de energia elétrica predominam circuitos aéreos sujeitos a todo tipo de intempéries, ocasionando falha no sistema e, conseqüentemente, interrompendo o fornecimento de energia.

A eletricidade, em especial o sistema distribuidor, por sua essencialidade na vida de todos, é significativamente elemento social e político, o que faz com que a concessionária fornecedora disponha, em sua área de concessão, de meios para que esse serviço seja prestado de forma eficaz.

Um instrumento para esse fim é o Centro de Operação da Distribuição. Órgão destinado a planejar, supervisionar, coordenar e executar as atividades operacionais e de controle de qualidade de energia no sistema elétrico de distribuição, efetua os serviços de manutenção de emergência necessários ao restabelecimento do fornecimento de energia elétrica aos consumidores, visando proporcionar:

- melhores índices de confiabilidade;
- adequado atendimento aos consumidores;
- controle e análise das interrupções ocorridas;
- controle de nível de tensão e carregamento;
- manutenção planejada do sistema elétrico;
- melhores condições operativas, tornando menores os riscos e maior a segurança nas manobras; e
- dinamização e controle da manutenção do sistema, orientando e prestando informações aos consumidores, no que se refere a interrupções e qualidade de energia do sistema elétrico.

Desde o final da década de 70, o setor elétrico quantifica e acompanha as ocorrências no sistema elétrico de distribuição e apresenta ao órgão fiscalizador (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que substituiu o antigo DNAEE) indicadores que medem a qualidade do fornecimento de energia elétrica.

A partir de então, as ocorrências do sistema são documentadas pelo COD, para manter o registro da reclamação da seguinte forma:

- a) os COD ficam sabendo das interrupções ocorridas no sistema elétrico mediante uma estrutura mantida pelas empresas para receber os telefonemas de seus clientes comunicando a falta de energia;
- b) o cliente/usuário telefona relatando ao atendente (estrutura do COD) a falta de energia;
- c) o atendente encaminha a reclamação ao despachante em documento apropriado (formulários ou via computador);
- d) o despachante detecta a área problemática e aciona, via rádio, as turmas de emergência compostas por eletricitas especializados, que se encontram em unidades móveis estrategicamente distribuídas pela área de atuação do COD;
- e) os eletricitas, se disponíveis, executam o atendimento, caso contrário o despachante aciona turmas de emergência de áreas adjacentes;
- f) se todas as turmas estiverem em atividade no momento do chamado, a reclamação entra em uma fila de espera, até que seja possível despachá-la de acordo com sua prioridade ou ordem cronológica.

O sistema elétrico é passível de interrupções não programadas (intempestivas), momentâneas ou programadas (manutenção, construção e ampliação na rede elétrica), que podem envolver seqüência de operação na rede (definida como manobra). Quando executada com precisão, a operação obedece a critérios sociais e de segurança, requisitos elétricos preestabelecidos e definidos pela concessionária de energia elétrica ou órgão regulador.

A execução de manobras é de responsabilidade dos despachantes. Na realização dessa tarefa, são constantemente tomadas decisões quanto ao restabelecimento de energia em áreas afetadas, isolamento de subestações, alimentadores e até mesmo trecho de alimentador, como também realocação de carga entre alimentadores.

Assim, o gerenciamento da qualidade das manobras executadas pelos despachantes é de suma importância, tanto pelo lado dos clientes (sociedade) como do fornecedor (empresa), que vem buscando sempre a melhoria da qualidade dos serviços prestados e dos índices de confiabilidade do sistema elétrico.

Interrupção intempestiva ou proveniente da manutenção do sistema quando atinge muitos

clientes/consumidores (gera elevado índice de interrupção) e, dependendo da causa, pode durar longo tempo para o restabelecimento de energia ou atinge consumidores de atendimento prioritário (hospitais, padarias, e outros), para os quais a descontinuidade do fornecimento pode gerar perda de matéria-prima, de faturamento e até mesmo de vidas. A central de atendimento, sabendo das atividades dos seus clientes (seus produtos) e como utilizam a energia, e, ainda, conhecendo o ponto de entrega de energia (localização - interligação cliente/sistema), executa manobras de isolamento e restabelece o fornecimento de energia por vias diferentes daquelas estabelecidas pelo padrão normal.

O tratamento das manobras executado pelo despachante é efetuado de duas maneiras: quando as interrupções são programadas, a seqüência de manobras chega para o despachante predefinida, determinando quais os trechos que serão isolados (desenergizados) e como relocar a carga; na segunda, a manobra é executada em situações de emergência, quando o despachante tem que tomar decisões rápidas e de bom senso, quando experiências adquiridas e ferramentas de suporte favorecem o desempenho da função.

As ferramentas de suporte para execução de manobras (programadas ou não), na maioria das concessionárias, são: painel estático, diagrama unifilar e sistema de atendimento às ocorrências. O painel estático localiza-se em frente do despachante e ocupa praticamente toda a sala. Destaca-se por apresentar os principais equipamentos de manobra, dando uma visão ampla da área. Os diagramas unifilares apresentam graficamente os componentes da rede primária de distribuição, não são georreferenciados, nem obedecem a escalas. O sistema de atendimento às ocorrências é formado por um banco de dados alfanumérico, de maneira que mantém o cadastro e o endereço dos componentes da rede elétrica e também informações essenciais para facilitar a operação do sistema.

3 JUSTIFICATIVAS

As concessionárias, percebendo a necessidade de ferramentas tecnológicas mais complementares para operar o sistema elétrico, encontram no mercado das empresas de utilidade pública a promissora tecnologia de geoprocessamento, eficiente para aplicações que fazem uso de mapas com o objetivo de automatizar tarefas de análises complexas, servindo de apoio à tomada de decisões, com a finalidade de apoiar os processos de política e diretrizes da gestão.

Nos últimos anos, o geoprocessamento vem servindo de instrumento para múltiplas áreas de atuação. Quando aplicado ao setor elétrico distribuidor de energia, os maiores benefícios encontram-se nas seguintes áreas: inventário patrimonial, planejamento e construção, dimensionamento de demanda, proteção, operação/manutenção (atendimento de ocorrências, via telefone, despacho/supervisão e programação de desligamento), entre outras. Essas áreas englobam usuários e atividades distintas, que demandam adaptações de módulos a diferentes contextos.

A proposta é utilizar o SIG e personalizar um módulo específico para a operação, o que implica adaptar o Sistema de Informações Geográficas desenvolvido para a Gestão da Distribuição (corporativo) existente na empresa, porém com informações adaptadas e desenvolvidas essencialmente às necessidades da operação, criando uma aplicação perfeitamente adequada para operar o sistema elétrico de distribuição com segurança, agilidade, abrangência de área e confiabilidade. O protótipo deve ser apropriado para utilização como ferramenta tecnológica operacional e de gerência na área de operação da distribuição, em especial nos COD, sendo ergonomicamente viável e facilitando o despacho em momentos tumultuados nas emergências.

Geração da Base de Dados Cartográfica. Deve-se considerar que o modelo de dados espacial corporativo da empresa servirá apenas como referência ao desenvolvimento de modelo de dados espaciais dirigidos ao setor de operação e manutenção da rede de distribuição de energia/água/gás. O modelo a ser utilizado é menos denso que o corporativo, mas em determinadas situações mais complexo, pois deve detalhar a real montagem e utilização dos equipamentos e não somente considerar suas características como um conjunto (DIÉGUES, SILVEIRA e CUNHA 1993).

A falta de energia elétrica gera enormes transtornos e prejuízos incalculáveis não só em grandes centros, mas também nas zonas rurais, dependentes, sobremaneira, desse benefício da vida moderna. Vidas, produções industriais, atividades de labuta e lazer, entre outras, dependem

da continuidade do fornecimento de energia elétrica.

As concessionárias vêm enfrentando o crescimento acelerado nos grandes centros urbanos, que se traduz num problema diante da tarefa de recebimento das ocorrências no sistema e, principalmente, do seu pronto restabelecimento.

Tendo em vista a estrutura na qual se encontram os COD, à medida que a cidade cresce e o espaço se vê ocupado, as variáveis que atuam no processo de expansão urbana e rural ampliam-se tão rapidamente que o ser humano não mantém mais controle por si só.

Os despachantes não conhecem mais a cidade e a rede propriamente dita, conseqüência das interações dinâmicas do próprio sistema, o que faziam facilmente tempos atrás, além disso aposentam-se e provocam a necessidade de substituição. Ainda, aumenta o quadro de pessoal devido às exigências de demanda. Nessa situação, necessitam de ferramenta de suporte na tomada da decisão.

Foi o convênio entre a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e a Prefeitura do Município de São José que viabilizou o desenvolvimento do protótipo no município de São José, que, dentre os municípios atendidos pelas Celesc, é considerado como uma área de importância para o setor elétrico, pois é o segundo município em número de clientes por quilômetro quadrado. Classificado como quarto município catarinense em número de clientes/consumidores, posiciona-se imediatamente após Florianópolis, Joinville e Blumenau, sendo ainda o oitavo com relação ao faturamento bruto (CELESC, 2000).

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é elaborar um aplicativo (protótipo) utilizando o Sistema de Informação Geográfica - SIG para visualizar pontualmente as localizações geográficas das interrupções imediatamente após serem identificadas pelo atendimento. Trata-se de uma ferramenta a ser utilizada nos COD para despacho das ocorrências, proporcionando o pronto restabelecimento e a continuidade do fornecimento de energia elétrica e procurando posicionar esse serviço essencial muito próximo do ótimo no que se refere à qualidade.

4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) identificar os componentes da rede primária essencial para operar o sistema elétrico de distribuição;
- b) apresentar o modelo cartográfico com o respectivo cadastro da rede e informações ideais para aplicar na operação do sistema de energia elétrica;
- c) montar e organizar um banco de dados para o aplicativo;
- d) apresentar o protótipo como modelo de geoprocessamento para a utilização na operação do Centro de Operação da Distribuição – COD;
- e) visualizar espacialmente as ocorrências intempestivas; e
- f) fornecer subsídios para a tomada de decisão para manobras.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Representação Gráfica da Superfície da Terra (histórico)

Na sua forma mais elementar, a representação gráfica da superfície da Terra tem seus registros com as populações nômades, com os conhecidos mapas itinerários e os de navegação. Os primeiros fundamentos da ciência cartográfica foram lançados na Grécia antiga entre os anos 160 e 120 a.C. (BAKKER, 1965).

O considerado progresso da cartografia foi dado com a introdução da bússola no final do século XII, mas o êxito merecido ocorreu com as *Cartas Portulanas* no início do século XIV até o XVI, quando também as primeiras projeções começaram a aparecer.

No século XVIII, a Academia de Ciências de Paris influenciou a cartografia francesa, o que lhe conferiu a solidez científica com o desenvolvimento das ciências como a matemática, a geodésia e a astronomia.

O século XIX é caracterizado pelo desenvolvimento dos Serviços Geográficos Nacionais. Os sistemas de projeção são estudados detalhadamente, e as necessidades de navegação fizeram com que as potências marítimas efetuassem levantamentos costeiros.

No entanto, é no século XX que acontece a efetiva revolução cartográfica determinada pelos seguintes fatores, entre outros:

- emprego da aerofotogrametria;
- distanciômetros e estações totais;
- imagens obtidas por sensores instalados em satélites;
- imageamento por ondas de radar (útil para área coberta por nuvens);
- tecnologia CAD (Computer Aided Design) para produção cartográfica digital e forma de níveis de informação;
- existência de uma constelação de satélites para posicionamento geodésico pela técnica GPS (Global Positioning System), ampliando a rede integrada de pontos geodésicos;

- emprego do GPS em vôo aerofotogramétrico; e
- herdeiros da cartografia automatizada acoplada a gerenciadores de banco de dados.

Como resultado, surge o geoprocessamento, tecnologia que abrange o conjunto de procedimentos de valiosa contribuição para a representação da superfície da Terra, aliado às disciplinas de fotogrametria, geodésia, sensoriamento remoto, geoestatística, engenharia de software, informática e, especialmente, as geociências (cartografia, geografia e topografia).

Combinar dados para gerar informação nova, segundo CÂMARA (1999), é um dos maiores desafios no uso das geotecnologias. A multidisciplinaridade de uso dos dados geográficos (quem é dono do quê), padrões de intercâmbio e acesso à informação geográfica (CÂMARA, 1998) são considerações que ainda aguardam soluções definitivas.

5.2 Cartografia

A Associação Cartográfica Internacional – ACI já em 1960 definia cartografia como o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas baseadas nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão, assim como a sua utilização.

A mais recente definição de cartografia, de acordo com a ACI, é “A arte, ciência e tecnologia de produzir mapas, juntamente com seu estudo como documentos científicos e obras de arte” (DAVIS, 1996).

Cartografia é ciência pelo apoio científico na coordenação de determinações astronômicas e matemáticas com topográficas e geodésicas, para expressar graficamente a exatidão necessária, é arte quando se subordina às leis estáticas da simplicidade, clareza e harmonia, procurando atingir o ideal artístico da beleza (BAKKER, 1965).

A cartografia é a arte de conceber, de redigir e de divulgar os mapas. Abrange o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas que intervêm a partir dos resultados das observações diretas ou da exploração de uma documentação, com vistas à elaboração ou ao estabelecimento dos mapas, assim como à sua utilização. Reúne, portanto, as atividades que vão desde o levantamento do campo ou da pesquisa bibliográfica até a impressão definitiva e a publicação do mapa elaborado (JOLY, 1990).

A cartografia, como forma de arte, tem o enfoque na construção de alguns dos principais elementos que compõem os mapas empregando componentes estéticos, cuja definição é tão subjetiva que apenas pode ser conseguida por um operador treinado, como, por exemplo, a colocação em um mapa urbano dos nomes das vias, de modo a cobrir todo o universo de representação e ainda obter um equilíbrio visual que garanta a qualidade do resultado. Nenhum SIG, por mais sofisticado que seja, conta com recursos para resolver totalmente este problema: é necessária a intervenção humana para definir o componente estético desta camada de informação. Por mais detalhada que seja a base de dados, por mais recursos que o SIG e os equipamentos de informática ofereçam, ainda existe muito de arte na produção cartográfica. (DAVIS, 1996).

O mapeamento digital é o processo de produção de mapas em forma dados em vez da forma gráfica do desenho (papel) (DALE e McLAUGHLIN, 1990). Tratar mapas como dados significa dar forma numérica ao espaço e associar a cada localização um valor que representa a grandeza em estudo (CÂMARA, 1999). Dentro dessa concepção (DALE e McLAUGHLIN, 1990), destacam-se as operações que compreendem o mapeamento digital:

- a) captura ou aquisição de dados, que é a conversão de dados para o formato digital;
- b) processamento de dados, que é a transformação dos dados dentro de estruturas diferentes para servirem a diferentes funções; e
- c) apresentação dos dados, que são técnicas computacionais gráficas para a apresentação visual ou métodos eletrônicos, transmitindo os dados para outros usuários.

5.3 Base de Dados Cartográfica

A base cartográfica se constitui num mapa-base que contém informações planimétricas e altimétricas, numa escala compatível com a finalidade a qual se destina, e na dependência das condições econômicas do município e do tipo de uso do solo, urbano ou rural, e podendo ser obtida por restituição aerofotogramétrica ou elaborada por compilação de outros documentos existentes (ROSA, 1989).

Os elementos básicos de uma base cartográfica são: a rede de pontos de referência geodésica, o sistema de projeção e a escala compatível com os objetivos a que se destina (LOCH e SÁ, 1993).

Uma base de dados digital, com abrangência, precisão, integridade, inteligência e atualizada, serve de parâmetro para aplicações em SIG, conforme VOST e CASTAÑEDA, (1995), e resulta num processo complexo que envolve um gerenciamento multidisciplinar difícil de descrever (SCHUCH, 1994).

É fundamental que a na base cartográfica esteja referenciada a rede geodésica básica, procedimento este que possibilita o estabelecimento de um sistema cartográfico uniforme, facilitando a identificação e localização corretas dos objetos no espaço, com coordenadas geográficas, latitude (φ), longitude (ϕ) e altitude (H) ou planas (E, N e H). Para a obtenção das coordenadas faz-se uso dos tradicionais levantamentos por triangulação e poligonação e dos atuais equipamentos de posicionamento global GPS (DALE e McLAUGHLIN, 1990).

O apoio básico horizontal deverá ser caracterizado pelo estabelecimento de pontos primários no suporte aos trabalhos geodésicos de menor precisão e às aplicações em cartografia, que devem, em princípio, pertencer à rede fundamental do IBGE. Em função do local de trabalho, nem sempre isso será possível. Sendo assim, CASTANHO, FREITAS e RAMOS (1992) descrevem três situações que podem ocorrer:

1. A região possui em seu interior pontos de rede fundamental. Esta é a situação ideal, uma vez que o apoio já está implantado. Esta situação é representada pela figura 1.

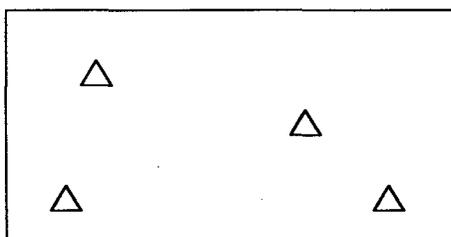


Figura 1 – Pontos de apoio horizontal no interior da região.

2. A região possui em suas proximidades pontos de rede fundamental. Neste caso, o apoio básico deve ser transportado da rede fundamental do IBGE à região de trabalho, respeitando as especificações do apoio fundamental. A figura 2 apresenta esta representação.

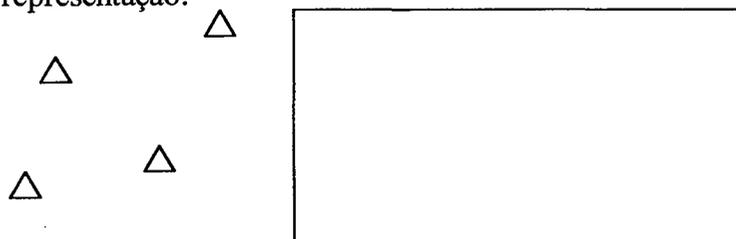


Figura 2 – Pontos de apoio horizontal próximos da região.

3. A região não possui nas suas proximidades pontos de rede fundamental. Para esta situação, é necessário criar um sistema local de coordenadas, segundo as

especificações do apoio fundamental do IBGE. A figura 3 mostra esta representação.

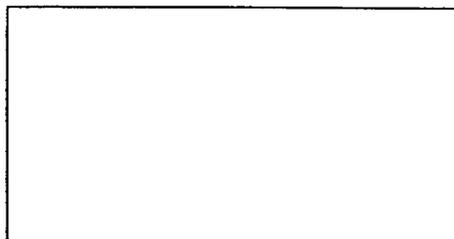


Figura 3 – Pontos de apoio horizontal distantes da região.

DAVIS (1999a) descreve uma relação básica de objetos vetoriais que uma base cartográfica urbana deve conter associados a uma importante aplicação (tributação, cadastro técnico, manutenção da infra-estrutura urbana) e também divisões político-administrativas (limites municipais, administrações regionais, bairros), objetos georreferenciados de dados socioeconômicos, em especial os setores censitários definidos pelo IBGE.

Eixos de vias (<i>centerlines</i>) indicando trechos pavimentados e os não pavimentados	Nós de cruzamento
Rodovias	Ferrovias
Edificações principais (ponto de referência)	Limites de lotes e quadras
Hidrografia: rios, lagos, alagados, mangues, etc.	Pontes e viadutos

FONTE: DAVIS (1999a).

Figura 4 – Relação básica de objetos vetoriais de uma base cartográfica urbana.

Nos dias de hoje, a preocupação quanto à base digital cartográfica é sua estruturação. Cabe destacar a necessidade em separar os elementos em camadas (*layers*), o formato, fechamento de polígonos, ligações e conexões entre traços em conjunto de arquivos, eixo de logradouro ou via, espessuras de traços, topônimos, símbolos e outras exigências de cada aplicação, prevendo a migração para ambiente SIG (TAVARES, 1999; NÉIA, 1998).

O preparo para o GEO se dá na estruturação da informação, segundo TAVARES (1999), condicionada aos vários fatores, como definição do software básico de SIG e modelagem de dados espaciais, cadastrais e até mesmo abstratos, que serão incorporados ao sistema para, então, adquirir a base cartográfica digital.

“Controle de qualidade de uma carta refere-se apenas ao controle da precisão das coordenadas de pontos bem definidos no terreno quando comparados com os seus respectivos valores extraídos da carta” segundo normas atualmente em vigor, lembram CASTANHO, FREITAS e RAMOS (1992).

A qualidade e a confiabilidade da base cartográfica são avaliadas pela distinção da precisão, acurácia e exatidão, conforme descrito por ANDRADE (1976) e BRITO (1987): (i) *precisão* é a dispersão dos pontos de uma carta em relação aos seus valores médios ou prováveis, podendo ser caracterizada pela dispersão estatística dos pontos, traduzindo assim a confiabilidade da carta, em termos de possibilitar ao usuário da mesma avaliar o erro médio cometido ao tomar direções e distâncias entre os diversos pontos nela representados. (ii) *acurácia*, os pontos de uma carta não apresentam tendência em relação aos seus pontos verdadeiros no terreno. (iii) *exatidão* consiste em avaliar as bases cartográficas quanto à precisão e acurácia.

5.4 Sistema Cartográfico

A Legislação Cartográfica Brasileira tem como finalidade o estabelecimento das diretrizes e bases da cartografia, através do Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Determina as atividades cartográficas em todo o território nacional, que são levadas a efeito através de um sistema único – o Sistema Cartográfico Nacional, o enquadramento de folhas, a articulação, a escala, o conteúdo e convenção. Compreende as séries de cartas terrestres, náuticas, aeronáuticas e especiais, confeccionadas conforme padrões da Cartografia Sistemática e constituídas pelas entidades nacionais, públicas e privadas.

As cartas terrestres são representadas através das séries de cartas gerais nas escalas-padrão, tais como: 1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000. As organizações encarregadas do mapeamento sistemático são a Fundação IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, responsável pelas séries de cartas em escalas menores que 1:250.000, e a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, no que tange à série de cartas em escalas de 1:250.000 e maiores.

As várias cartas em papel que compõem o Mapeamento Sistemático Brasileiro encontram-se em processo de conversão para arquivos digitais pelas organizações produtoras de mapeamento sistemático. Isto já é um início para a atualização da regulamentação.

5.5 Sistemas de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator)

Os sistemas de projeção são utilizados para representar a Terra (superfície curva) em mapa (superfície plana). Porém, esse processo, por questões de deformações lógicas, limita a precisão da representação.

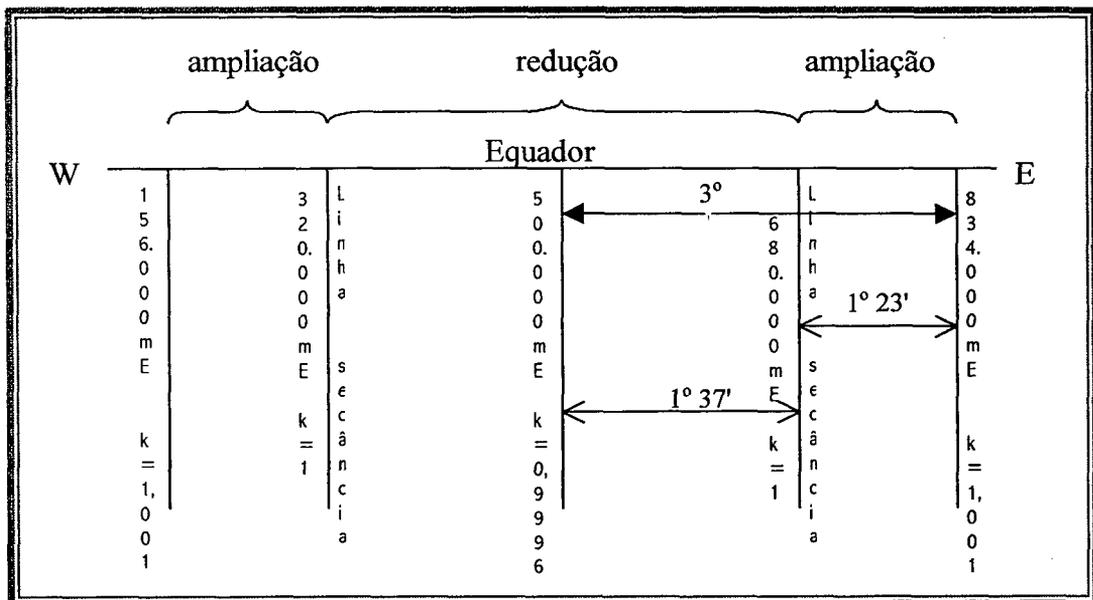
O sistema UTM tem como vantagem a propriedade da conformidade, que preserva os ângulos da figura e, dessa maneira, mantém a forma inalterada. Também facilita o cálculo das distâncias, uma vez que as coordenadas são expressas em metros. As distâncias apresentam deformações, mas elas são conhecidas e podem ser calculadas a cada ponto de interesse.

Especificação do sistema de projeção:

- a) Projeção Conforme de Gauss, cilindro secante e Transversa são distribuídos na superfície de referência (elipsóide);
- b) o Equador é dividido em 60 fusos (chamados fusos UTM) de 6° cada um, com origem localizada sobre o antemeridiano de Greenwich, limitado por meridianos múltiplos de 6, coincidindo com os fusos da Carta Internacional ao Milionésimo;
- c) em latitude, os fusos são limitados ao paralelo de 80° (Norte e Sul). A partir do paralelo 80° as deformações acentuam-se conforme aumenta a latitude. A projeção semelhante, muito utilizada para a cartografia das regiões polares é projeção *Universal Polar Stereographic* – UPS, (Estereográfica Polar Universal) complementar à projeção UTM (LIBAULT, 1975);
- d) a apresentação dos dois eixos cartesianos ortogonais utiliza a letra N (Norte) para o eixo das ordenadas y (N) representado pela transformada do meridiano central do fuso UTM, e a letra E (Leste) para o eixo das abscissas x (E) pela transformada do Equador;
- e) origem das medidas do quadriculado é o cruzamento do Meridiano Central com o Equador. Para evitar valores negativos no Hemisfério Sul, são acrescentadas as constantes 500.000 m E (Leste) para o Meridiano Central e 10.000.000 m N (Norte) para o Equador. No Hemisfério Norte inicia em zero m;
- f) Elipsóide Nacional Australiano aceito pela União Geodésica e Geofísica Internacional – UGGI em 1967; adotado como elipsóide de referência do sistema

“Datum Sul Americano” SAD 69, definido por:

- Semi-eixo maior: $a = 6.378.160$ metros
 - Achatamento: $f = 1/298,25$
 - Coordenadas geodésicas de origem no vértice Chuá, Brasil.
 - Latitude $\varphi = 19^{\circ}45'41,6527''$ S
 - Longitude $\lambda = 48^{\circ}06'04,0639''$ W
- g) K_0 (fator de redução de escala) no meridiano central: $1 - 1:2500 = 0,9996$;
- h) precisão relativa – meridiano central = 1:2500;
- i) K_0 no meridiano extremo $1 + 1:2500 = 1,001$;
- j) precisão relativa – meridiano extremo = 1: 1000;
- k) unidade de medida: metro.



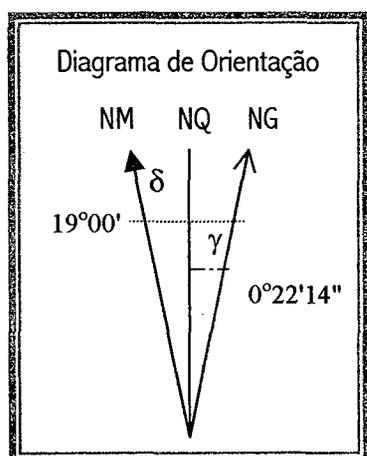
FONTE: IME (1991).

Figura 5 – Escala de distorção em qualquer fuso de 6° nas proximidades do Equador.

Após a Primeira Guerra Mundial, para facilitar os cálculos dos tiros da artilharia, todas as cartas topográficas militares passaram a ter no rodapé a quadrícula relacionada ao tipo de projeção e passaram a ser orientadas também em relação ao NQ, caso se deseje trabalhar com

outra direção-base. A partir daí, essa quadrícula e o diagrama de orientação são considerados partes integrantes de uma carta, e as coordenadas plana-retangulares são intimamente vinculadas ao sistema dos quadrados.

A quadrícula, também chamada de *grid*, é a rede de meridianos e paralelos sobre uma carta, muito utilizada nas cartas em papel para efetuar medições sobre a carta..



Norte Verdadeiro - NV também conhecido como Norte Geográfico - NG;
 Norte Magnético - NM;
 Norte da Quadrícula - NQ;
 Declinação Magnética: é o ângulo horizontal formado pelas direções NG e NM, representada por δ (delta) minúscula; e
 Convergência Meridianos: é a diferença em direção entre NG e NQ, representada por γ (gama).

FONTE: Diagrama de Orientação Adaptada de BRUNETTI (1994).

Figura 6 – Declinação Magnética 1978 e Convergência Meridiana do Centro da Folha.

Quando se utiliza o sistema de projeção UTM, a preocupação está nos 60 fusos (chamados fusos UTM) distribuídos na superfície de referência, de modo a conter na sua área fusos de 6° de amplitude, tais como longitudes múltiplas de 6° (... 54° , 48° , 42° ...) meridianos extremos e longitudes múltiplas de $6^{\circ} + 3^{\circ}$ (... 57° , 51° , 45° ,...) meridianos centrais. Em cada um dos 60 fusos, as coordenadas UTM se repetem. A individualização de uma posição é dada pela longitude do meridiano central de cada fuso. Em áreas atendidas por mais de um fuso UTM, como a maioria dos estados brasileiros, os cuidados estão com sistemas computacionais para cálculo de distâncias entre dois pontos de fusos diferentes. As coordenadas podem se repetir e apresentar o cálculo de distância incorreto como também a impressão (*plotagem*) de seus pontos, o mesmo ocorrendo com sistemas de geoprocessamento.

Os fusos UTM, com os respectivos meridianos que abrangem o território brasileiro, levam a numeração conforme a figura a seguir.

ZONAS OU FUSOS UTM	MERIDIANO CENTRAL (longitude)	MERIDIANO EXTREMO (longitude)
18	75 W	78 W 72 W
19	69 W	72 W 66 W
20	63 W	66 W 60 W
21	57 W	60 W 54 W
22	51 W	54 W 48 W
23	45 W	48 W 42 W
24	39 W	42 W 36 W
25	33 W	36 W 30 W

FONTE: IME (1991)

Figura 7 – Fusos da Carta do Mundo ao Milionésimo relacionados com os sistemas parciais que abrangem o território brasileiro.

O Estado de Santa Catarina está localizado em um único fuso, de número 22. O meridiano central é o 51° W e os meridianos extremos, 54° W e 48° W. O fato de a Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. ter como área de concessão o Estado de Santa Catarina e parte de municípios de estados vizinhos, que por coincidência, se situam no mesmo fuso, facilita o uso do sistema de projeção UTM, que também é recomendado pelo CODI (1995; 1977), a unificação de seus sistemas de mapeamento, com a adoção de coordenadas UTM, e a utilização de um sistema complementar de mapas, cujo posicionamento e codificação de folhas baseiam-se nas coordenadas UTM.

Distribuição das cartas ao milionésimo no Brasil

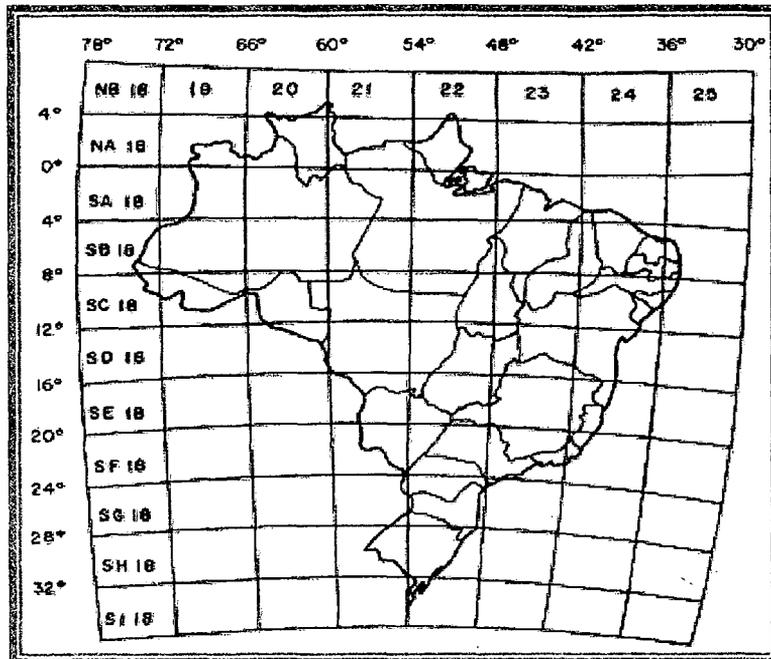


Figura 8 – O Estado de Santa Catarina cabe em apenas um fuso UTM.

No Brasil, historicamente, a Diretoria do Serviço Geográfico – DSG responsabilizou-se pela cartografia sistemática nacional, utilizou várias projeções e, somente em 1955, adotou a projeção UTM Conforme de Gauss, cilindro secante, amplitude de 6 graus. Isso ocorreu porque, em 1951, a União Geodésica e Geofísica Internacional recomendou a projeção UTM na tentativa de padronização, da mesma forma que o fizeram a Associação Internacional de Geodésia e o Instituto Panamericano de Geografia e História. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e a Cartografia Náutica adotaram o sistema de projeção de Lambert, conforme carta ao milionésimo.

A projeção adotada na cartografia brasileira segue as especificações do Sistema Cartográfico Nacional. Para escalas pequenas, 1:1.000.000 e 1:500.000, são adotadas as coordenadas geográficas, projeção cônica de Lambert, o que não justifica coordenadas planas para escalas dessa magnitude. Para as escalas médias, que compreendem 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 utiliza-se a projeção UTM. As escalas grandes, que compreendem de 1:10.000 até 1:2000, segundo BRUNETTI (1994), são confeccionadas no Brasil de acordo com as necessidades e especificações das empresas que as fazem. Não existem regras referentes a normas, sistematização e sistema de projeção, havendo apenas a popularização entre grande

número de profissionais e a continuidade das normas estabelecidas para a cartografia sistemática.

Cartas em escalas grandes da cartografia aeronáutica, segundo ROCHA (1994), usam o sistema LTM (Local Transversa de Mercator), conforme a norma Diretriz de Cartografia e Informações Aeronáuticas – DIRCIA, de 10 de maio de 1975, da Diretoria de Eletrônica e Proteção de Vôo do Ministério da Aeronáutica (DEPV – MA).

