

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

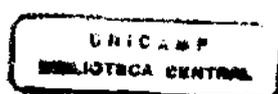
**SISTEMATIZAÇÃO PARA A GESTÃO DE
ABASTECIMENTOS URBANOS DE ÁGUA
COM O AUXÍLIO DO SIG**

Oswaldo Buzolin Júnior

Campinas, SP

2001

i



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**SISTEMATIZAÇÃO PARA A GESTÃO DE
ABASTECIMENTOS URBANOS DE ÁGUA
COM O AUXÍLIO DO SIG**

Oswaldo Buzolin Júnior

Orientador: Prof. Dr. Edevar Luvizotto Júnior

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação/tese.	
	23 04 101
Prof. Dr.	
Matrícula:	201570

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Recursos Hídricos.

Campinas, SP

2001

iii

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B989s Buzolin Júnior, Oswaldo
Sistematização para a gestão de abastecimentos
urbanos de água com o auxílio do SIG / Oswaldo
Buzolin Júnior. --Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Edevar Luvizotto Júnior.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

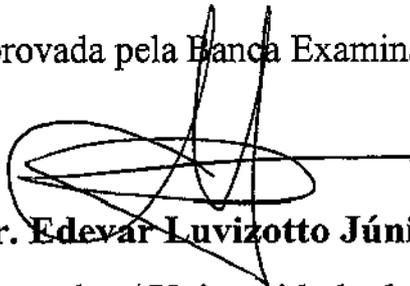
1. Sistemas de informação geográfica. 2.
Abastecimento de água. I. Luvizotto Júnior, Edevar. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**SISTEMATIZAÇÃO PARA A GESTÃO DE ABASTECIMENTOS
URBANOS DE ÁGUA COM O AUXÍLIO DO SIG**

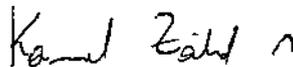
Oswaldo Buzolin Júnior

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Edevar Luvizotto Júnior

Presidente e Orientador / Universidade de Campinas



Prof. Dr. Kamel Zahed Filho

Universidade de São Paulo



Prof.ª D.ª Maria Teresa Françoso

Universidade de Campinas

Campinas, 19 de fevereiro de 2001.

Dedicatória

A minha querida esposa, a quem tudo devo, principalmente pelo incentivo, apoio, paciência e compreensão, dando-me condições para atingir mais este estágio na esfera pessoal e profissional.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Edevar Luvizotto Júnior, orientador e amigo, pela proposta do tema, pela orientação, incentivo, paciência, dedicação e, principalmente, pelo seu idealismo em criar e desenvolver uma tecnologia que possibilitou a elaboração deste trabalho e que ainda permitirá, com certeza, a criação de muitos outros.

Aos meus Pais que sempre me valorizaram e me deram suporte para atingir esse nível.

Ao amigo e físico Alcides Derossi, pelo empenho e determinação em fazer com eu pudesse compreender melhor a matemática.

Aos Amigos, Professores e Funcionários da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, pela amizade e colaboração.

Aos Amigos da Secretaria Municipal de Economia e Planejamento da Prefeitura Municipal de Araras, pelo apoio e incentivo.

“ O saber não está na ciência alheia que se absorve, mas, principalmente, nas idéias próprias, que se geram dos conhecimentos absorvidos, mediante a transmutação por que passam no espírito que os assimila. ”

(Rui Barbosa)

Sumário

	página
Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xix
Lista de Símbolos	xxi
Lista de Abreviaturas	xxiii
Resumo	xxv
1 Introdução	1
2 Objetivos	5
3 Fundamentação	7
3.1 Sistemas de Informação	7
3.2 Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	9
3.2.1 Componentes do SIG	10
3.2.2 Modelos para representação do espaço	12
3.2.2.1 O modelo Raster	12
3.2.2.2 O modelo Raster - Quadtree	14
3.2.2.3. O modelo Vetorial	16
3.2.3 Estrutura da base de dados geográfica	17
3.2.3.1 Base de dados Raster	18
3.2.3.2 Estrutura hierárquica	18
3.2.3.3 Estrutura de rede	18
3.2.3.4 Estrutura relacional	19
3.2.3.5 Estrutura orientada a objetos	19
3.2.4 Entrada de dados geográficos (Geocodificação)	21

3.2.5 Aspectos da modelação de dados espaciais (Vetorial)	21
3.3 Fundamentos do Banco de Dados	22
3.3.1 Tabelas	22
3.3.2 Registros	22
3.3.3 Consultas	23
3.3.4 Banco de dados independente x compartilhado	23
3.3.4.1 Banco de dados independente	23
3.3.4.2 Banco de dados compartilhado	23
4 Revisão Bibliográfica	25
4.1 O SIG nos Municípios	25
4.1.1 Prefeitura Municipal de Curitiba	26
4.1.2 Prefeitura Municipal de Joinville	27
4.1.3 Prefeitura Municipal de Goiânia	28
4.1.4 Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro	29
4.1.5 Prefeitura Municipal de Salvador	30
4.1.6 Prefeitura Municipal de Jundiaí	31
4.1.7 Prefeitura Municipal de Betim	32
4.1.8 Prefeitura Municipal de Nova Odessa	34
4.1.9 SIG em Santo André e no departamento de água, esgoto e meio ambiente	34
4.1.10 SIG nos Municípios de Médio porte no Estado de São Paulo	36
4.2 O SIG nas companhias de Energia Elétrica	37
4.2.1 Experiência da ELETROPAULO com GIS	37
4.2.2 Projeto Gemini - CEMIG	38
4.3 O SIG nas companhias de Saneamento	39
4.3.1 Companhia de Saneamento do Paraná – Projeto Piloto	39
4.3.2 SIG no departamento de água e esgoto de São Caetano do Sul	41
4.3.3 Empresa de Água e Saneamento de Assunção do Paraguai	42
4.3.4 A Experiência do sistema de Honolulu	44
5 Materiais e Métodos	49
5.1 SPERTS	50
5.1.1 Modelação topológica e matemática	51

5.1.2 Programa desenvolvido	57
5.2. SIG - SPRING 3.3	63
5.2.1 Banco de Dados	63
5.2.2 Projetos	65
5.2.3 Modelo de Dados	66
6 Sistematização	69
6.1 Classificação das Áreas	70
6.1.1 Administrativa	71
6.1.2 Financeira	71
6.1.3 Técnica	72
6.1.4 Simulação	73
6.1.5 Automação	74
6.2 Tráfego de Informações	76
7 Conclusão	91
Anexos	93
Referências Bibliográficas	107
Abstract	113

Lista de Figuras

	página
3.1 - Sistemas componentes de um SIG	11
3.2 - Modelo Raster	13
3.3 - Modelo Raster - Quadtree	15
3.4 - Modelo Vetorial	16
3.5 - Estruturas de dados	20
5.1 - Modelação topológica de uma rede de condutos forçados	52
5.2 - Malha de cálculo	53
5.3 - Esquema de um Nó genérico	54
5.4 - Representação esquemática de um elemento não tubo	54
5.5 - Entrada da topologia	58
5.6 - Tabela com os dados dos elementos	58
5.7 - Curvas Neutra de Demanda	59
5.8 - Curvas de demandas	59
5.9 - Tabela de regras operacionais de uma bomba	60
5.10 - Níveis de pressão na rede	60
5.11 - Zonas de pressão na rede	61
5.12 - Resultado de um elemento em dado período	61
5.13 - Evolução da vazão em um dado tubo	62
5.14- Relatório de simulação	62
5.15 - Bancos de dados do SPRING	64
5.16 - Projeto do SPRING	66
5.17 - Modelo de dados do SPRING	68
6.1 - Telemetria a montante da Elevatória Norte da SANASA - Campinas-SP	75

6.2 -	Telecontrole de válvula a montante da Elevatória Norte da SANASA - Campinas-SP .	76
6.3 -	Legenda das figuras 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8	77
6.4 -	Fluxograma do tráfego de informações	78
6.5 -	Trecho 01 do fluxograma	80
6.6 -	Trecho 02 do fluxograma	82
6.7 -	Trecho 03 do fluxograma	85
6.8 -	Trecho 04 do fluxograma	88

Lista de Tabelas

	página
6.1 - Núcleos de informação e ações decorrentes da sistematização 01	89
6.2 - Núcleos de informações e ações decorrentes da sistematização 02	90
8.1 - Proprietários	94
8.2 - Lotes	94
8.3 - Ptos_Consumo	95
8.4 - Fornecedores	96
8.5 - Reclamações	96
8.6 - Ações	97
8.7 - Empresas	97
8.8 - Funcionários	98
8.9 - Leituras	98
8.10 - Topologia	99
8.11 - Nós	99
8.12 - Válvulas	99
8.13 - Bombas	100
8.14 - Tubulações	101
8.15 - Reservatórios	101
8.16 - Acessórios	102
8.17 - Roteiros	103
8.18 - Curvas_de_Consumo	104
8.19 - Resultados_Nós	105
8.20 - Resultados_Válvulas	105
8.21 - Resultados_Bombas	105
8.22 - Resultados_Tubos	106
8.23 - Resultados_Reservatórios	106

Lista de Símbolos

ϕ (Q_{PE})	Função da Vazão no Instante ($t + \Delta t$) (m).
Δt	Intervalo de Tempo
Δx	Espaço de Discretização da Malha de Cálculo (m).
A	Área da Seção Transversal do Tubo (m^2).
a	Celeridade (m/s).
B	Impedância (s/m^2).
B_A	Coefficiente Associado a Reta Característica Positiva (s/m^2).
B_B	Coefficiente Associado a Reta Característica Negativa (s/m^2).
B_E	Coefficiente Associado a Curva Característica da Bomba (s/m^2).
B_N	Constante Associada ao Nó (m^2/s).
B_{N1}	Variável Associada ao Nó de Montante (m^2/s).
B_{N2}	Variável Associada ao Nó de Jusante (m^2/s).
C_A	Coefficiente Associado a Reta Positiva (m).
C_B	Coefficiente Associado a Reta Negativa (m).
D	Diâmetro do Tubo (m).
$D(t)$	Demanda Variável no Tempo (m^3/s).
E_E	Variável Associada ao Elemento (m).
E_N	Variável Associada ao Cálculo do Nó (m^3/s).
E_{N1}	Variável Associada ao Cálculo do Nó de Montante (m^3/s).
E_{N2}	Variável Associada ao Cálculo do Nó de Jusante (m^3/s).
F (Q_{PE})	Função da Vazão no Instante ($t + \Delta t$) (m).
f	Fator de Atrito da Fórmula Universal de Perda de Carga Distribuída (Adimensional).
F	Variável para Solução de Equação de Segundo Grau (m^3/s).

f_i	Fator de Atrito Fictício (Adimensional).
g	Aceleração da Gravidade (m/s^2).
G	Variável para Solução de Equação de Segundo Grau (m^6/s^2).
H	Carga (m)
H_A	Carga no Ponto A da Malha de Cálculo no Instante (t) (m).
H_B	Carga no Ponto B da Malha de Cálculo no Instante (t) (m).
H_P	Carga no Ponto P da Malha de Cálculo no Instante (t + Δt) (m).
H_{P1}	Carga no Nó de Montante de um Elemento no Instante (t + Δt) (m).
H_{P2}	Carga no Nó de Jusante de um Elemento no Instante (t + Δt) (m).
H_{PE}	Diferença de Carga entre os Nós de Montante e Jusante (m).
I	Identificação do Elemento
K	Coeficiente que representa o grau de fechamento da Válvula
L	Comprimento (m)
L_i	Comprimento Fictício (m).
L_o	Comprimento Original da Tubulação (m).
N_1	Nó de Montante.
N_2	Nó de Jusante.
Q	Vazão (m^3/s).
Q_A	Vazão no Ponto A (m^3/s).
Q_B	Vazão no Ponto B (m^3/s).
Q_P	Vazão no Ponto P (m^3/s).
Q_{PE}	Vazão pelo ENO não Tubo no Instante (t + Δt) (m^3/s).
R	Resistência (s^2/m^5).
T	Tempo (s)
T	Tipo de Elemento
TC	Tubos Convergentes
TD	Tubos Divergentes

Lista de Abreviaturas

ENO	Elemento da Rede (tubo, reservatório, bomba e válvula)
AM	Automated Mapping
AWWA	American Water Works Association
CAD	Computer Aided Design
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CIS	Customer Information System
CODOPE	Sistema de Codificação Operacional
COMDATA	Companhia de Processamento de Dados do Município de Goiânia
CONDER	Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CORPOSANA	Corporación de Obras Sanitarias
DSS	Decision Support System
EIS	Executive Information System
FEC	Faculdade de Engenharia Civil
FM	Facilities Management
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
HBWS	Honolulu Board of Water Supply
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPLAN	Instituto de Planejamento Municipal
IPLANRIO	Empresa Municipal de Informática e Planejamento S.A.

IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
LIMS	Laboratory Information Management System
MIS	Management Information System
MMS	Maintenance Mangement System
MNT	Modelo Numérico de Terreno
PI	Plano de Informação
RMS	Região Metropolitana de Salvador
SAD 69	South American Datum of 1969
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SGBDR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional
SGC	Sistema de Gerenciamento Comercial
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGGO	Sistema de Informação Geográfica de Goiânia
SIGRADE	Sistema de Informações Geográficas para a Gestão de Redes
SIM	Sistema de Informações Metropolitanas
SPERTS	Simulador de Regime Permanente, Transitório e Oscilatório
SPRING	Sistema de Processamento de Informação Geográfica
TCU	Tribunal de Contas da União
TELEPAR	Telecomunicações do Paraná S.A.
UDMF	Unidade Docente de Mecânica de Flúidos - Valencia - Espanha
UEP	Unidade Espacial de Planejamento
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System

Resumo

BUZOLIN JÚNIOR, OSWALDO. SISTEMATIZAÇÃO PARA A GESTÃO DE ABASTECIMENTOS URBANOS DE ÁGUA COM O AUXÍLIO DO SIG (SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA). Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 113p. Dissertação de Mestrado.

A gestão eficiente de sistemas urbanos de abastecimento de água fundamenta-se no manuseio de grande quantidade de informações disponíveis sob várias mídias. Os Sistemas de Informações Geográficas são uma forma eficaz de interligar estas informações a uma base espacial (geo-referenciada), tornando-os uma ferramenta desejável dentro de uma gestão moderna. A presente investigação objetiva o desenvolvimento de uma sistemática de implantação do SIG a sistemas de abastecimento de água em cidades de pequeno e médio porte, associando-o a um modelo hidráulico de simulação (SPERTS). Tal acoplamento, objetiva a criação de uma ferramenta de baixo custo, para análises gerenciais com objetivos de planejamento, definição de regras de operação, programa de redução de perdas e redução de custos operacionais inerentes à exploração do sistema.

Palavras-chave: SIG – Gestão – Abastecimento – Água

1 Introdução

Com base nas visitas efetuadas em diversos sistemas públicos de abastecimento de água de cidades de pequeno e médio porte das regiões interioranas do Estado de São Paulo, foi possível concluir que, essas apresentam aspectos de semelhanças. Dentre estas semelhanças podem ser destacadas algumas de notória relevância dentro da proposição deste trabalho:

- Restrição de matéria-prima - existem, na maioria dos abastecimentos, dificuldades naturais no atendimento das demandas crescentes, por restrição natural das fontes de água bruta, seja por déficit de quantidade, seja pela má qualidade (contaminação das fontes por municípios vizinhos ou pela própria municipalidade).
- Escassez de recursos financeiros – diante da crise econômica nacional e internacional, a disponibilidade de recursos financeiros para os sistemas de abastecimento de água é baixa, priorizando os poucos recursos destinados, via de regra, a situações de emergência, o que compromete, de alguma forma, as políticas de planejamento de médio e longo prazo, bem como a manutenção preventiva da rede e seus acessórios e investimentos em programas de modernização da empresa. Regras operacionais planejadas devem ter como objetivo a minimização de operações de manutenção e a redução dos custos operacionais (energia elétrica).
- A descontinuidade administrativa - um dos aspectos mais desastrosos para a manutenção de programas de gestão nos sistemas de abastecimentos de água é a mudança contínua do indivíduo que toma as decisões na empresa devido a aspectos políticos (rotatividade nos cargos de confiança). Ora, isso, além de dificultar os movimentos da empresa, acaba impedindo a formação de um acervo histórico. A substituição de elementos-chave dentro do quadro de pessoal da companhia implica muitas vezes na perda quase completa de sua memória. (Neste ponto, deve ser

ressaltado que este aspecto é decorrente de uma má gestão e que sem dúvida seria minimizado com a aplicação adequada de recursos modernos).

- Baixa reciclagem do corpo técnico - observa-se nas pequenas empresas de abastecimento o surgimento de 'super-técnicos', elementos responsáveis por um grande número de atividades (manutenção, operação, controle, planejamento, etc.). Este engenheiro (normalmente é esse o cargo em questão), com uma formação básica, vê-se diante de problemas complexos, que exigiriam a ampliação de seus conhecimentos. Com dificuldades de tempo e pouca tranqüilidade para sua reciclagem, o profissional acaba caindo, no mais das vezes, na obsolescência e em baixa eficiência. Como resultado, as companhias são alvos fáceis para empresas e consultores que apresentam soluções milagrosas para os 'aparentemente insolúveis' problemas de seu cotidiano.

Diante do panorama delineado, constata-se que grande parte das empresas de abastecimento apresenta deficiência no cumprimento de suas funções básicas. São notórios os altos índices de perdas (fugas), a baixa qualidade dos serviços prestados à população e as dificuldades de planejamento a médio e longo prazo, sem contar o fato de, muitas vezes, os recursos financeiros não serem satisfatoriamente alocados.

É bem verdade que a gestão de sistemas de abastecimento de água envolve o manuseio de grande quantidade de informações que provêm de fontes de distinta natureza. Estas informações tradicionalmente são disponibilizadas ao gestor sob diversas formas, tais como: planilhas, banco de dados, mapas cartográficos e plantas de projeto. Uma gestão eficiente fundamenta-se em transformar em ações eficazes as decisões tomadas a partir do conjunto de informações de que se dispõe acerca de uma dada proposição. Tal pressuposto torna evidente a necessidade de inter-relacionar as diversas informações disponibilizadas para uma análise conjunta das interferências.