Embora não oficialmente, o sistema de projeções UTM vem sendo aceito e largamente utilizado em muitas das maiores regiões metropolitanas, tanto que a maioria das cartas no Brasil em escalas grandes, 1:1.000 a 1:10.000, encontram-se cartografadas usando o sistema UTM. Como exemplo, em Santa Catarina, há os cadastros das prefeituras dos municípios de Joinville, Blumenau e São José; regiões de Curitiba, Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Salvador, Recife, Natal e Belém (ROCHA, 1994).

Em várias oportunidades, a precisão do sistema de projeção UTM aplicado a cartas cadastrais tem sido questionada. No entanto, observa-se que dificilmente se utilizam os mapeamentos até os limites de sua precisão cartográfica, já que as escalas grandes normalmente são necessárias em função do espaço gráfico de que se dispõe para uma representação detalhada. Para tal se utiliza sistema de projeção Regional Transversa de Mercator – RTM, com apoio geodésico de alta precisão, como no Metrô de São Paulo, Ponte Rio-Niterói e Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (CARVALHO, 1984).

Segundo o DSG (1980), abandonar o sistema UTM para qualquer outro perturbará, sem dúvida e profundamente, o objetivo cartográfico da nação. Uma mudança só seria recomendada se conduzisse a grandes benefícios.

Brevemente não mais presenciaremos as discussões quanto à utilização deste ou daquele sistema de projeção já que as facilidades dos métodos computacionais, as transformações de um sistema para outro, inclusive entre diferentes Sistemas de referências (datum) são facilmente executados. A preocupação estará dirigida às especificações técnicas relacionadas à precisão da fotogrametria (como, por exemplo, a escala das aerofotos, a precisão do apoio terrestre e fototriangulação, entre outras), que é a maior responsável pela precisão de deformação do produto final, não a sua representação gráfica. (BRUNETTI, 1993).

Conforme SILVA (1998), a fotogrametria é definitivamente digital, com precisão da seguinte ordem:

- na medida de um ponto (manual sobre um detalhe bem definido) – 0,5 pixel (0,3 pixel com uso de *zoom*);
- na medida de um ponto por meio da correlação de imagem – 0,1 - 0,4 pixels;
- na triangulação automática – 0,3 pixel; e

- na geração de modelo digital do terreno - DTM → 0,6 pixel x relação base/altura de voo.

5.6 Generalização Cartográfica

FERREIRA (1993) define generalização como um processo pelo qual se reconhecem caracteres comuns a vários objetos singulares, resultando ou na formação de um novo conceito ou idéia, ou no aumento da extensão de um conceito já determinado, que passa a cobrir uma nova classe de exemplos.

Na cartografia, generalização é a adaptação dos elementos quantitativos e qualitativos a uma carta derivada (em escala menor), por meio da seleção e simplificação de detalhes oriundos de uma carta de escala maior (OLIVEIRA, 1993).

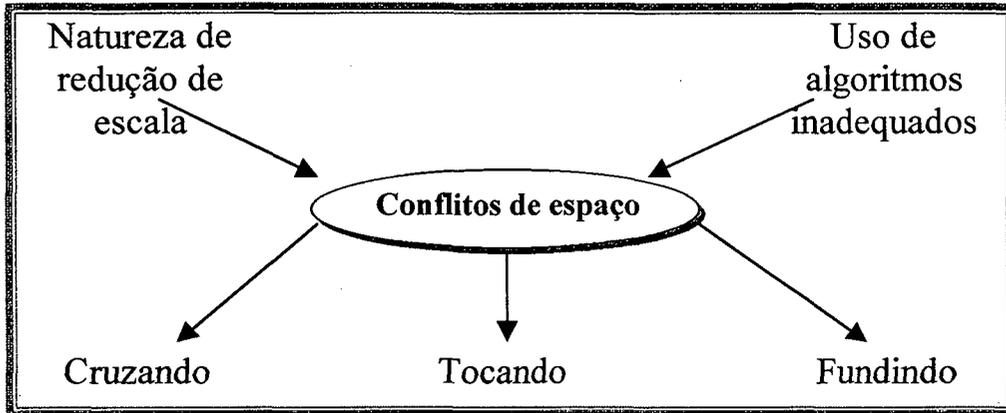
O processo de generalização cartográfica consiste em extrair e resumir as informações desejadas, de forma a destacar em uma carta os pontos de interesse, em função dos objetivos, tema, escala e particularidades da região retratada. Segundo CÂMARA et al. (1996), as principais operações envolvidas numa generalização são seleção, esquematização e harmonização.

- *Seleção*: consiste em escolher os elementos que comporão a carta, que serão transformados em um “pano de fundo” gráfico para permitir a visualização do contexto. Como exemplos, há topografia, limites administrativos e outros.
- *Esquematização*: pode ser estrutural ou conceitual e corresponde à simplificação e eliminação de detalhes da apresentação. A estrutural corresponde a uma simplificação gráfica usando algoritmos predefinidos ou conceituais e ligada à semântica da carta.
- *Harmonização*: consiste no conjunto de etapas que combinam seleção e esquematização para produzir o resultado final.

Outras operações de generalização podem ser vistas em DAVIS (1999b).

A compilação cartográfica por redução (generalização) vem sendo praticada há vários anos pela DSG de duas maneiras: com supervisão humana ou automaticamente, por computadores, gerando-se cartas em escalas grandes (1:1.000, 1:5.000; e 1:10.000), e destas pode-se obter cartas em escalas menores (BORGES, 1999).

O processo de derivação digital, de escala maior para escala menor, gera conflito de espaço e de topologia. Devido à escala designada ser menor, o espaço gráfico disponível na carta também é menor. Os conflitos de espaço do tipo que se cruzam, se tocam e se fundem são causados pela redução de escala ou algoritmos de generalização (SU e LI, 1997).



Fonte: SU e LI (1997).

Figura 9 – Três tipos de conflito de espaço.

Os conflitos de espaço provenientes da redução de escala não podem ser evitados, mas podem ser detectados e solucionados. Já os causados por algoritmos de generalização são evitados utilizando-se algoritmos mais adequados.

A partir da utilização da tecnologia SIG, generalização cartográfica passou a ser tratada pela modelagem. Os requisitos usados na prática da execução de generalização são definidos de três maneiras: generalização de objetos, generalização orientada à modelagem e generalização cartográfica propriamente dita (DAVIS, 1999b):

- a) generalização de objetos: baseada em orientação de processos, ocorre antes da entrada de dados, prevê os objetos que devem compor a base de dados, e uma base de dados menos detalhada é gerada a partir de outra detalhada, com outro propósito.
- b) generalização orientada à modelagem: envolve representações múltiplas, prevê o armazenamento de todos os níveis de abstração de interesse, permitindo, com isso, derivar uma base de dados mais simplificada de outra ampla.
- c) generalização cartográfica propriamente dita: coordena a representação gráfica da base de dados simplificada. É um processo de sintetizar os objetos que compõem a carta.

A partir de uma representação bem detalhada primária do mundo real denominada DLM² (Digital Landscape Model), deriva-se uma segunda representação, voltada especificamente para a aplicação e com necessidades semelhantes em termos de detalhamento, denominada de DCM³ (Digital Cartographic Model). O DLM é um banco de dados e pode ser trabalhado usando-se algoritmos específicos para produzir outro DLM menos detalhado, ou para produzir um DCM adequado para determinada impressão e uso em uma escala. A transformação DLM para DLM é denominada generalização conceitual, e a transformação DLM para DCM é denominada generalização cartográfica (DAVIS, 1999b).

Generalização conceitual, complementa DAVIS (1999b), é dada quando a aplicação exige duas ou mais formas de representação do mesmo elemento geográfico. Isso demanda um novo modelo de arquitetura interna do SIG que deve ser capaz de manter várias formas de representação para aplicações diferentes, mas o mesmo banco de dados. E quando ocorre alguma modificação em uma das representações, deve-se forçar atualizações em todas as representações e garantir que as representações sejam consistentes entre si. Os recursos atuais de SIG de múltiplas representações são:

- a) manter camadas separadas para cada forma de representação necessária. Essas diferentes representações passam, assim, a coexistir, provocando redundâncias e gerando problemas na manutenção dos dados e na preservação da integridade do banco de dados geográfico; e
- b) trabalhar com níveis de abstração diferentes, lidar com mais dados em escalas grandes e, conseqüentemente, necessitar de um grande detalhamento.

Nas implementações de SIG o gerenciamento de representações múltiplas (CÂMARA et al., 1996) considera vários níveis: interface (apresentação), modelagem e estrutura de dados. Em função de suas representações, a cada um desses níveis correspondem diferentes problemas, como redundância e consistência de dados, multiplicidade de comportamentos de um mesmo objeto, em função de suas apresentações. Além destes, considera-se também que uma representação pode ser materializada, quando armazenada explicitamente no banco de dados, ou calculada, quando há uma função registrada no SIG capaz de computá-la a partir de outra representação.

O uso de múltiplas representações⁴ é importante para garantir que usuários e aplicações que percebem e modelam o espaço de formas diferentes possam compartilhar um mesmo banco de dados geográfico. A combinação de representações múltiplas e flexibilidade de visualização permite que o SIG consiga atender às exigências de todas as aplicações que compartilham a mesma informação geográfica, de acordo com as necessidades dos usuários de cada uma dessas aplicações (DAVIS, 1999b).

² DLM são bancos de dados geográficos formados por levantamentos diretos de dados da realidade.

³ CDM são bancos de dados geográficos formados por digitalização de mapas existentes.

⁴ Aplicações comerciais raramente lidam com múltiplas representações.

5.7 Cadastro Técnico

LARSSON (1996) contextualiza historicamente o cadastro e, a princípio, foram estabelecidos registros de terra para servir a dois principais propósitos:

- como registro fiscal, principalmente para o setor público, baseado para cálculo do imposto sobre a terra.
- como registro legal para o setor privado, para o registro da propriedade e outros direitos a terra.

Na Europa, na época de Napoleão Bonaparte, em torno de 1769-1821, o cadastro francês teve influência, com o sistema de registro de fiscalização e taxação de impostos.

O significado original da palavra cadastro é desconhecido. No entanto, SIMPSON (1976), como citado por LARSSON (1996), descreve que a derivação da palavra “cadastre” era designada ao *capitastrum latino*, o qual é a contração de *capitum registrum*, capito como principal vinheta, sujeito à taxa. Entretanto, dicionários modernos divergem alegando que a palavra cadastro vem do grego “katastikhon”, que, traduzido como “através de linhas”, é transformado em registro de imposto. Na Europa continental, a palavra “cadastre” significava uma classificação sistemática de estimativa da terra, sob o controle do governo central, representada por mapas traçados, em base de pesquisas topográficas de acordo com parcelas num registro.

O cadastro clássico provê informação relativa aos donos, classes de terra e valores ou impostos de terra. Às vezes, pode-se encontrar informação adicional nos registros cadastrais ou em registros adjacentes, onde são estabelecidos bancos de dados para cadastros automatizados que, de acordo com sua extensão, são chamados cadastros de múltiplo uso.

O anúncio do Grupo Hoc da ONU (1973), citado por LARSSON (1996), procura diferenciar cadastro e registro de terra, embora, na prática, uma clara distinção não é sempre evidente. Mesmo assim, há uma diferença no enfoque entre os dois tipos de registros. Essas diferenças também são refletidas nas estruturas organizacionais do cadastro e nos sistemas de registro de terra. Em quase todos os países, os registros de terra são levados aos tribunais ou a unidades de registros de terra especiais, ao passo que o cadastro é de responsabilidade das organizações separadas.

Quanto às finalidades, o cadastro fiscal poderá permitir o planejamento da cidade, tanto de sua superfície como de ruas, avenidas, logradouros, linhas elétricas aéreas, etc., assim como em seu subsolo: esgotos, linhas elétricas subterrâneas, etc. (IME, 1991).

O Cadastro Técnico Multifinalitário deve ser fundamentado mediante três finalidades básicas, segundo (BLACHUT, 1974):

- a) identificação da propriedade e de seu ocupante para a determinação das taxas de impostos, de acordo com uma avaliação do imóvel quanto à qualidade da terra, seu aproveitamento e conservação;
- b) localização do imóvel em termos espaciais, avaliando a legalidade dos documentos de propriedade, confrontando-os com as medições precisas das divisas, apresentadas pelo trabalho de cadastro; e
- c) mapeamento cadastral multifinalitário somado às avaliações dos itens anteriores, tornam-se a base prática para o planejamento e execução dos mais variados projetos de infra-estrutura urbana, formando-se, assim, o mais completo e sofisticado sistema de informações – mais útil quando a cidade possui maior índice de desenvolvimento e crescimento.

É fundamental que o cadastro atenda aos seguintes requisitos (BÄHR, 1982):

- a) ser completo;
- b) ser ligado ao mapeamento sistemático nacional;
- c) ser multifinalitário;
- d) ser conforme o registro de cadastro, de proprietário, mapa cadastral e situação terrestre;
- e) ser multidisciplinar; e
- f) ser atualizado permanentemente.

O cadastro técnico multifinalitário é a ferramenta ideal para o planejamento, pelas suas informações setoriais com temas específicos, quais se inter-relacionam, de modo que um dado só tem significado se estiver posicionado em relação à superfície terrestre global do país ou região. Integra-se com cartórios, prefeituras, concessionárias de serviços públicos, secretarias da fazenda e do planejamento e órgão de pesquisas. (LOCH, 1989).

O cadastro é multifuncional quando deixa de ter o propósito apenas para o cadastro legal; como o cadastro jurídico (posse da terra), e fiscal (imposto), e passa a ter infinidade de funções. Exige também sistema de referência universal, onde as coordenadas de um determinado ponto possam ser referenciadas a outros pontos, mesmo que a milhares de quilômetros, propiciando a obtenção de uma série de mapas, onde podem

ser representados diferentes temas cadastrais necessários. (CAMBACO, 1991).

Complementa CAMBACO (1991) que a combinação do cadastro técnico multifuncional com um sistema de informação geográfica amplia benefícios e disponibiliza qualquer tipo de avaliação que seja requerida, como:

- a) registrar e identificar componentes do patrimônio público e privado;
- b) gerar informações que subsidiem os cálculos dos tributos;
- c) localizar espacialmente os equipamentos de infra-estrutura;
- d) planificar e gerir os serviços públicos;
- e) gerir o uso da terra;
- f) controlar (monitorar) o meio ambiente;
- g) gerir as redes de serviços;
- h) gerir as redes de transportes;
- i) localizar os mercados; e
- j) fornecer dados para os sistemas de defesa e segurança, etc.; promover planos e projetos de desenvolvimento através dos seus componentes cartográficos e do registro dos dados no sistema de informação.

Além da fundamentação citada por BLACHUT (1974), os autores CAMBACO (1991), BÄHR (1982) e LOCH (1989) complementaram a multifuncionalidade e combinação do cadastro como ferramenta no planejamento e gerenciamento de informações.

5.8 Cadastro do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica

O cadastro, além de atender aos propósitos de registro de fiscalização e taxação, é também um agrupamento de informações (banco de dados inter-relacionados) referentes a serviços, pessoas, etc., com objetivo determinado. Pode ser tratado por multiusuário e com aplicação multifinalitária no planejamento, análise, controle e gestão de informações comerciais, industriais, empresariais e governamentais.

O cadastro técnico é responsável pelo registro de informações referentes aos serviços públicos, que envolve

a construção, manutenção e ampliação de rede nas vias e logradouros públicos, como as redes de abastecimento de água, esgoto, energia elétrica, telefone e gás. A determinação exata da posição das redes é de fundamental importância tanto no que se refere a novas ligações, como nos serviços de operação, conservação e reparos, principalmente com relação às redes subterrâneas. A localização das redes partirá dos elementos conhecidos no solo, que são fornecidos pela base geográfica. (LOCH e SÁ, 1993).

No setor elétrico distribuidor de energia, o cadastro se caracteriza pelos elementos das redes primárias e secundárias, que, quando interligados, apresentam graficamente os interesses da operação, manutenção, projeto, planejamento e patrimônio, compondo-se, assim, o cadastro multifinalitário de gestão da distribuição.

Para cadastrar os componentes da rede do sistema distribuidor de energia elétrica, pela sua peculiaridade, necessita-se de profissionais com conhecimentos básicos e específicos, mesmo na mais elementar tarefa (coleta de dados em campo), além de profissionais técnicos qualificados.

Uma particularidade desse cadastro está na representação dos condutores (a rede elétrica propriamente dita). Até mesmo em sistema trifásico, somente uma fase é representada. A identificação como monofásica, bifásica ou trifásica é definida como uma característica do condutor e apresentada por meio de rótulos. Todos os equipamentos das redes aéreas estão suportados por postes, ocupando o mesmo espaço e a mesma localização. O equipamento é representado e apresentado, já a existência do poste que suporta o equipamento é representada e subentendida sua apresentação. Porém, no que tange a inventário, o poste é quantificado (para se ter conhecimento de quais e quantos são utilizados por empresas de telecomunicações, TV por cabo e outras).

Para atender aos propósitos da distribuição de energia elétrica, definem-se os elementos básicos das redes primárias e secundárias para a formação do cadastro, conforme adaptado de CELESC (1998), CERJ (1998), CODI (1977,1995 e 1994), que apresentam características como:

▪ **Subestação ou Usina (SE ou US)**

- nome; código da subestação/usina; e categoria.

▪ **Circuito Alimentador (AL)**

- código da subestação; código do alimentador; tensão nominal e operativa (V); corrente;

- demanda máxima e mínima; e horário das demandas máxima e mínima.

▪ **Transformador de Potência**

- código da subestação; código do equipamento de proteção; potência nominal forçada e normal (kVA); impedância; tap ligado (V); localização (urbano/rural); e tensão (primária/secundária) (V).

Rede Primária

▪ **Equipamentos de proteção**

• **Disjuntor ou Religador SE/US**

- código do equipamento proteção SE/US + AL; tensão nominal e tipo do equipamento.

• **Seccionalizador**

- código do equipamento de proteção; número de fase; posição (normalmente aberta - NA ou fechada - NF); e tensão nominal.

• **Religador de Rede**

- número de fase; e código do equipamento proteção.

• **Chave Fusível Religadora**

- número de fase; código do equipamento proteção; e posição (normalmente aberta - NA ou fechada - NF).

• **Chave Fusível Abertura**

- número de fase; código do equipamento de proteção; e dispositivo de abertura com ou sem carga.

▪ **Equipamentos de Manobras**

• **Chave Tripolar**

- código do equipamento proteção; número de fase; posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF); e características: com ou sem corte visível.

• **Chave a Óleo**

- código do equipamento proteção; número de fase; posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF); e dispositivo de abertura: com ou sem corte visível.

• **Chave Faca Unipolar**

- código do equipamento proteção; número de fase; posição (normalmente aberta – NA ou fechada – NF); e dispositivo de abertura: sem ou com carga.

▪ **Equipamentos de Correção**

• **Regulador de Tensão**

- código do equipamento proteção; tipo de ligação; e modo de funcionamento.

• **Banco de Capacitores**

- código do equipamento de proteção; capacidade da unidade (kVAr); tipo de ligação; e modo de funcionamento.

• **Transformadoras de Distribuição**

- potência nominal (kVA); número de fases; código do equipamento de proteção; localização (urbano/rural); tensão (primária/secundária); e propriedade (própria/particular = Razão Social do consumidor).

▪ **Consumidor**

Razão Social do consumidor; e atividade do consumidor, conforme descrição:

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| • Clube/Associação | ▪ Governo Municipal |
| ▪ Comercial (diversos) | ▪ Hospital/Clínicas |
| ▪ Comercial (único) | ▪ Industrial |
| ▪ Comercial/Residencial | ▪ Instituição Filantrópica |
| ▪ Empresa Privada | ▪ Instituição Financeira |
| ▪ Ensino Particular | ▪ Polícia |
| ▪ Ensino Público | ▪ Refinaria |
| ▪ Estaleiro | ▪ Residencial |
| ▪ Forças Armadas | ▪ Rural |
| ▪ Governo Estadual | ▪ Telecomunicações |
| ▪ Governo Federal | ▪ Outros |

▪ **Características dos Trechos**

- localização (urbano/rural); condutor (aéreo/subterrâneo); bitola, tipo de condutores (fases e neutros) e cruzamento (com/sem ligação).

- **Ponto de Entrega** (por exemplo, cooperativas)

- nome da empresa; potência kVA; código do equipamento de proteção e elo fusível; e bitola, tipo de condutores (fases e neutro).

- **Dispositivo de Sinalização**

- semáforos; placas luminosas; viadutos; praças; e túneis.

- **Complementos**

- **Postes**

- altura (m); material; esforço mecânico (daN); estrutura primária e secundária; uso mútuo; propriedade (concessionária de energia e telecomunicação, particular, TV por cabo, prefeitura, etc.); aterramento (sim/não); pára-raios (sim/não); estaiamento: (sim/não); e natureza: concreto, madeira, aço e outros.

- **Indicador de Falha**

- **Fly-tap**

- identifica a existência (sim/não).

- **Jumper**

- identifica a existência (sim/não).

Rede Secundária

- **Características dos Trechos**

- localização (urbano/rural); condutor (aéreo/subterrâneo); número de fases; bitola, tipo de condutores (fases e neutro); e cruzamento (com/sem ligação).

- **Iluminação Pública**

- luminária (tipo e quantidade); lâmpadas (tipo, potência e quantidade); fases ligadas; ponto elétrico de ligação; propriedade do poste de instalação; tipo de relé fotoelétrico (individual ou comando em grupo); e identificação de existência de medição local.

5.8.1 Símbolos Aplicados ao Setor Elétrico de Distribuição

Os símbolos utilizados para apresentar os componentes do sistema de energia, como transformadores e demais equipamentos, e também cor e textura, são padronizados pelas concessionárias. Cada empresa desenvolve seu padrão, mantendo uma certa semelhança nos símbolos entre as concessionárias. Uma concessionária reconhece e identifica cada um dos símbolos utilizados por outra concessão sem dúvidas ou erro.

Os símbolos são organizados por uma variedade de gráficos, tais como:

- pontual, forma, cor e tamanho;
- linear, formas como linhas simples, duplas, triplas, contínuas, pontilhadas, espessuras, cores; e
- área, padrão de preenchimento e cor.

Pela falta de padrão ABNT, a maioria das concessionárias do setor elétrico utiliza os símbolos como recurso de legenda para apresentar os componentes da rede de distribuição em nível nacional.

5.8.2 Ferramentas Utilizadas para Atendimento das Ocorrências

Os COD mantêm suporte para o atendimento às ocorrências, na maioria das concessionárias faz uso de três ferramentas distintas: o diagrama unifilar, o painel estático e o sistema de atendimento às ocorrências, conforme descrição nos itens a seguir.

5.8.2.1 Diagrama unifilar

As características do diagrama unifilar de distribuição apresentam apenas o desenho da rede de distribuição de forma esquemática, sem escala de desenho. Apresenta-se em uma camada, com características e classificações junto ao símbolo de forma gráfica e simbólica, compondo o cadastro do sistema primário de distribuição de energia elétrica, não é georreferenciado, nem obedece a escalas, seguindo apenas normas e padrões definidos pela concessionária.

Descrição dos componentes que formam o diagrama unifilar, conforme normas internas

da Celesc N-24/120-206:

- Subestação ou Usina
nome; código; religador ou disjuntor; e tensão nominal.
- Alimentador
código da subestação; e código do alimentador.
- Religador
código de localização; capacidade da bobina e série; referência de localização; e tipo.
- Seccionalizador
código de localização; capacidade; funcionamento H ou E; e tipo.
- Banco Regulador de Tensão
código de localização; classe de tensão; fabricante; tipo de ligação; e capacidade.
- Banco Capacitor
código de localização; capacidade; e ligação.
- Transformador
particular ou da concessionária; potência; número de fases; referência de localização da chave de proteção; e Razão Social do consumidor.
- Chave a óleo
código do equipamento de proteção; número de fase; posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF); e dispositivo de abertura: com ou sem corte visível.
- Chave faca unipolar
código do equipamento proteção; número de fase; posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF); e dispositivo de abertura: sem ou com carga.
- Chave fusível de ramal
código de localização; com dispositivo para abertura de carga; sem dispositivo para abertura de carga; e elo fusível.
- Chave tripolar
código do equipamento proteção; número de fase; posição (normalmente aberta

= NA/fechada = NF); e características: com ou sem corte visível.

- Ponto de entrega

nome da empresa; potência kVA; chave de proteção – referência de localização e elo fusível; tipo, bitola e material dos condutores (fases e neutro); indicar comprimento do principal ramal em metros; e indicar em kVA o transformador de maior potência instalado nesse ramal.

- Indicar junto aos ramais monofásicos

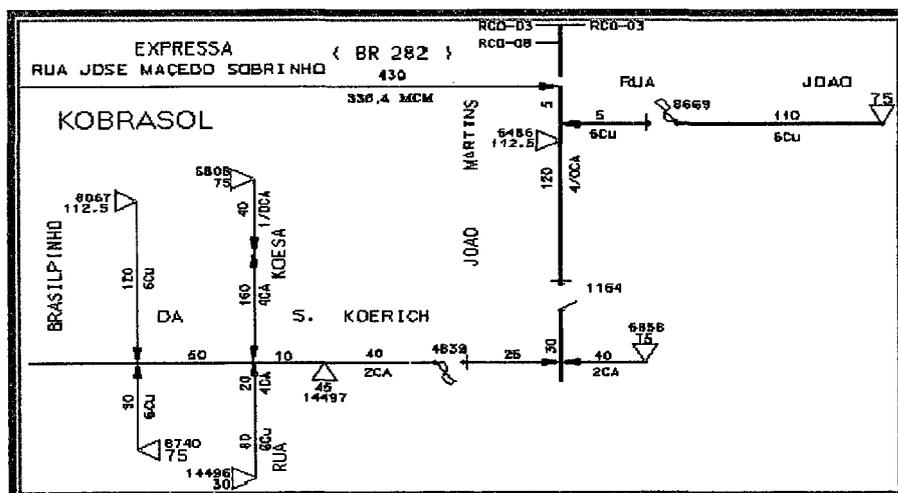
fases estão ligadas, sendo: a, b, c da esquerda para a direita no sentido e fonte/carga.

- Principais logradouros públicos e indicação de limite do município

- Distância entre equipamentos e/ou ramais em metros

- Atributo dos trechos, indicar onde há mudanças

quantidade de fases; tipo, bitola e material dos condutores (fases e neutro); e início e término de circuito duplo ou triplo.



Fonte: Celesc - Centro de Operação da Distribuição.

Figura 10 – Parte do diagrama unifilar utilizado nos COD. Essa figura encontra-se integral no anexo 4, página 135.

5.8.2.2. Painel sinóptico - estático

É um painel onde são apresentadas todas as interligações do sistema elétrico, da área de

abrangência de um COD, com relevância aos principais equipamentos de manobras, manuais ou de proteção (elo fusível), proporcionando ao despachante uma visão global do sistema elétrico.

Em geral, os quadros sinópticos utilizados no setor elétrico nacional são estáticos, de variados formatos, cores, materiais e padrões, mantendo a mesma funcionalidade.

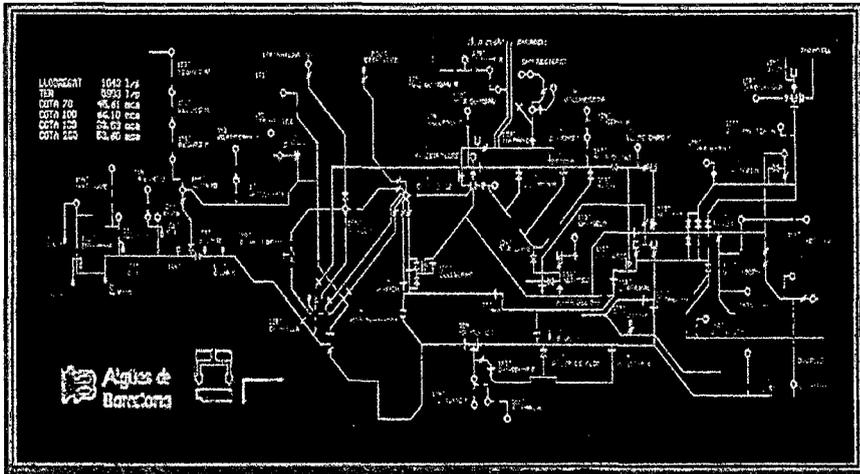


Figura 11 – Modelo de quadro sinóptico utilizado pelos COD.

5.8.2.3. Sistema de atendimento às ocorrências

O sistema de atendimento às ocorrências, quando informatizado, é conhecido como automação do COD. De modo geral, esse sistema é dividido em módulos de atendimento, despacho/supervisão e programação de desligamento.

O atendimento é um serviço de comunicação entre o cliente e a empresa e vice-versa. Presta-se a receber/dar informações sobre as ocorrências no sistema elétrico de distribuição.

Para esses serviços, as concessionárias disponibilizam e divulgam o número de um telefone, geralmente 196, migrando para 0800XXX196, para formalizar o recebimento das reclamações quando da falta de energia nos estabelecimentos de seus clientes. Algumas dispõem de centros isolados por COD, enquanto outras já estão trabalhando com central de atendimento (*Call Center*), cujo atendimento é único por concessão, como também disponibilizam outros números de telefones de atendimento obrigatório em outras áreas de interesse da empresa.

Esse módulo, quando voltado ao cliente, presta-se a dar informações aos clientes quanto a prevenções de interrupções e previsões de restabelecimentos. Quando voltado à própria empresa, é para tomar conhecimento onde o sistema encontra-se interrompido e providenciar seu restabelecimento.

Essas providências de restabelecimento do sistema elétrico recaem no módulo despacho/supervisão, onde um profissional com a função de despachante orienta equipes de eletricitistas em campo a ligar e desligar equipamentos da rede elétrica, com o objetivo de deixar o menor número de clientes desligados, tendo como base uma série de normas de operação a serem seguidas.

Fundamental nesses sistemas é o banco de dados alfanumérico (equipamentos e eventos que ocorrem na rede elétrica de distribuição), como também sua agilidade na consulta (QUEIROZ e ROSA, 1992).

Visando ao atendimento das ocorrências, esses sistemas identificam o endereço elétrico do equipamento (transformador) responsável pela alimentação do cliente reclamante, e, após uma série de reclamações, o despachante as identifica no diagrama unifilar e conclui o ponto interrompido da rede.

Esses sistemas são totalmente alfanuméricos, prevêm indicadores oficiais e não oficiais e outros recursos como escala de pessoal e curva de carga de AL. Cada concessionária os desenvolve na forma que melhor lhe atender. Todavia, mantêm particularidades pela sua homogeneidade, tais como:

- a partir do nome, número do medidor ou telefone do cliente, é localizado o endereço (logradouro, número) onde o sistema consulta os dados da rede elétrica e localiza o endereço elétrico (transformadores) responsável pela sua alimentação; e
- abrange também nome do consumidor, Razão Social, atividade, turno de funcionamento, se trabalha aos sábados, domingos e feriados, fax, telex, correio eletrônico, telefone e até mesmo se possui geração própria.

Subsídios a sistema de atendimento às ocorrências podem ser encontrados em JARDINI et al. (1997), SILVA et al. (1997), CARVALHO et al. (1997), MOHALLEM et al. (1997) e QUEIROZ e ROSA (1992), das empresas de energia elétrica como as antigas Eletropaulo, Cesp, Cesp, Cpfl e Celesc, respectivamente. Alguns, inclusive, prevêm o Sistema de Informações Geográficas.

5.9 Sistema de Informações Geográficas – SIG

A topografia, a geodésia e a aerofotogrametria contribuíram, de forma definitiva, para o aprimoramento da cartografia. Conseqüentemente, a evolução das áreas de computação gráfica, cartografia, geografia e computadores também contribuíram para a fundamentação técnica do Sistema de Informação Geográfica – SIG, que se caracteriza pela sua capacidade de tratar relações espaciais entre objetos geográficos, como os relacionamentos topológicos de vizinhança, proximidade e pertinência; integrar dados de diversas fontes numa única base de dados; associar informações por manipulação de algoritmos, como também consultar, manipular, recuperar, visualizar e permitir formas variadas para saídas (produto) desses dados.

Essas características multidisciplinares tornam a tecnologia SIG complexa e abrangente apontando a interdisciplinaridade de sua utilização.

Um SIG trabalha com objetos, atributos e relações entre os objetos. Os objetos são armazenados em banco de dados que usa princípios geométricos (volumes, áreas, linhas, pontos) e as relações entre eles (topologia) (KAINZ, 1998).

Sistema de Informação Geográfica é um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuário) perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informações derivadas de sua aplicação (TEIXEIRA et al., 1995).

5.9.1 Funcionalidades do SIG

SIG é um sistema que utiliza computador, que prevê quatro capacidades para gerir dados georreferenciados: entrada, gerenciamento de dados (armazenamento de dados e recuperação), manipulação e análise e saída (KAINZ, 1998 e BURROUGH, 1994).

- a) Entrada e integração de dados é o processo de identificar e capturar dados georreferenciados de diferentes fontes para sua aplicação, envolvendo vários procedimentos e recursos computacionais, antes da efetiva utilização dos dados no SIG. Os dispositivos apropriados como fonte de alimentação de uma base de dados são

provenientes da digitalização de mapas analógicos; das observações através da interação direta; dos arquivos digitais por meios magnéticos; e dos sensores com varredura ótica.

- b) Gerenciamento de dados e armazenamento é a organização promovida pelo banco de dados que resulta na estruturação e organização dos dados informados, como localização, encadeamentos topológicos e atributos.
- c) Manipulação e análise, na função principal de manipulação e análise estão os operadores analíticos (lógicos, aritméticos e os relacionais) que trabalham com o conteúdo do banco de dados para analisar, manipular, apresentar e derivar informações novas (STAR e ESTES, 1990).
- d) Saída é a apresentação dos produtos obtidos do processamento dos dados, verificados de diferentes maneiras e formas, tais como apresentação de imagens (mapas), relatórios estatísticos, gráficos, diagramas, etc.

5.9.2 Aplicações do SIG

Um elemento geográfico pode ser analisado de forma e precisão diferentes, dependendo do objetivo da aplicação. Um mesmo conjunto de dados armazenado poderá ter tratamento distinto. Os mesmos dados podem ser combinados com informações sobre a bacia hidrográfica das regiões, declividade e permeabilidade do solo, para auxiliar estudos de erosão. Essa característica causa um impacto direto na coleta, modelagem e armazenamento dos dados georreferenciados.