Os **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)** são uma forma eficaz de interligar estas informações a uma base espacial. Tais sistemas permitem não somente relacionar dados de caráter geográfico (ou espacial) a dados alfanuméricos, como também atualizar estes dados de uma maneira simples através de uma interface gráfica amigável (na maior parte das vezes).

Dentro do gerenciamento global de um sistema de abastecimento de água, baseado em um SIG (TASAKIRIS e SALAHORIS, 1992 e CABRERA e GARCÍA, 1997), encontram-se áreas de atividade específicas que manejam diferentes informações da base geo-referenciada, tais como: sistema de informação de clientes, projetos e planejamento, operação e manutenção do sistema hidráulico (redes e dispositivos), gerência de infra-estrutura, controle de fugas e gerência administrativa. O conjunto geral destas informações disponibilizadas ao gestor permite as ações locais e globais de gerência do sistema.

Embora o SIG por si só já seja uma ferramenta de gestão fundamental, sozinho não consegue resolver uma série de problemas operacionais relevantes, como partida e parada de bombas nas adutoras, manobra das válvulas, dentre outros procedimentos, visando atender a compromissos fundamentais como a atenção às necessidades de demanda, a redução dos custos operacionais, as manobras de manutenção.

A solução de tais problemas operacionais é usualmente feita, nas etapas de seu planejamento, através de modelos de simulação e otimização (como se observa na literatura). Via de regra, o modelo de simulação e o SIG trabalham de forma quase que independente, gerando uma duplicidade de informação e de alocação de recursos. Neste sentido, o presente trabalho visa a uma sistematização para o acoplamento das duas ferramentas, permitindo a elaboração de um 'pacote' que permita a gestão global do sistema.

Para viabilizar tal proposição, partiu-se de dois programas de desenvolvimento nacional: o SPRING, que é um programa de SIG desenvolvido e disponibilizado pelo INPE e o SPERTS, que se define como um modelo matemático de simulação. (LUVIZOTTO JR, 1995). A escolha de tais aplicativos se baseia no fato de apresentarem uma certa abertura em suas arquiteturas, o que facilita o intercâmbio de informações, além de ter um 'custo zero' para sua aquisição.

O SPERTS é um simulador operacional de redes de abastecimento que vem sendo desenvolvido na Faculdade de Engenharia Civil -FEC- da UNICAMP. Tal simulador apresenta precisão futura de acoplamento de dois módulos (em fase de desenvolvimento): calibração e

detecção de fugas. Vislumbrando já o sucesso de tais possibilidades, resolve-se incorporar nesta sistemática tais módulos, além dos módulos relacionados de telemedida e telecomando.

Assim, o trabalho desenvolvido visa o estudo do acoplamento e o fluxo de informação entre as várias partes citadas, traduzindo no que se denomina sistematização, entendida neste trabalho como o estudo primeiro e fundamental para a implantação de uma ferramenta como a proposta

Tratando-se de um trabalho inicial, dentro da linha de pesquisa da gestão de sistemas de abastecimento, foi organizado com o objetivo de fornecer conceitos básicos para o engenheiro hidráulico, justificando as futuras implementações decorrentes da sistemática. Objetiva também com os conceitos apresentados, dar uma introdução acerca do tema a engenheiros que compõe o corpo técnico dos pequenos e médios abastecimentos Brasileiros, desta forma o trabalho foi organizado, na seqüência deste capítulo introdutório, num capítulo de objetivos que nortearam o desenvolvimento desta dissertação, num capítulo de Fundamentação em que são descritos aspectos fundamentais do SIG, num capítulo de Revisão Bibliográfica que descreve as experiências de algumas prefeituras, empresas fornecedoras de energia elétrica e empresas de abastecimento de água, e num capítulo denominado de Sistematização que descreve o tráfego de informações e a sistemática de funcionamento do fluxograma proposto.

2 Objetivos

O objetivo do trabalho desenvolvido foi o estudo da sistemática de implantação de uma ferramenta de gestão que se baseia no acoplamento de um SIG, e um modelo matemático de simulação hidráulica, visando auxiliar a gerência dos sistemas de abastecimento de água, principalmente os de pequeno e médio porte, enquanto atende seus objetivos fundamentais, em especial o atendimento das necessidades de consumo, através de sua exploração racional. Para a realização deste acoplamento, é necessário que a estrutura do banco de dados seja elaborado com base nos arquivos do simulador e do SIG. Desta forma a estrutura apresentada na sistematização se baseou em um SIG, de domínio público, o SPRING, e em um modelo matemático de simulação hidráulica, denominado SPERTS.

Os objetivos delineados nasceram em visitas a sistemas de abastecimento do estado de São Paulo e à consulta em literatura especializada, que relata experiências e tendências mundiais neste setor, diante da necessidade observada de uma ferramenta desta natureza.

3 Fundamentação

3.1 Sistemas de Informação

No mundo atual a informação é o ‘motor’ das atividades humanas. Quase todas as indústrias ou instituições de pequeno ou médio porte despendem grande quantidade de horas de trabalho de seu pessoal para gerar, organizar ou transmitir petições, respostas, relatórios, instruções, eventos enfim que fundamentalmente representam as diferentes modalidades de informação.

Nas empresas de abastecimento de água, talvez, mais do que a água, a informação seja a matéria-prima com que trabalham a maioria de seus empregados. Este fato decorre naturalmente de suas obrigações de rotina, tais como:

- Evitar e prevenir riscos e emergências ou resolvê-los quando ocorrem.
- Manter a qualidade do serviço, ao menos no nível a que o público está acostumado (LUVIZOTTO JR., KOELLE e ANDRADE, 1997).
- Observar que os recursos econômicos e humanos sejam utilizados eficazmente.
- Resolver problemas evidentes.
- Obter melhores benefícios econômicos (na tentativa de minorar perdas ou custos) (AWWA, 1994 - CORTEZ e UCHOA, 1997).
- Prever e planejar obras de expansão.
- Utilizar e conservar em boas condições as instalações e equipamentos.
- Atualizar o cadastro de usuários, redes e informações importantes.

Para atender a estas obrigações são elaborados sistemas de informação que devem reunir algumas características e qualidades. Bom lembrar que um conjunto de dados como, por exemplo, milhares de resultados de micromedição, em alguns setores não é uma informação. Para se tornar informação o dado deve estar ordenado, classificado e referenciado, permitindo identificar situações extremas (melhores e piores eventos), suas causas, além de tornar possíveis medidas preventivas ou outras decisões. Em suma, a informação deve ser completa, pertinente e responder a quem queira, o que deseja saber.

Neste particular, entre as principais características de um sistema de informação devem estar presentes os seguintes quesitos: a clareza em seus objetivos, a precisão na definição de suas funções, a responsabilidade e os direitos dos provedores e usuários. Deve ainda observar a disposição de regras de validação e de filtragem de dados, bem como sua interação com os usuários, proporcionando a geração de melhor conhecimento com base em critérios de custos razoáveis e de adequada flexibilidade.

Um sistema de informação deve possibilitar e facilitar que se cumpra o ciclo:

Instrumentação => monitoração => dados => informação => conhecimento => ação

Ademais, deve-se atingir um custo razoável (entendendo-se por razoável o montante que resulte em valores inferiores ao benefício que se obtenha ou que potencialmente venha a se obter deste esforço no futuro.) (RODRIGUEZ, 1997).

Nos últimos anos, com o avanço da informática, foram numerosos os desenvolvimentos de sistemas de informação para o apoio às decisões e controle de operações de gestão. No caso do abastecimento de água, destacam-se segundo RODRIGUEZ, 1997:

- MIS (Management Information System) - *Sistema de Informação Gerencial*
- DSS (Decision Support System) – *Sistema de Apoio a decisões*
- EIS (Executive Information System) – *Sistema de Informação para Executivos*
- GIS (Geographic Information System) – *Sistema de Informação Geográfica* – provê os dados, mapas e as interrelações para as várias aplicações.

- LIMS (Laboratory Information Management System) – *Sistema Administrador de Dados de Laboratório* – Acompanha e registra os parâmetros de qualidade da água para o processo de tratamento de água bruta e para o sistema de distribuição.
- CIS (Customer Information System) - *Sistema de Informação de Usuários* – Base de dados de faturamento. Acompanha a situação dos usuários, instalações, consumo e receitas.
- SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – *Controle Supervisor e Obtenção de dados* - Controla e adquire dados, como: níveis de água nos reservatórios, as pressões e as vazões, do sistema de distribuição.
- MMS (Maintenance Management System) – Sistema de Gerenciamento de Manutenções – Programa e acompanha os trabalhos de manutenção e reparo nas instalações, incluindo o gerenciamento de materiais.

3.2 O Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Um SIG pode ser definido como *“um sistema composto por hardware, software, pessoas e procedimentos projetados para realizar uma eficiente captura, armazenagem, atualização, manipulação, análise, modelagem e exibição de dados geograficamente referenciados para solução de diferentes tipos de problemas.”*

De maneira simples, pode-se dizer que o SIG é um sistema baseado em computador, que armazena e processa dados que descrevem lugares e eventos sobre a superfície da Terra (LOVATO et al., 1992).

Os Sistemas de Informações Geográficas devem representar o maior número possível de tipos de dados. Os principais são: mapas temáticos, mapas cadastrais, redes, imagens de satélites (sensoriamento remoto) e aerofotogrametria, além dos modelos numéricos de terreno (MNT). Conforme CÂMARA e MEDEIROS (1998), os mapas temáticos são aqueles que descrevem de forma qualitativa a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, diferentemente dos mapas

cadastrais que se distinguem destes, no sentido de que cada elemento é considerado como um objeto geográfico, possuindo atributos não gráficos (gerenciados por bancos de dados).

Os mesmos autores caracterizam os dados *tipo rede* como aqueles que se inter-relacionam através de uma topologia devidamente estruturada de forma a estabelecer uma malha entre os elementos. Os dados *tipo imagens* são aqueles onde cada elemento de imagem (pixel) tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida e são armazenados como matrizes. Quanto ao termo *modelo numérico do terreno*, **CÂMARA e MEDEIROS (1998)**, inferem que o mesmo é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço.

Os 'softwares' de aplicação SIG, embora façam uso de ferramentas computacionais como banco de dados, CAD's e programas de automação cartográfica, não devem ser confundidos com tais. Um software só pode ser considerado um aplicativo SIG se ele for capaz de:

- Realizar operações espaciais através da base de dados;
- Organizar e manipular as relações topológicas entre as feições representadas no mapa;
- Ligar um conjunto de dados diferentes, utilizando a localização geográfica como chave de ligação.

Também é possível entender o SIG como uma filosofia de gestão. Neste caso trata-se de uma forma de tomar decisões dentro de uma organização, baseando-se na informação que se maneja de maneira centralizada e que está ordenada em função de sua localização geográfica.

3.2.1 Componentes do SIG

Um SIG, como anteriormente definido, é composto por diferentes subsistemas para o tratamento da informação geográfica. Conforme ilustrado na Figura 3.1 **BUZAI e DURÁN (1997)** classificam estes subsistemas como os componentes do SIG:

- **Armazenamento e organização de dados espaciais gráficos:** digitalização vetorial como procedimento manual (uso de mesa digitalizadora), digitalização raster automática (uso de scanners) ou arquivo que provém diretamente dos sensores remotos.
- **Armazenamento e organização dos dados espaciais alfanuméricos:** estes dados, com a sua localização espacial explícita, organizam-se em arquivos computacionais e podem ser eficientemente recuperados para que se submetam a possível modificação, ampliação, tratamento estatístico ou para serem associados às correspondentes entidades gráficas geo-referenciadas.
- **Tratamento de dados:** utilização das ferramentas que o SIG apresenta para manipular o contido nos sistemas anteriores e realizar a partir deles procedimentos de análise espacial.
- **Relatório dos resultados:** relatórios obtidos através dos periféricos de saída (impressora, plotter, etc), das respostas obtidas mediante os procedimentos realizados com o subsistema anterior.

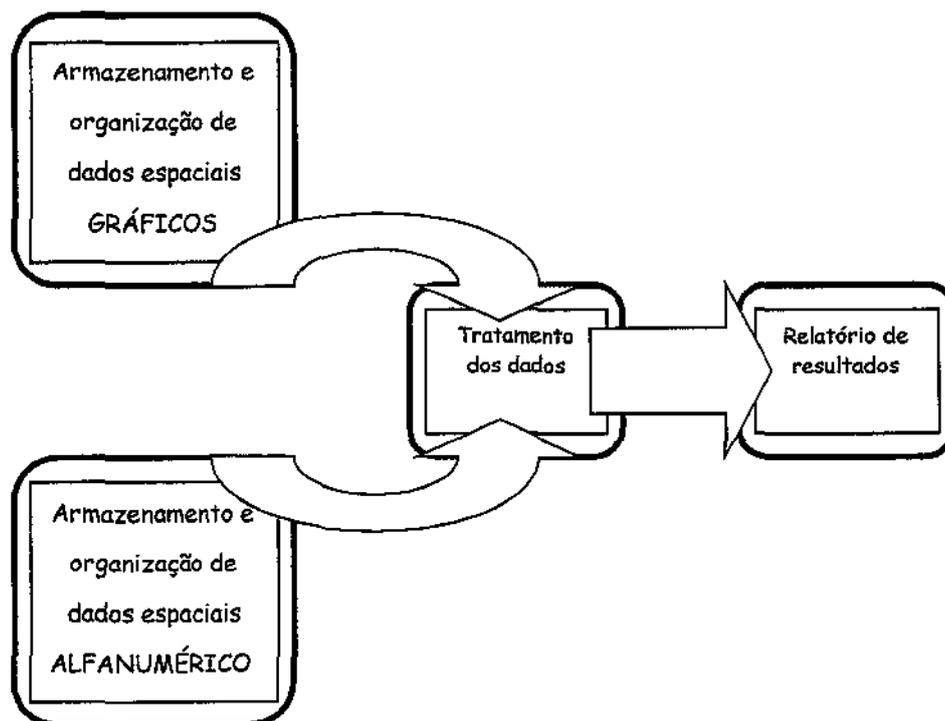


Figura 3.1 Sistemas componentes de um SIG

3.2.2 Modelos para representação do espaço

A representação do espaço geográfico utilizado pelo SIG pode ser feita basicamente através de dois modelos (CAVALIERI et al., 1997):

- Modelo Raster e Raster Quadtree
- Modelo Vetorial

No modelo Raster a representação do espaço geográfico é feita de maneira discreta, enquanto que no modelo vetorial a representação se faz de maneira contínua. Nos modelos discretos (Raster) é imposta uma divisão do espaço, mesmo que a informação seja homogênea em uma grande extensão. No modelo vetorial, ao contrário, é possível dividir o espaço unicamente de acordo com a quantidade de categorias ou unidades espaciais de representação que se queira utilizar.

3.2.2.1 O modelo Raster

A representação Raster é baseada em uma matriz quadriculada na qual cada um de seus elementos ou cada uma das células contém informações de sua localização espacial relativa, formando uma unidade mínima de resolução espacial ou “pixel”.

A informação sobre o espaço geográfico que contém cada “pixel” é numérica. O número contido no “pixel” constitui uma das características descritivas, a ser representada na composição cartográfica através de um grafismo ou de uma cor, de acordo com um padrão preestabelecido.

Desta maneira, o tratamento matricial de cada mapa oferece vários níveis de representação para uma mesma área de estudo, como esquematizado na figura 3.2.

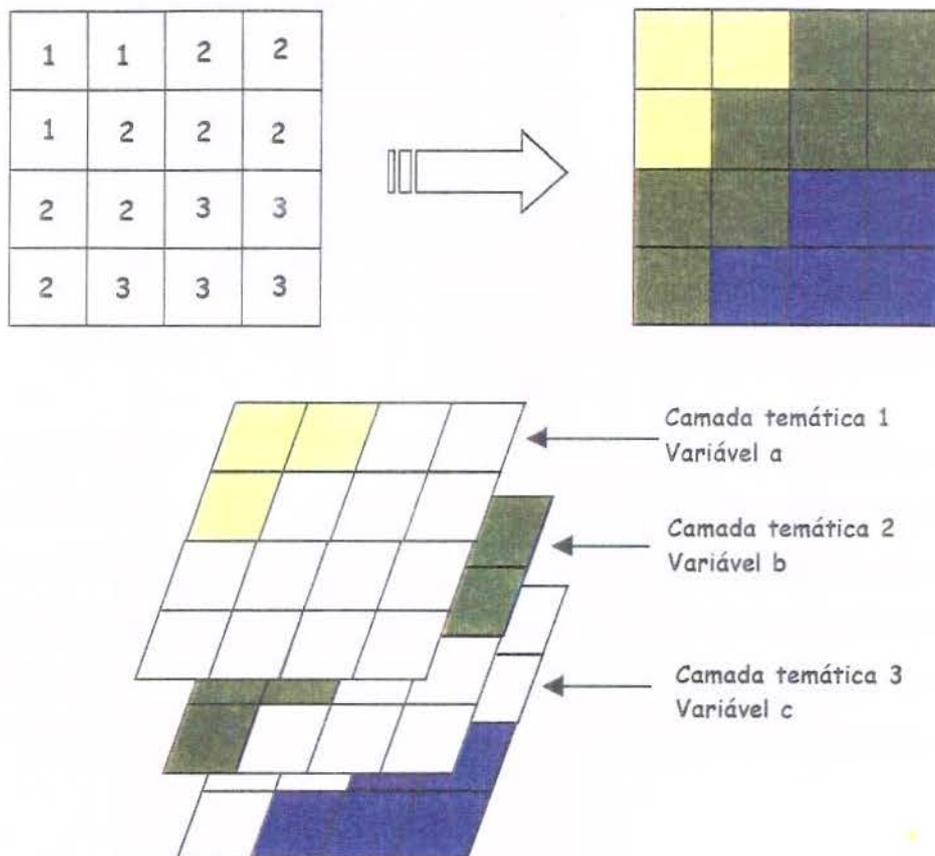


Figura 3.2 Modelo Raster

A análise da informação se efetua por superposição das distintas camadas temáticas ou grupo de 'células' que manifestam características especializadas similares. Por esta razão, é condição indispensável que cada uma das camadas temáticas seja representada com o mesmo tamanho de matriz, permitindo correlacionar corretamente os mesmos setores do espaço geográfico.