Os SIG são utilizados em áreas e aplicações variadas: de análise ambiental a planejamento urbano, de gerenciamento de redes de serviços públicos a monitoramento de veículos e navegação. CÂMARA et al. (1996) classificam os SIG em três categorias:

- a) **Socioeconômicas**, tendo como objeto o planejamento envolvendo o uso da terra, controle populacional e infra-estrutura urbana. Exemplos:
 - “Automated Mapping and Facilities Management – AM/FM”, mapeamento automatizado e gerência de infra-estrutura. Subdividem as aplicações relacionadas a serviços de utilidade pública em redes de fluxo, como gás, água, telefone e energia

elétrica (redes subterrâneas e de superfícies).

- “Land Information System - LIS”, Sistema Informações sobre Terra. Manipula basicamente limites de propriedades ou regiões, com mapas e descrições associados, contendo valor (de venda, aluguel, transferência, impostos, etc.), uso (rural ou urbano, vegetação, etc.), construções, infra-estrutura (água, gás, eletricidade, etc.), população e outros.
 - Sistema de Censos, que ajuda a monitorar mudanças nas características da população e é importante para planejamento tanto em nível global quanto local.
 - Sistemas de aplicações marítimas ou terrestres. Na parte terrestre inclui sistemas experimentais de tráfego, sistemas de monitoramento de frotas e sistemas de navegação para automóveis. Na parte marítima, o desenvolvimento de cartas náuticas digitais apresenta-se como um caminho natural para otimizar o uso dos recursos das embarcações.
 - Sistemas de Informação de Mercado, como ferramentas para análise financeira, sistemas de apoio à decisão e sistemas especialistas;
- b) **Ambientais**, em que a conservação de recursos naturais pode abranger escala global, continental, regional ou mesmo local. Inclui: ecologia, clima, gerenciamento florestal e poluição, e o uso dos recursos naturais, envolvendo extrativismo vegetal, mineral, energia, recursos hídricos e oceânicos, informação do solo como catalogação de perfis de solo coletado no mapeamento por meio de interpolação de dados, gerando variações espaciais, e uso dessas informações para análise e modelagem, modelagem climática e ambiental, previsão numérica do tempo, monitoração do desflorestamento e monitoração da emissão e ação de poluentes; e
- c) **Gerenciamento**, envolvendo a realização de estudos e projetos que determinam onde e como alocar recursos para remediar problemas ou garantir a preservação de determinadas características.

Aplicações de SIG podem ser encontradas em dissertações, a destacar: SOUZA (1999), SOBRAL (1996), RENUNCIO (1995) e WEBER (1995).

5.9.3 Processo de Implantação de um SIG

A implantação de um Sistema de Informação Geográfica - SIG, segundo CÂMARA et al. (1996), divide-se em três grandes fases: Modelagem do Mundo Real; Criação do Banco de Dados Geográficos; e Operação.

Na literatura, vários autores (KAINZ, 1998, BURROUGH, 1994 e CÂMARA et al., 1996) falam de SIG. Mas, didaticamente, TEIXEIRA e CHRISTOFOLETTI (1997) melhor conceituaram o processo de implantação de um SIG, em termos de Modelagem, Banco de Dados e Sistema Gerenciador de Banco de Dados.

- a) SIG: “Um processo baseado em computador, que permite ao usuário coletar, manusear e analisar dados georreferenciados. Um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica”;
- b) Modelagem: “Metodologia estruturada para construção de modelos. Baseia-se em técnicas padronizadas, é documentada, repetitiva e geralmente complexa”;
- c) Banco de Dados: “Em SIG, é o conjunto de dados espaciais e atributos, organizados de forma adequada para operações de inserção, busca, edição e análise espacial”; e
- d) Sistema Gerenciador de Banco de Dados: “Um conjunto de módulos de software que respondem pela organização, o armazenamento, o acesso, a segurança e a integridade dos dados numa estrutura de banco de dados, atuando com interface entre os programas de aplicação e o sistema operacional”.

5.10 Estrutura e Modelo de Dados

Quando do aparecimento dos primeiros SIG, praticamente nada existia com relação à representação específica em modelo de dados, de entidades geográficas ou espaciais. Com a evolução de estruturas e modelos de dados, foram aparecendo na literatura as propostas como a de BRACKETT (1987); DECKER (1989) e MODELL (1992). Também foram estudados os modelos de dados geométricos e estruturas de dados em SIG nas propostas de PEUQUET

(1984), BURROUGT (1986), VAUGHAN et al. (1988), MAGUIRE et al. (1991), LAURINI e THOMPOSON (1992), citados por (LEUNG, 1997).

A modelagem de dados surge como uma ferramenta conceitual para o auxílio na organização, formalização e na padronização de objetos do mundo real como seres, fatos, coisas e organismos sociais. O modelo de dados é, portanto, um conjunto de conceitos usados para descrever a estrutura de um banco de dados. A melhor forma de representação do mundo real supera em muito a simples transcrição das entidades apresentadas cartograficamente nos mapas. A apresentação cartográfica será um dos produtos da aplicação, já o modelo deverá refletir a dinâmica de interação entre os vários objetos de natureza espacial ou não (BORGES e FONSECA, 1996).

Para BARBIERI (1994), Modelagem de Dados é uma técnica capaz de representar a realidade dos dados e seus processos por meio de metodologias e linguagens gráficas, com objetivo de dar fidelidade à representação das “coisas do mundo” através do computador, onde as fronteiras de seus conceitos não são rigorosamente definidas. Isso confere à Modelagem de Dados um sabor muito mais de arte do que tonalidade de ciência exata.

Modelagens são funções que definem os conceitos e abstrações importantes para cada tipo de aplicação. MEDEIROS e PIRES (1998) descrevem que a modelagem do mundo real compreende etapas de modelagem de dados e de processos. A modelagem de dados envolve a seleção e a representação dos objetos de interesses, e a modelagem de processos especifica os aspectos dinâmicos, como as bibliotecas de funções e os parâmetros que serão utilizados junto com o banco de dados.

Em SIG, não existe um modelo de dados consensual. Cada sistema implementa seu próprio modelo. Os modelos existentes diferem um do outro pela sua estrutura (conceitos e relacionamentos distintos), com seu comportamento (diferentes conjunto de operações) (OLIVEIRA, 1997). Isso é chamado de impedância funcional, e cada SIG tem características próprias quanto a modelo de dados, terminologia e entendimento do mundo, fazendo restrições de aspectos técnicos da aplicação.

Um modelo de dados significa a descrição e especificação de entidades e suas relações, como também ferramentas conceituais de organização lógica dos dados. Em modelo geométrico, as entidades são figuras geométricas no espaço com topologia entre elas. A forma mais comum de visualizar o objeto na concepção de espaço é a camada (*layers*), segundo (LEUNG, 1997).

Um modelo de dados é uma coleção de tipos de estrutura de dados, operadores ou regras, integridades gerais, ferramentas para descrever metamodelo de um banco de dados. Tem como finalidade encontrar formas mais simples de representar e manipular informações. Exemplos de modelos de dados: Modelo Relacional (CODD, 1970), o Modelo Entidade Relação (CHEN, 1976), Cálculo de Predicado de Primeira Ordem (GALLAIRE et al., 1984), e Modelos Orientados a Objetos (MANOLA e DAYAL, 1986; BANCILHON et al., 1988), citados por (EGENHOFER, 1995).

O processo de abstração nas aplicações geográfica CÂMARA et al. (1996) especifica quatro níveis de informações:

- a) *Nível do mundo real* – contém os elementos da realidade geográfica a serem representados; por exemplo, cidade, temperatura, rede elétrica.
- b) *Nível conceitual* – comporta um conjunto de conceitos formais para modelar as entidades geográficas consideradas relevantes para o estudo.
- c) *Nível de representação* – as entidades geográficas modeladas podem ser mapeadas em diferentes representações geográficas (vetor e raster), podendo variar conforme a escala e a projeção cartográfica, como também a época de obtenção dos dados.
- d) *Nível de implementação* – define padrões, formas de armazenamento e estrutura de dados para implementar cada tipo de representação.

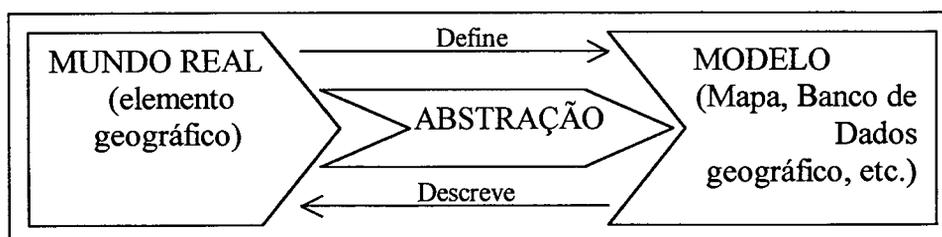


Figura 12 – Abstração do mundo real.

Para tornar operacional o modelo de dados, é necessário estruturar os dados, isto é, um modo organizado para representar os dados de forma que seus relacionamentos sejam especificados.

Baseados na representação de espaço em 2D, os SIGs são diferentes conforme o tipo de representação gráfica que, segundo BREUNIG (1996), estão subdivididos em três categorias: os baseados em vetor, em raster e os híbridos.

5.10.1 Estruturas de Dados em Vetor

A representação gráfica em vetor inclui as diferentes topologias de armazenamento vetorial. São facilmente digitalizadas e podem ser processadas no SIG como camadas (*layers*) ou objetos.

Os elementos geográficos são usualmente representados de forma geométrica, como ponto, linha e polígono, cuja concepção está nos padrões para dados cartográficos, com posição definida em sistema de coordenadas e definidos sobre os mapas, usando-se coordenadas xy ou longitude e latitude, baseadas nos princípios da Geometria Euclidiana, usada para analisar propriedades de localização espacial. Sua respectiva apresentação faz-se através de símbolo que traz consigo característica própria, normalmente conhecido e padronizado em uma legenda, tanto por cores e tamanho, como por textura, de modo a facilitar a compreensão.

O modelo de dados de vetor subdivide o espaço irregular em unidades demarcadas por linhas (limites), formando um vínculo (*link*), posicionando pontos em um espaço organizado. Está baseado em conceitos de topologia e operações em objetos de espaço, tendo como base as propriedades de espaço métrico (LEUNG, 1997), considerando todos os aspectos (valor, espaço e tempo), propriedade geométrica (ponto, linha e área), localização (coordenadas xy) e topologia (conectividade, contigüidade e proximidade).

O padrão para dados cartográficos baseados em propriedades geométricas é o seguinte:

- a) ponto: especifica um ponto geográfico com localização segundo um sistema de coordenadas (xy) ou latitude e longitude. Sua apresentação pode ser um rótulo (*label*) ou um símbolo;
- b) linha: é a ligação contínua entre dois pontos, ou seqüência de segmentos que caminham numa direção. É formada por dois pares de coordenadas (x_i, y_i) e (x_f, y_f) que representam o início e o fim da linha como um elemento geográfico. O segmento de linha pode levar informação sobre a direção da linha, distinguindo o que está à

direita ou à esquerda; e

- c) polígono: está baseado na direção geométrica dos segmentos de linha, formando uma área homogênea. Sua área pode ser dividida interiormente; por exemplo, um município forma uma área, uma lagoa neste município forma outra área menor, isto é, uma área dentro de outra área.

Para organizar e implementar um modelo de dados, várias estruturas de dados foram desenvolvidas, conforme (LEUNG, 1997):

5.10.1.1 Estrutura de dados espaguete

É a forma mais simples de modelo de dados de vetor. Todo objeto de espaço é representado por um registro lógico com coordenadas xy ou um *string* de coordenadas xy em um arquivo digital. Como exemplo, um ponto é codificado como um único e tem coordenadas de xy específicas. Uma linha é uma *string* de pares de coordenadas xy . Uma área é representada por um polígono e é codificada linha a linha, formando um polígono fechado onde a linha que começa e a que termina têm pontos idênticos, definindo seu limite.

A estrutura de dados deste modelo é de fato um arquivo digital de coordenadas xy . É eficiente para reproduzir mapas, mas ineficiente para executar análise de espaço, pois não são codificadas topologia e relações de espaço entre esses objetos. Restringe-se em armazenar lista de coordenadas.

FEIÇÃO	NÚMERO	LOCALIZAÇÃO COORDENADAS XY	
Ponto	30	xy	ponto simples
Linha	10	$x_1y_1, x_2y_2, x_3y_3, x_4y_4, x_5y_5$	<i>string</i>
Polígono	70	x_1y_1, x_2y_2, x_3y_3	aberto
Polígono	75		
Polígono	78	$x_{11}y_{11}, x_{12}y_{12}, x_{13}y_{13}, x_{14}y_{14}, x_{15}y_{15}$	fechado

Fonte: Adaptado de LEUNG (1997).

Figura 13 – Modelo de Estrutura Dados Espaguete.

5.10.1.2 *Estrutura de rede de cadeia triangular irregular (TIN)*

São modelos de dados de topologia normalmente usados para representar a superfície de terreno como uma série de triângulos adjacentes, formados de maneira irregular. Os elementos fundamentais são: nós (pontos), extremidades (linhas) e polígonos (triângulos). A intenção do modelo de dados é quadricular o espaço e formar cadeias de triângulos irregulares, de maneira que informações espaciais do terreno como inclinações, alturas e cume sejam armazenadas eficazmente, com alto nível de precisão. Para terreno complicado, usa-se um maior número de triângulos e com facetas menores. Os modelos de TIN são eficientes para representar superfícies com perfis variados de topologia. Formas de armazenamentos são os triângulos com os respectivos nós e os triângulos com os respectivos triângulos adjacentes. Para referenciar o mapa, são também armazenados os nós com as respectivas coordenadas xy, como também os nós e as respectivas coordenadas z (valor de elevação ou altitude).

5.10.1.3 *Estrutura de dados incorporando atributos de vetor*

Além de representar objetos de espaço como entidades físicas, são freqüentemente armazenados atributos dos objetos como componentes de um modelo de espaço. Com características de pontos, linhas e áreas, além da localização e topologia, são essenciais para análise de espaço e consulta. Esses dados geralmente são estruturados junto à organização de banco de dados. Pontos, linhas e polígonos podem ser representados por uma topologia de arco-nó, com atributos espaciais e não espaciais.

5.10.1.4 *Estrutura topológica de dados*

É formada pela concepção objeto de espaço, e suas relações, por conceitos topológicos. Os objetos de espaço fundamentais são linhas que, representadas por uma série de pontos, começam e terminam em um nó. Um nó (ponto) é uma interseção de duas ou mais linhas (arcos), correspondente ao ponto inicial ou final de cada linha. Todas as linhas devem estar conectadas umas a outras para que a topologia da rede seja definida na sua totalidade. O polígono é limitado

por linhas (fechadas) que começam e terminam no mesmo ponto (nó). A topologia é realizada especificando polígonos, por exemplo, na esquerda e direita de uma linha, cruzando linhas em um nó.

Relacionamentos topológicos descrevem as relações espaciais existentes entre os elementos e são fundamentais para definição de linguagem de consulta. Existem vários tipos de relacionamentos espaciais, como os direcionais e os topológicos. Seguem os principais relacionamentos topológicos:

- **Conectividade:** propriedade topológica de um conjunto de linhas que se conectam em determinado nó, onde os atributos das linhas incluem o sentido de fluxo, e os atributos dos nós, sua impedância (curso percorrido). A topologia de redes constitui um *grafo* que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas (CÂMARA e MEDEIROS, 1996);
- **Continência:** a relação espacial é definida quando a representação do domínio espacial de um elemento geográfico é contido totalmente em outro elemento geográfico, por exemplo, um lote está contido numa quadra;
- **Contigüidade:** propriedade topológica que define o contato de dois ou mais elementos geográficos por meio da identificação dos polígonos à direita e à esquerda de cada linha que define o perímetro. Essas linhas são armazenadas uma única vez, evitando redundância de perímetro de polígonos adjacentes; e
- **Vizinhança:**
 - **Proximidade** – medida de distância entre dois elementos geográficos, especificados por um critério previamente definido. Análise de proximidade: técnica usada para determinar as relações entre um elemento e seus vizinhos, e o polígono de proximidade é obtido pela linha que se estabelece em torno de um elemento geográfico qualquer, dada uma distância fixa a esse elemento.
 - **Adjacência** – quando dois ou mais elementos geográficos apresentarem elementos comuns ao seu domínio espacial, segmento em comum e interseção nula entre eles.

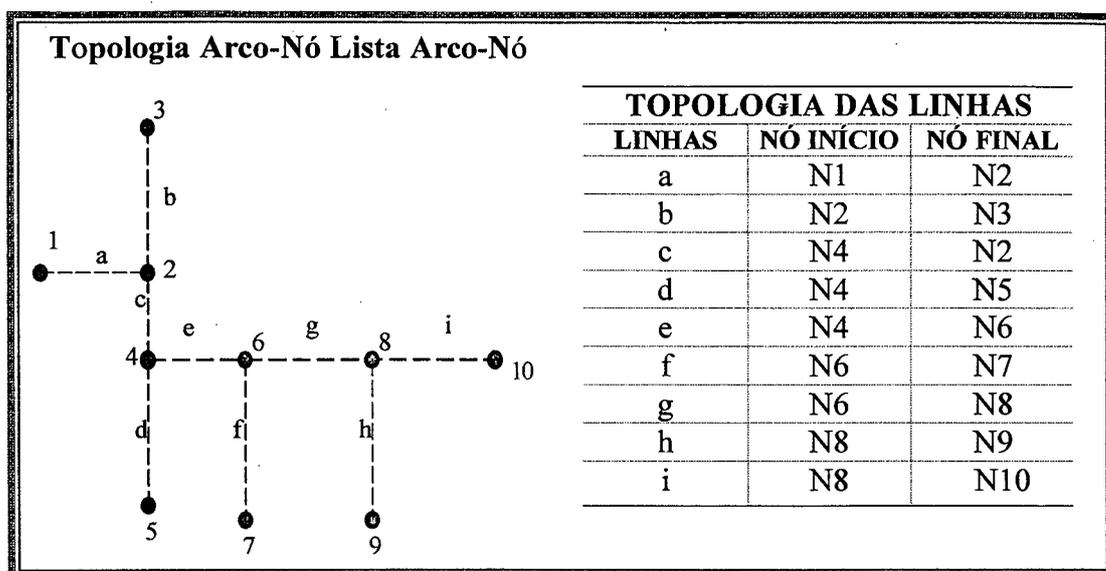


Figura 14 – Ilustração de conectividade e topologia arco-nó.

A estrutura do modelo de dados em camada (*layer*) armazena topologicamente o código do arquivo do objeto de espaço de cada camada. Por exemplo, na figura abaixo, o arquivo de nó armazena nós com linhas, assim como o arquivo de polígono armazena polígonos demarcando suas linhas. O arquivo de linhas retrata a relação de linhas para nós e polígonos. Além da topologia, linhas são também codificadas por coordenadas x y para facilitar a referência das linhas nos mapas.

TOPOLOGIA DOS NÓS		TOPOLOGIA DAS LINHAS					TOPOLOGIA DOS POLÍGONOS	
NÓ	LINHAS	LINHAS	NÓ	NÓ	POLÍGONO		POLÍGONOS	LI-NHAS
			INÍCIO	FINAL	ESQUERDO	DIREITO		
N1	L1, L2, L3	L1	N1	N2	0	P1	P1	L1, L3
N2	L1, L2, L3	L2	N2	N1	0	P2	P2	L2, L3
N3	L4	L3	N3	N2	P1	P2	P3	L5
N4	L4	L4	N4	N4	P2	P2	P4	L6
N5	L5	L5	N5	N5	P2	P3	0	Área não coberta
N6	L6	L6	N6	N6	P1	P1		

Fonte: adaptada de LEUNG (1997).

Figura 15 – Estrutura topológica do tipo arco-nó-polígono.

5.10.2 Estruturas de Dados Raster

A representação matricial inclui formas de armazenamento de dados geográficos em matriz. Caracteriza-se pelas seguintes peculiaridades:

- (i) dá suporte aos dados geográficos que gerencia e manipula os atributos temáticos;
- (ii) fundamenta-se em algoritmos próprios; e
- (iii) apresenta eficiente interface de dados para conversão de raster e vetor.

Na estrutura de dados raster, na concepção de espaço, o tamanho da quadrícula depende da escala de trabalho e seus detalhes. Também nessas células são registrados atributos espaciais e não espaciais.

Um ponto é representado por uma única célula, com uma localização de coluna. Uma linha é descrita como uma sucessão de células conectadas com valores idênticos, e uma área é representada por uma série de células que assumem o mesmo valor.

Considerando que cada célula só pode assumir um valor, são armazenados individualmente atributos em camadas, que os separam por arquivos. Arquivos raster podem ser muito grandes, dependendo do nível de resolução, porém podem apresentar eficientes estruturas de dados, que tendem a diminuir o tamanho dos arquivos. Maiores detalhes sobre esse tema podem ser vistos em (LEUNG,1997; BREUNIG,1996; CÂMARA e MEDEIROS, 1996 e BURROUCH, 1994).

5.10.3 Estruturas de Dados Híbridos

As estruturas de dados híbridos trabalham com múltiplas representações, permitindo manipulação de dados vetoriais e matriciais (raster) em um mesmo ambiente. As representações usadas em SIG híbridos possibilitam sobrepor dados vetoriais e raster simultaneamente.

A dificuldade encontrada na grande maioria dos sistemas é o gerenciamento de dados gráficos e não gráficos. O armazenamento gráfico encontra-se em estruturas proprietárias, e os dados alfanuméricos, em banco de dados relacional.

5.10.4 Modelo Entidade e Relacionamento (MER)

O modelo de dados relacionais é formado pelas entidades e seus relacionamentos com o propósito de gerenciar tabelas, proposto primeiro por E.F.CODD, no final dos anos 60.

A partir de então outras pesquisas foram desenvolvidas, tratando a representação do modelo de dados como: coleção de objetos e seus relacionamentos, coleção de operadores e série de regras de integridade, conforme CODD (1982), DATE (1983), ULLMAN (1988), citados por (LEUNG, 1997) e na maioria dos textos com abordagem de modelos de dados relacionais.

Atualmente, com o objetivo de enriquecer o modelo com novos conceitos e abstrações, a literatura propõe várias extensões do MER, que pode ser encontrada em (RUMBAUGH et al. 1994).

Entidades ou classes de entidade, objetos ou coisas do mundo real dos quais se pretende obter alguma informação com o propósito de uma dada aplicação, são definidas pela sua individualização e significado bem definido. Entidades, como representação de blocos conceituais de dados, que estabelecem processos de gerência são armazenadas numa base de dados. Como exemplo, as entidades geográficas têm como característica a localização, dada por suas coordenadas em determinado sistema de projeção e representadas por meio geométrico, como ponto, linha e polígono.

Atributos são características das entidades, como propriedades ou qualidades dos objetos utilizados para identificar ou qualificar as suas ocorrências de interesse. Atributos também podem ser definidos como identificador ou chave, visando à definição de relacionamentos, ligando ou associando atributos. Os atributos podem apresentar as seguintes características:

- (i) exclusividade: cada ocorrência da entidade deve assumir um valor exclusivo;
- (ii) estabilidade: o valor do dado não deve alterar-se no tempo; e
- (iii) totalidade: todas as entidades da classe devem possuir obrigatoriamente um ou mais atributo-chave para identificação de uma única ocorrência em uma entidade. Quando dois atributos são identificados como chave, um atributo assume como chave primária e outro como chave candidata.

Cada tabela tem, no mínimo, uma chave primária, que é a combinação de um ou mais atributos cujos valores localizam, sem ambigüidade, uma linha em uma tabela. A chave

candidata pode ser usada para identificar uma tupla exclusivamente, onde não há registro idêntico (linhas) em uma relação.

Relacionamentos são associações de interesse entre entidades, inclusive de mesma classe. Para associar entidades com relacionamentos, é necessário observar os identificadores ou atributos-chave e identificar quais se relacionam.

Cardinalidade nos relacionamentos binários pode expressar o número de vezes que uma entidade pode participar do relacionamento.

- (i) muitos-para-muitos: várias entidades de um determinado tipo se relacionam com várias entidades de um outro tipo. Por exemplo, o relacionamento de entidades “Tipo de Solo” com entidades “Uso da Terra”;
- (ii) um-para-muitos: cada entidade de um determinado tipo se relaciona com várias entidades de outro tipo. Por exemplo, o relacionamento entre entidade “Estado” e entidade “Município”; e
- (iii) um-para-um: cada entidade de um determinado tipo se relaciona com uma única entidade de outro tipo. Por exemplo, o relacionamento entre entidade “Prefeito” e entidade “Município” durante um mandato é um-para-um.

O modelo de dado relacional é similar a um conjunto de tabelas de forma lógica, em que as tabelas possuem determinado número de colunas e um número arbitrário de linhas. As entidades e relacionamentos são representados em forma de tabela: as colunas correspondem a atributos (campos), e as linhas (tuplas), a elementos da relação. Um único valor é armazenado em cada interseção de coluna e linha.

Integridade do modelo ao associar ou relacionar duas entidades identifica qual delas dentre as várias classes de entidades, se relacionam, identificando também as demais características.

Integridade referencial é uma chave externa ou estrangeira que consiste de uma chave primária correspondente. A chave externa é uma chave primária de uma tabela quando está embutida na própria tabela, ou a ligação entre chave externa e chave primária forma um caminho de navegação freqüente entre as tabelas.

Formas normais são regras desenvolvidas para evitar inconsistências lógicas das operações de atualização das tabelas. Cada forma normal impede uma forma de redundância na

organização de tabelas que poderia produzir resultados sem sentido se uma tabela fosse atualizada independentemente das demais. As estruturas normalizadas representam os dados organizados, eliminando redundâncias e problemas de manipulação e armazenamento.

Os objetos de espaço com atributos gráficos e não gráficos podem ser armazenados, respectivamente, como linhas e colunas de uma tabela. Uma entidade ou um relacionamento é representado por uma tupla de valores de atributos definidos. Como exemplo, segundo (LEUNG, 1997):

- a entidade arco pode ser representada pela tupla;
- o modelo relacional classifica entidades e suas relações em vários tipos de esquema relacional com restrições nas estruturas de operação e consultas; e
- o esquema é uma especificação de entidades e seus relacionamentos no ambiente de aplicação.

SQL (Structured Query Language) é a linguagem de consulta formada por estrutura de operadores de busca e manipulação das tabelas, permitindo construção de tabela temporária baseada na seleção e condição definida pela sintaxe dos comandos. Para cada ação ou consulta executada em uma relação, outra tabela é gerada, assim como linguagem de visualização para apresentação gráfica. Além da SQL como linguagem apropriada para interações (consultas) textuais, pode ser visto também, conforme descrito por LEUNG (1997): cálculo de tupla, cálculo relacional e álgebra relacional. Além das operações básicas citadas, a álgebra relacional inclui também operações como projeção, restrição, junção natural e divisão, para facilitar especificação de consultas e recuperação de dados.

5.10.5 Modelagem Baseada em Objetos

RUMBAUGH et al. (1994) propuseram uma metodologia baseada em objetos que consiste na construção de um modelo de domínio da aplicação⁵ e na posterior adição de detalhes de implantação durante o projeto de um sistema, chamado Técnica de Modelagem de Objetos (TMO). A abordagem técnica da modelagem abrange o modelo de *análise* como uma abstração

⁵ Domínio de Aplicação é a utilidade potencial do SIG para um conjunto de atividades. Em banco de dados, é o conjunto de valores legítimos para um atributo.

concreta e precisa do que o sistema deverá fazer, como conceito do domínio da aplicação. O *projeto do sistema*: a arquitetura geral é definida, inclui a organização em subsistema; *implementação*: as classes de objetos e os relacionamentos são, por fim, traduzidos para uma determinada implementação em uma linguagem de programação, em um banco de dados ou hardware.

As características da abordagem do TMO incluem quatro principais aspectos:

- (i) identidade, característica peculiar de um objeto que denota a existência em separado, mesmo que ele possa ter os mesmos valores de dados de outro objeto;
- (ii) classificação, que significa que os objetos com a mesma estrutura de dados (atributos) e o mesmo comportamento (operações) são agrupados em uma classe;
- (iii) polimorfismo, que significa que a mesma operação pode atuar de modos diversos em classes diferentes. Uma operação em classes diferentes e nomes iguais executa diferentes processamentos; e
- (iv) herança, que é o compartilhamento de atributos e operações entre classes com base em um relacionamento hierárquico. De grande relevância são as características: abstração, que consiste na concentração do que o objeto é e faz; encapsulamento, que oculta detalhes da estrutura interna do objeto, mas os deixa acessíveis por outros objetos; compartilhamento, que permite que as informações sejam compartilhadas em uma aplicação, possibilitando a reutilização de modelos e códigos em projetos futuros; e estrutura de objetos, que especifica o que o objeto é e suas características, mas não como ele é utilizado (procedimentos).

A construção de um modelo de objetos, segundo os autores, possui as seguintes etapas:

a) Identificação dos objetos e classes

Define-se objeto como uma abstração, com limites nítidos e significados em relação ao contexto de uma aplicação. Cada objeto possui sua própria identidade, que o distingue por sua própria existência, e não por suas propriedades.

Um objeto funciona como uma estrutura de dados complexa, que é capaz de armazenar todos os seus dados, juntamente com informações sobre os procedimentos necessários para sua própria criação, descrição e manipulação. Objeto isolado é chamado de instância de objeto; grupos de objetos semelhantes são chamados de

classes de objetos, cujas propriedades são semelhantes (atributos) e têm o mesmo comportamento (operações⁶), os mesmos relacionamentos com outros objetos e a mesma semântica (classes de objetos possuem atributos e comportamentos em comum).

b) Preparação de um dicionário de dados

Um dicionário de dados reúne a descrição de todas as entidades da modelagem, com suas abrangências, restrições e também suas associações, atributos e operações.

c) Identificação de ligações, associações e agregações entre objetos

Associações e ligações são meios para estabelecer os relacionamentos entre objetos e classes. A associação é a conexão entre classes, e a ligação é a conexão entre instâncias de objetos (individuais). Dessa forma, uma ligação é uma instância de uma associação.

Associações podem ser binárias, ternárias ou de ordens mais elevadas ($n > 2$). Relacionamentos entre instâncias de duas ou mais classes descrevem um grupo de ligações com estruturas e semânticas comuns. Assim sendo, as associações podem possuir atributos provenientes da semântica de cada ligação.

Multiplicidade especifica quantas instâncias de uma classe relacionam-se a uma única instância de uma classe associada. Restringe a quantidade de objetos relacionados e descreve como sendo “uma” associação ou “muitas” associações. Normalmente, o valor da multiplicidade é um único intervalo, mas pode ser um conjunto de intervalo desassociado. As chaves candidatas⁷ expressam a abstração fundamental. Símbolos para indicar valores comuns de multiplicidade são:

- uma bola sólida indica “muitos”, significa zero ou mais;
- uma bola vazia indica “opcional”, significa zero ou um; e
- ausência de símbolos de multiplicidade indica uma associação um-para-um.

Agregação (associação forte) é uma forma especial de associação transitiva na qual um grupo de objetos componente (objetos menores) forma uma única entidade

⁶ Operação é função ou transformação que pode ser aplicada aos objetos de uma classe (RUMBAUCH et al., 1994).

⁷ Chave candidata é um conjunto mínimo de atributos que identifica inequivocamente um objeto ou uma ligação (RUMBAUCH et al., 1994).

semântica. A agregação forma uma árvore de instância. Os relacionamentos “parte-todo” ou “uma-parte-de” representam agregação, onde os objetos que representam os componentes de alguma coisa são associados a um objeto que representa a estrutura inteira. Se dois objetos forem estreitamente ligados por um relacionamento “parte-todo”, eles formam uma agregação, mas se forem habitualmente considerados como independentes, eles formam uma associação. A utilização de agregação é uma questão de julgamento e é, muitas vezes, arbitrária. Nem sempre é evidente que uma associação deve ser modelada como uma agregação.

d) Identificação de atributos de objetos utilizando herança

Atributos são propriedades dos objetos de uma classe. Atributo de ligação é uma propriedade das ligações entre dois objetos (associação). Não é propriedade de um objeto isolado, nem pode ser interligado a outro objeto. Atributos de ligação são evidentes nas ligações “muitos-para-muitos”, menos freqüentes nas ligações “muitos-para-um”, onde podem ser vinculados no objeto “muitos” sem perder informação. É ainda menos freqüente nas associações “um-para-um”.

Generalização, herança e especialização aparentam ter a mesma idéia e freqüentemente são usados de forma intercambiável:

- (i) generalização é um relacionamento entre classes que dá origem a uma hierarquia (árvore de classes);
- (ii) herança é o compartilhamento de atributos e operações utilizando o relacionamento de generalização;
- (iii) generalização e especialização são pontos de vista diferentes do mesmo relacionamento:
 - generalização deriva do fato de que a superclasse⁸ generaliza as subclasses⁹; e
 - especialização, do fato de que as subclasses refinam ou especializam a superclasse;
- (iv) herança múltipla permite que uma classe possua mais de uma superclasse e herde características de todos os seus ancestrais. Permite a mesclagem de informações

⁸ Superclasses contêm características comuns a todas as classes.

⁹ Subclasses contêm características específicas de cada classe.

de duas ou mais origens. Tem como vantagem uma maior capacidade de especialização de classes e a maior oportunidade de reutilização.

e) Verificação dos caminhos de acesso existentes para consultas

Permite traçar caminhos, por diagrama do modelo de objeto, que facilitem conferir o resultado. Auxilia no caso de se haver esquecido algo, já que o que parece simples no mundo real torna-se complexo no modelo.

f) Interação e refinamento do modelo

O processo completo de desenvolvimento de software é uma interação contínua. Algumas etapas necessitam ser revistas nas diferentes partes do modelo. Para conferir o refinamento, é importante conhecer a relação “os sinais da falta de objetos”.

g) Agrupamento de classes em módulos

Tanto módulos como folhas são formas de apresentar o agrupamento das classes. O módulo é o subconjunto coerente de um sistema que contém um grupo fortemente agrupado de classes e seus relacionamentos. Um módulo é uma construção lógica para agrupar classes, associações e generalização. Nomes de classes e de associações devem ser únicos dentro de um módulo, mas a mesma classe pode ser referenciada em diferentes módulos. E as folhas são mecanismos para subdividir um grande modelo de objetos em uma série de páginas. Cada módulo é composto de uma ou mais folhas, e cada associação e generalização aparece em uma só folha, enquanto as classes podem aparecer em múltiplas folhas.

5.10.6 Modelagem Baseada em Conhecimentos

A modelagem baseada em conhecimentos permite incluir facilidades da área de inteligência artificial, como o armazenamento de regras que permitem inferir fatos sobre os dados (STRAUCH e MATTOSO, 1994).

A direção que está sendo propagada para o gerenciamento de banco de dados de conhecimento envolve a representação dos fatos expressos em lógica, ou as regras usadas permitem consultas que não podem ser formuladas em linguagem de consulta de banco de dados-padrão.

Um sistema especialista procura simular o raciocínio em algum domínio de conhecimento. Pelo armazenamento no banco de dados, aplica regras de banco de dados de conhecimento. As regras são formuladas em lógica e expressas tipicamente na forma de predicado “se-então”. Por exemplo, “Se a conta for conta corrente e o saldo for maior que \$1.000, então pagará 5% de juros” (KORTH e SILBERSCHATZ, 1989).

Aplicações de SIG de Sistema de Sensoriamento Remoto dispõem de poderoso ambiente de entrada de dados, armazenamento, recuperação, análise e exibição de dados espaciais. Para esses sistemas, a capacidade de inferência, modelagem e análise é rudimentar e limitada. Eles são essencialmente ricos em dados, mas pobres em teoria. Falta inteligência para resolver problemas complexos de decisão espacial (LEUNG, 1997).

Complementa o autor que, em pesquisa geográfica, acumulou-se, durante anos, uma riqueza de conhecimento processual que não foi utilizada efetivamente para a análise em sistema de informação espacial, em que o conhecimento é efetivamente representado pelo raciocínio e experiências humanas, satisfatórias para inferência com conceitos, idéias e valores. Quando usado inteligentemente, esses sistemas podem também ser empregado para desenvolver comunicação inteligente como bancos de dados e sua utilização por especialista ou não especialista.

Cabe frisar também que, nesse espaço de tecnologia artificial, as redes neurais processam informações que se inspiram no funcionamento do cérebro humano. Ao alimentar uma rede com direção prévia, pode ser empregado o conhecimento lógico em cadeias.

Segundo ARANHA (1999), a rede Kohonen, trabalha através de estímulos gerados pelo objeto, e cada elemento novo que entra no sistema tem sua apresentação prévia. O processador da rede é treinado e capta objetos parecidos. Objetos semelhantes vão sendo posicionados próximos entre si, formando um gradiente de características. Isso resulta num processo de fácil entrada de dados em um sistema.

A pesquisa atual nas áreas de banco de dados lógicos, sistemas especialistas e inteligência artificial está buscando endereçar atenções às pesquisas de gerenciamento dos bancos de dados de conhecimento (KORTH e SILBERSCHATZ, 1989).

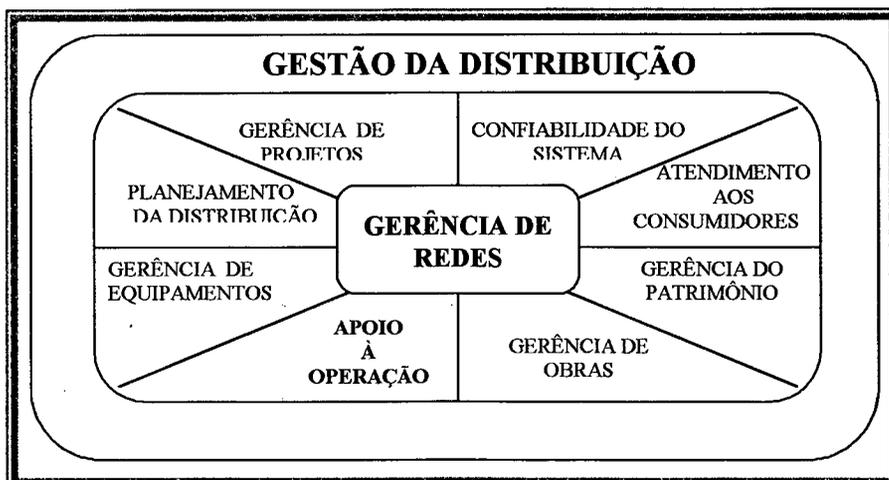
5.8. Redes

Em geoprocessamento, o conceito de rede significa informações associadas a serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone; redes relativas a bacias hidrográficas; e rodovias. Cada elemento geográfico possui uma localização geográfica exata associada a características que o descrevem, formando um banco de dados (CÂMARA et al., 1996).

Os elementos de redes são armazenados em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó, onde o sentido de fluxo é tratado como característica dos arcos, e as fontes, sorvedouros ou impedância (custo percorrido) como característica dos nós, constituindo, dessa forma, um grafo que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas.

As principais operações disponíveis nos sistemas comerciais SIG de rede são cálculos de caminho ótimo e caminho crítico, insuficientes para a realização da maioria das aplicações, visto que aplicação de rede tem características próprias e com alta dependência cultural. Vários algoritmos de cálculo de propriedade da rede podem ser resolvidos apenas considerando a topologia da rede e de seus atributos (CÂMARA et al., 1999).

O propósito do sistema de informações geográficas no setor elétrico para a Gestão da Distribuição prevê o gerenciamento de todos os bens de propriedades da empresa, incluindo as redes de distribuição com todos seus elementos, almoxarifados e seus consumidores, conjugando recursos de automação de mapas e possibilitando o suprimento de informações e aplicações em diversas áreas da empresa. CASTEGNARI e MENEZES (1993) descrevem graficamente a abrangência de um sistema de gestão, conforme a figura 16.



Fonte: CASTEGNARI e MENEZES (1993).

Figura 16 – Abrangência do sistema de gestão da distribuição.

DIÉGUES, SILVEIRA e CUNHA (1995) descrevem as divergências nos processos utilizados pelas áreas de operação e planejamento/engenharia, que, conforme as diferenças, relacionam os requisitos dos dados:

- a) a gerência de operações e seus operadores tipicamente necessitam de sistemas de informações que disponibilizem:
 - monitoramento de redes ou tubulações e suas condições em tempo real;
 - proteção, controle, chaveamento e transferência de operação remota;
 - restauração rápida de saídas;
 - esquemáticos, simplificados da rede; e
 - coordenação, manutenção/construção.
- b) os departamentos de planejamento/engenharia estão interessados em sistemas que realmente irão lhes facilitar:
 - o fornecimento do ciclo de vida dos diversos itens de planta;
 - simulação e planejamento da rede/tubulação;
 - qualidade contínua, manutenção da precisão; e
 - captura, manutenção e análise detalhada dos dados geográficos e não geográficos de cada item da planta.

Num mercado competitivo e ameaçador, com novas formas de atuação para minimizar as indevidas interrupções de energia e agilizar intervenções de melhorias na rede, a tecnologia SIG desaponta como sistema eficiente e capaz de conjugar as tarefas de:

- visualização do problema no instante em que ocorre;
- visualização dinâmica de carga; e
- sistemas especialistas de manobras em redes de distribuição (*tracing*), entre outras.

PISTORESE (1992) descreve aplicações em SIG de pequena escala para tratar o gerenciamento das ocorrências no sistema elétrico. Utilizou uma base cartográfica e adicionou as redes de transmissão e distribuição primária para visualizar e responder à interrupção de consumidores. Os dados são abastecidos através da avaliação de entradas de chamadas para o sistema elétrico de distribuição. Conforme chegam as chamadas telefônicas, o SIG as representa

como “constelações” de interrupções relacionadas geograficamente. O pessoal do Centro de Serviço (COD) pode, então, combinar essas constelações dentro de “incidências” para despacho de turmas. À medida que os telefonemas dos consumidores entram, elas aparecem como pontos no vídeo do gerenciamento de ocorrências, criando um “mapa apontador” eletrônico.

Neste capítulo foram abordados temas como a Cartografia, Cadastro Técnico, os Sistemas Geográficos e a Estrutura de Dados Espaciais, que serão usados como base para o desenvolvimento dos capítulos seguintes, abrangendo os aspectos necessários ao desenvolvimento do protótipo. O capítulo discute, ainda o geoprocessamento em aplicações de rede

6 MATERIAIS UTILIZADOS E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

6.1 Materiais Utilizados

Para o desenvolvimento do protótipo foi indispensável utilizar vários materiais, para que fosse possível implementar a proposta:

- a) base cartográfica digital – arquivos em software MicroStation compondo a base cartográfica foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de São José – Santa Catarina;
- b) hardware – equipamento com configuração necessária para se processarem dados;
- c) softwares:

- 1) CAD (Computer Aided Design) – projeto auxiliado por computador. MicroStation® versão 5.5;
- 2) Gerenciadores de banco de dados – envolvidos principalmente nas partes repetitivas e trabalhosas, imprescindíveis na otimização de tarefas de seleção e/ou agregações de informações e/ou estatísticas.

Access® – Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR) que armazena (em forma de tabelas) informações sobre as relações existentes entre os diferentes dados, possibilitando também a recuperação e organização de dados de acordo com o assunto.

- 3) Sistema de Informação Geográfica (SIG) – permite automatizar tarefas repetitivas e embutir procedimentos de cálculos de engenharia.

GeoMedia Professional® versão 2.0 – ferramenta para visualização e análise de informações geográficas. Permite uma integração de dados de múltiplas fontes e múltiplos formatos com projeções de mapa diferentes. Dentro de um mesmo ambiente, realiza sofisticadas consultas e análises espaciais, produzindo rapidamente mapas complexos. Proporciona o gerenciamento dos dados gráficos em ambiente relacional, levando à individualização geométrica de cada feição.

Também é uma plataforma de desenvolvimento em que podem ser construídas aplicações customizadas com ferramentas de Windows como Microsoft® Basic® Visual e C++® Visual.

GeoWorkspace – arquivo pelo qual se visualizam dados geográficos. Também pode inserir, exibir e manipular os dados em diversos formatos.

Warehouse – fonte de dados geográficos (banco de dados), para a *GeoWorkspace* acessar dados através de conexões a uma ou mais *Warehouses*. Esta conexão usa o *data server* para acessar dados. Os seguintes *data server* têm acesso com o GeoMedia Professional: Access, ARC/INFO, FRAMME, MGE, MGESM e Oracle (SDO).

CAD Server Setup Utility® – software agregado ao GeoMedia Professional, utilizado para conversão de dados do CAD para o SIG.

Symbol File também é agregado a GeoMedia Professional, empregado para converter símbolos de bibliotecas desenvolvidos em sistemas CAD (MicroStation e AUTOCAD), para fazer parte de uma biblioteca própria para aplicação em GeoMedia Professional.

- 4) Editor de texto, apresentação de slide, linguagem de programação – Visual Basic;
- d) plotter e impressora colorida; e
- e) diagrama unifilar.

6.2 Base Cartográfica

A base cartográfica para o desenvolvimento do protótipo utilizada nesta dissertação é consequência do convênio entre a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e a Prefeitura Municipal de São José (Santa Catarina). Esse convênio permitiu que a UFSC utilizasse o material referente ao levantamento aerofotogramétrico e mapeamento em meio digital do município de São José em estudos como dissertações e teses, referentes a diversos temas de interesse do convênio, entre os quais os que tratam do setor elétrico, tema proposto nesta dissertação.

A base cartográfica proveniente do levantamento aerofotogramétrico do Município de São José – SC compreende as seguintes características (SÃO JOSÉ, 1996):

- fotografias em papel no formato 23 cm x 23 cm, na escala 1:8.000, obtidas em julho de 1995, com restituição na escala 1:2.000;
- amarrações planimétricas nos vértices Biguaçu e Kugat da Rede de Triangulação de 1ª Ordem do IBGE e amarrações altimétricas nas referências de nível 2063-V, 2005-A, 2007-B, 2063-T e 5-N do IBGE;
- para a determinação de coordenadas dos pontos, foi adotada a metodologia de posicionamento geodésico por satélite do Sistema Navstar – GPS, com rastreamento simultâneo de diversos pontos;
- transformações de sistemas geodésicos (WGS-84 para SAD - 69);
- curva de nível, equidistância de 1 m; e
- sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator).

É importante frisar que a qualidade da cobertura aerofotogramétrica visando à cartografia não será abordada nesta dissertação.

6.3 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no município de São José, Santa Catarina, e é parte da microrregião da Grande Florianópolis. Localiza-se a 27°36'22"S de latitude e 48°37'46"W de longitude, com 2 m de altitude e área de 116 km². Limita-se a Leste com Florianópolis, a Oeste com o município de São Pedro de Alcântara, ao Norte com os municípios de Biguaçu e Antônio Carlos e ao Sul com os municípios de Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz.

Os principais acidentes geográficos são os rios Maruim, do Matias, das Forquilhas ou Caldas do Norte, Bonito e Rocinha. O relevo é formado por planície costeira e, principalmente, pela Serra do Leste Catarinense. O embasamento cristalino formado por granito cobre praticamente todo o município, deixando pequenas coberturas, gnaisses e migmatitos, e também sedimentar quartenária. O solo está dividido entre o Cambissolo Bruno Húmico, Cambissolo Bruno, Cambisol e Cambissolo Húmico e Podzólico Vermelho-Amarelo. Os principais sistemas

viários que abrangem parte do município são: BR-101, SC-282 e SC-407. O município também é atendido por um aeroporto, mas seu acesso encontra-se ainda sem pavimentação (Atlas SC, 1991).

São José é o sexto município catarinense em população. O Senso do IBGE 1980 indicou 89.937 habitantes. Hoje tem em torno de 160 mil habitantes. Observou-se maior crescimento a partir de 1978, com a implantação dos conjuntos habitacionais e o grande parcelamento do solo, onde apareceram vários loteamentos, destacando-se Kobrasol, Campinas e Barreiros. Nos últimos anos, o setor de serviços se expandiu, ao mesmo tempo em que o parque industrial se consolidou.

Sua estrutura econômica está cada vez mais diversificada e vem se fortalecendo, baseada na indústria, na criação de frangos e suínos, e no comércio, totalizando 3.500 estabelecimentos comerciais e 1.800 empresas prestadoras de serviços.

O pólo industrial de São José teve área própria definida em 1974, localizada na Fazenda Santo Antônio, às margens da BR-101. Também se encontram indústrias espalhadas na área urbana, totalizando 2.300, o que tem provocado o acentuado desenvolvimento do comércio nas últimas duas décadas, destacando-se a revenda de automóveis e máquinas pesadas.

Possui características climáticas bem acentuadas dentro do clima úmido, com precipitações e temperatura médias anuais de 137,89 mm e 20,59° C, respectivamente (EPAGRI – CLIMERH, março de 1998).

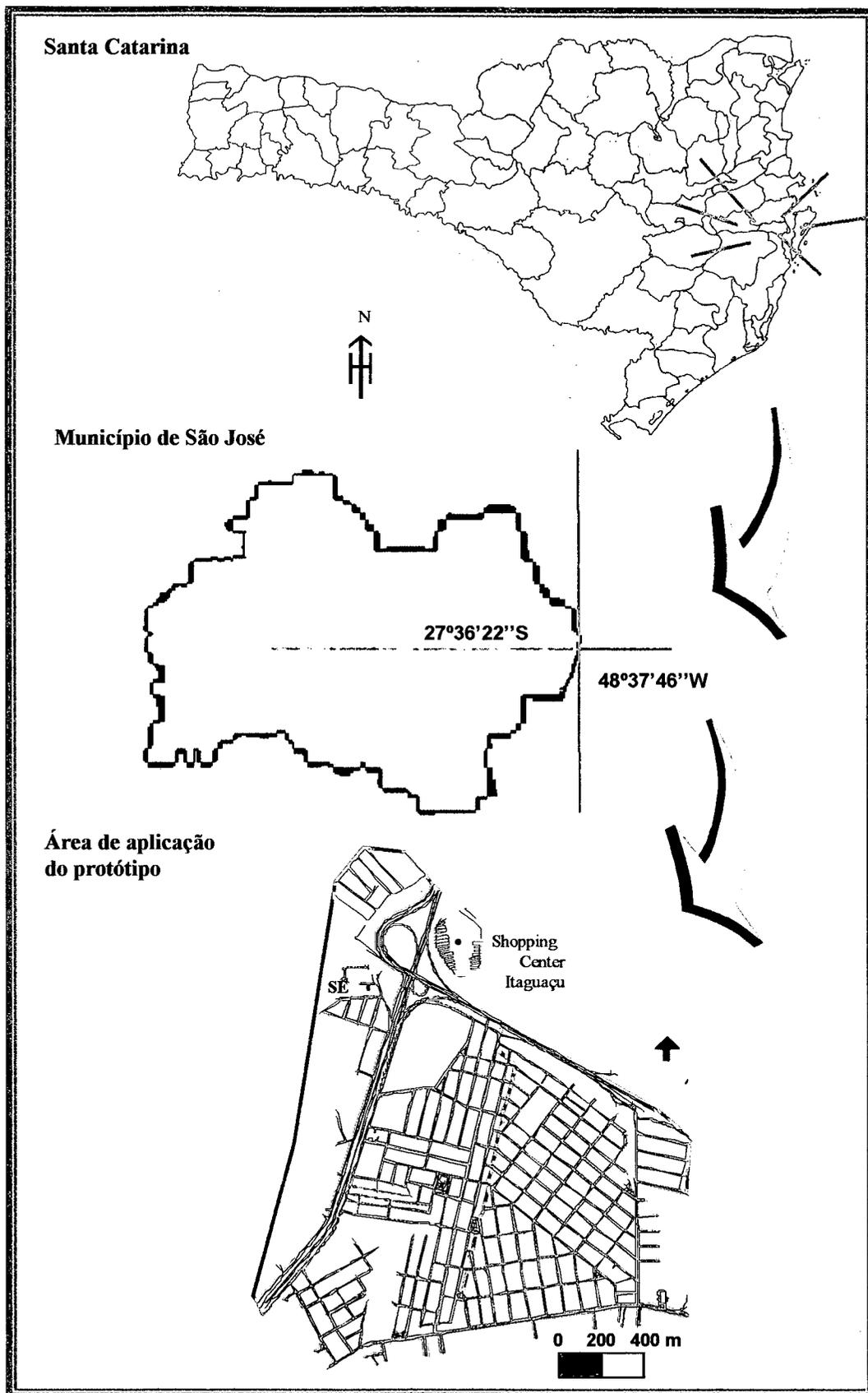


Figura 17 – Descrição da área de estudo.

7 METODOLOGIA

Este tópico descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento do protótipo de um SIG voltado para Operação da Distribuição de Energia Elétrica. Na verdade, este tópico está diluído nos demais porque dá direção à condução no processo, desde a organização da estrutura até a fase de integração e análise.

Qualquer desenvolvimento de SIG deve assegurar a definição de seus objetivos e a estruturação de seu desenvolvimento.

Para garantir os objetivos questiona-se:

- Qual o problema?
- Como solucionar o problema utilizando-se a metodologia SIG?
- Qual a expectativa em relação ao produto final?
- Quem será o usuário final?

O problema está em definir os elementos espaciais e não espaciais essenciais e suas interações para compor uma base de dados e a rede primária de distribuição de energia elétrica, com o propósito de ser utilizado na operação como um módulo exclusivo, essencialmente para as necessidades da operação em termos de ferramentas a serem utilizadas pelos COD para aplicações de despacho às ocorrências (interrupções) e nas intervenções de energia elétrica.

Para assegurar a estruturação de um SIG, destacam-se importantes etapas e sua rígida seqüência: (i) levantamento das necessidades; (ii) modelo lógico; (iii) definição de software e hardware; (iv) montagem da base cartográfica digital; (v) estruturação/montagem do banco de dados; e (vi) carregamento do sistema.

Haja vista que a estruturação da informação está condicionada a vários fatores, destaca-se como principal o conjunto de definições fundamentais na montagem da base cartográfica digital estruturada para SIG.

Para facilitar sua descrição e visando a uma melhor compreensão, decidiu-se por incluir algumas discussões embutidas em certas atividades de algumas das etapas da metodologia, por serem inerentes ao processo.

O organograma a seguir apresenta as principais etapas no processo de desenvolvimento deste projeto.

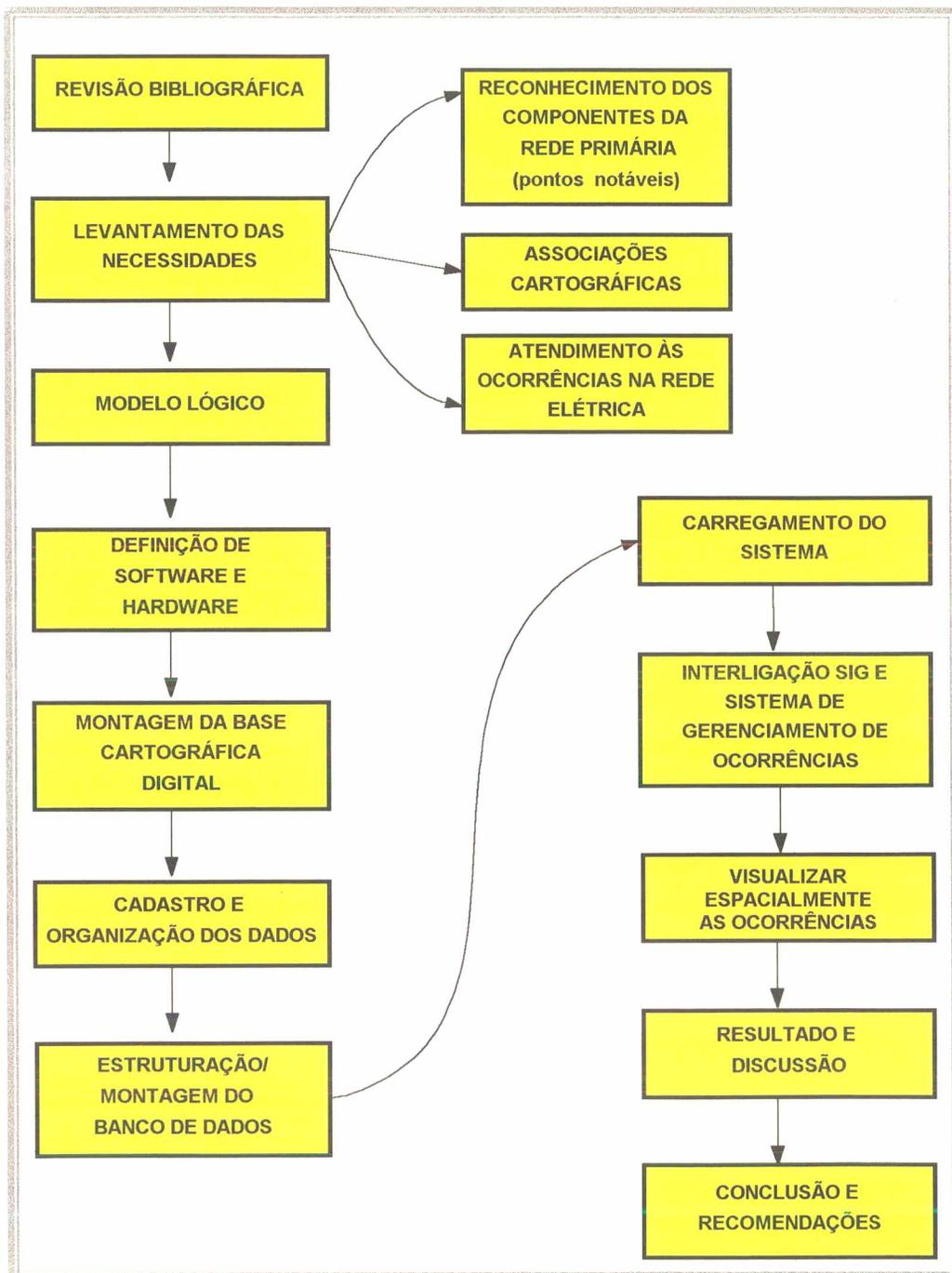


Figura 18 – Descrição da metodologia empregada.

7.1 Levantamento das Necessidades

O prognóstico foi elaborado mediante verificação das ferramentas e aplicações utilizadas nos COD para o atendimento das ocorrências (interrupções) no sistema elétrico. As ocorrências podem ser intempestivas (acidentais) ou programadas (manutenção ou melhorias).

Observou-se que os atendimentos às ocorrências em certas situações envolvem complexo conjunto de operações por parte do despacho, em que qualquer operação não desejada poderá provocar anomalias no sistema, chegando até a haver risco de vida.

É importante ressaltar que a maioria das concessionárias nacionais, os Centros de Operação da Distribuição, fornece aos despachantes os diagramas unifilares, painel sinóptico estático e sistemas alfanuméricos de gerenciamento das ocorrências. Nem todas as concessionárias utilizam o gerenciamento das ocorrências como ferramenta informatizada.

Dentro desse contexto, foram realizados levantamentos básicos e descritivos dessas ferramentas fornecidas pela Celesc, concessionária de energia elétrica de Santa Catarina, para determinar os parâmetros de fundamental importância na realização desta pesquisa, adicionando soluções de geoprocessamento para serem utilizadas como ferramenta de gerência, orientando as decisões relativas à operação do sistema de energia elétrica.

Para caracterizar a aquisição de dados direcionando a aplicação do geoprocessamento foram definidos os itens a seguir.

7.1.1 Reconhecimento dos Componentes da Rede Primária (pontos notáveis)

Do aspecto da operação, pode-se citar como componentes da rede primária os equipamentos de proteção, manobra, regulação e/ou correção, condutores e componentes do trecho, e os transformadores, que representam os pontos notáveis que compõem os circuitos primários de distribuição. Foram reconhecidos individualmente como:

- subestação;
- religador ou disjuntor da saída da subestação;

- alimentador;
- banco capacitores;
- banco regulador de tensão;
- chave tripolar, com e sem corte visível;
- chave fusível religadora;
- chave faca unipolar, abertura sem e com carga;
- chave fusível de ramal particular;
- chave fusível de ramal;
- chave fusível de transformador;
- chave fusível, abertura com e sem carga;
- condutor aéreo;
- tipo de condutor, bitola;
- indicador de falha;
- religador de rede;
- seccionalizador;
- transformador, concessionária e particulares;
- transformador de potência (transmissão); e
- postes aonde chegam mais de dois trechos de cabo.

7.1.2 Associações Cartográficas

De forma semelhante aos procedimentos utilizados anteriormente, as necessidades cartográficas foram discriminadas de maneira a possibilitar a associação dos elementos do diagrama unifilar a uma base cartográfica, como:

- sistema viário;
- toponímia de logradouros;

- consumidores, Razão Social e atividades;
- limites: concessão, município, bairro e regiões; e
- distância entre equipamentos e ramais, dada em metros.

7.1.3 Gerenciamento das Ocorrências no Sistema Elétrico

O gerenciamento das ocorrências do sistema elétrico de distribuição, informatizado ou não, é uma obrigatoriedade determinada pelo órgão fiscalizador ANEEL (que substituiu o antigo DNAEE), para que as concessionárias nacionais supervisionem, controlem, informem e disponibilizem informações para o planejamento das intervenções na rede elétrica, visando minimizá-las, como também informar consumidores antes, durante e depois das interrupções.

Esses sistemas, quando informatizados (alfanuméricos), indicam em forma de texto o endereço elétrico (transformador) responsável pela alimentação. Como necessidades básicas para o gerenciamento das ocorrências desses sistemas, conferiram-se os seguintes itens:

- . endereço dos equipamentos;
- . nome do cliente, telefone ou número do medidor (dependendo do sistema); e
- . consumidores com prioridade de atendimento (hospitais, padarias e outros), nome do consumidor, Razão Social, atividade, turno de funcionamento, se trabalha aos sábados, domingos e feriados, fax, telex, correio eletrônico, telefone, até mesmo se possui geração própria.

7.2 Modelo Lógico

O propósito de um modelo de dados é abstrair do mundo real as informações necessárias para que se possa através delas desenvolver aplicativos cujas finalidades, em última análise, deverão estar em acordo com os objetivos do usuário ou organização. Segundo RUMBAUGH et al. (1994), a abstração permite aos seres humanos visualizar e registrar o mundo real com vários graus de detalhes, dependendo do contexto corrente do problema.

No tratamento de modelagem de dados para construção de mapas, o conhecimento prévio do objeto de pesquisa também é necessário, visto que no mundo real observam-se os elementos individualmente e as relações entre eles. Na modelagem de redes, também observam-se a individualidade dos elementos, que são descritos como entidades e suas relações numa organização lógica dos dados.

Do ponto de vista de um SIG, a modelagem de dados, além de considerar os elementos sobre os quais vai trabalhar, sejam eles objetos ou entidades, tem ainda a preocupação de definir sua representação, considerando as finalidades da aplicação. Segundo DAVIS (1999b), aplicações distintas podem ter necessidades da mesma informação, porém com representações diferentes. Como exemplo, em uma aplicação, uma cidade seria representada por um polígono, enquanto outra seria apenas por um ponto.

De forma análoga, pode-se ter elementos em uma aplicação que necessariamente não precisam estar presentes em outra aplicação, visto que os objetivos são diferentes. Ou seja, pode-se partir de uma representação detalhada e chegar a uma representação simplificada sem a alteração na modelagem de dados, apenas introduzindo algumas regras de redução de elementos a serem representadas.

É importante que tais regras sejam bem claras e evitem ambigüidades, sendo o ideal que elas fossem implementadas como programas, evitando a intervenção humana, passível de erros quando se trata de um volume considerável de informações.

Partindo-se do princípio da existência de um modelo de dados desenvolvido para a Gestão da Distribuição (corporativo) cujas informações gráficas e não gráficas encontram-se disponíveis, buscou-se o recurso da redução controlada de dados espaciais para o desenvolvimento de uma aplicação para a operação. Isso possibilita o desenvolvimento de um aplicativo mais leve e ágil, de acordo com as necessidades dos usuários.

Num nível de abstração mais alto, pode-se considerar o modelo da operação como um **subconjunto do modelo da Gestão**.

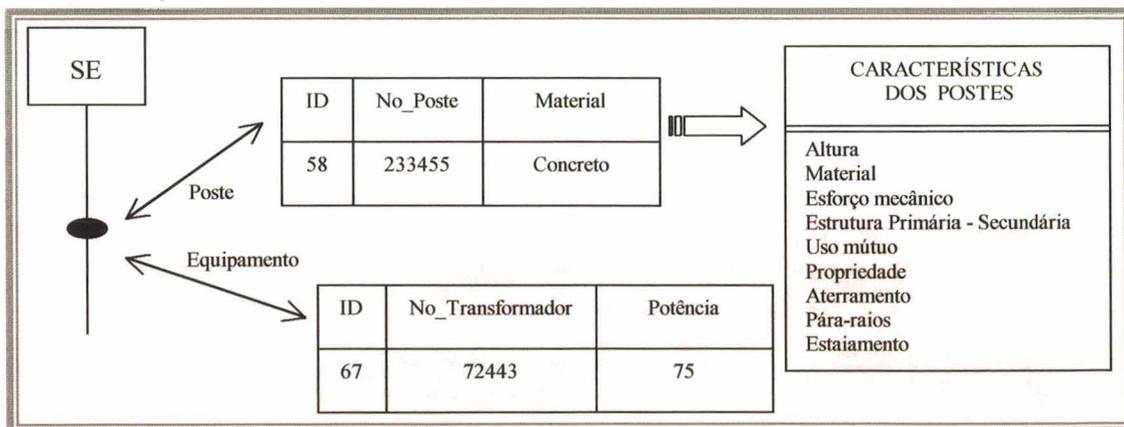
A proposta de redução tanto na representação quanto na quantidade de atributos pode ser aceita como um ajuste na transposição de dados de uma base para a outra.

▪ **Primeira alteração – redução de postes**

Gestão – na concepção do Sistema de Distribuição aéreo, os equipamentos estão

suspensos por postes, de forma que na mesma posição geográfica se encontram dois objetos: um poste e um equipamento. Vale lembrar que nesse sistema a feição poste é a que mais se apresenta e a que tem maior número de atributos.

Demonstração



Fonte: Adaptada de CÂMARA, (1996).

Figura 19 – Representação dos postes e transformadores num sistema de gestão.

Operação – para o módulo operação seriam mantidos somente os postes considerados relevantes (do ponto de vista topológico, um arco sempre está conectado a dois nós), ou seja, aqueles aonde chega mais de um trecho de cabo.

A partir da eliminação de postes irrelevantes, é necessário o armazenamento do comprimento real do trecho como atributo do condutor da rede primária, para que, posteriormente, os trechos sejam fundidos em um só. Isso é necessário porque a esquematização modifica o comprimento real do trecho.

Demonstração

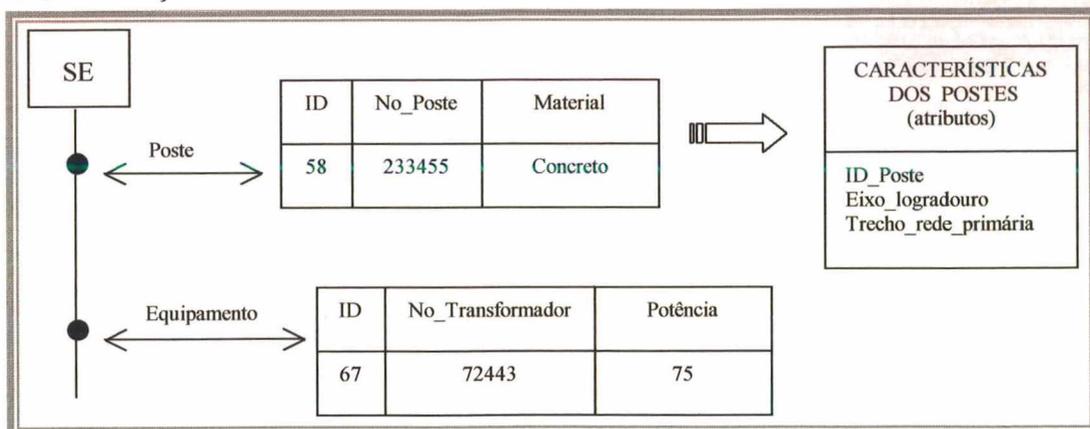


Figura 20 - Representação dos postes e transformadores para operação.

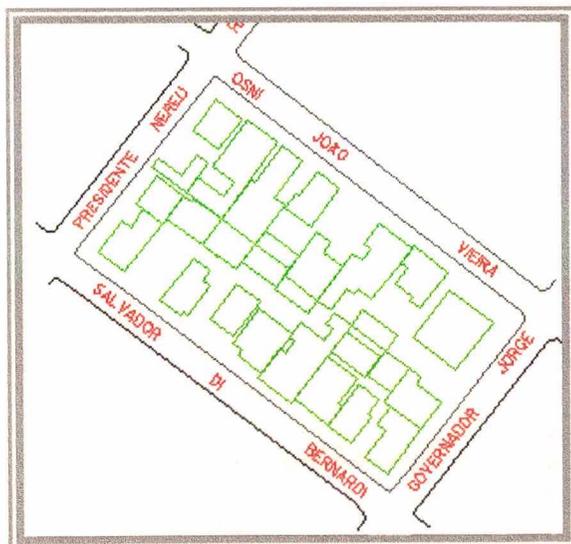
▪ **Segunda alteração – eliminação da feição edificações**

Gestão – de maneira geral, as edificações são representadas por uma poligonal fechada, com contornos idênticos ao da edificação correspondente. Nas concessionárias, em busca de menor custo e agilidade de atualização, tais polígonos estão sendo substituídos por símbolos e identificados como ponto elétrico.