Como vantagens do modelo Raster pode-se citar:

- Tem estrutura simples.
- Apresenta operações de sobreposição facilmente implementáveis.
- É capaz de representar de maneira eficaz variabilidades espaciais.
- Permite operações matemáticas precisas.
- Possui tecnologia barata e bem desenvolvida.

Por outro lado, pesam como desvantagem contra o modelo Raster os seguintes aspectos:

- Necessita de muito espaço de memória de máquina.
- Possui dificuldade em representar relações topológicas.
- Consome muito tempo com operações, como transformação de projeções.

3.2.2.2 O modelo Raster -Quadtree

O modelo Quadtree é uma variante interessante do modelo Raster. Como este, divide o espaço geográfico de maneira discreta e é utilizado principalmente para implantação de variáveis que se espacializam de maneira superficial. A diferença substancial é que em uma única composição cartográfica, pode-se utilizar diferentes tamanhos de “pixel”. Naqueles lugares onde a homogeneidade “espacializada” de uma variável alcança uma grande extensão, utiliza-se de células maiores, mas onde as variações de categorias são muito pronunciadas serve-se de células menores.

O Quadtree é uma estrutura de dados baseada na decomposição regular da imagem em quadrantes e subquadrantes conforme ilustrado na figura 3.3. Esta estrutura divide hierarquicamente o espaço nos denominados níveis de quadtree. O nível 1 divide o espaço em quatro quadrantes. Se não existir homogeneidade entre os dados contidos em cada “célula”, passa-se ao nível 2 e cada um dos quatro quadrantes, no sentido do ponteiro do relógio, volta a se dividir.

Novamente se analisa a homogeneidade da informação nos subquadrantes surgidos e se passa ao nível 3, e o processo continua desta maneira até a sua finalização, que se produz quando se obtém a homogeneidade na informação de todos os subquadrantes ou quando se tenha alcançado um nível de resolução previamente definido.

Ao pedir os resultados é comum utilizar-se o nível 10, porque se assegura uma relação razoável entre resolução e tempo de realização, ainda que a cartografia final se realize com a máxima resolução, geralmente em nível 15.

Por outro lado, pesam como desvantagem contra o modelo Raster os seguintes aspectos:

- Necessita de muito espaço de memória de máquina.
- Possui dificuldade em representar relações topológicas.
- Consome muito tempo com operações, como transformação de projeções.

3.2.2.2 O modelo Raster -Quadtree

O modelo Quadtree é uma variante interessante do modelo Raster. Como este, divide o espaço geográfico de maneira discreta e é utilizado principalmente para implantação de variáveis que se espacializam de maneira superficial. A diferença substancial é que em uma única composição cartográfica, pode-se utilizar diferentes tamanhos de “pixel”. Naqueles lugares onde a homogeneidade “espacializada” de uma variável alcança uma grande extensão, utiliza-se de células maiores, mas onde as variações de categorias são muito pronunciadas serve-se de células menores.

O Quadtree é uma estrutura de dados baseada na decomposição regular da imagem em quadrantes e subquadrantes conforme ilustrado na figura 3.3. Esta estrutura divide hierarquicamente o espaço nos denominados níveis de quadtree. O nível 1 divide o espaço em quatro quadrantes. Se não existir homogeneidade entre os dados contidos em cada “célula”, passa-se ao nível 2 e cada um dos quatro quadrantes, no sentido do ponteiro do relógio, volta a se dividir.

Novamente se analisa a homogeneidade da informação nos subquadrantes surgidos e se passa ao nível 3, e o processo continua desta maneira até a sua finalização, que se produz quando se obtém a homogeneidade na informação de todos os subquadrantes ou quando se tenha alcançado um nível de resolução previamente definido.

Ao pedir os resultados é comum utilizar-se o nível 10, porque se assegura uma relação razoável entre resolução e tempo de realização, ainda que a cartografia final se realize com a máxima resolução, geralmente em nível 15.

A localização espacial de uma célula ou “pixel” de quadtree é um pouco mais complexa que a do modelo Raster, já que o mapa não tem uma quantidade fixa de linhas por colunas em todos os seus setores. Por tal motivo, sua localização computacional se realiza mediante a denominada “coordenada Morton”, que se obtém a partir das coordenadas de linha e coluna, intercalando os bits de suas representações binárias.

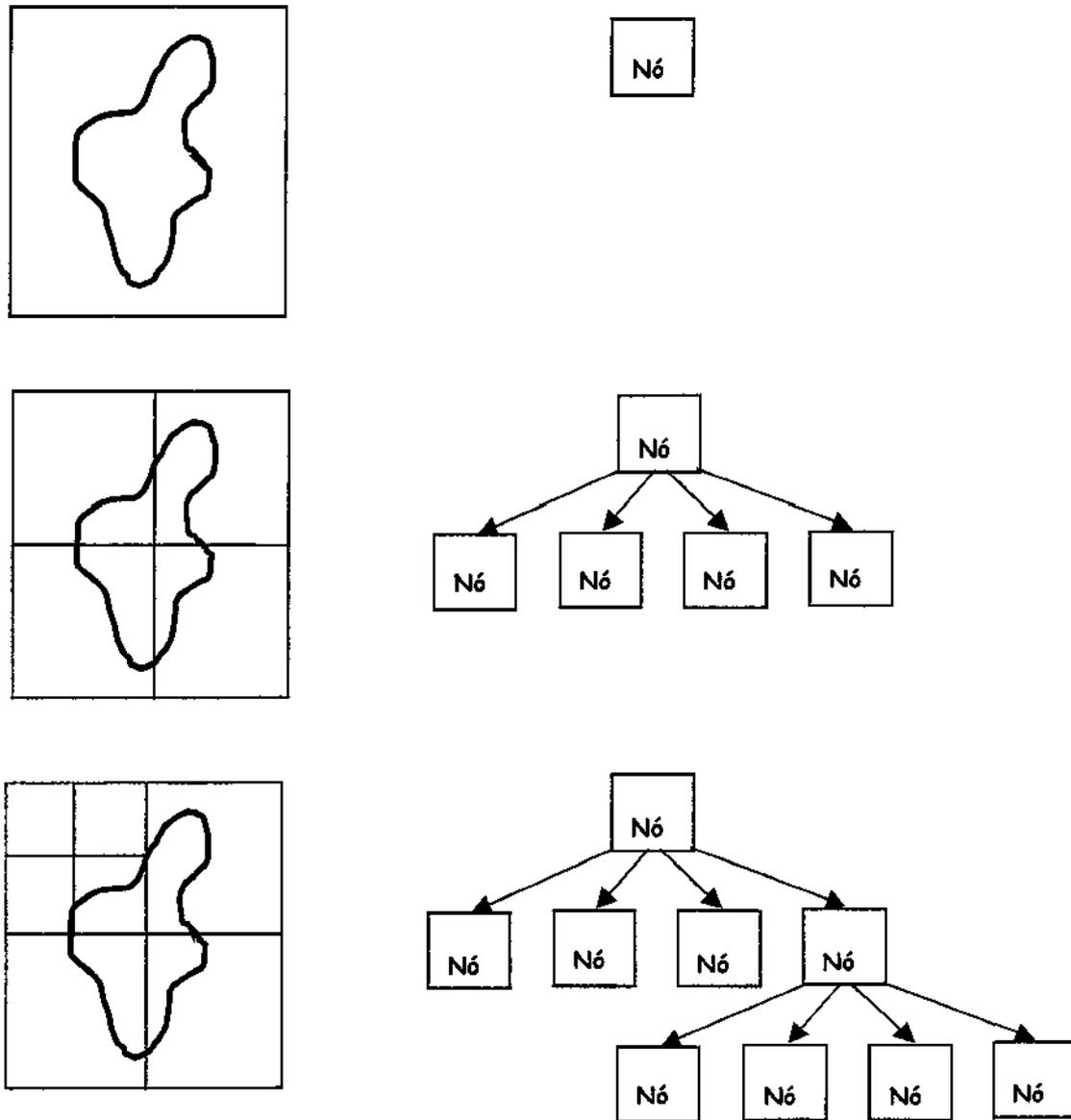


Figura 3.3 Modelo Raster - Quadtree

3.2.2.3. O modelo Vetorial

Diferente dos modelos descritos anteriormente, o modelo Vetorial opera representando o espaço geográfico de maneira contínua e se baseia nas entidades características de todo desenho cartográfico: o ponto, a linha e a área (figura 3.4).

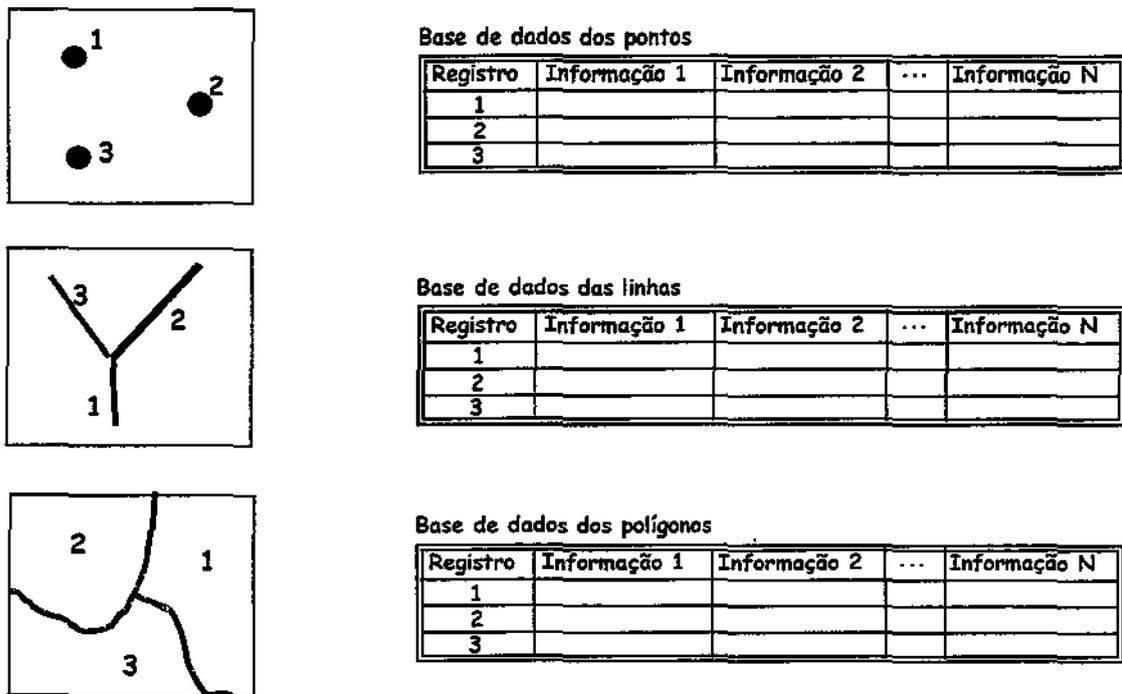


Figura 3.4 Modelo Vetorial

No modelo Vetorial utilizam-se, campos que contêm as informações espaciais e os registros representam a totalidade das unidades espaciais consideradas.

Esta representação permite um efetivo trabalho com pontos, arcos e polígonos, a que se associam bases de dados pontuais, lineares e áreas que contêm a informação alfanumérica de cada uma das entidades em questão.

Entre as principais vantagens da aplicação do modelo Vetorial destacam-se:

- Possui uma estrutura de dados completa.
- Possibilita uma codificação topológica eficaz, facilitando a análise de redes.
- É eficiente para representar gráficos que devam se aproximar das formas convencionais.
- Permite rapidez e eficiência na representação, generalização e atualização dos gráficos e atributos.

Por outro lado, as principais desvantagens do modelo Vetorial são:

- A estrutura de dados é complexa.
- As operações de superposição são difíceis de serem implementadas.
- A representação de variabilidade espacial é ineficaz.
- É uma tecnologia relativamente cara (programas e equipamentos).

3.2.3 Estrutura da base de dados geográfica

Conforme **BONHAM e CARTER (1994)**, uma base de dados geográfica difere, em parte, de uma base de dados convencional, já que contém a localização espacial de cada registro e uma tabela topológica guarda suas relações. Ademais disso, em uma base de dados geográfica, é possível associar a informação alfanumérica à gráfica.

Embora não seja importante para o usuário saber detalhes de como se ordenam e se armazenam os dados na memória do computador, alguns conceitos básicos ajudarão a entender melhor como trabalha o processo e quais as vantagens e desvantagens associadas ao sistema de gerência de base de dados empregado.

Sem dúvida, um dos aspectos mais importantes de qualquer sistema de base de dados é o de permitir acesso rápido às informações e às referências cruzadas. Com o crescimento do número de registro da base de dados, sua estrutura passa a desempenhar um papel de extrema relevância e isto pode ser observado nas estruturas de fluxo ilustradas e descritas na figura 3.5 .

3.2.3.1 Base de dados Raster

Uma base de dados Raster baseia-se numa numeração organizada em forma matricial de n linhas por m colunas. Cada um dos dados relacionados a cada posição da matriz se associa a um grafismo ou a uma cor, com o que é possível a reconstituição de um mapa raster da área de estudo.

Uma base de dados do tipo Raster é composta de múltiplas camadas que se superpõem para possibilitar a análise geográfica posterior.

3.2.3.2 Estrutura hierárquica

Neste tipo de estrutura existe uma hierarquia na forma de armazenamento dos dados, onde, por exemplo, os pontos são ligados às retas que, por sua vez, são ligadas aos polígonos, que estão ligados a um mapa topográfico.

Esta estrutura apresenta o inconveniente de que, uma vez estabelecido o modelo, não há como interligar novos pontos. Por outro lado, permite uma alta velocidade de acesso em grandes base de dados, ao mesmo tempo em que se trata de uma estrutura de fácil inclusão e atualização de novos dados em níveis inferiores.

3.2.3.3 Estrutura de rede

Ao contrário da estrutura hierárquica, a estrutura de rede permite a conexão entre dados (elementos) de diferentes níveis, mas não entre dados de mesmo nível.

O inconveniente maior da estrutura em rede é que só permite consultas que já tenham sido previamente estabelecidas.

3.2.3.4 Estrutura relacional

A estrutura relacional introduz o conceito de tabelas bidimensionais interligadas. Com esta estrutura, para se obter qualquer informação da base de dados, o usuário pode construir qualquer tipo de consulta utilizando os elementos-chave como critério de seleção.

O conceito de consulta é o ponto chave da estrutura relacional. No transcorrer de uma consulta particularmente complexa, o sistema que gerencia a base de dados é apto a criar enlaces e tabelas temporárias, tornando estas estruturas extremamente flexíveis a novas pesquisas.

3.2.3.5 Estrutura orientada a objetos

Geralmente a orientação a objetos é utilizada sem uma definição clara do que realmente faz. Uma das definições é que uma entidade, independente de sua estrutura e complexidade, pode ser representada de forma exata como um objeto, em contraste com as outras estruturas de dados onde uma entidade pode ser decomposta ao nível de tipos geográficos básicos. Esta definição inclui o fato de que o sistema de base de dados armazenará e manipulará os objetos tal como são e não como uma mera coleção de seus componentes.

As duas primeiras formas de estruturação foram bastante populares nas décadas de 70 e 80; nos dias atuais a estrutura mais empregada é a relacional. A estrutura orientada a objeto está em fase de desenvolvimento, sendo que uma forma aproximada da orientação a objeto aplicada sobre uma base de dados relacional vem ganhando popularidade.

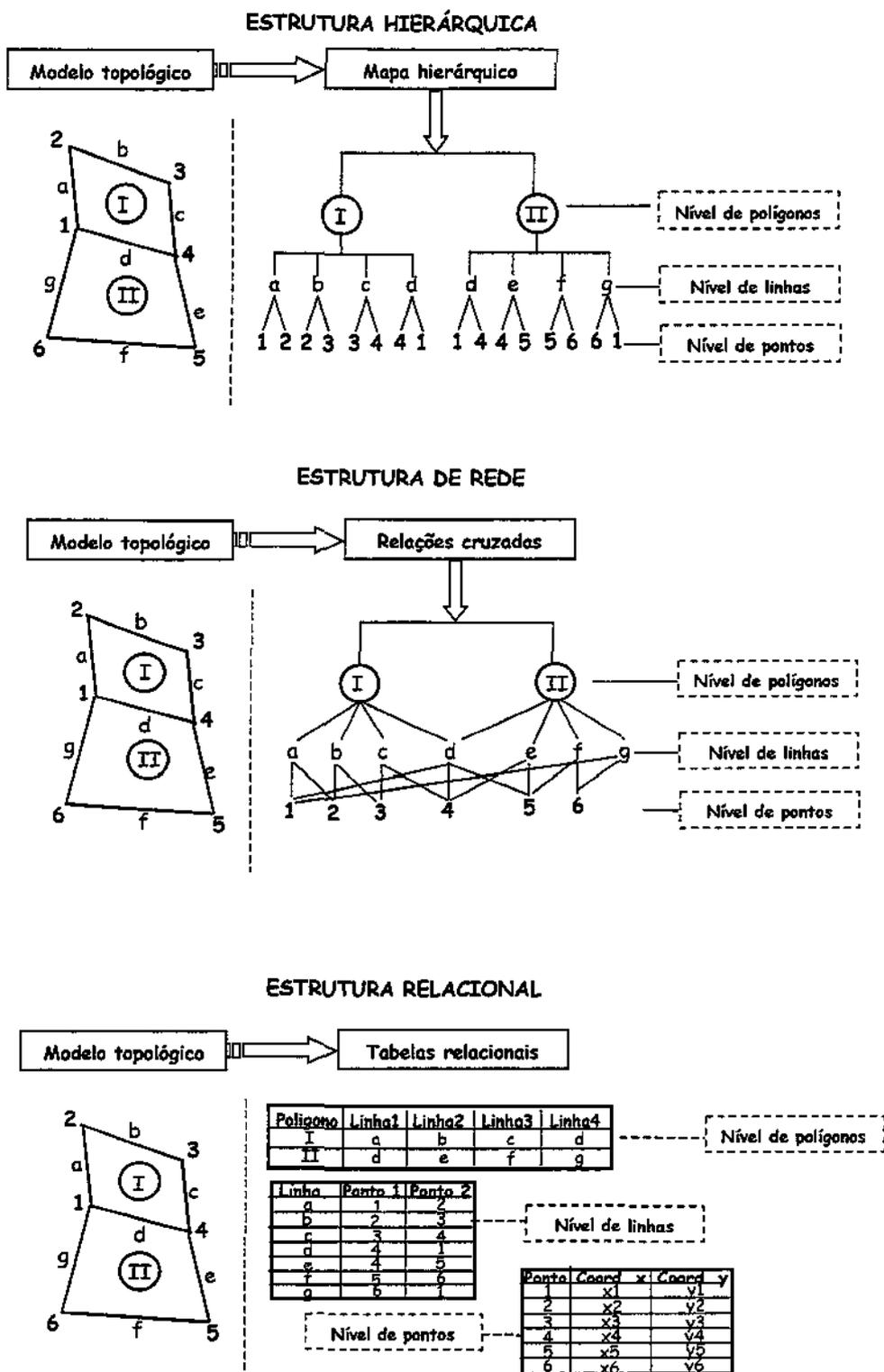


Figura 3.5 Estruturas de dados

3.2.4 Entrada de dados geográficos (Geocodificação)

Embora a entrada de dados possa parecer uma etapa aparentemente simples e sem maiores implicações, estima-se que 70% do custo e do tempo de implantação de um SIG seja despendido nesta etapa. Recomenda-se, portanto, que esta etapa seja bem planejada, organizada e comprometida com a qualidade dos dados fornecidos.