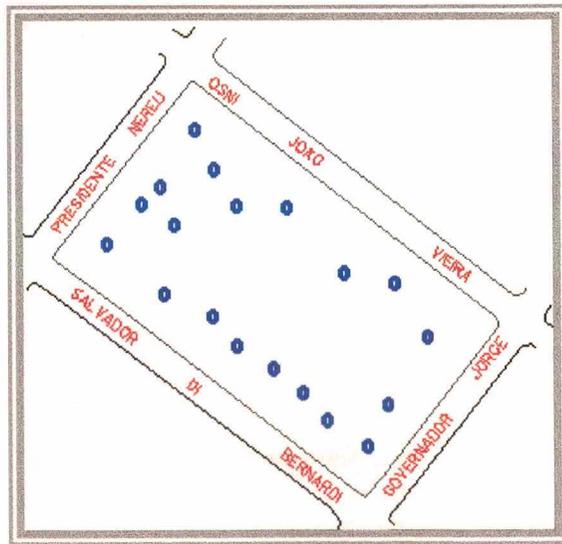
A representação geométrica das edificações depende de como a concessionária deseja definir. Geralmente, são determinadas pelo ponto no interior da área ou pelo ponto elétrico de conectividade do ramal de ligação.

A feição espacial edificação/ponto elétrico é associada à feição texto/cliente, permitindo a localização precisa quando consultado pelo nome do cliente.

Demonstração



a) Representação por polígono – edificação.



b) Representação por ponto – ponto elétrico.

Características do Ponto_Elétrico
Nome
Ponto elétrico da derivação
Número do medidor
Fases de ligação

c) Atributos do Ponto_Elétrico.

Figura 21 – Representações de edificações e pontos elétricos.

Operação – a feição espacial edificação e/ou ponto elétrico não será representada nesse módulo. A localização de um cliente se dará por associação entre as feições texto/cliente e transformador. Nas situações onde o transformador é de uso comum (atende a dois ou mais clientes), pode ocorrer de o cliente estar numa rua e o transformador em outra. Para esses casos, a localização do cliente ou transformador será aproximada.

Para transformador de uso exclusivo (atendimento particular), sua localização é precisa como também o nome do cliente é apresentado por meio de um rótulo.

Demonstração

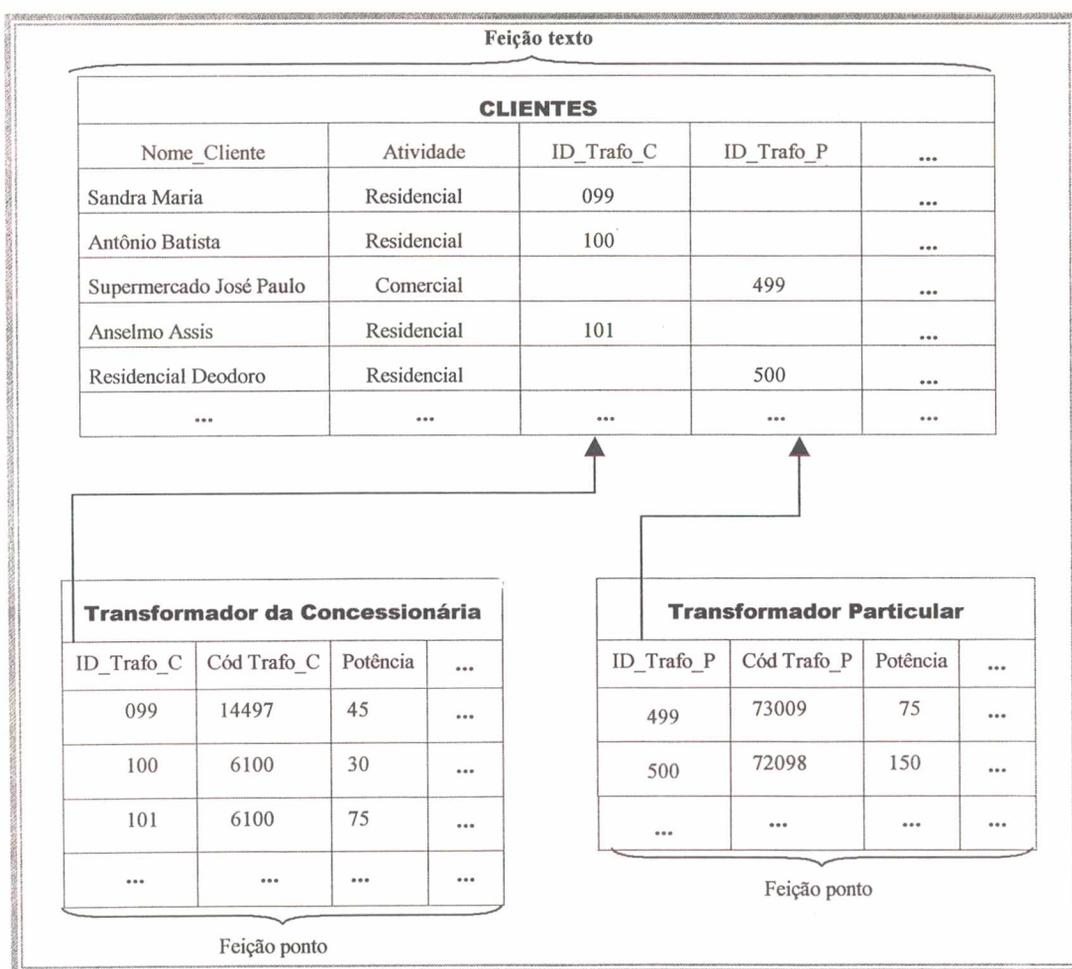


Figura 22 – Feição texto/cliente associada à feição ponto/transformador.

- **Terceira alteração – tratamento da feição texto**

Gestão – necessita da feição texto do nome e endereço do cliente.

Operação – necessita da feição texto do nome e endereço do cliente, incluindo as características número do medidor e fases de ligação, presentes na feição de edificação e/ou ponto elétrico no Sistema de Gestão.

Demonstração

CLIENTES				
Nome_Cliente	Atividade	ID_Trafo_C	ID_Trafo_P	...
Sandra Maria	Residencial	099		...
Antônio Batista	Residencial	100		...
Supermercado José Paulo	Comercial		499	...
Anselmo Assis	Residencial	101		...
Residencial Deodoro	Residencial		500	...
...

Ponto_Elétrico
ID_Nome
Ponto elétrico da derivação
Número do medidor
Fases de ligação

Cliente
Nome
Atividade
Transformador
Número do medidor
Fases de ligação

Figura 23 – Feição texto/cliente associada à feição ponto/ponto_ elétrico.

O modelo lógico proposto, baseado em entidades e relacionamento, tem representação gráfica simples e boa aceitação junto aos usuários.

O mundo real é visto como composto de entidades distinguíveis pelas suas características (atributos), que se relacionam entre si (relacionamentos). É possível incluir alguns critérios de cardinalidade, porém, quando desce aos níveis de abstração, outros pontos deverão ser detalhados, como restrições de integridade e regras complementares.

Para o objetivo deste trabalho e por ser um modelo bastante “macro”, o trabalho independe do perfil da empresa de energia elétrica e topologia de sua rede. Entretanto, é importante salientar que a modelagem para o setor elétrico é bem mais complexa e abrangente.

A estrutura lógica do modelo de dados pode ser expressa graficamente por um diagrama Entidade Relacionamento, conforme figura abaixo.

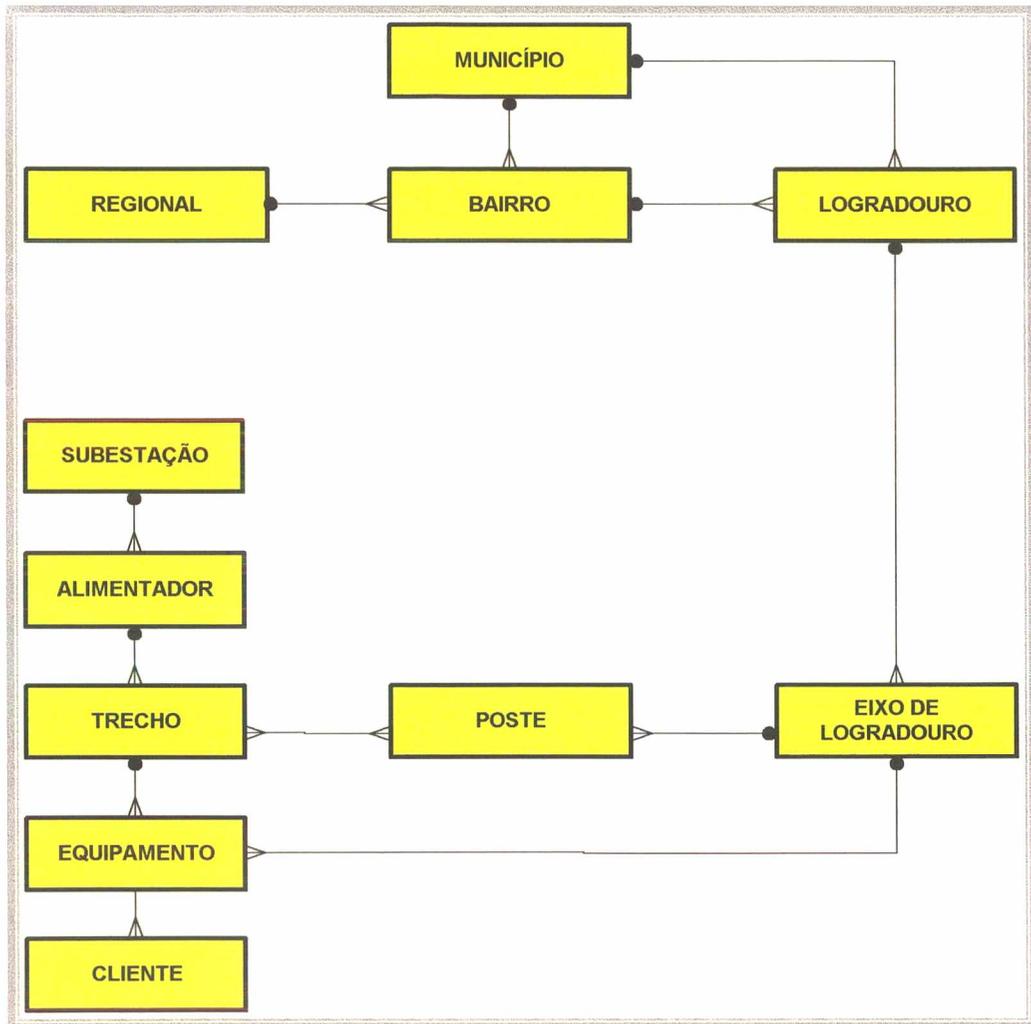


Figura 24 – Modelagem de dados empregada.

7.3 Definição de Software SIG

Conforme CÂMARA et al. (1999), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- 1) como ferramenta para produção de mapas;
- 2) como suporte para análise de fenômenos; e
- 3) como um banco de dados geográficos, com função de armazenamento e recuperação de informação espacial.

A diversidade dos SIG tem como resultado a evolução de cada produto inicialmente projetado e desenvolvido para aplicar a um fim determinado. Esses diferentes caminhos divergem na arquitetura e/ou estrutura interna, como forma de representar, organizar e armazenar as informações.

Segundo CÂMARA et al. (1999), a arquitetura interna indica pontos fortes ou fracos quanto à capacidade de gerenciamento de grandes bases de dados, de integração simultânea por múltiplos usuários e integração com outros sistemas, como também em desempenho, que pode afetar os aspectos de eficiência, segurança, consistência de dados e de integração com outros softwares.

Na forma de representação, consideram-se as estruturas vetorial e matricial (raster). Na matricial os elementos são representados numa quadrícula regularmente ordenada, e cada célula refere-se a um atributo. E na vetorial os elementos são representados pelas formas geométricas básicas: ponto, linha e polígono.

A forma de armazenamento é atribuída ao sistema de gerenciador de banco de dados, como estruturação e organização dos dados para o encadeamento de atributos e geometria dos elementos gráficos. O que é visto nos atuais gerenciadores de dados gráficos de ambiente relacional é que os elementos gráficos mantêm a geometria e seus atributos não gráficos guardados em um banco de dados.

Os principais SIG existentes no mercado encontram-se divididos em módulos por funções, comercializadas separadamente como: módulo de edição gráfica, topologia, processamento de redes, modelagem de terreno, acabamento final para impressão, gerenciamento de imagens, entre outros.

A estrutura proprietária de cada SIG dificulta a comunicação entre os SIG, porque cada um utiliza conjuntos diferentes de conceitos, gerando grandes confusões semânticas como também de terminologia (Davis, 1999c).

Esta independência proprietária entre SIG está sendo solucionada pelo OGC (Open GIS Consortium) criado em 1994 por associações de representantes dos desenvolvedores de software, das universidades e dos

diversos níveis de governo, provenientes de diversos países, especialmente os Estados Unidos e a Europa. O consórcio está sendo elaborado num padrão denominado OGIS (Open Geodata Interoperability Specification), que é uma especificação abrangente da arquitetura de software para acesso distribuído a dados geoespaciais e a recursos de geoprocessamento em geral. (CÂMARA et al. 1999).

A idéia principal do Open GIS é estabelecer um padrão comum para transferências de dados geográficos entre aplicações distintas de SIG, facilitando o intercâmbio de dados geográficos. Conforme AGUIAR e MEDEIROS (1996), usuários diferentes têm percepções do mundo real diferentes, originando modelos de dados distintos para um mesmo problema, fazendo com que aplicações diversas possam não compartilhar do mesmo modelo no desenvolvimento de suas aplicações.

Por se tratar de uma aplicação em rede, modelagem de rede e consulta à base de dados georreferenciada são características essenciais do software. Como o setor elétrico trabalha com grandes áreas por COD e necessita visualizar uma área contínua, abrangendo vários municípios, a forma de armazenamento de dados geográficos contínua é fundamental para esse tipo de aplicação.

Características de importância para a aquisição de software são permitir customização, flexibilidade da modelagem de dados, importação e exportação, recursos de conversão de dados, linguagem de consulta, facilidade de utilização dos recursos de edição, confiabilidade comercial, entre outras.

A aquisição de software, hoje, é uma das áreas onde ocorrem maiores enganos, ou erros. É comum adquirir software apenas com base nas argumentações de seus vendedores, ou sem suporte externo, analisar software somente em seus aspectos “de tela”, superficiais. Na questão de hardware, não se encontra erro drástico, mas é uma área de difícil especificação *a priori*. É muito difícil prever o desempenho de software SIG sob condições operacionais futuras. (SILVA e QUITANILHA, 1993).

Um dos principais fatores de dificuldade apresentado nesta pesquisa para a execução do protótipo foi à dificuldade de aquisição de software SIG. A universidade não dispõe de cópias suficientes para os alunos interessados. Além disso, os fabricantes ou fornecedores de software SIG não têm interesse em fornecê-los mediante a necessidade de instruções de uso, como também de disponibilizar alternativas de esclarecimentos aos usuários (consultoria), já que cada usuário tem aplicações específicas.

7.4 Montagem da Base Cartográfica

Para a gerência de informações geoposicionadas, utiliza-se como pano de fundo uma base cartográfica cuja constituição é a representação gráfica do meio físico num sistema de projeção, considerando todos os aspectos (valor, espaço e tempo), propriedade geométrica (ponto, linha e área) e localização (coordenadas xy) dos elementos de interesse.

A base cartográfica em meio digital utilizada para esta pesquisa é constituída de uma escala 1:2.000, em sistema de referência de projeção UTM, restituída a partir de levantamentos aerofotogramétricos de um vôo escala 1:8.000, de levantamentos planimétricos em nível de lotes com temas como infra-estrutura, geometria das edificações, população, valor venal, cadastro socioeconômico e serviços urbanos.

A composição de uma base cartográfica em escala 1:2.000 apropriada para uma prefeitura é formada por muitos elementos desnecessários para o setor elétrico. A cartografia destinada ao setor elétrico de distribuição requer qualidade e simplicidade de detalhes. Os elementos apresentados abaixo são suficientes na maioria das aplicações em SIG para o setor elétrico distribuidor, mas a definição dos elementos, como também a separação em camadas (*layer*), é de competência da concessionária.

Visando à formação da base cartográfica digital, segue a descrição das camadas utilizadas para aplicação no módulo operação:

- a) limites de quadras – normalmente o setor elétrico utiliza o limite de quadra representado pelo alinhamento predial com o objetivo de deixar visível a apresentação da rede.
- b) sistema viário:
 - ruas, servidões, trilhas, caminhos, pontes, viadutos, túneis, escolas, rampas e canteiros; e
 - rodovias (federais, estaduais e municipais);
- c) eixo de logradouro;
- d) toponímias, nomes de logradouros e edificações; e
- e) a quadrícula ou *grid* - rede de meridianos e paralelos sobre uma carta.

7.5 Cadastro e Organização de Dados

Para a organização dos dados, foi impressa a área da base cartográfica definida para o estudo com os respectivos elementos de interesse, com relevância para as localizações geográficas já definidas dos possíveis equipamentos e componentes da rede elétrica. Também foram impressos os diagramas unifilares (fornecidos pela Celesc) da área de interesse, agilizando assim o cadastro.

A execução do trabalho de campo foi efetivada fazendo-se o reconhecimento *in loco* dos elementos da rede elétrica (pontos notáveis) como também seu posicionamento (localizações geográficas) na base cartográfica. Na oportunidade, foram também conferidos o cadastro dos consumidores e a toponímia de logradouros, efetivando, assim, o cadastro necessário para o desenvolvimento do protótipo.

O levantamento de campo foi executado fazendo-se associações constantes entre material cartográfico X diagrama unifilar X realidade do campo, da seguinte forma:

1. iniciou-se na subestação (SE), que é também o início do alimentador (AL). Entre uma série de alimentadores foram identificados os dois a serem tratados (abrangendo a área de estudo);
2. no campo foram contados os postes sem equipamentos que antecederiam um com equipamento, fazendo-se o mesmo na base cartográfica; e
3. após o reconhecimento de campo e cartografia, identificaram-se o número do equipamento, o logradouro e demais atributos do equipamento e condutor no diagrama unifilar e realidade do campo.

O mesmo procedimento foi utilizado para identificar e reconhecer os demais equipamentos, interligações com outros alimentadores e seus respectivos atributos em todo o trajeto dos alimentadores em estudo.

Os elementos da rede elétrica que compõem os alimentadores de abrangência da área de aplicação do protótipo reconhecidos em campo foram os seguintes:

☞ **Subestação**

- nome; e
- código da subestação

☞ **Circuito Alimentador**

- código da subestação; e
- código do alimentador

☞ **Equipamentos de proteção**

Disjuntor da SE;

código do equipamento proteção SE + AL;

Chave Fusível Religadora

código do equipamento proteção; e
posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF)

Chave Fusível Abertura

código do equipamento proteção; e
dispositivo de abertura com ou sem carga

☞ **Equipamentos de Manobras**

Chave tripolar

código do equipamento proteção;
posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF); e
características: com ou sem corte visível

Chave a Óleo

código do equipamento proteção;
posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF); e
dispositivo de abertura: com ou sem corte visível

Chave Faca Unipolar

código do equipamento proteção;
 posição (normalmente aberta = NA/fechada = NF); e
 dispositivo de abertura: sem ou com carga.

☞ **Equipamentos de Correção****Regulador de Tensão**

código do equipamento proteção

Banco de Capacitores

código do equipamento proteção; e
 capacidade da unidade (kVAr)

Transformadoras de Distribuição

potência nominal (kVA);
 código do equipamento proteção;
 propriedade (própria/particular = Razão Social do consumidor)

☞ **Atributo dos Trechos**

bitola, tipo de condutores e
 cruzamento (com/sem ligação)

☞ **Consumidor**

razão social do consumidor; e
 tipo de consumidor, conforme descrição:

- Governo
- Industrial
- Comercial
- Residencial
- Não residencial
- Atendimento prioritário, como hospitais, clínicas, etc.

☞ Complementos

Postes

ponto geográfico

Fly-tap

identifica a existência (sim/não)

Jumper

identifica a existência (sim/não)

7.6 Símbolos Utilizados

Num SIG, os elementos geográficos para elaboração de um mapa são representados geometricamente por ponto, linha e polígono. As linhas e polígonos são apresentados por cores, texturas e padrões distintos; já os pontos são apresentados por símbolos também distintos por feições.

A inexistência de padronização, em nível nacional, para apresentação dos componentes da rede elétrica de distribuição faz com que as concessionárias utilizem normas e padrões estabelecidos por elas mesmas, conhecidas dos usuários e similares no setor elétrico. Com os avanços dos sistemas automatizados, houve preocupação em padronizá-las, mas as normas continuam individuais por área de concessão.

Como a rede elétrica é formada por muitos componentes, os símbolos a seguir apresentados caracterizam apenas os aplicados no protótipo. A biblioteca de símbolos foi fornecida pela Celesc, porém alguns desses símbolos foram alterados, objetivando uma melhor apresentação, conforme figura.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Subestação
	Transformador de Distribuição da Concessionária
	Transformador de Distribuição Particular
	Poste
	Fly_tap
	Condutor Aéreo (Rede primária de distribuição)
* 	Chave Faca Unipolar com Dispositivo para Abertura em Carga
* 	Chave Fusível de Ramal com Dispositivo para Abertura em Carga
	Mudança de Bitola do Condutor
	Banco de Capacitores

* alterados

Figura 27 – Descrição dos símbolos utilizados no protótipo.

7.7 Montagem do Banco de Dados e Geoprocessamento

O fato de a base cartográfica encontrar-se na concepção de CAD e, em seu contexto, estar disposta em camada (*layer*), com a localização geográfica dos componentes da rede elétrica, facilitou definitivamente o trabalho. Mesmo assim, foi essencial eliminar e adaptar determinados elementos de uso exclusivo do setor elétrico, conforme descrito na montagem da base cartográfica.

No processo de cadastro, foram realizadas identificações como nomes dos clientes/consumidores, suas atividades, tipo de atendimento, toponímia de logradouros como

também os componentes da rede.

Após a conclusão do trabalho de campo foi elaborado em CAD o desenho propriamente dito da rede. Foram utilizados símbolos, conforme a biblioteca descrita anteriormente.

Tendo em vista que o software SIG utilizado mantém consigo ferramentas similares a um CAD, para tratamento dos elementos como rotação, edição, exclusão, junção e outros, não houve necessidade de definir os símbolos oficiais no sistema CAD, mas definir qualquer ponto, até mesmo os que já faziam parte da cartografia.

Esses componentes poderiam ser desenhados de duas maneiras: (i) cada tipo de equipamento disposto em uma camada (*layer*); ou (ii) uma camada acomodaria vários equipamentos de uma mesma característica. No entanto, primeiro foi analisado o software conversor, verificada a forma que tratava os elementos geográficos e quais informações seriam necessárias. Optou-se pela utilização de uma única camada, visto que o software de conversão permitia tratar características individuais.

A seguir, executou-se a conversão dos elementos que se encontravam em extensão DGN para extensão CSD, da forma que se descreve a seguir.

Preparou-se uma tabela, formada pelos grupos de elementos da base cartográfica e da rede elétrica, descrevendo as características de armazenamento no arquivo gráfico CAD a serem utilizadas pelo conversor, com as seguintes especificações:

a) Características do arquivo gráfico CAD

- geometria (ponto, linha, polígono), combinação ou texto;
- tipo de geometria do elemento no CAD;
- cor, estilo e espessura da linha; e
- número da camada (nível).

b) Arquivo com parâmetros do sistema de projeção utilizado (cada elemento tem seu próprio sistema de coordenadas). São os seguintes os parâmetros definidos para o sistema de coordenadas:

Sistema de Projeção - Universal Transversa de Mercator

- Hemisfério Sul
- Zona 22

- Longitude -51
- Falsa coordenada de x 500.000
- Falsa coordenada de y 10.000.000
- Fator de redução de escala 0,9996
- Geodésico Datum Sul Americano 1969

Referências do elipsóide:

- Semi-eixo maior: $a = 6.378.160$ metros
- Achatamento: $f = 1/298,25$

c) O software SIG a ser utilizado permite trabalhar com múltiplas geometrias por elemento, porém requer definição no momento da conversão. Nesse caso, foi definida uma geometria espacial para cada elemento.

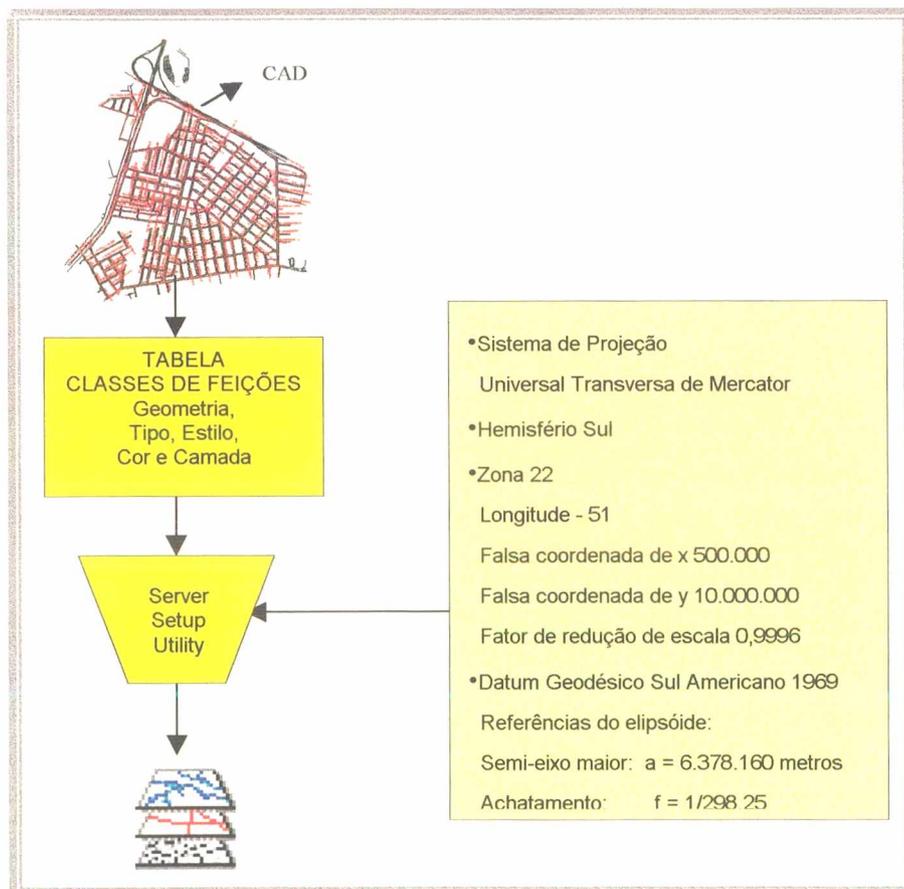


Figura 28 – Organograma de conversão de dados MicroStation para CAD Server Setup Utility.

Uma função individual do software conversor, útil e interessante tratando-se de quadras, é agregar ponto, linha e polígono de uma só vez, levando cada qual conforme definido no CAD, formando uma única camada. No setor elétrico, a geometria das quadras não precisa ser polígono necessariamente. Para a aplicação do protótipo, usou-se a expressão quadra, mas poderia ser limites de logradouros.

A conversão foi executada para cada grupo de elemento e cada grupo gerou um arquivo disponível para ser lido pelo SIG. Assim, concluiu-se a conversão do CAD.

Iniciou-se, dessa forma, o processo de rotinas do software SIG utilizado, conforme a descrição abaixo:

- Foi aberto um arquivo geográfico definindo-o como ambiente de trabalho, e foi determinado o sistema de coordenadas (idêntico ao utilizado no conversor).
- Foi feita a conexão com o banco de dados. Também foi necessário definir o sistema de coordenadas (idêntico ao anterior). Nesse mesmo ambiente, foram armazenados dados geográficos como também dados não geográficos.
- Foi executada uma conexão entre cada elemento convertido e o arquivo geográfico. Até esta etapa, os arquivos convertidos faziam parte da massa de dados, cada qual em seu lugar. Posteriormente, foram importados para o banco de dados e disponibilizados para que fossem visualizados na tela.

Essa situação pode ter maior sucesso quando executada, grupo de elementos por grupo de elementos, como conexão do arquivo convertido do grupo de elementos poste com o arquivo geográfico. A seguir, importa-se para o banco de dados e o disponibiliza na tela, exclui-se a conexão e definem-se os atributos, conforme modelagem dos dados.

É necessário um esclarecimento a respeito da importação dos arquivos com extensão CSD para o banco de dados: como os dados ficam em dois ambientes, um quando forma a conexão e outro quando faz a importação, é importante eliminar a conexão (não interessa mais). Isso diminui o tamanho do arquivo do banco de dados e desagrega o arquivo de conversão, eliminando a repetição de dados.

Então se passou a tratar a expressão elemento por feição, e, na terminologia de SIG, uma feição pode ser entendida como uma entidade ou um elemento com característica pontual, linear ou de área, com atributos próprios (TEIXEIRA e CHRISTOFOLETTI, 1997).

A execução das etapas descritas gerou as classes de feições da base cartográfica e o tema de rede de energia elétrica primária de distribuição, disponíveis para definição dos respectivos atributos.

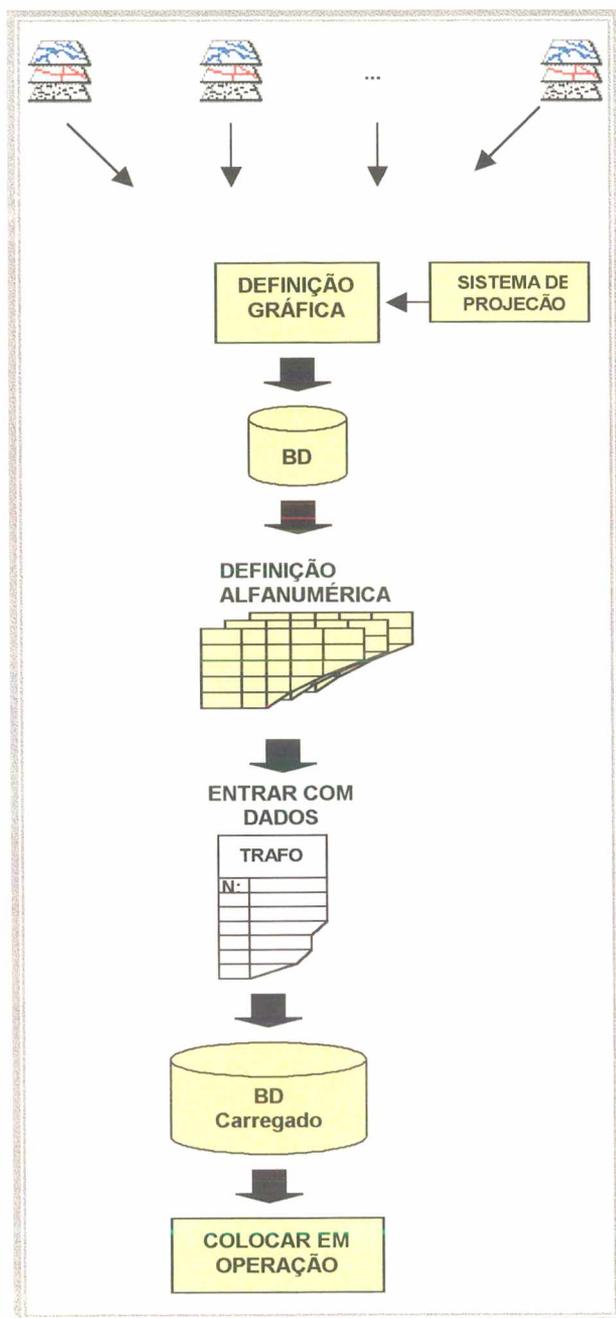


Figura 29 – Organograma de conversão de dados CAD Server Setup Utility para GeoMedia.

7.8 Carregamento do Sistema

O benefício de uma análise criteriosa das necessidades (projeto) da própria coleta de dados é de fundamental importância no carregamento do sistema. Além de proporcionar um caminho, facilita na organização dos dados no instante de seu arquivamento definitivo no banco de dados.

Todo envolvimento de localização geográfica foi tratado, definidos os atributos e abastecidos com os dados. Cada feição recebeu seus respectivos valores, que são o diferencial entre elas, nada mais do que preencher os valores de atributos em cada uma das entidades.

Na medida em que os dados acomodavam-se em seus locais específicos, a ferramenta SIG possibilitava verificações e conferências de dados.

Concluída essa etapa repetitiva e cansativa, partiu-se para a tarefa de confecção dos rótulos, que nada mais é do que fazer um determinado valor de atributo registrado no banco de dados ser apresentado na base SIG, no seu lugar de domínio, com o objetivo de tornar a base mais harmoniosa e, principalmente, de servir aos usuários.

O mesmo ocorreu com os símbolos. Foi usado também um conversor que lia um arquivo de bibliotecas de símbolos do CAD e o transferia para outro arquivo de biblioteca do SIG.

As classes de feições pontuais chegavam na base SIG assinaladas por um ponto qualquer, determinando sua localização e mantendo a cor definida pela conversão. Mediante isso, para cada classe de feição, foi simplesmente trocada a apresentação de ponto por um símbolo e determinada a cor, quando necessário.

No caso das linhas e polígonos, já se apresentavam com as características definidas no instante da conversão, mas poderiam ser alteradas. Essas alterações poderiam ser feitas para qualquer geometria (ponto, linha e polígono), abrangendo toda a classe de feição.

A legenda (particularidades do software) permite o controle dinâmico como o centro de tudo que é exibido no mapa. Administra as feições que serão exibidas e sua ordenação. Podem ser customizadas, nomeadas, substituídas e apagadas.

Dessa forma, concluiu-se a entrada dos dados de atributos, efetivando-se o carregamento SIG propriamente dito, disponibilizando-o para análise e manipulação dos dados, como também apresentando saídas e promovendo desenvolvimentos a partir de linguagem específica.

7.9 Integração SIG e Sistemas de Gerenciamento de Ocorrências

Uma necessidade vista nas empresas está em integrar bancos de dados convencionais, prevendo a funcionalidade total do empreendimento. Com a implantação da tecnologia SIG, essa integração tornou-se primordial, visando compartilhar atributos alfanuméricos dos dados geográficos com as demais aplicações existentes. Segundo CÂMARA e MEDEIROS (1996), essa prática vem sendo empregada nos SIG das prefeituras que anteriormente mantinham o cadastro alfanumérico de lotes para cálculo do IPTU e que desejam associar dados georreferenciados contendo a localização geográfica e as dimensões dessas propriedades, o que vem a encontro e favorece as concessionárias que já estão fazendo uso do sistema de gerenciamento de ocorrências e que pretendem integrá-lo ao SIG.

Essa integração, aparentemente simples, resulta de cuidados especiais para evitar inconsistências de dados, como descritas por CÂMARA et al. (1999). Usuários de aplicações exclusivamente alfanuméricas podem excluir registros que compõem um conjunto de atributos para determinada entidade geográfica. Sem que o SIG saiba, essa entidade geográfica passa a não ter mais atributos, tornando-se inconsistente.

Outra maneira de ver a integração entre bancos de dados convencionais e geográficos está no desenvolvimento de um sistema novo em que certamente são previstos e contemplados os elementos geográficos e suas características através dos atributos. Alguns atributos ocorrem nos dois sistemas (novo e antigo) e algumas particularidades de integridade devem existir para tratar ambos os sistemas como também a atualização.

Além dos cuidados para evitar a redundância de dados, outro fato a ser observado na integração entre bancos de dados sob a gerência de um único SIG encontra-se no tempo de processamento. As referências encontradas tratam, inclusive, de empresas especializadas na prática da integração de banco de dados, mas não descrevem a respeito do tempo de processamento, referindo apenas que a velocidade de processamento está atrelada ao espaço de armazenamento e recursos computacionais.

Nesse contexto favorável, encontram-se os sistemas de gerenciamento de ocorrências sob a gerência do SIG desenvolvidos distintamente, porém sem constatar as exigências de agilidade de uma aplicação a ser utilizada pelo COD, como ferramenta de atendimento e visualização gráfica da ocorrência.

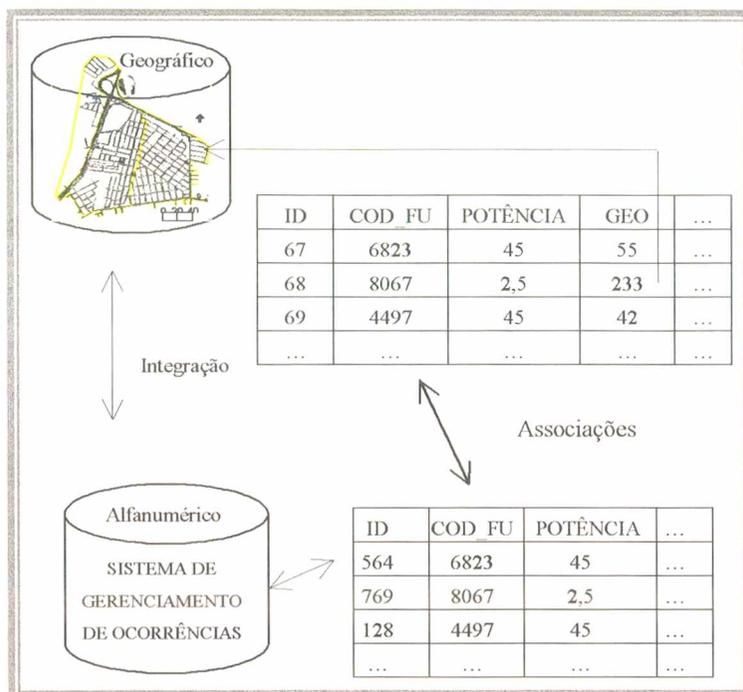


Figura 30 – Integração entre os sistemas geográfico e alfanumérico (convencional).

7.10 Visualização Espacial das Ocorrências

As funções básicas dos SIG encontrados no mercado são insuficientes para a realização total na maioria das aplicações, vistas as necessidades distintas entre usuários. No segmento de concessionárias (Água, Energia Elétrica e Telefonia), para preencher perfeitamente as necessidades do projeto, descrevem CÂMARA et al. (1999), usuários realizam significativos desenvolvimentos nas linguagens de aplicações do SIG escolhido.

Essa situação também foi encontrada quando se pretendeu visualizar espacialmente as ocorrências mediante a estrutura desenvolvida no protótipo, quando se pretendeu executar um atendimento a cliente reclamante. Essa apresentação requer programação da seguinte ordem:

1. o sistema tem que reconhecer o nome do cliente reclamante, através de uma especificação definida pelo desenvolvimento, que pode ser: nome, medidor ou telefone do cliente, que por sua vez devem fazer parte dos atributos da feição cliente que também está associada à feição transformador;
2. um cliente pode ter atendimento por transformador particular ou da concessionária, os

quais se encontram em feições (entidades) distintas (condições de representação diferentes). O que faz a programação é juntar essas feições no momento de buscar o transformador que atende o reclamante e apresentá-lo em tela (display) do computador indicando o ponto geográfico do problema. Conforme chegam as reclamações dos clientes, pontos vão sendo marcados indicando prováveis e possíveis pontos frágeis do sistema elétrico, como também delimitando a extensão do problema.

A forma e quais os equipamentos problemáticos a serem indicados vão depender de como o sistema foi projetado. A condição poderá permitir visualizar somente pontos cuja interrupção de energia foi confirmada pelo atendimento (acidentais) e pontos provenientes de interrupções programadas, como também indicar outras anomalias que estão ocorrendo no sistema elétrico, diferente das citadas (atendimento a cliente). Essa alternativa de visualização pode ser diferenciada através de cores. Cada situação é assegurada por indicar o ponto em uma determinada cor, o que pode ser feito através de programação, conforme o motivo predefinido pelo atendimento.

7.11 Subsídios na Tomada de Decisão

Conforme chegam as reclamações de interrupções, pontos são apresentados na tela do computador, que define o limite da rede sem energia, subsidiando a definição do equipamento que provocou a interrupção, fazendo com que o restabelecimento do sistema elétrico se abrevie e dando ao despachante uma ferramenta de apoio à decisão.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo discute os resultados obtidos no percurso traçado pela metodologia, entre os quais se destacam: o prognóstico e levantamento das necessidades, a modelagem, a base cartográfica, e como produto final à integração destes itens pela tecnologia SIG, objetivando a elaboração do protótipo a ser utilizado pelos COD como ferramenta para visualização espacial das ocorrências subsidiando a tomada de decisão.

8.1 Levantamento das Necessidades

A etapa de definição e identificação das necessidades de uma aplicação é considerada como a mais difícil na implementação de um SIG. Atribui-se também o seu sucesso pelo universo de atuação.

As informações necessárias para compor o módulo operação, descritas nas etapas e reconhecidos os componentes da rede primária (pontos notáveis), associações cartográficas e gerenciamento das ocorrências do sistema elétrico, encontram-se minuciosamente descritas na metodologia, assim como os resultados provenientes dessas etapas, provocadas pelo encadeamento das atividades, visando ao prosseguimento das etapas seguintes.

8.2 Modelagem de Dados

O modelo de dados busca entender o que se apresenta na realidade (mundo real), sistematizando a melhor forma de representá-los em um sistema de informações. No custo em manter um sistema de informações atualizado é que reside a importância da etapa “levantamento das necessidades”, onde selecionar os elementos de interesse a serem representados delimita a construção do modelo de dados e descreve a estrutura de um banco de dados, o que concorda com a descrição dos RUMBAUGH et al. (1994): modelo que contém detalhes em excesso limita desnecessariamente a escolha das decisões de projeto e desvia a atenção dos problemas reais.

Tanto na modelagem de mapas como na modelagem de redes, o conhecimento aprofundado dos assuntos e uma visão bem clara dos objetivos permitem que se construa um bom modelo de dados.

Um módulo específico para a operação é uma necessidade conhecida no âmbito do setor elétrico, diagnosticado anteriormente, quando DIÉGUES, SILVEIRA e CUNHA (1995) estabeleceram requisitos diferenciando necessidades de um sistema de informação corporativo do setor elétrico:

- a) de um lado, o planejamento/engenharia está interessado em sistemas que irão lhe facilitar, como ciclos de vida dos itens da rede; captura, manutenção e análise detalhada dos dados geográficos e não geográficos de cada elemento da rede; e
- b) por outro lado, a gerência de operação e seus operadores necessitam de sistemas de informações que disponibilizem, por exemplo, monitoramento das redes e suas condições em tempo real, de proteção, chaveamento e esquemas simplificados de rede.

Com o surgimento da tecnologia SIG, essa necessidade aproximou-se da realidade, quando tratada na modelagem de dados, conhecida como “generalização conceitual”, que envolve aplicações diferentes compartilhando o mesmo banco de dados.

O compartilhamento consiste em utilizar o modelo espacial corporativo da empresa como referência ao desenvolvimento do módulo dirigido ao setor de operação. Equivale ao que OLIVEIRA (1997) descreve como personalizar uma interface para atender diferentes tipos de usuários. A personalização de interface baseia-se no padrão banco de dados e permite adaptar um sistema corporativo para uma necessidade específica.

No campo de generalização conceitual, a abordagem da redução controlada de dados é um recurso que demanda uma nova representação mais simples e leve, e, em consequência, mais ágil.

Os principais recursos da redução controlada de dados para o desenvolvimento do protótipo foram os seguintes:

1. considerar postes com importância: postes aonde chegam mais de um trecho de cabo; postes onde ocorrem mudanças de condutores; e postes para evitar sobreposição nas edificações e arruamentos. Como o objetivo de eliminar postes sem importância é esquematizar a rede elétrica primária, antes é necessário armazenar as distâncias em atributos do condutor da rede primária, já que a esquematização modifica o real

comprimento dos trechos para que, posteriormente, os trechos sejam fundidos em um só (é uma tarefa encontrada nos SIG do mercado);

2. eliminar a feição edificação: ao eliminar a feição edificação e/ou ponto elétrico, a localização do cliente se dará pelo transformador, mantendo-se também os atributos do ponto elétrico; e
3. tratar a feição texto: associar a feição texto ao ponto elétrico.

DAVIS (2000), através de comunicação pessoal por correio eletrônico, sugere:

Uma situação típica do que é chamada de generalização conceitual é a redução do nível de detalhamento, o que demanda uma nova representação, mais simples e mais leve. Inicialmente devem ser determinados quais os postes com importância, eliminando os demais. Durante o processo de eliminação, em cada poste sem importância, deve ser verificado se a ele estão ligados apenas dois trechos de cabo. Se for este o caso, o poste pode ser efetivamente eliminado, e os dois arcos podem ser fundidos em um só. A rede terá muito menos nós, porém cada arco vai conter a geometria da rede anterior. Os postes sem importância aonde chegam mais de dois trechos de cabo não podem ser simplesmente eliminados, sob pena de introdução de uma inconsistência na rede. Antes de simplificar os trechos da rede, o comprimento real do trecho deve ser armazenado em um atributo. A simplificação pode ser feita com algoritmos que acompanham a maioria dos SIG. Requer esforço de programação e depois do resultado obtido, qualquer modificação na rede original não vai ter reflexo imediato e automático na rede simplificada.

8.3 Software SIG Utilizado

O Software SIG utilizado é uma ferramenta para visualização e análise de informações geográficas que realiza sofisticadas consultas e análises espaciais, produzindo rapidamente mapas complexos.

O ambiente de trabalho pelo qual se visualizam, inserem, exibem e manipulam dados geográficos é o *GeoWorkspace*, que permite a conexão a uma *Warehouse* para acessar dados do *Data Server Access*, proporcionando o gerenciamento dos dados gráficos, levando à individualização geométrica (ponto, linha e polígono) de cada feição, com seus atributos para o ambiente relacional, o que é visto nos SIG de última geração.

A conversão de dados e a formação de biblioteca de símbolos, ditas como dificuldades em SIG, não foram encontrados nessa aplicação, já que ao GeoMedia estão agregadas ferramentas empregadas para a conversão de dados e símbolos, com o software MicroStation, o que facilitou tanto o desenvolvimento de bibliotecas de símbolos como toda a conversão de dados de CAD para SIG.

No que tange à customização, foram encontradas dificuldades, o que certamente também ocorreria com softwares de outros fabricantes, visto que é visível o propósito de vendas do produto agregado no suporte e consultoria. E isso é verificado através dos cronogramas preestabelecidos, adequados aos investimentos e obedecendo aos tempos estimados de conclusão. São fatos retirados dos próprios veículos de propaganda, utilizados pelas próprias empresas que desenvolvem ou fornecem a tecnologia SIG. Infelizmente, é uma prática usual de software SIG de um modo geral.

Para uma aplicação específica (customização) a utilização da ferramenta Visual Basic® (linguagem difundida no mercado) só foi possível mediante favorecimentos da empresa fornecedora, o que ocorreu quando se pretendeu visualizar as ocorrências graficamente.

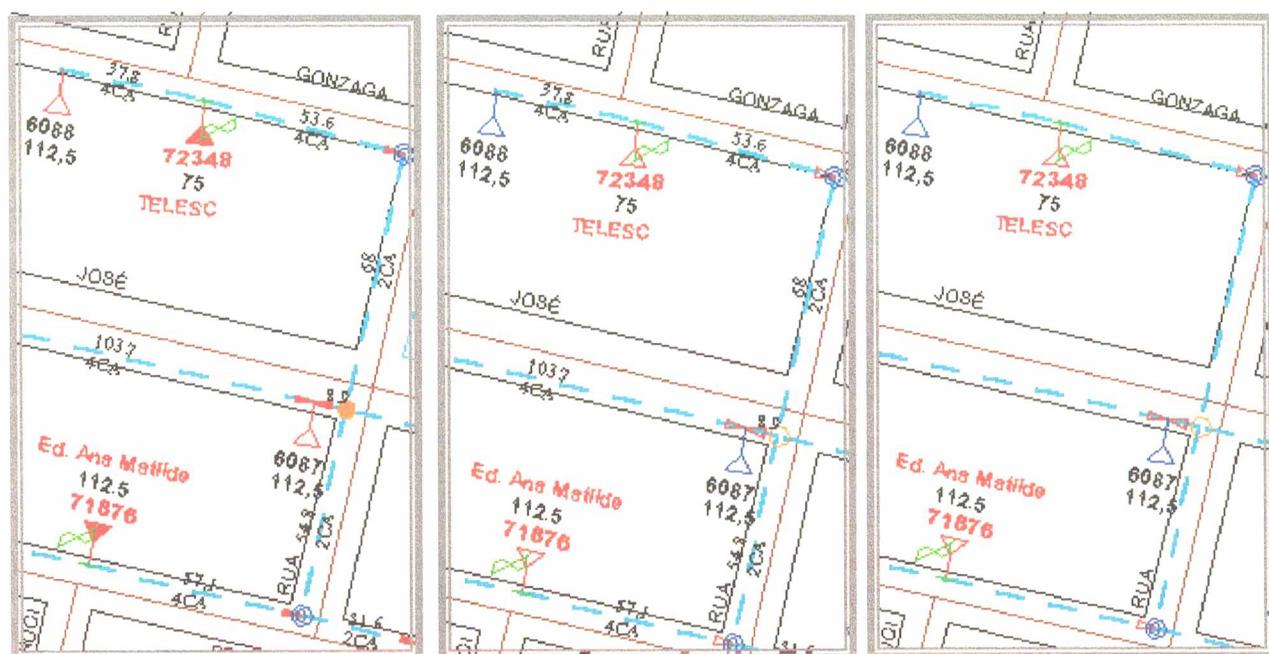
Uma necessidade do setor elétrico está em trabalhar com grandes áreas de visualização contínua. Essas características não foram testadas, visto que a área de estudo é pequena. Já a impressão (plotagem) aparentemente embutida no software não trouxe o resultado esperado. Quem vai adquirir um SIG só vai conferir a impressão quando concluir os trabalhos. Isso é um problema encontrado em muitos SIG, principalmente nos novos no mercado.

Não poderia ser diferente quando se trata da comercialização por módulos de funções. Aqui se trata da realização da aplicação na condição de não usar o modulo rede, visto que o fornecedor, por razões desconhecidas, infelizmente não concretizou o acordo feito no instante do fornecimento do modulo SIG, o que prejudicou o desenvolvimento do protótipo, principalmente no instante de visualização espacial das ocorrências, pois, além de mostrar os pontos, poderia executar o traçado da rede primária de transformador a transformador, mediante, é claro, uma série de condições.

No desenvolvimento do protótipo procurou-se seguir a apresentação na forma tradicional utilizada no setor elétrico como também a conhecida no diagrama unifilar conforme apresentada na figura 31 (a). Conferiram-se algumas situações de apresentação a serem tratadas em produção do módulo operação e utilizadas nos COD, descritas na seqüência e apresentadas pela figura 31(b) e (c) respectivamente:

- eliminar as hachuras tratadas em determinados símbolos de equipamentos, pois esta condição provoca morosidade em cada reconstrução de navegação *pan* e *zoom*;
- eliminar rótulos das distâncias e mudanças de condutor, para que a apresentação fique mais limpa. Quando necessário o conhecimento de uma dessas características, apenas

dar dois cliques sobre a feição para que uma tabela de características se abra em forma de janela.



a) Apresentação tradicional.

b) Símbolos sem hachura.

c) Símbolos sem hachura, descrição da distância e mudança da bitola do condutor.

Figura 31 – Uso de hachura em símbolos e rótulos da distância e da mudança da bitola.

8.4. A Base Cartográfica para o SIG

É imprescindível na elaboração de uma aplicação que faz uso da tecnologia SIG o exame de todas as etapas que vão ao encontro da materialização do projeto. A etapa de criação do mapa-base digital refere como primordial as seguintes características: tamanho da Terra (escala), a forma da Terra (projeção) e informação a ser representada (tema).

a) Escala

A restituição em escala 1:2.000 tem por finalidade representar com fidelidade os detalhes da rede primária e definir o posicionamento e grandezas consideradas convenientes ao protótipo e necessárias para os trabalhos de distribuição de energia elétrica.

b) Apoio básico horizontal

No que se refere ao levantamento aerofotogramétrico do Município de São José – SC,

para o apoio suplementar à aerotriangulação, foram definidos como mais adequados para amarrações planimétricas os vértices Biguaçu e Kugat da Rede de Triangulação de 1ª ordem do IBGE, o que vem ao encontro de BRASIL (1983), quando classifica os levantamentos geodésicos de alta precisão no âmbito nacional, Base Fundamental ou de 1ª ordem, com a finalidade “os pontos básicos para amarrações e controle de trabalhos geodésicos e cartográficos, desenvolvido segundo especificações internacionais, constituído o sistema único de referência”.

c) Sistema de projeção

Muito se questiona o uso sistema de projeção para cartas em grande escala, embora não oficialmente, o sistema de projeção UTM é largamente utilizado, tanto que muitas cartas no Brasil encontram-se cartografadas usando esse sistema. Esse fato implica análise da área geográfica e sua abrangência dentro do Estado, como também do seu destino.

Observa-se que a base cartográfica adquirida para se utilizar neste protótipo está vinculada a sistema de projeção UTM, e que a área em questão pertence a um único fuso de número 22, o meridiano central é o 51W e meridianos extremos 54W e 48W. Isso mostra que a utilização do sistema de projeção UTM atende às especificações convenientes para aplicação, o que está de acordo com LIBAUT (1975), além de recomendada para o setor elétrico através do CODI (1995 e 1997).

d) Tema

A base cartográfica composta por um conjunto de camadas (*layers*), entre as quais estão quadras, vias de transportes e eixos de logradouros, quando superpostas, forma a cartografia do protótipo. As demais camadas formam o tema específico proposto, que é a rede de energia elétrica da distribuição, o que é visto por TAVARES (1999) e NÉIS (1998), no que se refere à separação dos elementos em camadas como forma de estruturar a base cartográfica, já que cada uma das camadas representa a mesma área, mas **trazem consigo informações diferentes, e, que na concepção de espaço, conforme LEUNG (1997), as camadas são formas comuns de visualizar o objeto.**

Verifica-se que a base cartográfica utilizada no protótipo se assemelha a de (LOCH e SÁ, 1993) na definição dos elementos básicos de uma base cartográfica, assegurada à rede de pontos de referência geodésica, ao sistema de projeção e à escala compatível com os objetivos da aplicação, caracterizando-a como adequada na aplicação do protótipo.

Dessa maneira, pode-se conferir através da figura 32 somente as camadas cartográficas superpostas. Na figura 33, encontram-se as camadas cartográficas e as camadas referentes ao tema rede de energia elétrica primária superpostas.

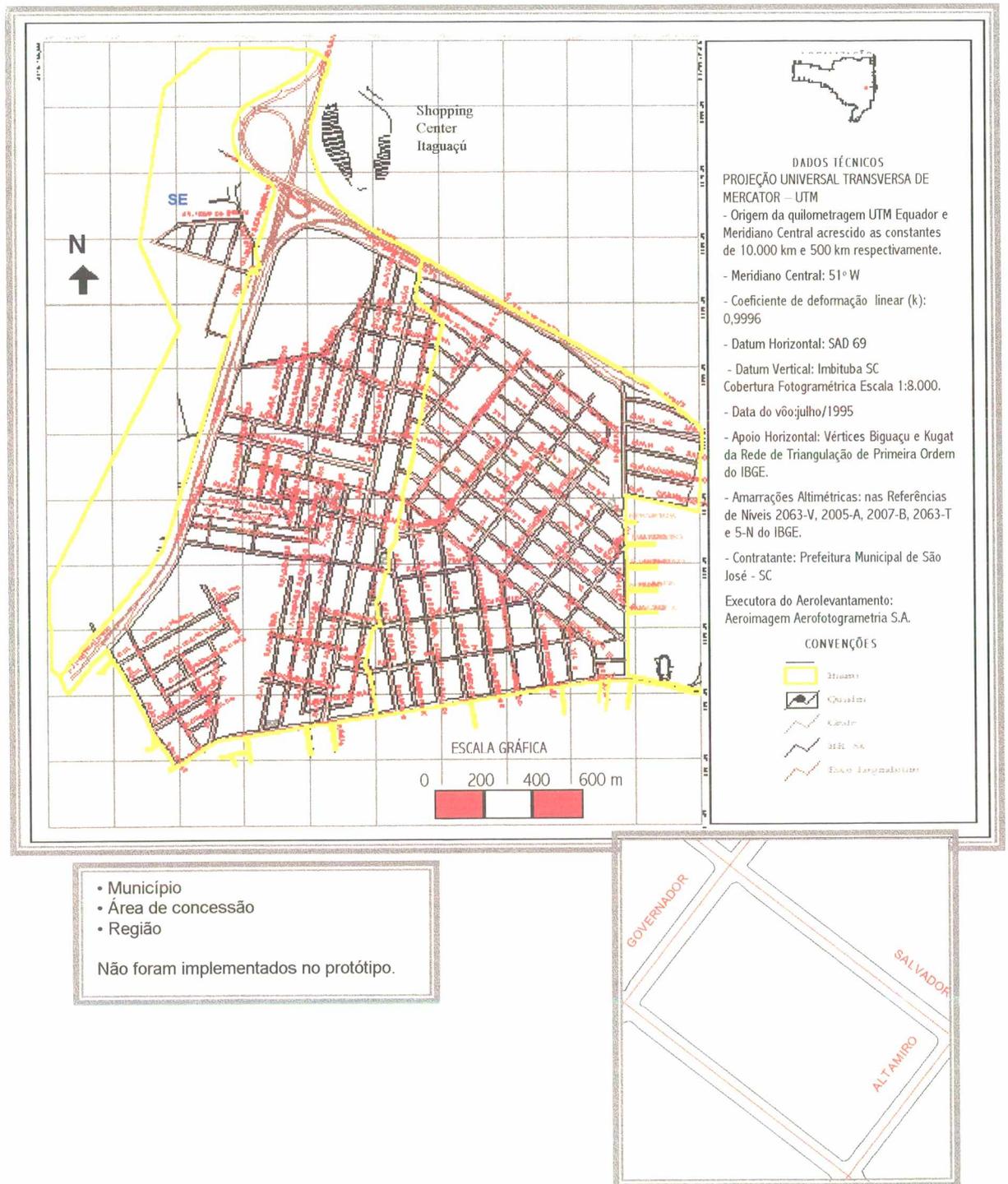


Figura 32 – Apresentação das camadas superpostas formando a base cartográfica básica do protótipo.

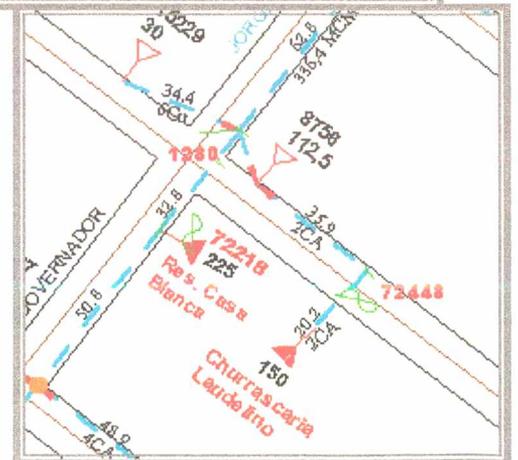


Figura 33 – Apresentação das camadas superpostas formando a base cartográfica básica e o tema rede primária de distribuição de energia elétrica. Esta figura apresenta-se em escala gráfica maior no anexo 1, página 127.

A simplicidade de uma base cartográfica apropriada para o setor elétrico distribuidor implica favoravelmente baixos custos, visto a simplicidade de detalhes cartográficos; por outro lado, utilizando a representação apenas da rede primária de forma simplificada, contemplam-se apenas os postes representados pelos equipamentos e postes aonde chega mais de um trecho de cabo¹⁰. Como indicações de alternativa para áreas urbanas e densas (conforme o protótipo) pode-se, intermediar um ou outro poste para evitar sobreposição nas edificações e arruamentos. Sua aplicação integral viabiliza o planejamento em áreas rurais, como sugerem BORBA e LOCH (1998), onde a utilização convencional é de custo elevado.

Na apresentação dos elementos que compõem a rede primária e secundária, normalmente utilizados pelo sistema de gestão de distribuição do setor elétrico, pode ser observada a quantidade de elementos localizados geograficamente no exemplo da figura 34. No entanto, a figura 35 apresenta os elementos da rede primária já generalizados, que demandam uma nova representação, mais simples e leve.

¹⁰ Trecho de cabo é o vão do condutor entre os postes.

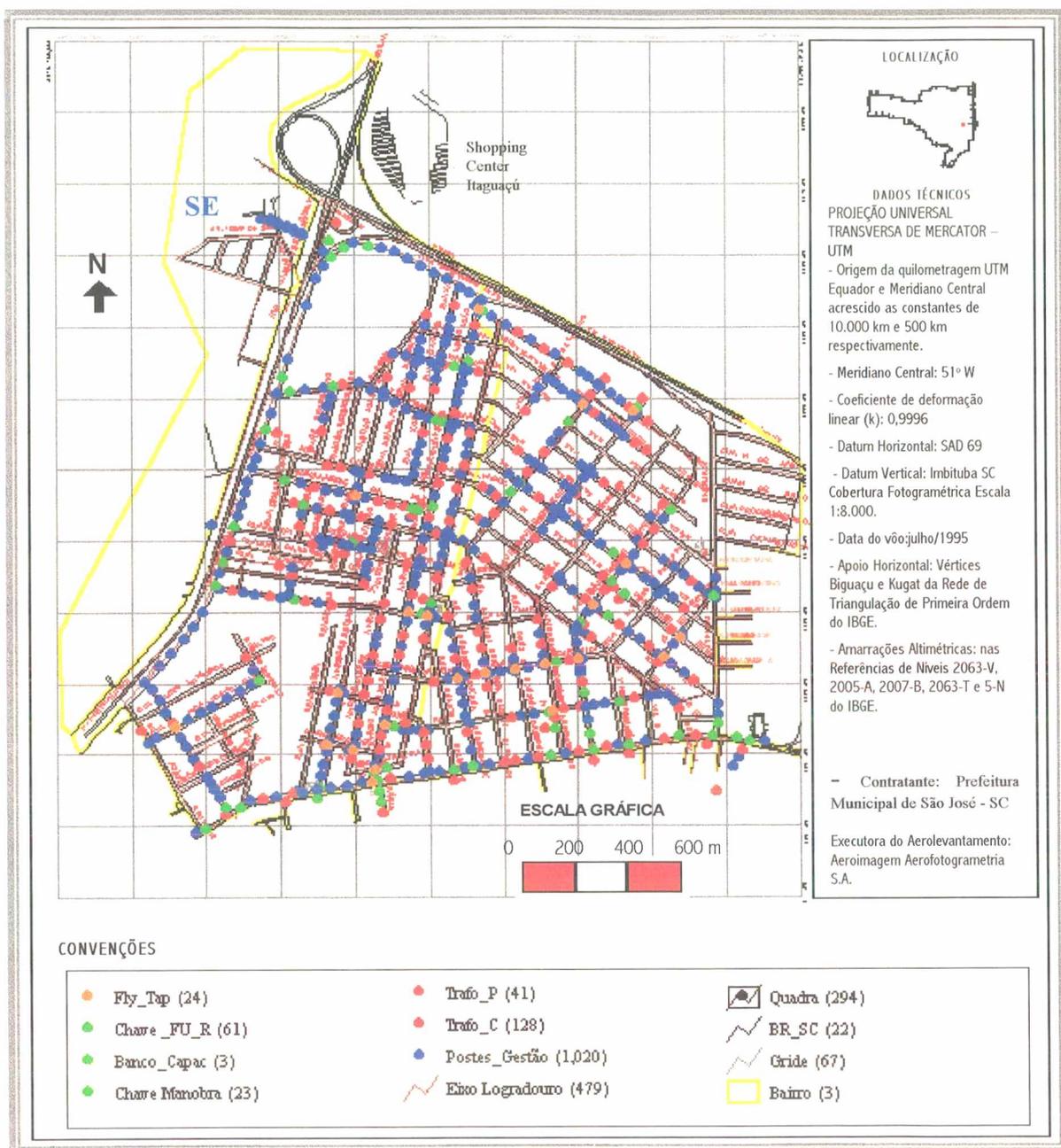


Figura 34 – Apresentação da localização das feições que formam os componentes da rede primária e secundária utilizadas no Sistema de Gestão de Distribuição.

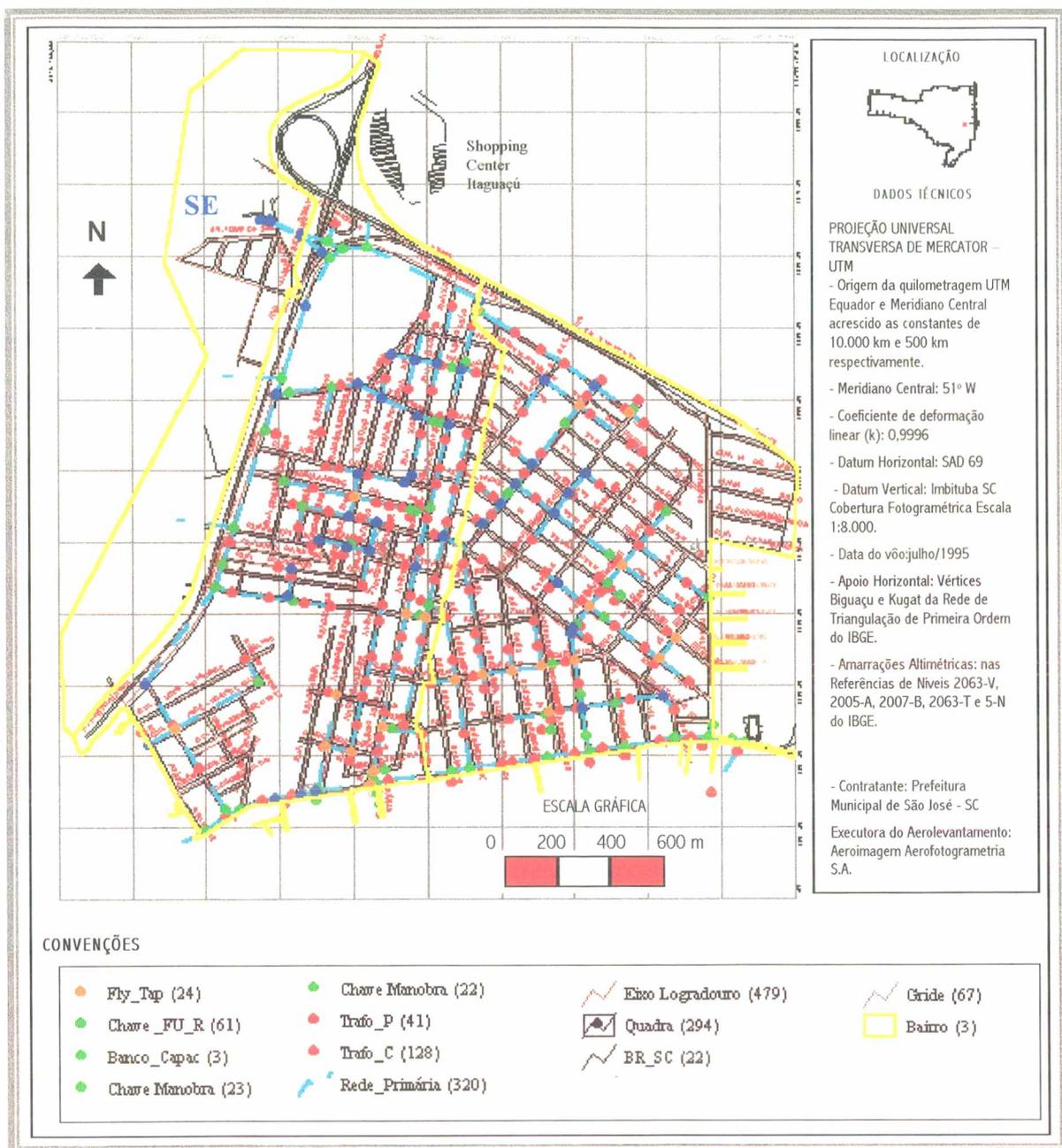


Figura 35 – Apresentação da localização das feições que formam os componentes da rede primária do protótipo.

8.5 O Protótipo como Modelo de Geoprocessamento para os COD

O que leva a um prognóstico da essencialidade é distinguir o que é útil e benéfico a ser utilizado numa ferramenta para operação, visando a uma aplicação leve, ágil, como visualização limpa e fácil atualização aliada às características específicas da área, que é abreviar o

O que leva a um prognóstico é distinguir o que é útil e benéfico a ser utilizado numa ferramenta para operação, visando a uma aplicação leve, ágil, como visualização limpa e fácil atualização, aliada às características específicas da área, que é abreviar a interrupção do sistema elétrico tão logo se tenha conhecimento da mesma, trazendo como benefícios menores valores dos indicadores, como também preservando a imagem da empresa perante seus clientes e órgão regulador.