Via de regra, um SIG permite a entrada de dados de duas maneiras. A partir das fontes primárias, que compreende os levantamentos topográficos, fotos de satélites, aerofotogrametria e outros e a partir das fontes secundárias como por exemplo os mapas existentes (cartografia em papel). Ambas as fontes podem ser convertidas em formato digital através de interpretação do computador. Este processo é chamado de digitalização. A digitalização pode ser feita via teclado, mesa digitalizadora e varredura (scanner).

3.2.5 Aspectos da modelação de dados espaciais (Vetorial)

A modelagem espacial (geográfica) baseia-se na elaboração de uma representação da realidade, expressa através de entidades ou objetos gráficos, e do relacionamento entre as entidades para expressar um determinado evento ou processo. Esta modelação é essencial na elaboração de qualquer Sistema de Informação Geográfica.

A definição das entidades deve considerar a associação de domínios espaciais que podem ser pontos, linhas ou áreas e os seguintes aspectos gerais:

- Escala: Deve ser adequada para que possa representar todos os detalhes desejados.
- Dimensionalidade : Algumas entidades têm dimensões associadas e outras não, por exemplo, uma tubulação é medida em unidades de comprimento, mas uma válvula não apresenta dimensão.
- Topologia : estabelece a relação espacial entre as entidades, que devem permanecer invariantes sob transformações (biunívocas) realizadas no espaço. Ao aspecto topológico associam-se as seguintes características:

- Conectividade: Vínculo espacial entre os elementos da rede.
- Continência: Define a hierarquia espacial entre as entidades.
- Vizinhança: A característica de vizinhança pode ser dividida em *adjacência* (ou continuidade), onde há um elemento gráfico de união entre duas entidades gráficas e *proximidade*, onde não existe um vínculo gráfico entre entidades mas, sim, um vínculo de distância (estabelecida).

3.3 Fundamentos do Banco de Dados

Um banco de dados digital é caracterizado por uma grande quantidade de informações organizadas e gravadas em arquivos. Um banco de dados é, em uma concepção moderna, formado por tabelas, consultas, macros ou módulos, formulários e relatórios; entretanto, pode-se dizer que a função do banco de dados é definida pelas tabelas e consultas.

3.3.1 Tabelas

As tabelas são partes dos bancos de dados que podem ser definidas como um conjunto de registros que contém informações organizadas referentes aos campos do banco de dados a ser construído.

Um campo em uma tabela é definido como a menor unidade de informação contida no banco de dados. Existem diversas opções de tipo de campo que podem ser usadas com o dado a ser armazenado, como Texto, Número, Data, dentre outros.

3.3.2 Registros

Os registros são todos os campos relacionados a um dado. Pode-se dizer que os registros são as linhas de uma tabela. Um exemplo de registro seria o nome, endereço e telefone de um consumidor.

3.3.3 Consultas

Além da simples visualização dos dados, é possível se fazer consultas aos bancos de dados. Para isso é necessário que sejam especificadas as informações que se deseja procurar e os critérios para a seleção de registros. As consultas podem ser simples, quando feitas a partir de um campo selecionado de uma tabela, ou através de referência cruzada, envolvendo várias tabelas.

3.3.4 Banco de dados independentes x compartilhados

3.3.4.1 Banco de dados independente

Um banco de dados independente é armazenado em um sistema de arquivo local e tem um mecanismo para acesso residente na mesma máquina. Este sistema não precisa tratar de concorrência, ou seja, da condição em que duas pessoas tentam mudar o mesmo registro simultaneamente. Os bancos de dados independentes são úteis no desenvolvimento de aplicativos que são distribuídos a vários usuários, onde cada um mantém seu banco de dados isoladamente (uma agenda eletrônica de compromissos é um exemplo de banco de dados independente).

3.3.4.2 Banco de dados compartilhado

Os bancos de dados compartilhados, ou banco de dados com arquivos compartilhados, possibilita o acesso aos vários clientes da rede. Isso possibilita uma maior flexibilidade, pois pode ser acessado e manipulado por diferentes máquinas.

O banco de dados compartilhado é o ideal para a aplicação SIG, pois, tendo tabelas específicas para cada item, tais como: cadastro, operação, manutenção, eles poderão ser gerenciados por estes setores (ou por outros de interesse), possibilitando a consulta aos interessados, de acordo com a definição dos níveis de segurança dos dados (edição e consulta, somente consulta).

4 Revisão Bibliográfica

São poucas as experiências descritas na literatura acerca da proposição deste trabalho, ou seja, do acoplamento de um SIG a um modelo matemático de simulação hidráulica. Por outro lado, sabe-se que as maiores dificuldades de implantação da ferramenta proposta estão associadas à implantação do próprio SIG. Sendo assim, a revisão bibliográfica ora apresentada, foi organizada no sentido de fornecer aspectos da implantação do SIG em alguns municípios do Brasil, em algumas companhias energéticas e finalmente nas companhias de saneamento, em que se referiam também experiências mundiais.

4.1 O SIG nos Municípios

A construção e implantação de um SIG em uma prefeitura ou autarquia é um empreendimento complexo: possui incertezas, altos riscos, consome grande quantidade de tempo, além de recursos humanos, materiais e financeiros, sendo profundamente afetado pelo contexto político. A equipe que conduz o projeto tem que estar atenta a tudo isto.

No ambiente público, o projeto não sobreviverá por um longo período sem mostrar seus resultados. Falhas na tarefa de aculturação dos usuários normalmente levam ao fracasso do projeto e atente-se para que o problema principal não é o domínio da tecnologia, que virá com o tempo, mas a aplicação correta da tecnologia dentro do escopo da administração, o que pressupõe reengenharia dos procedimentos.

Os dados, onde são gastos a maioria dos recursos do projeto, envelhecem diariamente. Se não houver uma estrutura para atualização periódica dos mesmos, perde-se a qualidade dos resultados e conseqüentemente a credibilidade do sistema.

Os Sistemas de Informação Geográfica sem dúvida aumentam a qualidade das decisões e trazem uma série de benefícios aos usuários. Entretanto, as experiências nem sempre bem sucedidas, os investimentos necessários, a necessidade de integrar diferentes tipos de informação, o caráter multidisciplinar e os desafios políticos, organizacionais e tecnológicos inerentes ao processo de implantação sugerem uma abordagem cautelosa e fortemente alicerçada no conhecimento e na experiência. Sugerem também a cooperação entre os diversos grupos que estão nesta jornada para que as tentativas, os erros e os acertos de uns possam ajudar aos outros. (YUACA, 1994)

4.1.1 Prefeitura Municipal de Curitiba

Em 1984, objetivando apoiar as tarefas de planejamento urbano, foi desenvolvida uma tecnologia de aproveitamento de dados computacionais sobre plantas cadastrais, gerando, desta forma, uma série de mapas temáticos. Criou-se assim uma metodologia capaz de diagnosticar e analisar a realidade municipal, que é hoje compatível com a filosofia de geoprocessamento. Estes mapas foram compostos da base cartográfica, codificação cadastral e dados digitais relevantes, representados graficamente. Além disso, foram produzidos os mapas analíticos contendo várias camadas de informações sobrepostas, que geram, desta forma, o nível informático necessário ao processo decisório.

Em 1989 iniciou-se o processo de implantação de geoprocessamento com definição do Plano Diretor e elaboração do projeto piloto. A partir da instalação da primeira estação gráfica, iniciou-se a digitalização da base de referência espacial do município de Curitiba.

Para facilitar o intercâmbio de informações e criar uma plataforma cadastral e cartográfica comum, foi firmado o convênio entre o IPPUC – Instituto de Pesquisa e

Planejamento Urbano de Curitiba, e as concessionárias COPEL – Companhia Paranaense de Energia, SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná e TELEPAR – Telecomunicações do Paraná S.A. Este convênio contempla a geração de bases cartográficas unificadas, e promove o acesso e a disponibilidade de dados entre as entidades envolvidas.

Com a aquisição de novas estações e instalações de programas adequados, foi possível concluir, no final de 1993, a base de referência espacial do município inteiro e desenvolver as primeiras aplicações. (TARACIEVICZ, LASS e SIKORSKI, 1994)

Através do processo de digitalização implantou-se no sistema os elementos físicos-cadastrais dando origem a uma base gráfica digital que se compõe do seguinte:

- 1) Cadastro de lotes, quadras e eixos de ruas.
- 2) Divisas administrativas.
- 3) Zoneamento, bosques de preservação, fundos de vale e classificação de vias.
- 4) Setores do IBGE.
- 5) Altimetria.
- 6) Rede nacional geodésica e atualização de novos loteamentos.
- 7) Pavimentação, meio-fio e sinalização viária.
- 8) Edificações.
- 9) Mobiliário urbano.
- 10) Áreas públicas de lazer.
- 11) Mapa digital de arruamentos.
- 12) Mapa digital geotécnico.

4.1.2 Prefeitura Municipal de Joinville

Em 1989 a Prefeitura Municipal de Joinville, preocupada com o incremento das receitas, decidiu promover o recadastramento dos imóveis. Estimada em cerca de 30%, a defasagem cadastral representava aproximadamente 30.000 imóveis, além da alteração de uso de muitos imóveis já cadastrados.

Para recuperar a defasagem cadastral, foi contratado um serviço de aerolevanteamento seguido de recadastramento imobiliário. O aerolevanteamento tinha como propósito a atualização da base cartográfica de referência, tanto para as atividades cadastrais, quanto para as demais relacionadas aos diversos processos de gestão municipal.

Após enfrentar alguns problemas como a incompatibilidade do aerolevanteamento que não foi projetado para o SIG, e sim para um desenho em CAD, e também com a defasagem cadastral de cinco anos que representou cerca de 76 novos loteamentos que não foram cadastrados, em 1994 o sistema de informações municipais da prefeitura de Joinville passou a ser estruturado segundo quatro grandes domínios: o cadastro imobiliário, o cadastro econômico, o cadastro ambiental e o cadastro de logradouros.(SANTANA, 1994)

4.1.3 Prefeitura Municipal de Goiânia

A prefeitura de Goiânia passou a ter contato com o geoprocessamento em 1991, através de empresas fornecedoras de programas. A administração que assumiu em 1993, atenta ao desenvolvimento tecnológico, valorizou o projeto dando apoio às pesquisas e buscando apoio financeiro através de convênios e contatos com organismos no exterior. Em 1994, através de decreto, foram indicadas a COMDATA – Cia. de Processamento de Dados do Município de Goiânia e o IPLAN – Instituto de Planejamento Municipal para conduzirem o processo de geoprocessamento.

Como projetos em áreas públicas não sobrevivem se não derem resultados, a COMDATA, decidiu então revisar o modelo de dados e atualizar o banco de dados alfanuméricos, para que garantisse um aumento de arrecadação de impostos, contando também com o auxílio da IPLAN, que possuía uma mapoteca analógica em diversas escalas e com diferentes graus de atualização. Passaram a gerar mapas digitais atualizados, justificando assim o bom funcionamento do SIGGO – Sistema de Informação Geográfica de Goiânia, e garantido a continuidade da implantação do SIG na prefeitura. (YUACA, 1994)

4.1.4 Prefeitura do Rio de Janeiro

Em 1994 a Prefeitura do Rio de Janeiro, dentro de um objetivo mais abrangente e levando em consideração a importância da base cartográfica digital como suporte ao planejamento municipal, pretendia tornar disponível às demais secretarias de governo o banco de dados georeferenciado, através da utilização de um SIG, melhorando o atendimento e cooperação entre setores.

Para levar esta tarefa adiante, foi dado início ao projeto piloto municipal, cujo objetivo principal era avaliar a metodologia, recursos necessários, dificuldades, prazos e custos.

O projeto piloto trabalhou com a Unidade Espacial de Planejamento 42 (UEP – 42), localizada na região administrativa de Jacarepaguá, compreendendo os bairros da Freguesia e Pechincha, com aproximadamente 11 Km².

Este projeto foi discutido com as secretarias municipais de Meio Ambiente, de Urbanismo, de Obras, da Fazenda, de Habitação e da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET – RIO), com análise dos procedimentos atuais visando a uma melhoria dos departamentos e apontando novas aplicações nas áreas de pesquisa, planejamento e controle da Administração Municipal.

Sabendo-se que um sistema de informações geográficas consiste na associação entre as informações geográficas e as informações cadastrais geo-referenciadas, as diversas informações sobre a cidade passam a ser disponíveis não apenas por suas características cadastrais, mas também por sua localização espacial. Projetos e simulações podem ser visualizados antes da sua implantação, tornando possível avaliar o impacto de futuras intervenções na cidade.

As informações disponíveis de forma rápida e consistente possibilitaram à cidade uma racionalização de recursos humanos e financeiros, propiciando uma gestão mais ágil e eficiente, isto porque a realidade podia ser aferida com um maior grau de certeza.

Uma das principais tarefas de um SIG é integrar informações em toda a instituição. As informações devem ser compartilhadas, inter-relacionadas e utilizadas em conjunto pelos diferentes órgãos da administração, incentivando a integração das atividades, eliminando duplicidade e divergência de informações, mantendo a constante atualização das informações dos diversos setores.(COUTINHO, MENDONÇA e COSTA, 1994)

4.1.5 Prefeitura Municipal de Salvador

Em junho de 1986, com empréstimo efetuado para a CONDER – Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador, essa torna-se gestora do projeto metropolitano, com ampla programação de investimento nas áreas de infraestrutura, geração de emprego e renda, e desenvolvimento institucional. Isso posto, surge então a oportunidade de atualizar e ampliar a base informativa do SIM – Sistema de informações Metropolitanas, além de elevá-lo a um novo patamar tecnológico.

O programa, iniciado em 1989, ganhou impulso a partir de 1992, desdobrando-se em três grandes componentes: a produção de cartografia digital abrangendo a área do Município de Salvador; a montagem e implantação do cadastro técnico metropolitano; e a informatização do SIM, baseada em tecnologias de geoprocessamento, de modo a lograr a gestão eficiente do grande volume de dados assim gerados e acrescidos à base de dados preexistente.

O projeto Cadastro Técnico Metropolitano destina-se à montagem dos cadastros imobiliários, de logradouros e de atividades unificados para a região Metropolitana de Salvador, com base no sistema de numeração métrica linear. Tal como concebido, o grande benefício do projeto está na implantação de um sistema de endereçamento único, possibilitando a imediata localização de qualquer imóvel no território regional e constituindo a base de um cadastro com multifinalidade, de uso comum pelos agentes que atuam na RMS - Região Metropolitana de Salvador. (FERREIRA, 1994)

4.1.6 Prefeitura Municipal de Jundiaí

A cidade de Jundiaí, com uma população na ordem de 350 mil habitantes e um território de 432 Km², sendo 120 Km² de zona urbana, a uma distância de 50 Km da capital do estado de São Paulo, ainda conserva as características e o 'jeito' de cidade do interior, apesar de ser uma cidade predominantemente industrial e estar diretamente ligada à metrópole por duas excelentes rodovias e uma linha férrea.

Ciente da importância do assunto e da magnitude do problema, a administração pública iniciou em 1993 o processo de avaliação cautelosa de soluções disponíveis ou adotadas em outros municípios. No que se refere a informações geoprocessadas, a ação dos órgãos municipais limitou-se até 1993 apenas ao conhecimento das experiências de algumas outras cidades e, em alguns setores, formou-se a primeira idéia sobre os Sistemas de Informações Geográficas.

Somente em abril de 1993 a intenção de desenvolver projetos orientados para a implantação de um sistema de informações geoprocessadas em Jundiaí foi objetivamente manifestada. A partir daí, a prefeitura passou a receber demonstrações de programas e sistemas. Houve várias reuniões onde os vendedores dissertavam sobre o 'poder da ferramenta', com apresentações elaboradas e otimistas, que enfatizavam o rápido retorno dos investimentos exigidos para a instalação do seu sistema.

O aumento da arrecadação de impostos era o argumento comum e freqüente, como freqüente também era a tentativa de transmitir a facilidade e simplicidade, através de um vocabulário nada simples e estranho para os técnicos da prefeitura.

Para a prefeitura, para representantes da administração e técnicos, surgia a primeira grande dificuldade: como avaliar tantas informações, como discernir entre a verdade e os boatos, como distinguir o vendedor inconseqüente do expositor responsável ?

Então, a partir do levantamento dos recursos de informática existentes na prefeitura somados às necessidades dos diversos órgãos da administração, foram estabelecidas algumas características obrigatórias do software.

A implantação do sistema e a construção do banco de dados deveria ter início através de algum bairro contido no território de 120 Km² da zona urbana do município. As discussões havidas procuraram identificar o bairro cujas informações fossem do interesse de toda a população e, ao mesmo tempo, representasse qualitativamente, a variedade dos dados requisitados pelo sistema.

Orientada por este critério, a Coordenadoria Municipal de Planejamento definiu como região de início de implantação do sistema aquela constituída pelo centro histórico da cidade e pelo bairro do Vianelo, com ocupação característica de uso misto: residencial, comercial, de prestação de serviços, contando com alguns estabelecimentos industriais mais antigos.

A prefeitura de Jundiaí ainda não teve como concluir sobre implantação do SIG, mas pode afirmar que, em relação às decisões tomadas, considera que investir no sistema municipal de informações geoprocessadas é, além de importante, necessário. Importante em virtude dos resultados possíveis de serem alcançados. Necessários para capacitar a administração, evitando o seu atraso e o conseqüente crescimento das dificuldades de assimilação de novas tecnologias. (SCARABELLO, GONÇALVES e ALEGRE, 1996)

4.1.7 Prefeitura Municipal de Betim

Em fevereiro de 1994 foi iniciado o processo de mapeamento de Betim, através de um voo em escala de 1:8.000, que iria gerar, inicialmente, uma restituição digitalizada da área urbana, na escala de 1:5.000, com base no levantamento de 1989, atualizado pelo voo em questão. Este voo estaria reservado para a futura restituição na escala de 1: 2.000, assim que se obtivessem os recursos necessários.

Paralelamente, estudos eram realizados sobre a seleção dos instrumentos de trabalho que melhor se adequavam a Betim, considerados os fatores: baixo custo, boa performance, desempenho testado por outras instituições objetivando o geoprocessamento, suporte ágil, preferencialmente em Português e de mais fácil diálogo, possibilidade de troca de experiências entre a prefeitura e a empresa e, finalmente, modificação do programa escolhido em função das necessidades e realidade brasileiras.

Paralelamente, também, vinha-se desenvolvendo um trabalho de resgate de dados existentes na própria prefeitura e em órgãos públicos diversos, para trabalhos de correlação entre o banco de dados em formação e a base gráfica, de onde efetivaram-se correspondências de informações entre dados da educação, de bairros, de administrações regionais, da saúde.

Posteriormente, à medida que a restituição na escala 1:2.000 veio sendo entregue, possibilitou-se o incremento no universo de dados com possibilidade de chaveamento, tais como:

- Rotas e pontos de ônibus, com número (identificação) das linhas, localização nos mapas e demais informações do banco de dados;
- Unidades de saúde: nome, tipo, endereço, infra-estrutura existente;
- Administrações regionais: áreas de abrangência, população assistida, número de bairros;
- Turismo: pontos turísticos, hotéis;
- Pontos de táxi: número do ponto, endereço, telefone, número de veículos, nomes dos taxistas com telefones;
- Escolas municipais: código das escolas, número de alunos, número de turnos, área de atendimento, número de salas de aula, nome do diretor, número de professores, endereço, bairro, regional a que pertence.

Encontra-se também em vias de contratação pelo executivo complementação do cadastro técnico municipal envolvendo dados físicos e sócio-econômicos que irão permitir a inter-relação das unidades residenciais de Betim com suas características e de seus moradores, possibilitando um efeito multiplicador das análises decorrentes do geoprocessamento do município de Betim. (HORTA et al., 1996)

4.1.8 Prefeitura Municipal de Nova Odessa

O grande desafio da Prefeitura de Nova Odessa, com uma população de aproximadamente 50 mil habitantes, era implantar um SIG de baixo custo compatível com o orçamento do município. O objetivo principal era a elaboração do cadastro urbano de imóveis e também o cadastro da rede de água, de infra-estrutura em geral e até informações relativas à área de saúde, como, por exemplo, levantar a questão: onde foram encontradas as larvas do *mosquito Aedes Aegypt*, a *Aedes Albopictus* e os escorpiões.

Uma equipe formada por um engenheiro civil, um analista de sistemas, um programador e um desenhista em CAD enfrentaram muitas dificuldades, dentre elas a atualização da base gráfica que, devido à falta de recursos, a fizeram servindo-se de um ultraleve que fotografava os bairros da cidade e em seguida cadastravam individualmente os imóveis com o auxílio de um pessoal que conferia as medidas em campo caso houvesse aumento da área construída. Também tiveram muita dificuldade em unificar os cadastros técnicos, pois o departamento de água, o cadastro da prefeitura e o setor de tributação possuíam diferentes registros.

Atualmente o SIG é utilizado nas secretarias da saúde, educação, urbanismo, obras, tributação e também no departamento responsável pela rede de abastecimento de água que possui o cadastro de toda a rede de distribuição com a profundidade, distância da guia, material da tubulação e diâmetro. (OLIVEIRA, 1997)

4.1.9 SIG em Santo André e do departamento de água, esgoto e meio ambiente

A prefeitura municipal de Santo André está num estágio bem avançado na utilização do SIG. A partir de uma base gráfica única e protegida contra alterações, várias secretarias da administração se utilizam desta para lançarem as informações pertinentes. Todas as secretarias podem acessar as informações provindas de outras, mas o banco de dados somente pode ser

alterado a quem compete o assunto, lembrando que todo indivíduo pode consultar esses dados através do site: www.santoandre.sp.gov.br.

Devido ao fato de parecer o SIG ser algo novo e complicado, os funcionários ofereceram uma certa resistência para aprendê-lo e utilizá-lo corretamente. Diante dessa dificuldade, o pessoal responsável pela implantação do SIG passou a assistir a cursos, e, a partir desse procedimento, elaborar apostilas aos funcionários, mas com um conteúdo simplificado e resumido, ensinando somente os comandos básicos e necessários, de uma forma bem lenta e didática. Essa foi a fórmula encontrada pela prefeitura para que os funcionários começassem a entender e respeitar essa poderosa ferramenta que é o SIG.

Conforme foi mencionado pelos funcionários da prefeitura, o segredo do sucesso da continuidade do SIG em Santo André é a descentralização de tarefas e divisão de responsabilidades. Desta forma, um departamento de geoprocessamento é responsável pela base gráfica e desenvolvimento de aplicativos para o sistema, quer seja próprio quer pertença a alguma firma de consultoria, enquanto cada secretaria é responsável exclusivamente pela atualização e manutenção dos bancos de dados pertinentes.

O departamento de água, esgoto e meio ambiente de Santo André também possui uma base gráfica, onde está lançada toda a rede de água e esgoto da cidade, com 70% do sistema de drenagem urbana do município.

Infelizmente, o departamento não possui um banco de dados com as informações referentes aos trechos de tubulações, assim como em São Caetano do Sul todas as informações estão contidas na base gráfica. Não há nenhum modelo matemático de simulação, mas existe uma rotina desenvolvida por um consultor contratado, que se refere à interrupção do abastecimento em setores, e se ilustra pelas válvulas que devem ser fechadas para interromper o abastecimento em determinado local.

4.1.10 SIG nos Municípios de Médio porte no Estado de São Paulo

No trabalho realizado por FRANÇOSO e CINTRA em 203 cidades de médio porte no estado de São Paulo, onde são consideradas as cidades com população compreendida entre 20 e 850 mil habitantes, com o objetivo de realizar um prognóstico do estágio atual da informatização nesses municípios, definiu-se que somente 17 municípios seriam visitados e pesquisados em detalhes por terem iniciado de fato o processo de implantação do SIG.

Foi verificado que, apesar do grande interesse para com os SIG, das cidades consultadas, apenas nove dispõem de um programa que trabalha com dados espaciais, pois existem alguns fatores que podem viabilizar ou impossibilitar a utilização dessa poderosa ferramenta de planejamento. Dentre eles, podemos enumerar:

- Motivação do Executivo: tanto o prefeito como os secretários das secretarias competentes devem estar convictos da importância e da necessidade. Na maioria dos casos, essa motivação advém do retorno financeiro com o aumento de arrecadação do IPTU dentro da própria gestão. Esse é o principal argumento das empresas revendedoras de SIGs ou de consultoria.
- Descontinuidade Administrativa: sem um plano diretor e contando com equipe técnica apolítica torna-se impossível concluir a implantação e a manutenção de um SIG, pois esse procedimento requer atualizações constantes e implementação de ferramentas de trabalho (aplicativos).
- Domínio da Tecnologia e Cultura Interna: por se tratar de algo novo, os funcionários não possuem o mínimo conhecimento sobre o tema e, com isso, não se interessam pela sua implantação, dificultando a atualização das informações. É necessário envolver as pessoas que são adversárias à mudança, para que passem a trabalhar como aliadas, ou, para que, pelo menos, não criem resistência.

Os autores FRANÇOSO e CINTRA entendem que para a continuidade dos SIGs nas prefeituras é necessário que haja um processo estratégico que compreenda um plano de informação, além de um plano diretor que envolva as diversas áreas, órgãos e secretarias, de forma que seja viabilizada financeiramente, por exemplo, a elaboração da base gráfica digital.

Com relação à base de dados, as experiências de várias cidades comprovam que a simplicidade é um componente do sucesso na implantação e utilização do SIG. Prova disso é que vários municípios que tinham a ambição de implantar o SIG numa só etapa, envolvendo todas as secretarias, autarquias e departamentos afins, viram inviabilizado o projeto devido ao custo.

4.2 O SIG nas companhias de Energia Elétrica

4.2.1 Experiência da ELETROPAULO com GIS

Em meados da década 80, a Eletropaulo iniciou o levantamento total de sua rede de distribuição, ao mesmo tempo em que era desenvolvido o sistema de gerência de redes. Este levantamento tinha como característica o fato de que todos os elementos de rede deveriam ser cadastrados com sua respectiva localização em coordenadas UTM. Todos os mapas em papel já se utilizavam desse mesmo sistema de coordenadas.

A definição de um modelo de dados completo para a distribuição de energia provocou o desenvolvimento e, em alguns casos, um novo desenvolvimento de vários sistemas girando em torno de uma grande base de dados. Outras bases de dados foram criadas para atender os vários sistemas, cada um deles procurando atender a uma função típica da distribuição de energia.

No início dos anos 90, começou-se a estudar a possibilidade de integração desses vários modelos com base na utilização da tecnologia de geoprocessamento. Foram, então, propostas as diretrizes básicas para a criação de um ambiente integrador. Dessas diretrizes, pode-se enumerar algumas delas:

- Ser um ambiente integrador.
- Proporcionar a automatização da gestão de distribuição.
- Aproveitamento dos investimentos já realizados.
- Basear-se no estado da arte da tecnologia.
- Ser um ambiente configurável.

- Ser transparente quanto ao acesso às bases de dados, aplicações e recursos, através de uma moderna rede de comunicações.

Esses quesitos levaram a empresa à evolução de um processo iniciado anos antes e cujo caminho natural seria a opção pelo desenvolvimento de um sistema AM/FM (“Automated Mapping/Facilities Management”) baseado em software SIG. Desta forma, foi iniciado o projeto SIGRADE (Sistema de Informações Geográficas para Gestão de Redes), que atenderia prioritariamente às funções de cartografia, projeto, planejamento, construção, manutenção, atendimento técnico, gerência e supervisão. (WEBER, 1994)

4.2.2 Projeto Gemini – CEMIG

O sistema GEMINI é utilizado para o cadastramento e manutenção de um banco de dados contínuo cobrindo toda a rede de distribuição de energia elétrica de uma região geográfica, em apoio às atividades de planejamento, projeto, operação, manutenção e gerenciamento de reclamações de consumidores. Como todo SIG – Sistema de Informação Geográfica-, o GEMINI tem um banco de dados geográfico, funções de processamento gráfico e de imagem, componentes de entrada e saída, além de uma interface homem com máquina.

As funções de processamento gráfico e imagens no GEMINI, o enfoque principal abrange a modelagem de redes e produção cartográfica, o que contempla as funções AM “Automated Mapping” e FM “Facilities Management” de um SIG.

O sistema é multiplataforma e foi desenvolvido para *Windows 95* e *Windows NT*, o que garante sua utilização em estações isoladas, bem como em instalações com arquitetura cliente e servidor. A versatilidade da plataforma de software de desenvolvimento, que utiliza técnicas de análise, projeto e programação orientados a objetos, provê suporte aos principais bancos de dados existentes, permitindo uma rápida adaptação do GEMINI a mercados de diferentes portes.

Os dois módulos principais do sistema são o CARTOR e o PROLUX, responsáveis pela obtenção e manutenção da base cartográfica em meio digital e pela gerência da rede de distribuição, respectivamente. O primeiro desses módulos é uma customização de um programa existente no mercado e o outro foi inteiramente desenvolvido pela equipe da CEMIG. (ABI-ACKEL, 1997)

4.3 O SIG nas companhias de Saneamento

4.3.1 Companhia de Saneamento do Paraná – Projeto Piloto

Tem por objetivo mostrar a viabilidade do geoprocessamento, enquanto ferramenta de desenvolvimento de aplicativo, para a implantação de sistemas de gerência de processos produtivos, da SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná- abordando cadastro integrado de redes de abastecimento de água, banco de dados comercial, além do sistema de codificação operacional -CODOPE- na concepção de subsidiar a manutenção e gerência da rede de distribuição no controle de perdas essenciais.

Pretendendo dar uma maior agilidade nos processos e visando a uma melhoria nos serviços prestados à comunidade, considera-se fundamental a necessidade do conhecimento da empresa, bem como a situação dos sistemas envolvidos para apoio técnico ao acompanhamento de áreas críticas de abastecimento. Através de técnicas de geoprocessamento, a SANEPAR definiu o projeto-piloto na área residencial da Itaipú Binacional, constando da Vila C (nova) e Vila São Sebastião.

O levantamento dos dados de redes de água se fez então necessário para estruturação do sistema de codificação operacional -CODOPE-, visando a integração do sistema de gerenciamento comercial -SGC- à base cartográfica e à base de dados gráfica do cadastro de redes, racionalizando desta forma os procedimentos necessários à definição de conceitos e padrões de bases comuns para subsidiar os projetos de controle de perdas do sistema.

Neste contexto, o uso do geoprocessamento ou sistemas de informações geográficas – SIG- foi ferramenta fundamental para disponibilizar todas as bases de dados e as informações pertinentes a cada entidade envolvida.

O sistema de informações da SANEPAR constitui a base cadastral digital georeferenciada, onde entidades e relações são representadas espacialmente por pontos, linhas e arcos, o banco de dados do sistema de gerenciamento comercial – SGC- que tem por objetivo, além das atividades empresariais, o atendimento aos usuários e o sistema de codificação operacional, tendo como objetivo específico o controle operacional da produção e da distribuição, através dos subsistemas de macromedição e micromedição.

O momento vivido pela SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná- exige mudanças para a própria sustentação da empresa, a partir de uma história de 30 anos de atividade monopolista e centralizadora. Não mais compatível com a atual política das concessões.

Nesse sentido, surge a necessidade de estar sempre mudando, e drasticamente, para se adaptar à nova filosofia da empresa de gestão de negócio, onde o produto fim deixa de ser água e esgoto e passa a ser definido como gestão das concessões como produto indispensável para a sobrevivência da empresa.

Deste modo, sendo o produto fim e o produto meio para se chegar a essa gestão de concessão, aí, sim, pode-se esperar a disponibilidade de água e esgoto.

Nessa nova concepção de empresa, tornar a SANEPAR mais ágil e enxuta, ergue-se como um dos grandes desafios, para que se possa competir com outras empresas envolvidas no mercado.

Deste modo, o desenvolvimento de um processo de planejamento e gestão empresarial a partir da modernização tem como necessidade fundamental uma organização de uma base sólida de informações sobre a realidade de atuação.

Nesse ponto, vale lembrar que o avanço tecnológico se faz necessário para tornar a empresa mais ágil em seus processos de informação e em rápidas tomadas de decisões. Assim, o geoprocessamento vem viabilizar a representação do mundo real e ambiente automatizado, o que permite acompanhar a dinâmica de transformações, incorporando dados e informações de tal modo que qualquer área da empresa possa ter disponível um monitoramento do seu trabalho e das situações ocorridas no dia-a-dia da empresa, permitindo seu melhor gerenciamento.(MACHADO, 1996)

4.3.2 SIG no departamento de água e esgoto de São Caetano do Sul

O departamento de água e esgoto da cidade de São Caetano do Sul, região metropolitana, atualmente possui uma base gráfica digitalizada, proveniente de um levantamento feito através de fotos aéreas de 1997, e que foi posteriormente vetorizado.

As redes de água e esgoto foram lançadas na base gráfica do programa “*MicroStation*” e estão sendo constantemente atualizadas, mas não há uma integração entre a base gráfica e o banco de dados, ou seja, todas as informações ficam junto com o desenho da rede. Essa foi a maneira encontrada pelo departamento para não perder todas as informações, e para que não ficassem desatualizadas perante a falta de investimentos na área de geoprocessamento. Os funcionários não tiveram o treinamento suficiente para trabalharem com o programa e deve-se levar em conta também o fato deste não possuir o suporte de uma firma especializada nos desenvolvimento de aplicativos para o sistema.

Apesar da falta de investimento no setor, o geoprocessamento tem mostrado seu valor e ajudado em muito o pessoal da manutenção a localizar as redes, com relativa precisão. Também serve de suporte aos desenhistas no mister de cadastrar os novos trechos de tubulação e substituições.

Além disso, há uma estreita aliança, pois tanto os chefes de serviços, como os encanadores sempre informam aos desenhistas todos os serviços executados na rede; essa

integração entre os departamentos garante a atualização da base gráfica e também organiza as informações relativas à tubulação.