Os atendimentos executados pelos COD ocorrem de duas maneiras: uma como atendimento a clientes e outra como ocorrência em rede. O atendimento a cliente se dá quando o problema ocorre na parte da rede de uso exclusivo de um cliente, como, por exemplo, troca de disjuntor, ocorrendo apenas a computação do tempo em que o eletricitista levou para fazer o atendimento. Já a ocorrência em rede ocorre nos componentes da rede disponíveis ao atendimento de um ou mais clientes. Além de computar o tempo que o eletricitista levou para fazer o atendimento, considera também a duração e a frequência do sistema elétrico interrompido.

A computação desses tempos forma indicadores de qualidade como DEC, FEC, duração e frequência de interrupção e tempo médio de atendimento por ocorrência, acompanhados e controlados pela concessionária e informados ao órgão regulador.

Em uma interrupção, quanto maior o número de clientes e o tempo interrompido, maior são os valores dos indicadores, onde o menor é melhor. Para administrar o tempo e obter o menor número de clientes atingidos pela interrupção no sistema elétrico é que o módulo operação se faz importante, visto que todas as ocorrências no sistema elétrico mantêm um percurso desde seu conhecimento pelo COD até o seu restabelecimento, conforme o organograma a seguir.

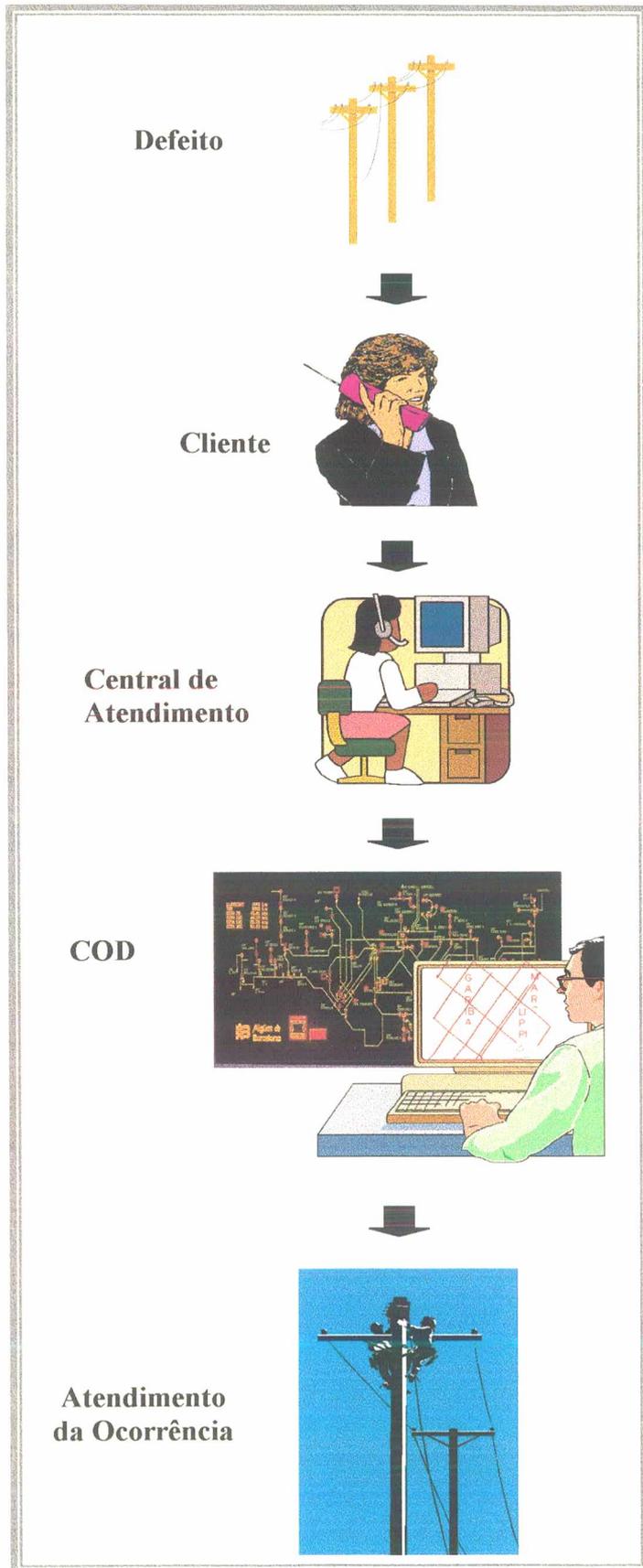


Figura 36 – Organograma de atendimento à ocorrência.

Forma de atendimento a uma ocorrência:

- a) a concessionária recebe os telefonemas dos clientes reclamantes afetados por problemas no fornecimento de energia elétrica através de sistemas especialistas (migrando para *Call Center*), para atendimento às chamadas telefônicas;
- b) esses sistemas utilizam equipamentos para identificar as chamadas telefônicas acoplados ao banco de dados, identificando o nome e endereço do cliente;
- c) após o entendimento entre o cliente e o atendente, este registra a ocorrência e a encaminha via rede de microcomputador ao despachante;
- d) o despachante, por sua vez, recebe a reclamação na tela do microcomputador de duas maneiras, em forma de texto e gráfica, indicando o endereço elétrico do circuito onde se encontra o problema. A situação texto e gráfico pode ser vista no mesmo microcomputador ou em microcomputadores distintos mantidos em rede, como também em telões;

No protótipo:

- o despachante, recebe a reclamação na tela do microcomputador de duas maneiras, em forma de texto e gráfica, indicando o endereço elétrico do circuito onde se encontra o problema. A situação texto e gráfico pode ser vista no mesmo microcomputador ou em microcomputadores distintos mantidos em rede, como também em telões, conforme necessidades da concessionária;
- a visualização gráfica indica geograficamente o transformador ao qual o cliente reclamante está interligado no sistema elétrico, e mediante várias indicações, o despachante conclui qual equipamento provocou o problema na rede elétrica, enviando equipes de eletricitistas para resolver o problema.
- a tela texto do protótipo para o atendimento pelo despachante é simplificada, conforme figura 37, em aplicações reais a tela deve incluir todas as informações oferecidas pelo sistema de gerenciamento de ocorrências da concessionária.
- quando o despachante recebe a reclamação o sistema gráfico, automaticamente busca o equipamento em que o cliente está interligado fazendo a sinalização figuras 38 e 39.

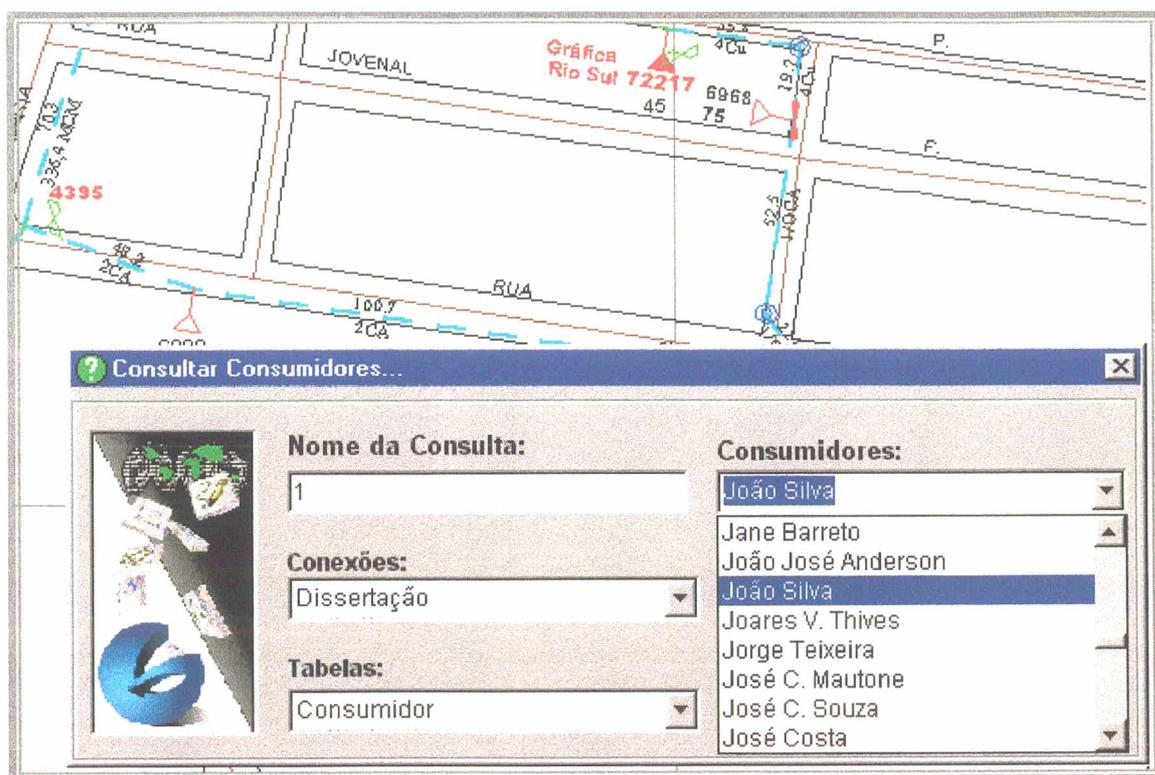


Figura 37 – Tela de atendimento as ocorrências pelo despachante.

As indicações de defeitos são apresentadas em destaque por um círculo no transformador, conforme as figuras 38 e 39.

Primeira situação:

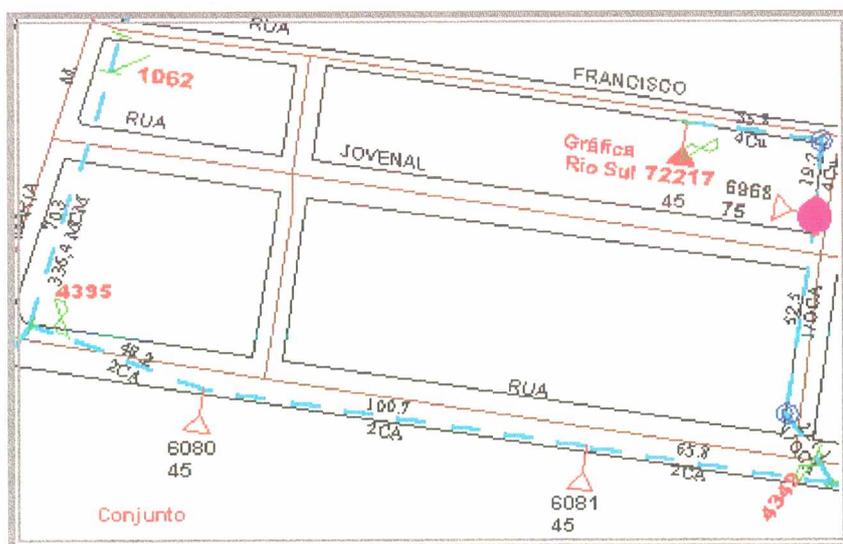


Figura 38 – Visualização da primeira ocorrência no trecho do circuito.

Segunda situação:

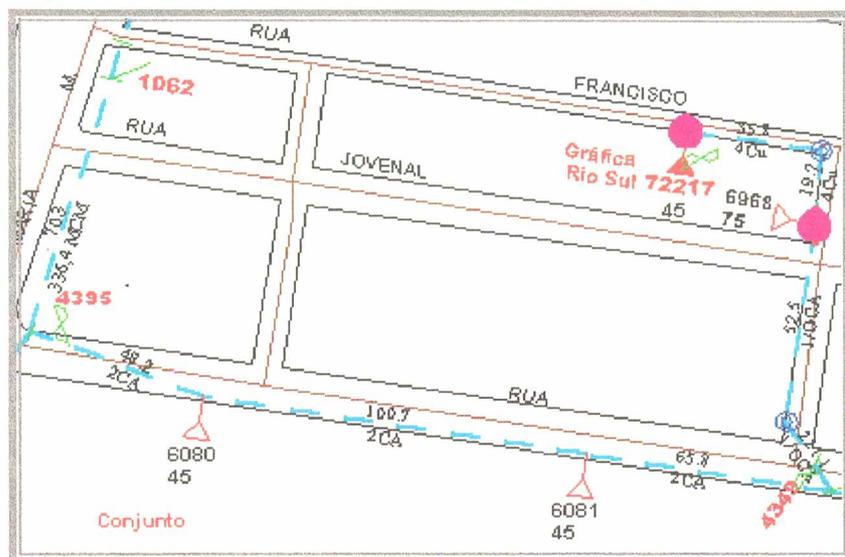


Figura 39 – Visualização da segunda ocorrência no trecho do circuito.

Conforme entram as reclamações, os transformadores vão sendo sinalizados, outras situações se apresentam, facilitando ao despachante a definição do equipamento que apresentou o problema, que, nesse caso, pode ser concluído que foi no equipamento de número 4349, conforme figuras 38 e 39. Ao concluir o atendimento da ocorrência a sinalização é desfeita.

O protótipo foi programado para sinalizar as ocorrências acidentais confirmadas pelo atendimento. Como no atendimento já é definido o provável motivo da reclamação do cliente, o sistema pode também fazer especificações distintas, associadas ao código de motivo, da seguinte forma:

- a) acidentais: ocorrências atingem apenas o tempo de atendimento (exemplo: nova ligação) e podem ser sinalizados marcando uma determinada cor;
- b) acidentais: ocorrências abrangendo tempo de atendimento, duração e frequência da interrupção – os motivos são diferentes do item (a) e sinalizados por uma cor também diferente, indicando interrupção no sistema elétrico; e
- c) programadas: o sistema pode permitir sinalizar interrupções programadas – através de cor diferente dos itens anteriores; conforme o despachante inicia o desligamento, o equipamento fica sinalizado geograficamente e o traçado da rede também pode assumir cor diferente sinalizando a abrangência do desligamento. Nessa situação, o equipamento sinalizado é o real equipamento desligado, não o provável (esta parte não foi contemplada no protótipo. A situação é simples, depende apenas de programação).

9 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

9.1 Conclusão

a) Identificação das necessidades

A identificação das necessidades partiu da análise das ferramentas utilizadas pelos COD, para prestar atendimento às ocorrências. Mediante isso, observou-se a importância dos equipamentos que compõem a rede: de proteção, manobras, regulação e/ou correção, componentes do trecho e os transformadores. Certamente, todos os equipamentos da rede são essenciais para o aplicativo da operação da distribuição, porém certas características são desnecessárias, assim como outras devem ser acrescentadas.

b) Base Cartográfica e Tema Rede Primária de Distribuição

A área de atendimento de um COD é definida pela concessionária, e geralmente é grande e contígua, como a área de concessão da Celesc, que abrange 88.353 km² e atende aproximadamente 1.684.000 clientes distribuídos em 16 COD. Em média, cada COD tem como área 5.522 km² e 105.200 clientes (CELESC, 2000).

No tratamento de um módulo para a operação, cada COD deverá ter na sua área de abrangência a cartografia e o tema rede primária de distribuição, o que envolve grandes recursos computacionais.

O fato de os COD necessitarem de uma ferramenta com facilidade e agilidade de navegação *pan* e de identificação pontual da interrupção no tempo real em que o despachante tem conhecimento dela fez com que fossem trabalhados a cartografia e o tema, exatamente com as essencialidades para operar o sistema elétrico de distribuição.

Muitos dos objetos ou entidades e suas características utilizadas na modelagem espacial de um sistema de gestão são desnecessários para uma aplicação específica para operação, principalmente para o atendimento às ocorrências pelos COD.

Diminuir os objetos ou entidades e suas características significa reduzir o espaço de armazenamento, aumentar a velocidade de processamento e diminuir recursos computacionais.

Apresenta como benefício o conhecimento e localização das ocorrências tão logo tenham ocorrido, permitindo o imediato atendimento.

c) Compartilhamento dos dados

As concessionárias que desenvolveram ou se encontram desenvolvendo o sistema de gestão da distribuição certamente pretendem desenvolver várias aplicações para áreas específicas a partir do sistema corporativo.

O que busca esta dissertação é o aproveitamento dos dados trabalhados no sistema de gestão para serem utilizados no módulo para operação do sistema de distribuição, compartilhando feições e algumas das características já descritas e necessárias para esse aplicativo.

Em sistemas aéreos, os equipamentos estão suportados por postes ocupando a mesma localização. Nos sistema de gestão, pela característica própria do sistema (inventário da rede elétrica), as representações de poste e equipamentos são necessárias; no entanto, para o módulo operação, somente a representação dos equipamentos é suficiente.

Numa rede elétrica de distribuição, além dos postes citados, existem também postes sem equipamentos, que, para a aplicação na operação, requerem certas particularidades, como:

- postes aonde chegam mais de dois trechos de cabo – não podem ser simplesmente eliminados, sob pena de introdução de uma inconsistência na rede;
- áreas de maior densidade – é viável intermediar um poste ou outro para evitar sobreposição da rede nas edificações e arruamentos; e
- mudança de condutor.

Mesmo assim, os postes podem ser representados como entidades geográficas com função de apresentação, dispensando suas características, já que seu uso é necessário para evitar inconsistência na rede e manter a harmonia do tema em função da base cartográfica.

Objetivando preservar a topologia da rede, conforme se eliminam postes sem importância, os trechos de cabo podem ser fundidos em um só, de modo a preservar a conexão entre os nós de importância.

A classificação dos postes com importância e sem importância segue, nessa etapa, apenas uma decisão pessoal de melhor visualizar a topologia da rede para evitar sobreposição e dúvidas na apresentação. Seria interessante o desenvolvimento de um algoritmo que minimizasse essa

tomada de decisão e padronizasse alguma forma de apresentação. Nesse protótipo, por ser uma área pequena, a escolha da permanência ou não dos postes (para evitar sobreposição) foi uma tarefa simples, apenas apagando-os, ou não, mas num sistema que opera em produção, isso é inviável.

O mesmo ocorre com a manutenção do sistema e aplicativos. Alguma solução deve ser construída. Uma das alternativas é fazer com que as redes mantenham consistência e forçar atualizações ou, então, fazer com que a aplicação da operação seja regenerada em intervalos periódicos.

Tanto o desenvolvimento de algoritmos como a atualização, são alternativas que envolvem um esforço de programação. Hoje, nenhum dos SIG disponíveis no mercado faz isso automaticamente.

d) Interligação SIG e o Sistema de Gerenciamento das Ocorrências

A associação entre banco de dados convencional e geográfico (SIG) sob a gerência de um único SIG pode trazer o inconveniente de uma redundância de dados. Dependendo da aplicação envolvida, faz-se necessário uma análise mais detalhada do processo quando da sua efetiva implantação e carga total do sistema, visto que os atributos encontram-se (duplicados) nos sistemas “alfa” e “geo”.

e) Geral

Garantir a continuidade do fornecimento de energia elétrica, no momento em que o mercado está cada vez mais crescente e competitivo, onde o conforto do monopólio já não se faz mais presente, e conhecer o sistema elétrico de distribuição sob os aspectos da operação tornou-se uma necessidade indiscutível às concessionárias de energia.

Desenvolvimentos para capturar, integrar, atualizar, manipular, criar e apresentar informações geográficas referenciadas são características de um SIG, o qual é composto de equipamentos, programas e dados geográficos.

Esse protótipo destina-se à utilização num COD, com o objetivo de subsidiar o despacho de ocorrências nas tomadas de decisões, cuja proposta é utilizar um SIG para gerenciar o volume de informações e possibilitar a realização de tarefas com eficiência, proporcionando qualidade e segurança à operação da distribuição.

Um fator para alcançar o sucesso de aplicações em SIG é a estruturação da informação, que se resume na condição de eliminar e evitar erros acumulados provenientes de etapas anteriores. O projeto se inicia com o levantamento das necessidades, como um prognóstico do que será utilizado e tratado, desde o início visando ao produto final.

Para adaptar essas necessidades de maneira coerente a uma aplicação de SIG, é necessário organizar, formalizar e padronizar os objetos, de forma a dar fidelidade à representação do mundo real. Em SIG não existe um modelo consensual, cada sistema cumpre o que foi planejado em seu próprio modelo. A definição do modelo depende exclusivamente de definições gerenciais. O mais recomendado, mais utilizado e influente no mercado traz embutidos seus custos, seu benefício, como também profissionais com aptidão para o desenvolvimento e implementação da aplicação.

Desenvolver modelo de dados para uma aplicação geográfica é tarefa extremamente complexa e depende exclusivamente da perspectiva e fundamentalmente dos objetivos pretendidos. Trabalhar com abordagem muito abrangente pode implicar grande quantidade de informações, tornando o sistema complexo e dificultando o tratamento dos dados e a atualização. Por outro lado, trabalhar com informações mínimas pode resultar, no decorrer do projeto, em insuficiências para sua implementação. Desse modo, o sistema deve ser trabalhado com objetivos bem definidos para uma promissora implementação.

A definição do software SIG implica não só a formação de critérios previstos pela modelagem, como também adaptações imprescindíveis para sua aplicação, assim como aquisição de um software conversor de dados, tendo em vista que a edição da base cartográfica encontra-se, normalmente, em plataforma CAD. Muitas literaturas descrevem as dificuldades encontradas na conversão CAD/SIG, no entanto não foram encontradas dificuldades no desenvolvimento do protótipo, já que os softwares CAD, CONVERSOR e SIG utilizados pertencem a um único fabricante, que, conseqüentemente, mantém um padrão nessas atividades.

A apresentação gráfica da base cartográfica em CAD, na maioria das vezes, não retrata a representação geométrica real da feição; por exemplo, uma quadra aparentemente é um retângulo, mas sua representação geométrica pode ser uma série de linhas conectadas. O mesmo ocorre com lotes e edificações. Muitas das dificuldades e morosidade dos SIG municipais recaem justamente nos desencontros. Contrata-se uma base cartográfica antes de definir a modelagem, deparando-se com muitas feições não caracterizadas propriamente para um SIG, como quadras, lotes e edificações que terão de ser transformados individualmente em polígono.

Isso não quer dizer que SIG seja apenas fechamento de polígonos. No entanto, uma feição é representada por uma série de linhas conectadas, quando de fato esta feição deveria estar representada por polígono, o que desencadeia uma série de dificuldades e morosidade na conclusão de um SIG quando necessita de feições como polígono.

A aquisição de uma base cartográfica se dá mediante as definições de modelagem de dados e a definição do software SIG a ser utilizado. A preparação da base cartográfica para o geoprocessamento se fundamenta em estruturação de camadas e de suas nomenclaturas habituais, como linha e textura.

Essas questões dão importância às etapas de estruturação de um SIG, na possibilidade de acertos na aquisição de uma base cartográfica, pois levam a crer que foram analisadas e verificadas as possíveis necessidades para utilização no geoprocessamento.

Considerações relevantes na confecção do protótipo apresentam-se em nome da geoinformática (tecnologia SIG), que é de importância para o tratamento de informações gráficas com resultado claro. Como plataforma de geoprocessamento, o protótipo possibilita atender às necessidades da Operação da Distribuição de Energia Elétrica, no que se refere a recursos automatizados de mapas, seu gerenciamento e ferramenta de suporte aos Centros de Operação da Distribuição, proporcionando a visualização gráfica das ocorrências no instante em que ocorrem.

Tal experiência mostra também que fazer mapas ou representações espaciais é apenas um dos passos para se chegar a um SIG. Sua importância fundamental é estar associado à informações urbanas e rurais, seu cadastro e principalmente sua atualização, que dependerão mais de pessoas do que de bons equipamentos disponíveis.

9.2. Recomendações

Aos futuros usuários:

Antes da decisão pelo uso de um software, deve-se fazer um diagnóstico das necessidades, para posteriormente decidir o tipo de software que mais se adapta à aplicação.

A falta de opção e/ou oportunidade na escolha do software SIG foi o principal obstáculo no desenvolvimento do protótipo para a sua total aplicação e propósito pretendidos.

Com relação às críticas ao sistema utilizado para futuros usuários, fundamentam-se em:

- (i) falta de transparência na funcionalidade interna da tecnologia empregada;
- (ii) falta de informação no desempenho do software, seja em manuais ou em funções de ajuda;
- (iii) dificuldades na impressão (plotagem); e
- (iv) emprego da tecnologia somente se agregada a suporte e consultoria.

Às futuras pesquisas:

Sistemas especialistas de manobras em redes de distribuição são algoritmos que utilizam conceitos de grafo no armazenamento e tratamento dos dados físicos e elétricos da rede, a gerência de transformadores – aproveitamento da capacidade instalada dos transformadores nas redes, como também relocação inteligente de cargas, integração entre sistemas SIG e SCADA (Supervisão, controle e aquisição de Dados), onde os sistemas SCADA se caracterizam por lidar com o monitoramento e controle de processos em tempo real, e otimização de rotinas específicas, interfaceando-as ao SIG.

Às empresas de água, gás e, em especial, ao setor elétrico:

Todas essas empresas necessitam de um sistema de gestão e um módulo específico para a operação, e esta dissertação servirá como referência ao desenvolvimento de modelos de dados espaciais dirigidos ao setor de operação e manutenção dessas empresas.

GLOSSÁRIO

Alimentador todos os circuitos primários ligados diretamente no ponto de saída (barramento) secundário de uma subestação de distribuição, formados por conjunto de equipamentos e componentes visando conduzir energia elétrica.

Apresentação dos dados geográficos – visualização ou aparência gráfica, como cor, tipo de linha, espessura e padrão de preenchimento.

Banco de Capacitores – conjunto de equipamentos instalados nas redes para correção do fator de potência, necessários como dispositivos de manobras, controle e proteção, montados de modo a constituir um equipamento completo. Sua função básica é suprir o sistema elétrico de potência reativa - kVAr.

CAD (Computer Aided Design) – processo que pressupõe o uso de computadores em projetos nas áreas mecânica, civil e cartográfica e em outras atividades, incluindo funções de *display* gráfico interativo, cálculos geométricos e processamento limitado de atributos alfanuméricos.

CADD (Computer Aided Design and Drafting) – além das propriedades de um CAD, permite a modelagem de relações gráficas e análise de relações lógicas.

Cartas Portulanas – baseadas num levantamento sistemático de rumos do Mediterrâneo e do Mar Negro, com informações sobre distâncias, linhas de rumos, segundo diversos ventos, a partir de um ponto central. Obra tão extraordinária que foi utilizada em navegação durante três séculos.

Chave Faca Unipolar – é um dispositivo de manobra de operação, constituído por duas colunas isolantes fixas, de suporte do contato fixo e outra de suporte de articulação do contato móvel (faca), provido de olhal para operação, trava de segurança e ganchos para operação com dispositivos de abertura sob carga (equipamentos próprios para abertura). As chaves desprovidas de gancho não podem ser abertas com carga.

Chave Fusível Abertura – é um dispositivo de proteção destinado à abertura automática, com a função de proteger o circuito ou equipamentos contra eventuais sobrecorrentes. Por ocasião de sobrecorrente em uma chave-fusível, devido ao efeito térmico, o elemento fusível se funde,

interrompendo o circuito, que é facilmente substituível. O elo-fusível é composto de um elemento sensível e demais partes, que completam o circuito entre os contatos de um corta-circuitos.

Chave Fusível Religadora – é de natureza similar à chave fusível abertura, diferenciada por conter três elos-fusíveis, só percebida pelo sistema na ocasião em que os três elementos fusíveis se fundem, interrompendo o circuito. Normalmente não ocorrem simultaneamente e podem ser substituídos quando detectados e individualmente (existe uma rotina de manutenção para troca dos elo-fusíveis antes que ocorra a queima de todos os elos e venha a ocorrer interrupção no circuito).

Chave tripolar – é um dispositivo de manobra de operação. Apresenta-se das formas seguintes: com corte visível, chave que não pode operar em carga (seca); sem corte visível, chave que pode operar em carga, cujo dielétrico é a óleo.

Circuitos primários – podem ser aéreos radiais ou subterrâneos, sendo os aéreos mais comuns no Brasil. São formados pelos segmentos de tronco e de ramal.

Circuitos secundários – iniciam em um transformador formando um segmento entre vários usuários. Também podem ser aéreos ou subterrâneos, sendo os circuitos aéreos os mais comuns.

Concessionária ou Permissionária – agente titular de concessão ou permissão para explorar a prestação de serviços públicos de energia elétrica, água, saneamento e telefonia. Neste trabalho, expressa as empresas de energia elétrica.

Consulta/query – operação que retorna ou calcula um valor sem modificar nenhum objeto.

Consumidores – são classificados como residencial, comercial, industrial, poderes públicos, também diferenciados entre urbanos e rurais. São alimentados pelos circuitos de transmissão ou subtransmissão, em circuitos primários e secundários de distribuição. A maior parte dos consumidores são alimentados por circuitos secundários.

Despachante – pessoa responsável que orienta os eletricitistas a fazer qualquer desligamento ou religamento dos equipamentos da rede elétrica.

Disjuntor – é o dispositivo destinado a fechar ou interromper um circuito de corrente alternada

sob condições normais, anormais ou de emergência.

Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) – intervalo de tempo que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado, ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

Estação mestra – estação central de uma rede de onde são feitos o telecontrole e a supervisão de outras estações e/ou estações remotas.

Estação remota ou controlada – estação tele-supervisionada e/ou telecomandada por uma estação mestra.

Estai – cabo destinado a assegurar ou reforçar a estabilidade de um suporte de linha aérea transferindo esforços para outras estruturas, contraposte ou âncora.

Fly-tap – também considerado elemento de sustentação de pequeno trecho de condutor elétrico não submetido à tração mecânica, destinado, através de derivações aéreas, a conectar dois ou mais circuitos e/ou transmitir informações elétricas desses circuitos a equipamentos de medição e/ou proteção.

Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) – número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado.

Geoestatística – é uma disciplina englobando procedimentos metodológicos gerais para a análise espacial, considerando os dados sobre a distribuição ou características espaciais dos fenômenos, como os métodos de krigagem. Ela se desenvolveu no conjunto industrial mineral para melhorar o cálculo sobre as reservas minerais e ampliou sua aplicação em outros campos das geociências.

Indicador de Continuidade – representação quantificável do desempenho de um sistema elétrico, utilizada para a mensuração da continuidade apurada e análise comparativa com os padrões estabelecidos.

Indicador de Falha – facilita a identificação da falha no sistema a partir de sua localização, apresentando uma passagem de corrente de falha.

Interrupção – descontinuidade do neutro ou tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora.

Interrupção programada – interrupção antecedida de aviso prévio, por tempo preestabelecido, para fins de intervenção no sistema elétrico da concessionária.

Jampe – condutor não submetido à tração, que mantém a continuidade elétrica de um condutor ou entre condutores.

Krigagem – é um método de interpolação linear, utilizando a técnica dos mínimos quadrados espaciais; um procedimento de média ponderada cujos pesos são funções da co-variância espacial é uma aplicação avançada da teoria dos erros de Gauss.

Postes – são elementos de sustentação tanto para condutor elétrico como para sustentar equipamentos instalados nas redes aéreas.

Ramal – deriva-se do tronco, não se interligam com outros circuitos e atendem a carga ou conjunto de cargas situadas numa região próxima, caracterizando-se por transportar cargas leves.

Regulador de Tensão – é um equipamento utilizado para correção das variações de tensão em áreas de regulação deficiente, visando manter uma tensão de suprimento ao cliente dentro dos limites permissíveis definidos por Portarias (Órgão Regulador).

Religador automático de rede – é um dispositivo de proteção capaz de interromper um circuito, em determinadas condições de sobrecorrente e religá-lo automaticamente, até um número de operações para qual o foi ajustado. No momento em que o religador sente um defeito na linha, desliga imediatamente obedecendo à sua característica rápida (segundos), chamada *tempo de religamento*. Essa interrupção rápida reduz ao mínimo as possibilidades de causar dano ao sistema, evitando, ao mesmo tempo, a queima dos fusíveis existentes entre o local do defeito e o religador.

Representação dos dados geográficos – codificação da geometria dos objetos espaciais, como resolução, dimensão espacial, precisão, nível de detalhamento e comportamento geométrico.

Seccionalizador automático – é um equipamento de proteção para operar em conjunto com um

religador ou disjuntor com religamento automático, situado na sua retaguarda. Durante uma falta na sua zona de proteção, ele contará, automaticamente, o número de desligamentos do equipamento instalado no lado fonte e isolará a zona defeituosa do resto do sistema, no momento em que o dispositivo de retaguarda estiver aberto. Estando o equipamento da retaguarda programado para “n” operações (até o máximo de quatro), o seccionalizador deverá ser programado para contar “n - 1” operações, antes de abrir definitivamente seus contatos. Assim, o trecho da rede com defeito permanente poderá ser isolado sem que o religador ou disjuntor desligue todo o circuito.

Sistema de Distribuição – inicia-se no sistema de transmissão ou subtransmissão e consiste de uma rede de alimentadores e cabos subterrâneos ou aéreos, possibilitando distribuir energia elétrica aos consumidores finais. Caracteriza-se por tratar de rede com tensões inferiores a 69 kV e atende a grande número de consumidores e, conseqüentemente, grandes áreas. São formados por subestação, circuitos em tensão primária, circuitos em tensão secundária, transformadores de subestação e de distribuição.

Sistema de Geração ou produção bruta de energia elétrica – conversão de uma forma qualquer de energia para energia elétrica. Mesmo servindo-se dos recursos hídricos, é tratado como uma atividade industrial.

Sistemas de transmissão e de subtransmissão – são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de energia desde o ponto de geração até os sistemas de distribuição. Caracterizam-se por tratar de rede com tensões de 69 kV ou superiores (na reestruturação do Setor Elétrico, ficou definido como sistema de transmissão o sistema elétrico superior a 230 kV, e o sistema de distribuição, o com tensão inferior a 230 kV). Atende apenas aos consumidores que se enquadram na tensão descrita acima, que são poucos, mas de grande relevância pela carga utilizada.

Sistema Elétrico – caracteriza-se pela formação de circuito ou conjunto de circuitos elétricos inter-relacionados, constituídos para atingir propósito de transportar e fornecer energia, sob a administração de uma concessionária. É composto de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Subestação – são as ligações entre os sistemas de transmissão e distribuição, das quais se derivam os alimentadores de distribuição a partir dos transformadores, onde abaixam a tensão

de transmissão ou subtransmissão para tensão de distribuição.

Transformadores de distribuição – são ligados num circuito primário com a função de abaixar a tensão para 110, 220 ou 380 V, com potência variando de 5 a 300 kVA, conforme as necessidades de consumo; também formam elo de ligação entre os circuitos primários e os circuitos secundários.

Tronco – inicia-se na saída da subestação com os equipamentos de proteção disjuntor e/ou religador, e o equipamento de proteção seccionalizador posiciona-se ao longo do circuito, assim como os equipamentos de manobras, tais como chave faca, chave a óleo, chave tripolar, que interliga a outro tronco ou a ramal; também ao longo dos circuitos encontram-se os equipamentos de regulação e/ou correção, como regulador de tensão, banco de capacitores, transformador da concessionária e particular. Uma das características dos troncos dos alimentadores são os condutores dos trechos, definidos como condutores forçados.