4.3.3 Empresa de Água e Saneamento de Assunção do Paraguai

A CORPOSANA – “Corporación de Obras Sanitarias”, é uma empresa pública de saneamento, responsável pelos serviços de produção e distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgotos sanitários e esgotamento pluvial, para as comunidades com mais de 4 mil habitantes em todo o país.

A referida empresa optou pela implantação do SIG na área de Assunção e Grande Assunção no Paraguai. Essa implantação ficou restrita à área metropolitana, abrangendo o atendimento de uma população da ordem de 1 milhão de habitantes.

Os trabalhos desenvolvidos objetivando a informatização do cadastro técnico da CORPOSANA, relacionam-se às seguintes atividades:

- 1) Levantamento de necessidades das diversas diretorias da CORPOSANA.
- 2) Análise e avaliação dos requerimentos das diversas diretorias.
- 3) Seleção e demonstração de fornecedores de programas – SIG.
- 4) Definição da estrutura de consulta.
- 5) Análise das fontes de informação para a obtenção de dados.
- 6) Levantamento de informação disponível nas fontes identificadas.
- 7) Definição do escopo do sistema.
- 8) Definição do programa e dos equipamentos.
- 9) Seleção de dados e sistematização dos mesmos.
- 10) Digitalização das plantas planialtimétrica com conversão da base cartográfica, conexões de usuários, válvulas, redes de água, esgoto e pluvial.
- 11) Digitação de dados alfanuméricos da base topográfica, da rede de água, do cadastro de usuários de água e dos croquis rasterizados dos elementos da rede.
- 12) Carga da base de dados do cadastro técnico.

- 13) Elaboração dos sistemas de consulta, para apoio à operação, manutenção, engenharia de projetos e obras de atendimento ao público.
- 14) Instalação do sistema.
- 15) Formação e capacitação do pessoal.

O sistema aplicativo desenvolvido para a gerência de redes de distribuição de água e coleta de esgoto e águas pluviais é baseado em um sistema de informações geográficas que dá suporte a uma solução integrada de base de dados alfanumérica e gráfica. Tal sistema implantado é composto de 180 programas em três subsistemas: edição, análise de redes e gerenciador de produção de mapas.

O módulo de edição é dividido em dois submódulos funcionais que atendem às necessidades de criação e atualização da cartografia básica e do modelo topológico das redes de distribuição e coleta, de modo que se possa obter uma base de dados íntegra e atualizada, tirando-se proveito de uma interface segura e amigável.

O módulo de análise se presta a facilitar a análise de conectividade, simulação de áreas da rede e consultas à base cadastral.

O módulo de produção de mapas organiza um ambiente funcionalmente amigável que permite ao usuário compor de maneira estruturada os seus próprios mapas, especificando a escala desejada, o tamanho do papel, os elementos que irão compor o mapa e a área de abrangência. As escalas padrão desejadas são pré-definidas e a área de abrangência do mapa pode ser especificada pela definição de uma janela na tela ou pela escolha da opção do mapa padronizado, e ainda pela seleção de um ponto na tela.

A informatização do cadastro técnico na CORPOSANA foi desenvolvida no período de junho de 1995 a agosto de 1996, tendo atingido os objetivos abaixo relacionados: (COSTANZO e CASAS, 1997)

- Mecanização do cadastro técnico.
- Criação de uma base cadastral única.
- Disponibilização de ferramentas de validação da base de dados.

- Aumento da agilidade e da qualidade na atualização e da disponibilidade de acesso aos dados do cadastro técnico.
- Redução do espaço físico de armazenamento e maior da segurança do acervo.
- Possibilidade de integração dos cadastros técnico e comercial.

4.3.4 A Experiência do sistema de Honolulu

A Cidade de Honolulu com o auxílio do SIG automatizou vários serviços de utilidade pública e de manutenção, com a integração de tecnologias. Os serviços públicos de infraestrutura, como abastecimento de água e coleta de esgoto, utilizam o SIG para avaliar a capacidade de vazão, escala de manutenção preventiva, revisão de conexões, facilidades para emissão de diretrizes. Há de se registrar neste ponto que esta avaliação busca priorizar operacionalmente os investimentos para obter melhorias. Com isso, é possível: reduzir custos, aumentar a eficiência e tomar sempre as providências mais importantes, o que antes era quase impossível.

O Sistema de água de Honolulu possui aproximadamente 3.200 quilômetros de linhas de tubo e deve garantir a qualidade dos serviços para aproximadamente 144 mil economias.

Em 1993, aproximadamente 40% do orçamento anual do Departamento de Melhoria do Patrimônio deixou de ser utilizada para melhoria e projeto de reposição, para ser utilizado com o projeto e construção de novas adutoras. A maioria desses projetos envolveu a reposição de adutoras adequadas para suprimir as excessivas interrupções do sistema ou resultou na instalação de adutoras para melhorar o sistema existente, na busca de atingir o padrão desejado de pressão no sistema de água e garantir a proteção contra incêndios.

As aplicações em SIG estão sendo desenvolvidas para ajudar a determinar critérios para a reposição da linha de tubos de água, possibilitando aos usuários a identificação das áreas com problemas e a definição de projetos para o potencial de reposição dos tubos, baseando-se nas datas de interrupção da adutora.

Com o auxílio das aplicações do SIG, é possível concluir quais válvulas devem ser fechadas para que se obtenha a interrupção do abastecimento no local desejado, interrompendo o mínimo de economias do abastecimento. O banco de dados inclui o dia e a hora da interrupção, número e tipos de serviços afetados, duração e causa da parada, tipo e tamanho da linha de tubos, condições do solo, reparos feitos e o custo de cada um deles, quebra do pavimento e propriedade, ano em que foram instalados os tubos. Utilizando essas informações, é possível calcular a estatística das interrupções da adutora e as causas que levaram a elas.

O “Honolulu Board of Water Supply (HBWS)” é um departamento semi-autônomo e responsável pelo gerenciamento, controle, operação e manutenção do sistema de abastecimento de água para a ilha de Oahu. Para atender as necessidades da empresa de água e esgoto da cidade de Honolulu, o HBWS-GIS vem desenvolvendo aplicações domésticas para auxiliar o planejamento e as exigências da engenharia. Dos programas que compõem o HBWS-GIS, quatro deles devem ser mencionados: Programa de reposição de tubos, Programa do modelo hidráulico, Programa de interface para o usuário e Programa de atualização do banco de dados.

A HBWS-GIS utiliza o programa ARC/INFO -revisão 6.1.1- desenvolvido pela “Environmental Systems Reserch Institute, Inc., Redlands”, Califórnia.

O HBWS é responsável pela manutenção das camadas de dados, mostrando as características dentro do sistema de distribuição municipal. Essa camada de dados inclui informações espaciais e atributos das tubulações de água, acessórios da rede de água, como válvulas e hidrantes, rede de água interrompida, serviço de água auxiliar, além de uma camada de anotação, contendo o texto associado a uma característica geográfica, com o diâmetro do tubo, número do hidrante, tamanho e material utilizado no tubo

A análise hidráulica do sistema municipal de água foi desenvolvido por um conjunto de funcionários da HBWS em uma rotina com base especializada para o sistema de planejamento de água, projeto, revisão e aprovação das licenças de construção, plantas de construção, mudanças no uso da terra. A operação do software atual de modelo hidráulico é complexo e requer

treinamento especializado. Essa aplicação do SIG foi desenvolvida para facilitar o uso do modelo hidráulico para análise do sistema de água.

Essas aplicações do SIG estão ligadas às informações do modelo hidráulico de linhas de tubo com os dados do SIG. Essa interface da Universidade de Kentucky com o programa de modelagem hidráulica KYPIPE transfere dados através de arquivos de dados ASCII. A aplicação do GIS permite que os usuários alterem e executem o modelo de análise e mostrem graficamente os resultados do modelo. Em outras palavras: é possível, a partir daí, mostrar as informações do modelo e as informações do SIG em uma simples tela.

O programa de interface para o usuário da HBWS-GIS é um programa de menu móvel, possibilitando ao usuário, ainda que um conhecimento limitado no uso do SIG, fácil acesso às informações do banco de dados.

O benefício mais importante dessas aplicações para ambos os programas é a facilidade de se obter instantânea e corretamente informações sobre as infra-estruturas. A disponibilidade de dados facilita uma melhor decisão com respeito à manutenção e ao planejamento dessas infra-estruturas. Uma das principais vantagens recai no crescimento da produtividade no âmbito da engenharia e planejamento voltados para a avaliação e desenvolvimento das escalas de manutenção.

O custo vem sendo cada vez mais reduzido, por localizar e monitorar as utilidades de operação. Isso porque o plano efetivo vem sendo produzido para reduzir os custos, na medida em que determina as áreas para maior facilidade de reabilitação, e ajuda na priorização do programa de gastos dessas atividades, além de resultar na redução do tempo no processo de revisão de autorização e aprovações.

Como último benefício, relaciona-se o crescimento da produtividade e a redução do custo de trabalho. A habilidade com o uso do GIS para auxiliar esses programas de planejamento, operacional, e análise de utilidades públicas desencadeia uma melhora na qualidade de vida em Honolulu. (HIRAYAMA e WADA, 1994)

A análise crítica do material bibliográfico mostra a importância do tema proposto. Por outro lado, experiências de sucesso, como a relatada no município de Honolulu, reforçam a tendência e a viabilidade de emprego do SIG associado a um modelo hidráulico, mostrando a pertinência deste trabalho de investigação.

5 Materiais e Métodos

Como já mencionado, o trabalho de sistematização proposto será feito com base em dois programas de computadores. O primeiro refere-se a um SIG, desenvolvido pelo INPE, denominado SPRING, o segundo programa refere-se a um simulador hidráulico de operação de sistemas de abastecimento de água, denominado SPERTS.

Dentro do processo de sistematização serão elaborados os campos para comporem os bancos de dados, de consumidores, dos resultados dos cálculos elaborado pelo modelo matemático, dos elementos da rede hidráulica. Também os fluxos de informações, através dos campos destes bancos (todas as tabelas estão contidas no Anexo).

Além da base alfanumérica anteriormente mencionada, será estabelecida a base de atributos gráficos de entidades e eventos, com base nas propriedades disponibilizadas no SIG, para a interligação das informações gráficas e alfanuméricas.

Tendo o SIG (SPRING) todas os dados disponíveis sobre o sistema, exportará as informações necessárias ao modelo hidráulico de simulação (SPERTS) para simulação de qualquer manobra do sistema de abastecimento de água. O resultado retornará ao SIG, para visualização gráfica, elencando itens tais como: níveis de pressão, velocidades e vazões nas tubulações, consumo de energia nas estações de bombeamento, dentre outros.

De posse dos procedimentos para obtenção dos resultados operacionais, será elaborada a sistemática para consulta, estabelecida com base em indicadores pré-definidos, para avaliação da ‘saúde’ operacional do sistema, de acordo com as metas estabelecidas nos objetivos do trabalho.

5.1 SPERTS

O SPERTS é um programa computacional que vem sendo desenvolvido na Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, junto ao Departamento de Recursos Hídricos, pelo prof. Dr. Edevar Luvizotto Júnior e sua equipe, com o objetivo de analisar o comportamento operacional de redes de abastecimento de água, através de simulação em regime permanente e de período extensivo (nesta primeira fase de desenvolvimento). O programa vem sendo realizado em módulos que se ligam ao módulo principal, já desenvolvido, denominado *Núcleo do SPERTS*. Os módulos em desenvolvimento são os *módulos de calibração* (tese de doutoramento em andamento), *módulo de detecção de fugas* (tema de livre-docência em desenvolvimento) e *módulo de otimização operacional das elevatórias através de bomba de rotação variável*, com base em modelo híbrido composto de algoritmos genéticos (programa de mestrado em desenvolvimento).

O objetivo do desenvolvimento do SPERTS é cobrir uma deficiência em termos de modelos computacionais para este tipo de análise em nosso país. No Brasil, pouco ou quase nenhum estudo vindo sendo gerado nesta área, déficit que resulta numa procura por ‘enlatados’ estrangeiros, que pouco têm contribuído para o desenvolvimento da engenharia nacional, além de fortalecerem o ‘colonialismo do botão’: “*Aperte aqui que irá dar certo...*” Não vale a pena entender o que há por trás disso, afinal eles já investiram tanto neste programa, para que reinventar a roda ? ...

Sob o ponto de vista da modelação hidráulica, o SPERTS emprega as equações gerais de continuidade e quantidade de movimento para descrever o deslocamento fluido através de uma instalação hidráulica em condutos forçados. Aí são consideradas em sua essência as variações

das variáveis de estado, carga e vazão, no espaço e no tempo. Em outras palavras: a formulação adotada no modelo pode descrever tanto as condições estáticas como dinâmicas (por exemplo: as de regime transitório, embora este módulo ainda não esteja totalmente disponível, no núcleo do SPERTS).

Embora o conhecimento do modelo empregado pelo SPERTS não seja fundamental para o desenvolvimento desta dissertação, será feita uma descrição bastante sumária de sua concepção, uma vez que estas guiam a estruturação do banco de dados necessário para o funcionamento do programa (simulação).

5.1.1 Modelação topológica e matemática

Uma rede para transporte fluido em situação de condutos forçados é constituída por elementos (ENOS), tais como; tubos, reservatórios, bombas e válvulas, e também por NÓS, onde se interligam estes elementos (para efeito da modelação, estar-se-á considerando que em um NÓ pode estar conectado a apenas um elemento que não seja um tubo).

A estes NÓS poderão estar vinculadas demandas $D(t)$. Estabelecendo-se um sentido arbitrário considerado positivo nos ENOS, qualificam-se os NÓS como: de montante N1 e de jusante N2. Adotando-se um código de tipo T para os ENOS que os identifiquem como um tubo, como uma válvula, como uma bomba ou um como reservatório e um código de ordem I para os que os identifiquem como instalação, pode-se representar topologicamente cada ENO através dos vetores (I,T,N1,N2).

Para a rede esquematizada na figura 5.1, se o código T=3 é usado para bomba o ENO 21 se escreve como (21,3,6,17); no mesmo raciocínio, com o código T=2 para reservatórios identificam-se os três reservatórios da rede como (1,2,1,2) e (19,2,15,16). O conjunto destes vetores caracterizam a topologia da rede e permite reconstruí-la, identificando-se todos os elementos.

Nas redes hidráulicas, como a ilustrada, a transmissão de informação em um ENO tipo tubo é obtida pela mudança da carga (H) e da vazão (Q) em cada ponto P, ao longo de seu comprimento, que se processam a cada instante t .

Esta transmissão de informação mobiliza as características de inércia, resistência e elasticidade, seja do fluido em escoamento, seja da própria tubulação, de tal forma que as informações transmitidas para a posição P, a cada instante, podem ser obtidas dos valores de carga e vazão nas posições A e B, num instante anterior (figura 5.2), de acordo com o método das características (*método empregado para solução do par de equações diferenciais do tipo hiperbólico, resultantes do equacionamento do escoamento variável, em tubulação deformável, para fluido compressível*) – SITUAÇÃO GERAL : (LUVIZOTTO JR., 1995)

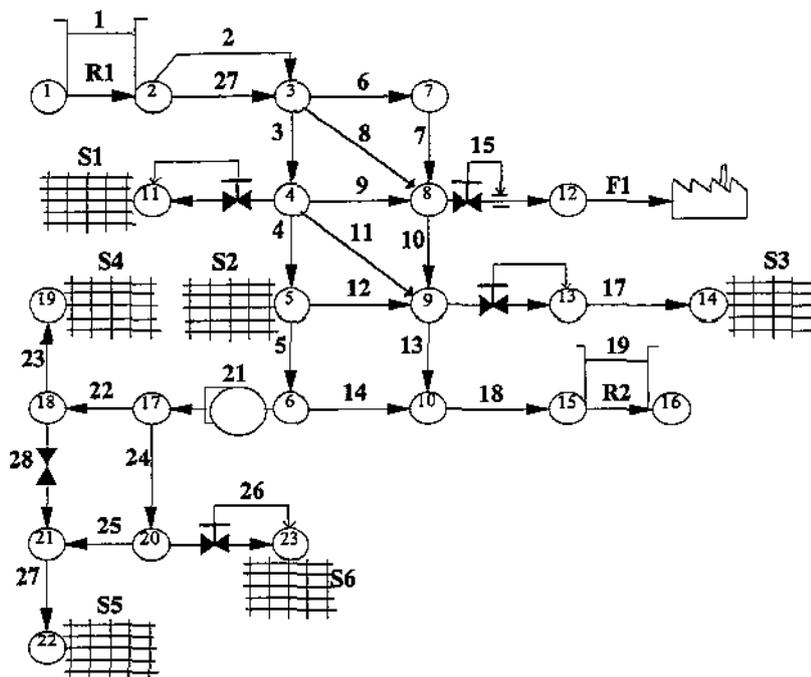


Figura 5.1. Modelação topológica de uma rede de condutos forçados

$$H_p = H_A - (Q_p - Q_A) - RQ_p |Q_A| \quad (1)$$

$$H_p = H_B + (Q_p - Q_B) + RQ_p |Q_B| \quad (2)$$

onde B é o termo de impedância, R a resistência da tubulação, H_p é a carga no ponto P da malha de cálculo no instante $(t + \Delta t)$, H_A e H_B são as cargas nos pontos A e B, respectivamente da malha de cálculo no instante (t) , e Q_p , Q_A e Q_B são as vazões nos pontos P, A e B respectivamente.

$$B = \frac{a}{gA} \quad R = \frac{f\Delta x}{2gDA^2} \quad (3a,b)$$

A celeridade é representada por a , que é a velocidade com que a informação é transmitida; D é o diâmetro do tubo; A é a área da seção transversal da tubulação; f é o fator de atrito da fórmula Universal de perda de carga distribuída (estas grandezas juntas representam as propriedades das tubulações); e g a aceleração da gravidade.

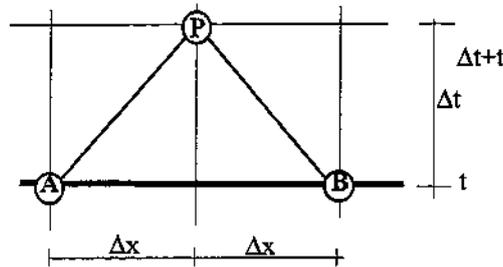


Figura 5.2 Malha de Cálculo

A decodificação das informações enviadas por A (equação 1) e por B (equação 2) é feita no ponto P no instante $t+\Delta t$ (Figura 5.2), na forma de (Q_P) :

$$Q_P = (C_B - C_A) / (B_A + B_B) \quad (4)$$

onde B_A , B_B , C_A , C_B representam os valores:

$$B_A = (B + R|Q_A|) \quad (5)$$

$$B_B = (B - R|Q_B|) \quad (6)$$

$$C_A = (H_A + B_A Q_A) \quad (7)$$

$$C_B = (H_B + B_B Q_B) \quad (8)$$

A informações assim propagadas de um instante para outro passam das extremidades dos tubos para os NÓS, genericamente representados na figura 5.3, em que TC é o número de tubos que 'convergem' para o NÓ e TD é o número de tubos que divergem do NÓ. Pode-se considerar que a um dado NÓ seja possível estar vinculado uma demanda $D(t)$ e uma vazão Q_{PE} de um ENO não tubo associado a esse NÓ.

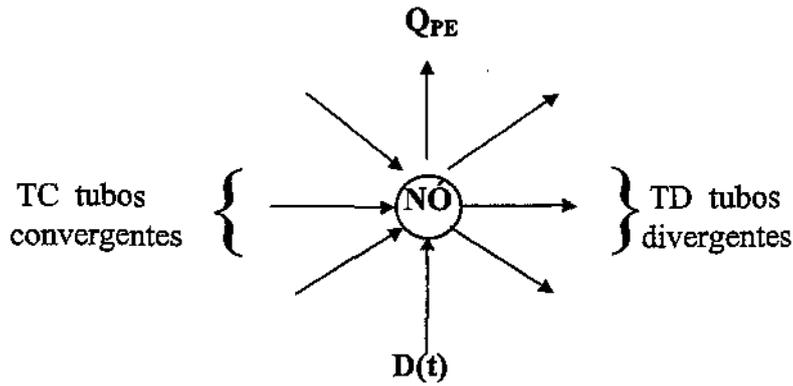


Figura 5.3 Esquema de um Nó genérico

Da condição de continuidade no Nó pode-se chegar facilmente à equação denominada equação do NÓ.

$$\boxed{Q_{PE} = E_N - B_N H_P} \quad (9)$$

onde E_N e B_N totalizam as informações recebidas pelo NÓ, na forma:

$$E_N = \sum_{j=1}^{TC} \frac{C_A(j)}{B_A(j)} + \sum_{k=1}^{TD} \frac{C_B(k)}{B_B(k)} + D(t) \quad (10)$$

$$B_N = \sum_{j=1}^{TC} \frac{1}{B_A(j)} + \sum_{k=1}^{TD} \frac{1}{B_B(k)} \quad (11)$$

A demanda $D(t)$ é acrescentada em E_N como uma informação externa, que foi adicionada ao conjunto de informações internas recebidas pelo NÓ.

A vazão Q_{PE} representa uma resposta do ENO não tubo aos estímulos recebidos em seus NÓS de montante e de jusante; essa resposta irá depender das características funcionais desse elemento, genericamente esquematizado na figura 5.4:

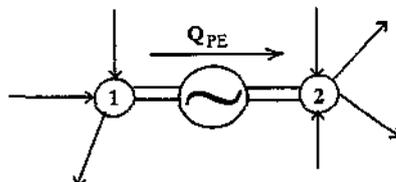


Figura 5.4 Representação esquemática de um elemento não tubo

As informações recebidas dos NÓS podem ser escritas na forma dos parâmetros E_E e B_E , que mobilizam a resposta do ENO não tubo na forma:

$$\boxed{H_{PE} = E_E - B_E Q_{PE}} \quad (12)$$

onde

$$E_E = \frac{E_{N1}}{B_{N1}} - \frac{E_{N2}}{B_{N2}} \quad e \quad B_E = \frac{1}{B_{N1}} - \frac{1}{B_{N2}} \quad (13)$$

e H_{PE} - a diferença de carga entre os NÓS de montante e de jusante.

Observando a equação (12), nota-se que a resposta aos estímulos que chegam ao NÓ deve ser combinada às características funcionais do ENO não tubo para que se possa obter a resposta ao estímulo. Essas características podem ser expressas de forma genérica, como:

$$H_{PE} = H_{P1} - H_{P2} = \varphi(Q_{PE}) \quad (14)$$

Desta forma pode-se dizer que os estímulos recebidos, traduzidos pela equação (11) em conjunto com a característica funcional, fornecerão a resposta:

$$Resposta = F(Q_{PE}) = \varphi(Q_{PE}) + B_E Q_{PE} - E_E = 0 \quad (15)$$

Para um ENO não tubo genérico que não acumule massa, a equação particular, $\varphi(Q_{PE})$ é conhecida (normalmente como uma forma quadrática do tipo $H_{PE} = aQ_{PE}^2 - bQ_{PE} + c$) e pode ser substituída na equação (15), resultando em:

$$Q_{PE} |Q_{PE}| + FQ_{PE} + G = 0 \quad (16)$$

onde os valores de F e G são determinados para cada instante de cálculo a cada um dos elementos segundo sua característica (coeficientes a , b e c). A solução desta equação é dada por:

$$Q_{PE} = \frac{2G}{F + \sqrt{F^2 + 4|G|}} \quad (17)$$

Essa resposta é dada ao sistema através dos NÓS de montante e de jusante, através da equação (9), que realimenta o processo cognitivo.

Quando a análise é focada na obtenção do regime permanente, no período extensivo ou no monitoramento de perdas, pode-se utilizar o fato de que a impedância $B=a/gA$ não tem significância e pode ser substituída pela celeridade $a = L/\Delta t$, em que L é o comprimento do tubo, e a impedância é dada por:

$$B = \frac{L}{gA\Delta t} \quad (18)$$

Seguindo a sugestão de **SHIMADA** (1989), pode-se substituir os tubos da rede de comprimento L_i e coeficiente de atrito f_i por tubos equivalentes a comprimentos comuns L_o (usualmente 100 m) e um correspondente coeficiente de atrito dado por:

$$f_i^* = \frac{f_i L_i}{L_o} \quad (19)$$

Esse procedimento acelera a convergência do procedimento numérico de cálculo para o regime permanente final. Para os regimes transientes e oscilatórios, o intervalo de tempo Δt é obtido da seguinte equação:

$$\Delta t = \frac{L_i}{na_i} \quad (20)$$

onde n é um inteiro; para tanto, alguns ajustes no valor da celeridade podem ser necessários e o limite de +/-10% é recomendado. Isso é preferível quando comparado aos processos de interpolação para evitar amortecimento.

Esta síntese mostra a fundamentação do SPERTS e a sua concepção genérica, preparada para a análise de todos os tipos de escoamentos. Uma melhor compreensão do método pode ser obtida em **LUVIZOTTO JR** (1995).

5.1.2 Programa desenvolvido

O programa SPERTS baseia-se numa tela gráfica principal para a entrada de dados da topologia e dos elementos (de forma manual, quando utilizado em separado do SPRING). Os dados de entrada podem também ser lidos de arquivos, de onde podem ser importados do SPRING, como propõe a ferramenta objeto desta dissertação. A tela apresentada na figura 5.5 mostra a tela de principal do SPERTS com uma topologia desenhada. A figura 5.6 mostra as tabelas com os dados específicos dos elementos que compõem a topologia.

Dados específicos que dependem da análise de outros programas, como as curvas de demandas, também possuem tabelas especiais para edição e exportação, assim como gráficos para a sua visualização, como indicado nas figuras 5.7 e 5.8

A regra de operação do sistema pode também ser importada de outros aplicativos, como é o caso do modelo híbrido em desenvolvimento e, também, pode ser editada na seção apropriada do SPERTS (opção de menu – Regras Operacionais), como indicado na figura 5.9.

Os resultados das simulações podem ser visualizados de diversas maneiras dentro do próprio SPERTS e também podem ser exportados para o SIG, através da ferramenta proposta para funções adicionais, como descritas mais adiante. Os níveis de pressão, carga e vazão podem ser visualizados através de graduação de cores para os períodos desejados, além de ser possível o desenho de regiões dos níveis associados a estas grandezas, como pode ser observado nas figuras 5.10 e 5.11.

Os resultados para um elemento em um dado período de simulação podem ser obtidos apontando para o elemento e selecionado-o através do 'mouse', como mostra a figura 5.12. A elocução de uma dada grandeza associada a um elemento também pode ser obtida através de gráficos temporais, como o ilustrado na figura. 5.13.

Além dos gráficos, é possível obter relatórios das simulações diretamente do SPERTS, como mostra a figura 5.14, para um período de simulação.