ANEEL (2000), CELESC (1990), ELETROBRÁS (1986), CELESC (1981) e Autores já referenciados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Cristina D. e MEDEIROS Claudia, B. Construção de um Modelo Básico Unificado a partir de Sistemas Stand-Alone. in: II CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO - Curitiba – PR. *Anais* p. 503-515. 1996.
- ANDRADE D. F. N. Terminologia da Avaliação dos Trabalhos Cartográficos. in: *Revista Brasileira de Cartografia*, no 16. Jun/set, p. 29 a 33. 1976.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Estabelece as disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras. RESOLUÇÃO Nº 24. Brasília 27 de janeiro de 2000.
- ARANHA, F. Segmentação com Mapas Neurais de Kohonen. in: *Revista InfoGEO*. p. 34-36. Ano 2. nº 6 - 1999.
- ATLAS Escolar De Santa Catarina. Santa Catarina. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. 1991.
- BÄHR H. P. Elementos Básicos do Cadastro Territorial. 1º Curso Intensivo de Fotogrametria e Fotointerpretação aplicados a Regularização Fundiária e 1º Curso Intensivo de Cadastro Técnico de Imóvel Rural. Curitiba - PR, 1982.
- BAKKER, M. P. R. de. Cartografia Temática. 242 p. 1965.
- BARBIERI, C. Modelagem de Dados. Rio de Janeiro. Ed Infobook, 1994.
- BLACHUT, T.J. Cadastre as a Basic of General Land Inventory of the Country. in: *Cadastre: Functions, characteristics, techniques and the planning of a land record system*. Canadá. National Council. 1974. 01- 21p.
- BORBA, Cecília M. e LOCH, C. Diagrama Unifilar Georeferenciado - Ferramenta de Suporte para a Operação do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica. COBRAC 98 · in: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO - COBRAC. Florianópolis SC. *Anais*. 1998.
- BORGES, Karla A. V. e FONSECA, F. T. Modelagem de Dados Geográficos em Discussão.

- in: II CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO - Curitiba - PR. **Anais**. p. 524-533. 1996.
- BORGES, P. R. Qual a Melhor Solução para Mapear o Brasil? in: Revista InfoGEO. jan/fev 99. Ano 2. Nº 5. p. 50 e 53. 1999.
- BRASIL, Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro. RESOLUÇÃO – PR nº-22 de 02/07/1983.
- BREUNIG, M. 1996. Integration of Spacial Information for Geo-Information System. Ed. Springer. Berlin: Heidelberg; New York; Barcelona.
- BRITO, J.L.N e S. Proposta de Metodologia para a Classificação de Documentos Cartográficos. in: Revista Brasileira de Cartografia, no 41. p. 27 a 41. janeiro de 1987
- BRUNETTI, M. F. Os Sistemas TM. in: FATOR GIS - Revista do Geoprocessamento. 11-15 p. Ano1. nº.1 - 1993. Sagres Editora.
- BURROUCH, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment – Monographs on Soil and Resources Survey no 12. Ed. Butler & Tanner Ltd. Oxford New York. p. 190. Reimpresso com correções 1994.
- CÂMARA, G. e MEDEIROS, J. S. GIS para Meio Ambiente. GIS BRASIL. p. 139. Curitiba. 1996.
- CÂMARA, G. et al. “Geoprocessamento: Teoria e aplicações”. São José dos campos; INPE, 1999 (on-line: <http://www.dpi.br/gilberto/livro>).
- CÂMARA, G. et al. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Instituto de Computação. Campinas SP. 1996.
- CÂMARA, G. Mapas são Dados não Desenhos. in: Revista InfoGEO. janeiro/fevereiro 99. Ano 2. Nº 5. p. 33 e 34. 1999.
- CÂMARA, G. O futuro do GIS. Revista InfoGEO. maio/junho 98. Ano 2. Nº 5. p. 28 e 29. 1998.
- CAMBACO, Simeão V. Os Novos Conceitos de Sistemas de Informação. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE CADASTRO RÚSTICO E URBANO MULTIFUNCIONAL. **Anais**. Lisboa - Portugal. 1991. p.224-236.
- CARVALHO, F. R. de. Cadastro Geoambiental Polivalente – Projeção TM (Conforme de

- GAUSS). Informativo COCAR. 1984.
- CARVALHO, J. C. M. et al. - Cesp. Automação de COD. in: XIII SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA -SENDI, 1997, São Paulo: Cesp, 1997.
- CASTAGNARI, E. e MENEZES, F.A. Sistema de Informação Geográfica e Gerência de Redes de Distribuição. in: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. São Paulo - SP. *Anais*. 1993, p. 289–299.
- CASTANHO, B. J. da S.; FREITAS, C. M.; RAMOS, C. A. de S. Sugestão de Especificações Técnicas para Levantamentos Cadastrais – Projeto de fim de curso. Ministério do Exército – Instituto Militar de Engenharia IME. Rio de Janeiro – RJ. 1992.
- CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A. Equipamentos do Sistema Elétrico de Distribuição - Manual de Procedimentos. 1981.
- CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A. Prestação de Serviços, sob Regime de Empreitada, com Fornecimento de mão-de-obra especializada para o Inventário da Rede Elétrica, já Existentes, dos Municípios de Florianópolis, São José, Palhoça e Biguaçu. Tomada de Preços nº 104/98.1998.
- CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A. Manual de Operação - Engenharia de Operação. p. 18. 1990.
- CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A. Departamento de Serviços e Consumidores. **Boletim Estatístico Comercial**. Janeiro 2000.
- CERJ – Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro. Implantação do Sistema de Gestão da Distribuição. Rio de Janeiro. Concorrência, Convite nº 001/SGD-C/98.1998.
- CODI – Comitê de Distribuição de Energia Elétrica. Mapeamento e Cadastramento. CODI.3.2.20.01.1. Processo de Aquisição de Dados para Mapeamento e Cadastramento. Rio de Janeiro. p. 1-65. 1994.
- CODI – Comitê de Distribuição de Energia Elétrica. Processo de Aquisição de Dados para Mapeamento e Cadastramento. CODI.3.2.20.01.1. Processo de Aquisição de Dados para Mapeamento e Cadastramento. Rio de Janeiro. p. 1-24. 1995.
- CODI – Comitê de Distribuição de Energia Elétrica. Recomendação sobre Mapeamento. SCEI.30.02. Rio de Janeiro. p.1-36.1977.

- DALE, F.P. e McLAUGHLIN, J.D. **Land Information Manegement**. Oxford University Press. United States. 1990.
- DAVIS, C. A. Generalização em GIS. Revista InfoGEO. jan/fev 99. Ano 2. Nº 5. p. 40 e 52. Sagres Editora. 1999a.
- DAVIS, C. A. Aumentando a Eficiência da Solução de Problemas de Caminho Mínimo em SIG. in: GIS BRASIL 1997. Curitiba. 1997. **Anais**.
- DAVIS, C. A. GIS Relacional. Revista InfoGEO. nov/dez 99. Ano 2. Nº 10. p. 52 e 53. Sagres Editora. 1999c.
- DAVIS, C. A. Múltiplas Representações em Banco de Dados Geográficos. in: GIS BRASIL 1999b. Salvador. 1999b. **Anais**.
- DIÉGUES, A.L.C.; SILVEIRA Jr., E. e CUNHA, T.N.. Estudo de Caso: Integração entre Sistemas AM/FM/GIS e SCADA. in: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. São Paulo - SP. **Anais**. 1995, p. 241-255.
- DSG – Diretoria do Serviço Geográfico, do Ministério da Guerra. Ministério do Exército. 1º Divisão de Levantamentos. Normas Técnicas para Cartas em Escalas Grandes (Proposta). Porto Alegre. 1980, 62p.
- EGENHOFER, Max J. Object-Oriented GIS: The Principles. in: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. São Paulo - SP. **Anais**. 1995, p. 175-203.
- ELETROBRÁS. Comitê de Distribuição. Proteção de sistemas Aéreos de distribuição. Centrais elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobrás. 2ª ed. v. 2. Rio de Janeiro. 1986.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S.A. INMET. São José, Santa Catarina. Março de 1998.
- FERREIRA, Buarque Aurélio. Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa; coordenação Marina B. Ferreira; Margarida dos Anjos; equipe Elza T. Ferreira et al. 3 ed. – Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
- IME – Ministério do Exército. SAUNDERS, Cláudio Augusto Barreto. Notas de Cartografia. V.II 2ª edição. 1991, 18p.
- JARDINI, M. R.; et al. - Eletropaulo. Sistema Integrado de Apoio ao Atendimento em Interrupções de Energia. in: ENERSHOW'97 - FEIRA E CONGRESSO, 1997, São Paulo:

- Eletricidade Moderna - MM editora, 1997. 9.1-9.10p.
- JOLY, Fernando. 1976. A Cartografia. Tradução PELEGRINI, Tânia. 1990. Ed. Papirus. Campinas SP. p.136.
- KAINZ W. Transferencia de Dados, Metadados, Qualidade de Dados com Ênfase em Consistência Lógica. in: GIS BRASIL 1998. CURSO. Curitiba: Fator GIS, 1998.
- KORTH, H. F. e SILBERSCHATZ, A. Sistemas de Banco de Dados. São Paulo: Ed McGraw-Hill do Brasil, 1989. 580 p.
- LARSSON, Gerhard. Land Registration and Cadastral Systms. Inglaterra. 2ª publicação 1996.
- LEUNG, Yee. Intelligent Spatial Decision Support Systems. Berlin:Springer, 1997. 470p.
- LIBAULT, A. Geocartografia. Ed. Nacional, São Paulo: Ed. USP, 1975. 388p.
- LOCH, C. e SÁ, Lucilene A. C. M. Cadastro Técnico e Serviço de Infra-estrutura. in: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Rio de Janeiro. Anais. Vol.3, 1993, p. 600-609.
- LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário rural e urbano. Florianópolis UFSC/FEESC, 1989. p.80.
- MEDEIROS, Claudia B. e PIRES, Fátima. Banco de Dados para GIS. in: II CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO - CURSO. Curitiba - PR. 1996.
- MOHALLEM W.; et al. - Cpfl. Atendimento Informatizado. in: XIII SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA -SENDI, 1997, São Paulo: Cesp, 1997.
- NÉIA, M. A. O Mapeamento da Megacidade. Revista InfoGEO. mai/jun 98. Ano 1. Nº 1. p. 54 e 55. 1998.
- OLIVEIRA, Cêurio de. Curso de Cartografia Moderna - IBGE. Rio de Janeiro RJ. 1993.
- OLIVEIRA, J. L. Projeto e Implementação de Interfaces para Sistemas de Aplicações Geográficas. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. Campinas SP. 1997.
- PISTORESE, Todd. Outage Manegement Using Small Scale GIS. Puget Sound Power & Light Co.1992.

- QUEIROZ, H. L. e ROSA, D. J. Automação do Centro de Operação de Distribuição. in: XI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI. Blumenau - SC. *Anais*. 1992, p. 06-19.
- RENUNCIO, L. E. Integração do Cadastro Técnico Multifinalitário a Sistemas de Informações Geográficas Visando Implantação de um Reservatório para Abastecimento de Água no Município de Cocal do SUL - SC. Florianópolis, 1995.203p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1995.
- ROCHA, Ronaldo dos Santos da. Proposta de Definição de uma Projeção Cartográfica para Mapeamento Sistemático em Grande Escala para o estado do Rio Grande do Sul. 1994.
- ROSA, F. S. Metrópole e Representação Cartográfica. Tese de Doutorado. São Paulo - SP. 1989.
- RUMBAUGH, James; et al. tradução de Dalton Conde de Alencar. Modelagem e Projetos Baseados em Objetos. Rio de Janeiro. Ed. Campus. 8ª edição. 1994.
- SÃO JOSÉ, Prefeitura Municipal. Relatório Final do Apoio Terrestre. Aeroimagem Aerofotogrametria S.A. Abril de 1996.
- SCHUCH, H. Riscos na Conversão de Dados. 1994. in: FATOR GIS - Revista do Geoprocessamento. p.25-27. Ano2. n.7. Sagres Editora. 1994.
- SILVA, I. A fotogrametria é Definitivamente Digital. Revista InfoGEO. nov/dez 98. Ano 1. Nº 4. p. 48 e 51. 1998.
- SILVA, J. F. R.da; et al. - Cesp. Gerenciamento de Ocorrências no Sistema Elétrico de Distribuição. in: XIII SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA -SENDI, 1997, São Paulo: Cesp, 1997.
- SILVA, R.S. e QUITANILHA, J.A. SIG na Gestão Municipal. in: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. São Paulo - SP. *Anais*. 1993, p. 355-364.
- SOARES NETO, Horário O. Análise Vital de Sistemas. Ed. DATAMEC S.A. Rio de Janeiro. 1993. 299p.
- SOBRAL, M. A. B. Desenvolvimento de Um Banco de Dados para uso em Concessionária de Energia Elétrica na Área de Distribuição de Energia Elétrica. São Paulo, 1996.139p. Dissertação (Sistemas de Potência) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

- SOUZA, J. N. Requisitos preliminares e Estratégia para Implantação de um SIG como Instrumento de Apoio na Gestão da Rede de Distribuição de Água do Município de São José. Florianópolis, 1999.183p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1999.
- STAR, J e ESTES, J. Geographic Information Systems An Introduction. New Jersey, PRINTICE HALL, 1990. 303p. p.32-243.
- STRAUCH, Julia C.M. e MATTOSO, Marta L. de Q. Sistema de Informações Geográficas Orientados a Objetos. Publicações Técnicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro. ES-331/94. p. 01 a 22. 1994
- SU, Bo e LI, Zhi-lin. Morphological Transformation for Detection Spatial Conflitos in Digital Generalization. in: 18th INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE – ICA. Stockholm, 1997. Anais. v.4, n.1, p. 460-467.
- TAVARES, Paulo. Cartografia x Preparo para GEO. Revista InfoGEO. mai/jun 99. Ano 2. Nº 7. p. 55 e 56. 1999.
- TEIXEIRA, A. L. de A. e CHRISTOFOLETTI, A. Sistema de Informação Geográfica (Dicionário Ilustrado). Ed. Hucitec. São Paulo, 1997.
- TEIXEIRA, A.; MATIAS, L.; NOAL, R. e MORETTI, E. Qual a melhor Definição de SIG. Sagres Editora. Revista Fator GIS. Ano 3 nº 11 - out/nov/dez - 1995.
- VOST, D. e CASTAÑEDA Filho, M. (1995). Conversão de Dados: Novos Horizontes. in: FATOR GIS - Revista do Geoprocessamento. p.46-49. Ano2. n.8. Sagres Editora. 1995.
- WEBER, M. A. Aspectos da Implementação de Projetos AM/FM Baseados em Sistemas de Informações Geográficas para Redes de Distribuição de Energia. São Paulo, 1995.85p. Dissertação (Engenharia de Transportes) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995.

ANEXOS

- 1. Camadas da base cartográfica básica e o tema rede de energia elétrica superpostas utilizadas no protótipo.***

2. Identificação dos vértices Biguaçu e Kugat da Rede de Triangulação de Primeira Ordem

Identificação dos pontos de amarrações planimétricas dos vértices Biguaçu e Kugat da Rede de Triangulação de Primeira Ordem ou de Precisão do IBGE, (cópia fornecida pelo IBGE sede Florianópolis).



IBGE

SUPERINTENDÊNCIA DE GEODÉSIA

102

ESTAÇÃO VT - BIGUAÇU		PROJETO	CÓDIGO 084	FOTO/PROJETO	ORDEN 1ª.	ESTAB. 1948	REOC. 1959	REC.
UF SC	MUNICÍPIO BIGUAÇU	LUGAR BIGUAÇU	TORRE 7	DATUM SAD-69	FEITO BTS	COMFERIDO		
LATITUDE 27° 31' 23,3302"S		LONGITUDE 48° 40' 40,7094"W		ALTITUDE * 539,95 m	N (UTM) 6.953.460,389. m		E (UTM) 729.341,549 m	

PONTO VISADO	DIREÇÃO	AZIMUTE		DISTÂNCIA (m)
		MAG.	VERDADEIRO	
VT BARRO BRANCO	000° 00' 00"		073° 47' 47,96"	21.827,076
MARCO DE REF. "A"	017 13 43	080°		4
MARCO DE REF. "B"	179 50 47	075		4
CATEDRAL FLORIANÓPOLIS	305 20 39	040		5.000
VT BASE AÉREA			326 46 13,09	20.554,728 m
VT MORRO DA CRUZ			296 40 36,33	16.000,666
VT QUEÇABA			036 54 15,99	28.902,748
VT CAMBIRELA			357 02 28,82	22.201,739
EP-7X			205 57 29,56	23.615,50
RN-01 - PORTOBRAS			300° 59' 52,29"	13.960,61 m

LOCALIZAÇÃO: Em um morro nas proximidades da estrada velha para Florianópolis, próximo à cidade de Biguaçu.

DESCRIÇÃO: O marco principal é de concreto, com o formato de um tronco de pirâmide, com chapa do CNG cravada, estampado BIGUAÇU "84".

ITINERÁRIO: Parte-se da Igreja Matriz de Biguaçu; com o hodômetro do carro em 00 km, segue-se pela Alameda Oliveira Amorim (45° SO). Com 640 m segue-se pela estrada velha para Florianópolis. Com 960 m, segue-se pela rua Quintino Bocaiúva, à direita (65° SO). Com 1,4 km, cemitério à direita, segue-se em frente. Com 1,6 km, segue-se em frente. Com 2,0 km, segue-se à direita (50° SO). Com 4,2 km, deixa-se o veículo. Após caminhar 1 hora, chega-se ao alto do morro, local onde se encontra a estação.

(*) Altitude Preliminar

IDENTIFICACAO									
CODIGO	NOME			PROJETO			MEDICAO	UF	
84	BIGUACU			PARALELO 28 GRAUS			47	SC	
COORDENADAS GEODESICAS									
LATITUDE (S)		LONGITUDE (W)			AJUSTE	CLASSE	DATUM PLAN	ALTITUDE	
27 31 23.330		48 40 40.709				AF	SAD-69	539.95 m	
(IMBITUBA)									
COORDENADAS UTM									
N(m)		E(m)		MC	FATOR ESCALA		CONV MERID PLANA		
6953460.40		729341.56		-51	1.00024930		-01 04 23		

CODIGO	NOME	ESTACOES PRINCIPAIS VISADAS			DISTANCIA(m)
		AZIMUTE		VALOR	
		TIPO			
83	BARRO BRANCO	GEODESICO	073 47	47.960	21827.08
78	BASE AEREA	GEODESICO	326 46	13.090	20554.73
85	MORRO DA CRUZ	GEODESICO	296 40	36.330	16000.67
76	QUECABA	GEODESICO	036 54	15.990	28902.75
77	CAMBIRELA	GEODESICO	357 02	28.820	22201.74
0	EP-7-X	GEODESICO	205 57	29.560	23615.50
0	RN-01 - PORTOBRAS	GEODESICO	300 59	52.290	13960.61

CODIGO	NOME	REFERENCIAS, AZIMUTES E DIVERSOS			DISTANCIA(m)
		AZIMUTE		VALOR	
		TIPO			
0	MARCO DE REF. A	MAGNETICO	284		5.28
0	MARCO DE REF. B	MAGNETICO	017		5.37
0	CATED. FLORIANOPOLIS	MAGNETICO	040		5000.00

MEMORIAL DESCRITIVO

LOCALIZACAO

NA PARTE MAIS ALTA DE UM MORRO CONHECIDO COMO MORRO DO SINALEIRO, SITUADO A APROXIMADAMENTE 4 KM A SUDOESTE DA IGREJA MATRIZ DE BIGUACU-SC.

DESCRICAO

O MARCO PRINCIPAL E UMA BASE DE CONCRETO AO NIVEL DO SOLO, MEDINDO 0,35 X 0,35 M NO TOPO COM UMA CHAPA PADRAO DO CNG, ONDE SE ENCONTRA ESTAMPADO: BIGUACU-84.

OS MARCOS DE REFERENCIA A E B, SAO PARALELEPÍPEDOS DE CONCRETO, MEDINDO 0,15 X 0,15 M NO TOPO, AFLORANDO 0,20 M DO NIVEL DO SOLO.

AF-ALTA PRECISAO P1-PRECISAO AREAS MAIS DESENVOLVIDAS 18/12/94
 FT-FINS TOPOGRAFICOS P2-PRECISAO AREAS MENOS DESENVOLVIDAS PAG: 1
 IBGE/DGC/DEGED/DIVISAO DE DADOS E INFORMACOES ESTACAO PLANIMETRICA



IBGE
SUPERINTENDÊNCIA DE GEODÉSIA

ESTAÇÃO KUGAT	PROJETO	CÓDIGO 075	FOTO / PROJETO	ORDEM 1º	ESTAB. 47	REOC.	REC.
UF SC	MUNICÍPIO SÃO JOSÉ	LUGAR RIO DAS ANTAS	TORRE 1	DATUM SAD 69	FEITO	CONFERIDO	
LATITUDE 27°44'25.868"	LONGITUDE 49°01'44.778"	ALTITUDE 1.098.08	M(UTM) 6929.974.866		E(UTM) 694.268.154		

PONTO VISADO	DIREÇÃO	AZIMUTE		DISTÂNCIA
		MAG.	VERDADEIRO	
<i>Ameiba</i>			266°45'52.374"	17.255.141
<i>Barro Branco</i>			217°17'14.16"	22.633.513
<i>Rio Torquilha</i>			225°06'54.55"	16.483.881
<i>Bra Vista</i>			88°05'04.49"	12.614.178
ANGELINA			198°21'16.46"	12.564.930
<i>Conceição</i>			147°53'43.89"	15.700.771

NOTA DE RECUPERAÇÃO DE VERTICE DE TRIANGULAÇÃO 75 R

IBGE - Paralelo 28º meridiano 49º
CNG-SGC
MOD-3

ESTADO: Sta. CATARINA MUNICÍPIO: SÃO JOSÉ
ESTABELECIDO POR: C.E.Souza ANO: 1947 LOCALIDADE: Rio das Antas
RECUPERADA POR: H.N. de Assis ANO: 1959

Verificar se a descrição original está conforme. Declarar qualquer alteração em detalhes:

O vértice KUGAT está situado num morro em terras de propriedade do Sr. Luis Kugat e está na ponta nordeste do morro. O morro apresenta-se com um formato arredondado, sendo o mais alto das proximidades de terra baixa com vegetação predominante capoeira, rala e conhecido na região com o nome de Kugat.

O marco de centro é um bloco de concreto fundido no local e está ao mesmo nível do solo. Mede no topo 23x23cm e a chapa do CNG está estampada: KUGAT 75.

Os marcos de referência A e B são paralelepípedos de concreto, pre-fabricados, medindo 15x15cm no topo e as chapas não estão estampadas. O marco A salienta-se 20cm do solo e B, 25 cm.

Vizinho ao marco principal do CNG existe um marco de triangulação da Marinha, medindo 15x15cm no topo e distanciado 73cm - 18°SE. Não possui chapa e o seu centro está indicado por uma haste de cobre.

ITINERÁRIO: Partindo-se de frente da Igreja de São Bonifácio, em Taquaras, com o Cam. segue-se pela estrada que vai a Florianópolis, rumo 02°SE; com 8.9 milhas, passa-se pela localidade de Rancho Queimado; com 10,5 mls, deixa-se a estrada que vai a Florianópolis, tomando-se à direita a estrada para São Bonifácio, rumo 15°SW; logo em seguida, passa-se por uma ponte sobre o rio das Antas; com 11.7 mls, deixa-se a referida estrada, entrando-se à direita por uma estradinha carroçável que vai à casa do Sr. Luis Kugat, onde se deixa o veículo. Dessa ponte, visa-se o morro onde está localizado o vértice com 45°SW. Subindo-se pelo espigão da direita é melhor. Leva-se água de um riacho que passa na frente da casa do Sr. Luis Kugat. A visibilidade é limitada por picadas.

O nome do Chefe de Turno deve ser registrado aqui. O funcionário que visitou a estação deve assinar ao fim da Nota.
Nota-Para cada vértice recuperado deve ser usado um destes formulários.

CONCEIÇÃO 00° 03' 00"
Marco referência A (15°NE-4.30m) 40 44 39.1
Marco referência B (08°SE-4.78m) 120 34 51.4

Accepto em Barracão, 22 de Fevereiro de 1.959.

est. por JFSJ

IDENTIFICACAO

CODIGO	NOME	PROJETO	MEDICAO	UF
75	KUGAT	MERIDIANO 49 GRAUS	47	SC

COORDENADAS GEODESICAS

LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	AJUSTE	CLASSE	DATUM PLAN	ALTITUDE (IMBITUBA)
27 44 25.868	49 01 44.778		AP	SAI-69	1098.08 m

COORDENADAS UTM

N(m)	E(m)	MC	FATOR ESCALA	CONV MERID PLANA
6929974.86	694268.15	-51	1.00006586	-00 55 03

ESTACOES PRINCIPAIS VISADAS

CODIGO	NOME	TIPO	VALOR	DISTANCIA(m)
76	QUECABA	GEODESICO	266 45 52.370	17295.14
83	BARRO BRANCO	GEODESICO	217 17 14.160	22633.31
79	RIO FORQUILHA	GEODESICO	225 06 57.550	16483.88
74	BOA VISTA	GEODESICO	088 05 04.490	12614.18
82	ANGELINA	GEODESICO	198 21 16.460	17964.97
81	CONCEICAO	GEODESICO	147 53 43.890	15700.77

REFERENCIAS, AZIMUTES E DIVERSOS

CODIGO	NOME	TIPO	VALOR	DISTANCIA(m)
0	MARCO DE REF. A	MAGNETICO	015	4.30
0	MARCO DE REF. B	MAGNETICO	008	4.78

MEMORIAL DESCRITIVO

LOCALIZACAO

O VERTICE ESTA SITUADO NA PONTA NORDESTE DE UM MORRO DE PROPRIEDADE DO SR. LUIS KUGAT. O MORRO APRESENTA-SE COM UM FORMATO ARREDONDADO, SENDO O MAIS ALTO DAS PROXIMIDADES. COM A VEGETACAO PREDOMINANTE CAFOEIRA RALA, E CONHECIDO NA REGIAO COM O NOME DE KUGAT.

DESCRICAO

O MARCO DE CENTRO E UM BLOCO DE CONCRETO FUNDIDO NO LOCAL, E ESTA NO MESMO NIVEL DO SOLO. MEDE NO TOPO 23 X 23 CM E ESTA ESTAMPADO NA CHAPA DO CNG: KUGAT-75.

REFERENCIA: OS MARCOS A E B SAO PARALELEPIPEDOS DE CONCRETO PRE-FABRICADOS, MEDINDO 15 X 15 CM NO TOPO, E AS CHAPAS NAO ESTAO ESTAMPADAS.

O MARCO "A" SALIENTA-SE DO SOLO 20 CM, E O "B" 25 CM.

AP-ALTA PRECISAO P1-PRECISAO AREAS MAIS DESENVOLVIDAS 18/12/94
 FT-FINS TOPOGRAFICOS P2-PRECISAO AREAS MENOS DESENVOLVIDAS PAG: 1

IBGE/DGC/DEGED/DIVISAO DE DADOS E INFORMACOES ESTACAO PLANIMETRICA

3. Características do Apoio terrestre do levantamento aerofotogramétrico do Município de São José – SC

Apoio Suplementar para aerotriangulação, etapa integrante dos trabalhos de levantamento aerofotogramétrico do Município de São José – SC, (SÃO JOSÉ, 1996):

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve as operações desenvolvidas, o instrumental empregado e as dificuldades encontradas na execução dos trabalhos de apoio suplementar para aerotriangulação, etapa integrante dos trabalhos de levantamento aerofotogramétrico do Município de São José - SC, conforme previsto no contrato firmado entre a PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ e a AEROIMAGEM - Aerofotogrametria S.A.

2 - APOIO SUPLEMENTAR PARA AEROTRIANGULAÇÃO

2.1 - PLANEJAMENTO

Sobre as fotografias aéreas na escala 1:8.000, obtidas no mês de julho de 1995 pela empresa Aeroimagem Aerofotogrametria S.A., foi definido o limite da área de restituição e as posições mais adequadas dos pontos de apoio suplementar necessários ao ajuste da aerotriangulação, que sob visão estereoscópica puderam ser dispostos em detalhes perfeitamente fotoidentificáveis, com espaçamento não superior a 4 bases fotográficas na periferia e interior dos blocos.

Nesta fase, também, foram obtidas informações a respeito dos vértices e referências de nível do Sistema Cartográfico Nacional, existentes na área objeto e suas proximidades.

Determinadas as posições dos pontos, as fotografias foram encaminhadas para as equipes de campo para reconhecimento e identificação no local.

2.2 - RECONHECIMENTO

Iniciaram-se os trabalhos de campo com o reconhecimento dos vértices e referências de nível do Sistema Cartográfico Nacional, tendo sido definidos como mais adequados para as amarrações planimétricas os vértices Biguaçu e Kugat da Rede de Triangulação de 1ª Ordem do IBGE, e para as amarrações altimétricas as referências de nível 2063-V, 2005-A, 2007-B, 2063-T e 5-N do IBGE.

Nesta etapa foram reconhecidos e identificados, também, os pontos de apoio suplementar (HV), e elaborados os croquis (*overlays*) representando as suas exatas posições.

2.3 - MEDIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para determinação das coordenadas dos pontos, foi adotada a metodologia de posicionamento geodésico por satélites do sistema Navstar - GPS, com rastreo simultâneo de diversos pontos, um ao menos com suas coordenadas já conhecidas, o que permite um ulterior ajuste pelo método dos mínimos quadrados das figuras geodésicas, estabelecendo-se assim, uma confiabilidade absoluta nos resultados pela multiplicidade de controle estabelecida. Cada lado das figuras geodésicas foi determinado pelo método estático, que consiste no rastreo simultâneo dos satélites visíveis (mínimo de quatro) por um período nunca inferior a uma hora, com intervalo de 20 segundos entre as observações e do uso do algoritmo da dupla diferença de fase.

Dos vértices Biguaçu e Kugat, do IBGE, foi determinado um ponto base de rastreo denominado "Base", utilizado para determinação dos vetores de posicionamento dos demais pontos levantados, localizado na caixa d'água do Hotel Kennedy em São José. O ponto foi materializado através de uma chapa de bronze incrustada no concreto da referida caixa d'água.

A poligonal ligando os pontos Biguaçu-Base-Kugat, teve o seguinte fechamento:

DELTA "N" = 0,729 m DELTA "E" = 0,394 m

DISTÂNCIA BIGUAÇU-BASE-KUGAT = 57.591 m

FECHAMENTO LINEAR POLIGONAL = 1:69.554

Nos levantamentos foram utilizados receptores GPS da marca ASHTECH, modelos M-XII e L-XII, todos com doze canais independentes, o que permite uma automação completa do rastreo, bem como a maximização da quantidade de observações, o que conduz a resultados com o máximo de confiabilidade, sem a possibilidade de perdas de dados.

Cada um dos vetores (lados das figuras geodésicas) foi calculado com a utilização do "software" PRISM, desenvolvido pela ASHTECH, que ajusta pelo Método dos Mínimos Quadrados, as observações de dupla-diferença de fase ao algoritmo do Método Estático, resultando, em virtude da abundância estabelecida, estatísticas confiáveis indicadoras da qualidade dos resultados.

Após o processamento dos vetores, ainda no campo, foram realizados os ajustamentos dos diversos quadriláteros geodésicos e as transformações de sistemas geodésicos (WGS-84 para SAD-69), através do software desenvolvido pelo Sr. José Bitencourt de Andrade-Ph.D. em Geodésia, denominado AJUSTGPS, onde as bases já calculadas são ajustadas às figuras geodésicas pelo Método dos Mínimos Quadrados, com injunções de posição nos pontos de coordenadas já conhecidas.

As saídas do ajustamento mencionado são as estatísticas indicadoras da confiabilidade dos resultados, como desvios padrão das coordenadas obtidas, "chi quadrado" calculado e variância da observação de peso unitário bem como a lista de resíduos que completa o conjunto de indicadores da qualidade dos serviços realizados.

Para fins de controle, estabelecimento das correções geoidais e determinação das altitudes ortométricas dos pontos, foram rastreadas as referências de nível 2063-V, 2005-A, 2007-B, 2063-T e 5-N da Rede Fundamental de Apoio do IBGE.

As altitudes obtidas pela tecnologia GPS são referidas ao elipsóide - altitudes geométricas. A precisão é a mesma do posicionamento planimétrico. Entretanto, torna-se necessário converter tais altitudes geométricas para o sistema de altitudes ortométricas do Sistema Geodésico Brasileiro, sem perda de precisão.

São diversos os meios de confecção de mapas geoidais. Alguns conduzem a mapas geoidais absolutos e outros a mapas geoidais relativos. A diferença consiste em que os primeiros (mapas geoidais absolutos) oferecem as altitudes geoidais, enquanto que os segundos oferecem a inclinação do geóide ou as diferenças de altitudes geoidais.

Para o transporte de altitudes é necessário conhecer-se o desnível geoidal, como mostra a fórmula abaixo.

$$H_b = H_a + D_h - dN$$

onde, a diferença de altitude geométrica D_h é fornecida pela tecnologia GPS e a diferença de altitude geoidal dN pelo mapa geoidal relativo.

Para a obtenção do mapa geoidal relativo, foram rastreadas as referências de nível de primeira ordem citadas acima. As diferenças constituem-se nos desníveis geoidais, cuja precisão depende da precisão da altitude geométrica fornecida pelo GPS e da altitude ortométrica oferecida pela referência de nível.

As curvas de igual valor são interpoladas desses dados. As alturas geoidais variam, em média, de um metro em 100 km. Trata-se, portanto, de uma função de variação bastante lenta, o que permite uma interpolação de alta qualidade.

2.4 - Equipamento Utilizado

- 03 (três) receptores geodésicos marca ASHTECH, modelos M-XII e L-XII, com 12 canais independentes e frequências L1 e L2.

4. Diagrama unifilar utilizado nos COD

13.8 kV
DJ 102 04

SED
102

RCD-03
RCD-04

200
336.4 MCM

BR = 101

60
6CU
45

40

RCD-03
RCD-04

NA
1233

RCD - 08
336.4MCM

VIADUTO SHOPPING



Celesc
SPOD/UAO

SE

SE - ROCADO

ORGÃO
SPOD/UAO

FOLHA
UNICA

PROJETISTA
VILENE

DATA
MARCO/97

DESENHISTA
VILENE

ESCALA
LIVRE

RCD - 04

"Para a vida,
as portas não são obstáculos,
mas diferentes passagens..."

(Içami Giba)