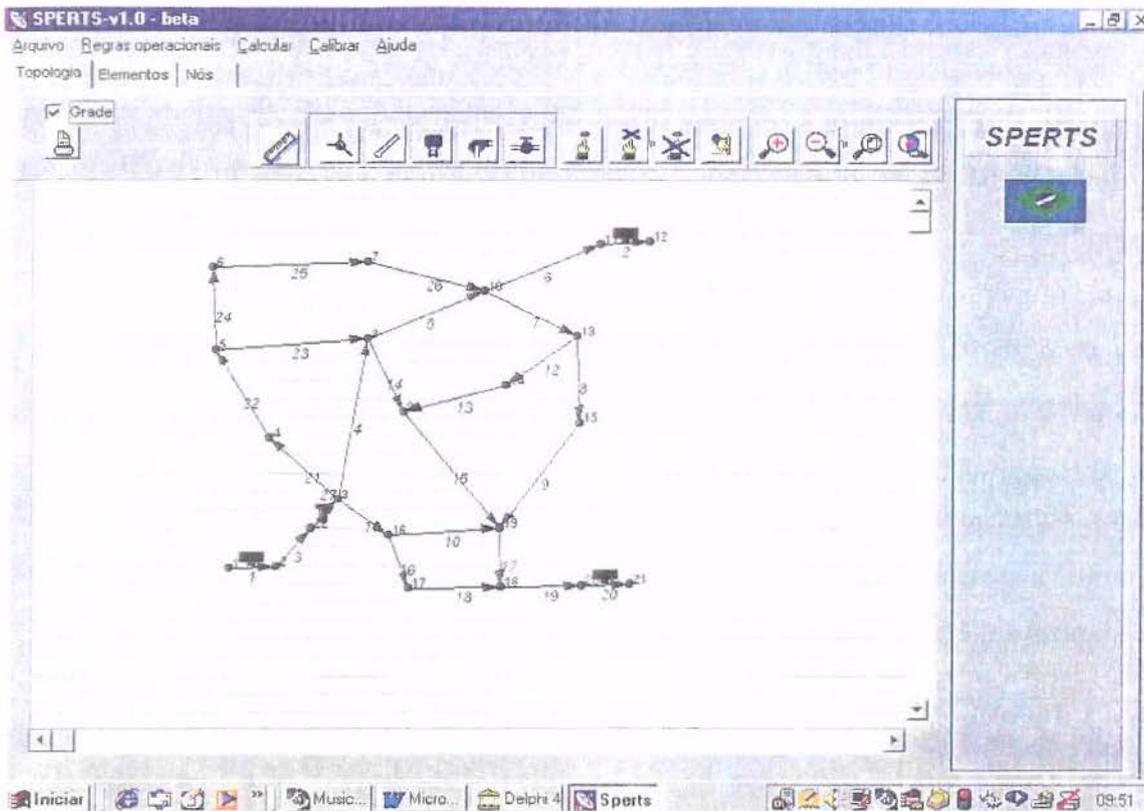


Figura 5.5 Entrada da topologia

Figura 5.6 Tabela com os dados dos elementos

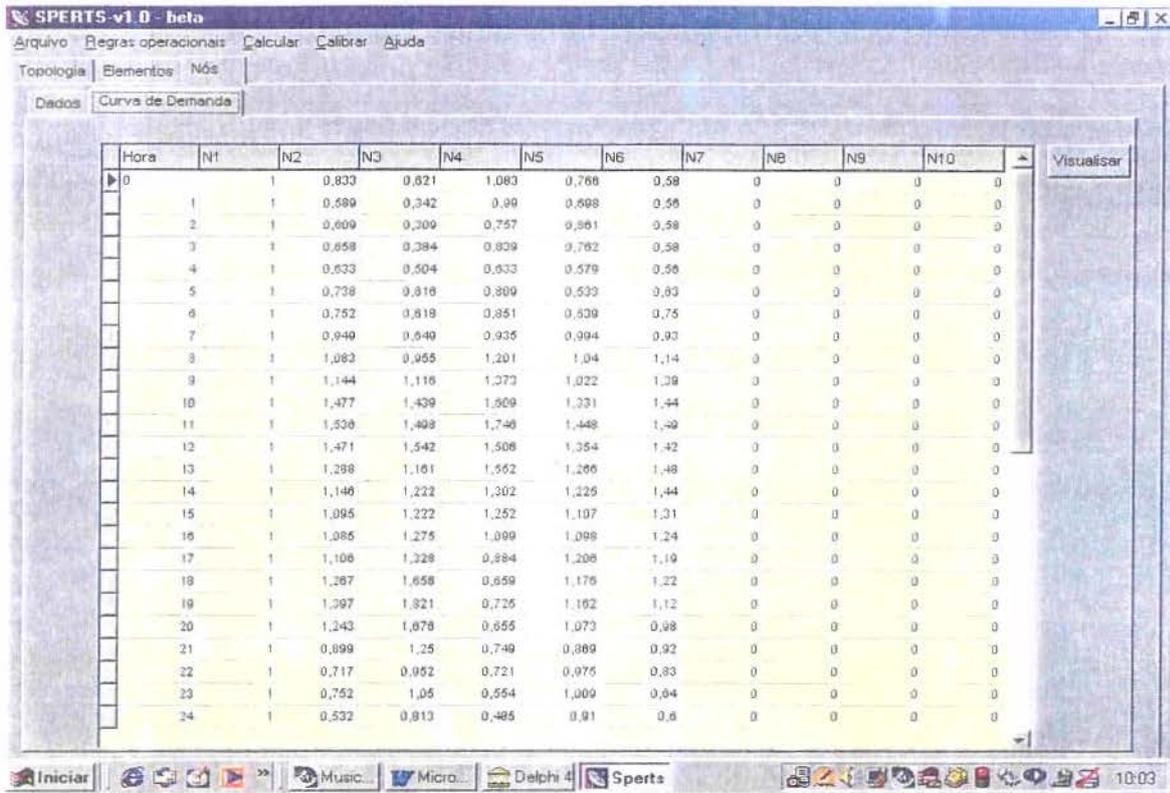


Figura 5.7 Curvas Neutra de Demanda

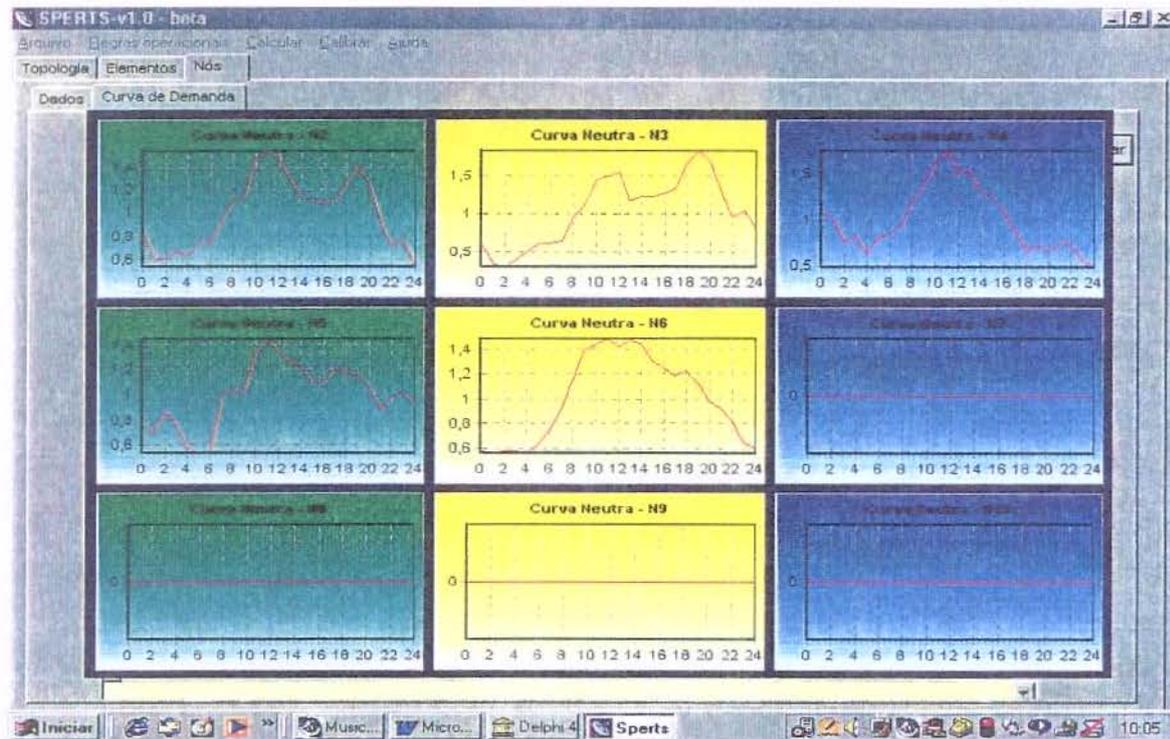


Figura 5.8 Curvas de demandas

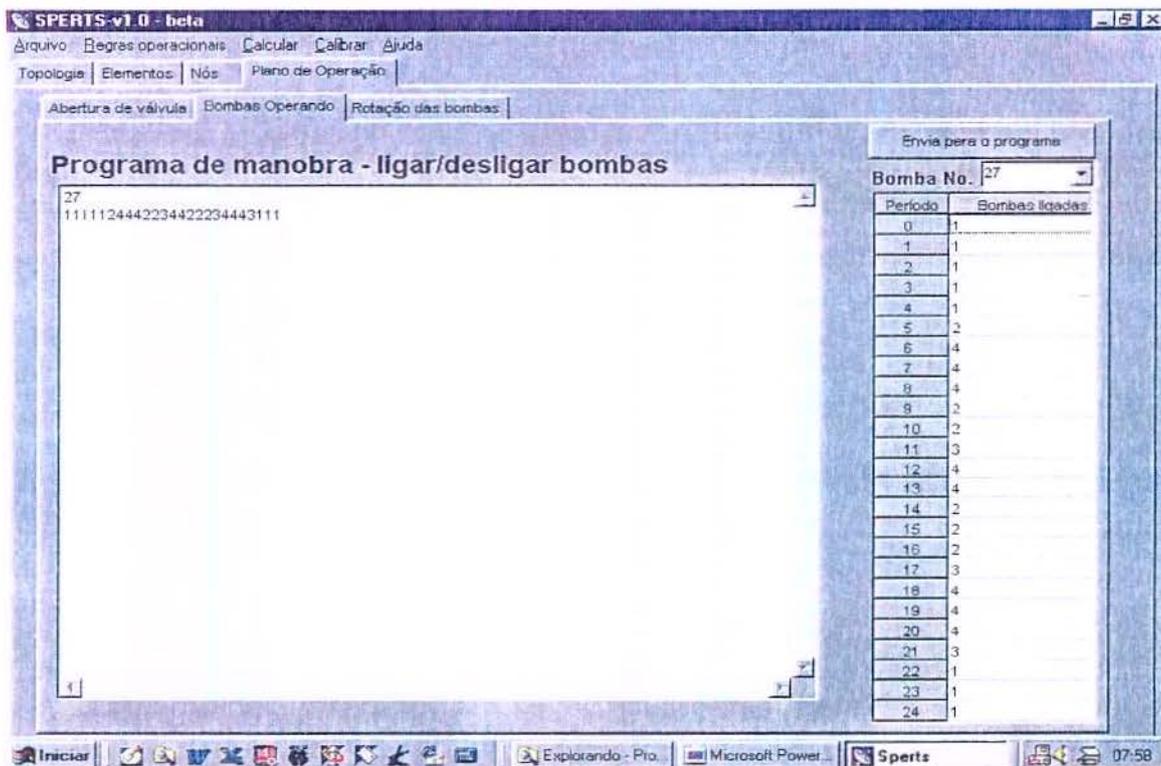


Figura 5.9 Tabela de regras operacionais de uma bomba

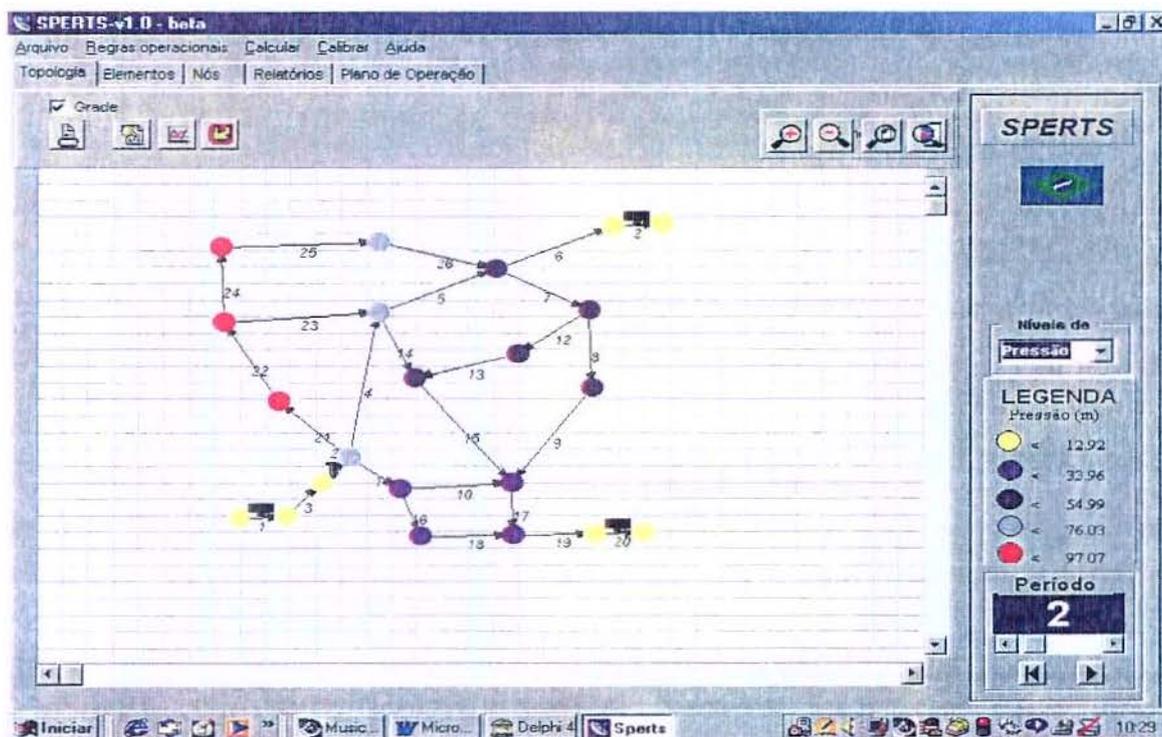


Figura 5.10 Níveis de pressão na rede

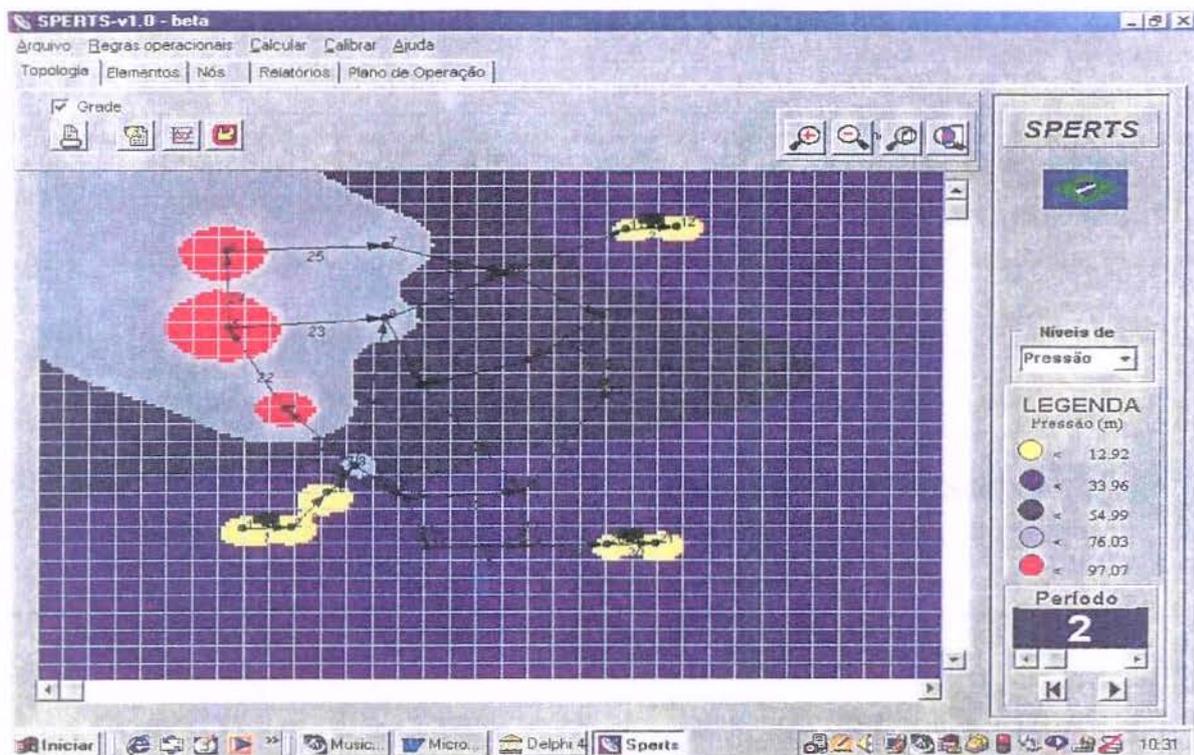


Figura 5.11 Zonas de pressão na rede

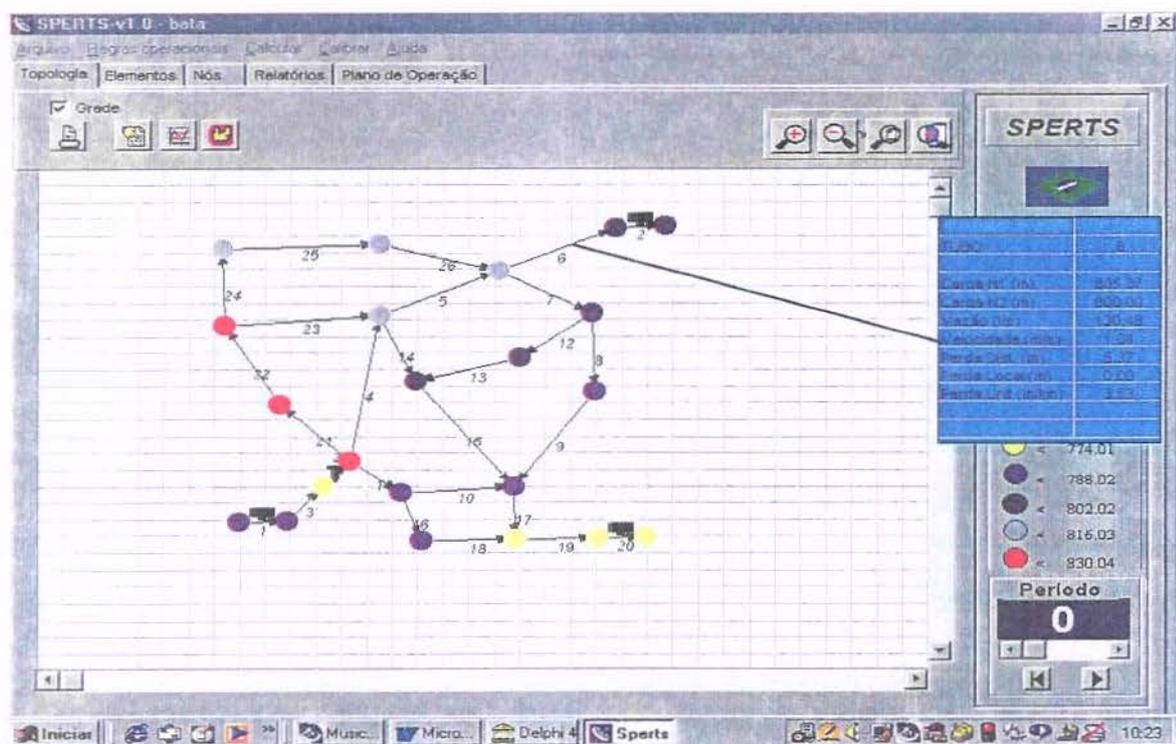


Figura 5.12 Resultado de um elemento em dado período

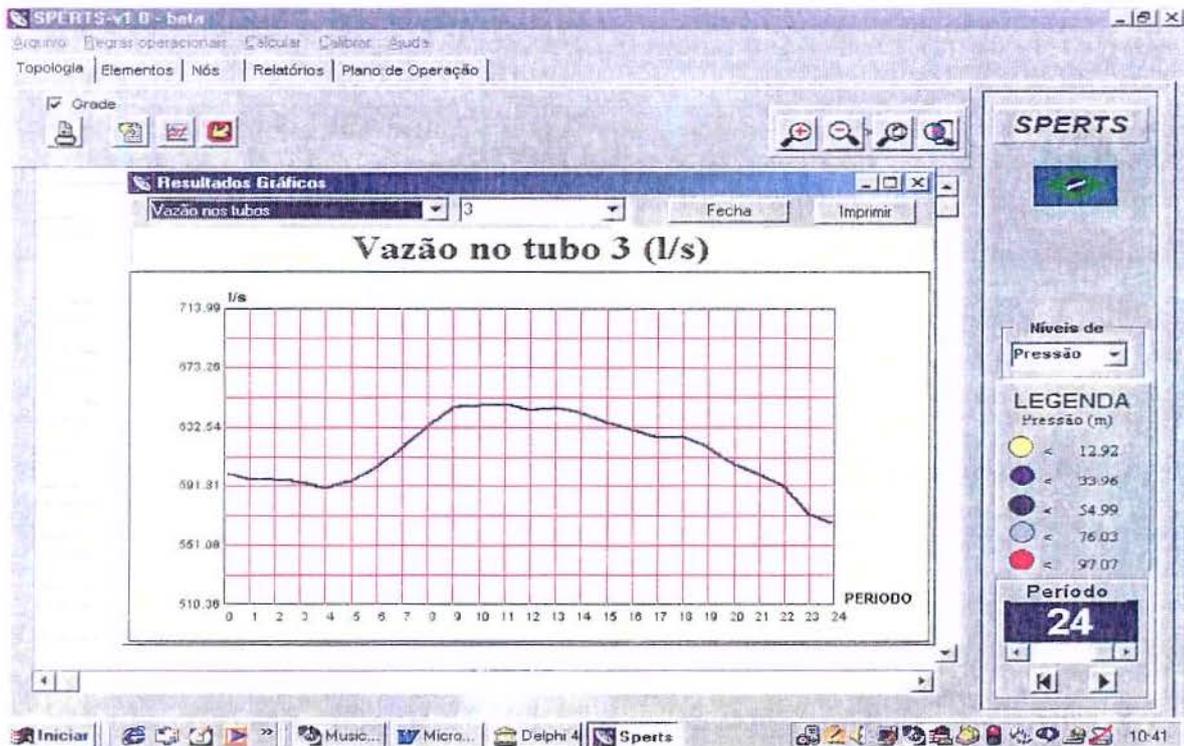


Figura 5.13 Evolução da vazão em um dado tubo.

SPERTS v1.0 - beta

Arquivo Regras operacionais Calcular Calibrar Ajuda

Topologia Elementos Nós Relatórios Plano de Operação

Período 0

SPERTS V1.0
Análise de Redes de Abastecimento de Água
Copyright(c) 1998 - Gerasoft

PERÍODO 0

RESULTADO NOS TUBOS

TUBO NU.	N1 NODE	N2 NODE	COMPR. (m)	DIAM. (mm)	CARGA N1 (m)	CARGA N2 (m)	VAZÃO (l/s)	Veloc. (m/s)	PERDA DISTR. (m)	PERDA LOCAL. (m)	PERDA UNIT. (m/km)
3	2	22	1750.0	600	780.00	765.49	600.9	2.1	14.5	0.0	8.292
4	3	8	1520.0	400	829.32	810.43	257.4	2.0	18.9	0.0	12.425
5	8	10	780.0	400	810.43	805.37	181.3	1.4	5.1	0.0	6.493
6	10	11	1520.0	400	805.37	800.00	130.5	1.0	5.4	0.0	3.530
7	10	13	920.0	300	805.37	794.59	106.4	1.5	10.8	0.0	11.715
8	13	15	770.0	300	794.59	787.42	94.0	1.3	7.2	0.0	9.312
9	15	19	1100.0	300	787.42	779.91	79.5	1.1	7.5	0.0	6.827
10	16	19	650.0	300	782.29	779.91	56.8	0.8	2.4	0.0	3.668
11	3	16	1270.0	300	829.32	782.29	198.0	2.8	47.0	0.0	37.024
12	13	14	330.0	150	794.59	793.93	6.6	0.4	0.7	0.0	1.991
13	14	9	380.0	150	793.93	793.17	6.6	0.4	0.8	0.0	1.991
14	8	9	1210.0	250	810.43	793.17	73.2	1.5	17.3	0.0	14.260
15	9	19	1250.0	250	793.17	779.91	62.4	1.3	13.3	0.0	10.612
16	16	17	340.0	300	782.29	776.65	141.2	2.0	5.6	0.0	16.586
17	19	18	345.0	300	779.91	770.81	181.4	2.6	9.1	0.0	26.369
18	12	18	660.0	300	776.65	770.81	100.6	1.4	5.8	0.0	8.852

Figura 5.14 Relatório de simulação

Pelo exposto, observa-se que, ao lado das facilidades apresentadas, a exportação dos dados (ou o compartilhamento destes) para um SIG, no caso o SPRING, permitirá uma série de novas opções de gerência, que não seriam possíveis somente com o simulador.

5.2 SIG – SPRING 3.3

Programa desenvolvido pelo INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais, com a finalidade de trabalhar como um SIG tanto com variáveis matriciais como vetoriais, e ainda fazer a interpretação de fotos aéreas e de satélites. Atualmente esse programa está em fase de teste e desenvolvimento, mas já possui a maioria dos recursos e ferramentas disponíveis.

Antes que o SIG entre em operação é necessário se construir a plataforma do sistema, que compreende:

- Banco de dados
- Projeto
- Modelo de dados

5.2.1 Banco de dados

Para a criação do banco de dados é necessário se determinar com que tipo se pretende trabalhar, dentre as três opções fornecidas pelo programa. Na versão 3.3 do SPRING estão disponíveis a conexão entre a base gráfica e o banco de dados relacional com o *CODEBASE* (gerenciador compatível com o Dbase IV) e *ACCESS* (figura 5.15), ambos na forma nativa, ou seja, não é necessário ter o aplicativo, pois as bibliotecas necessárias para o SPRING criar um banco são instaladas junto com o mesmo. Já o *ORACLE* que deve estar instalado previamente.

A forma usual de ligação entre o SIG e o banco de dados relacional é feita através de um SGBDR (Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional) denominado modelo “geo-relacional”: os componentes espaciais e descritivos do objeto geográfico são armazenados

separadamente. Os atributos convencionais são guardados no banco de dados no formato de tabelas e os dados espaciais são tratados por um sistema dedicado. A conexão é feita por identificadores (id) de objetos.

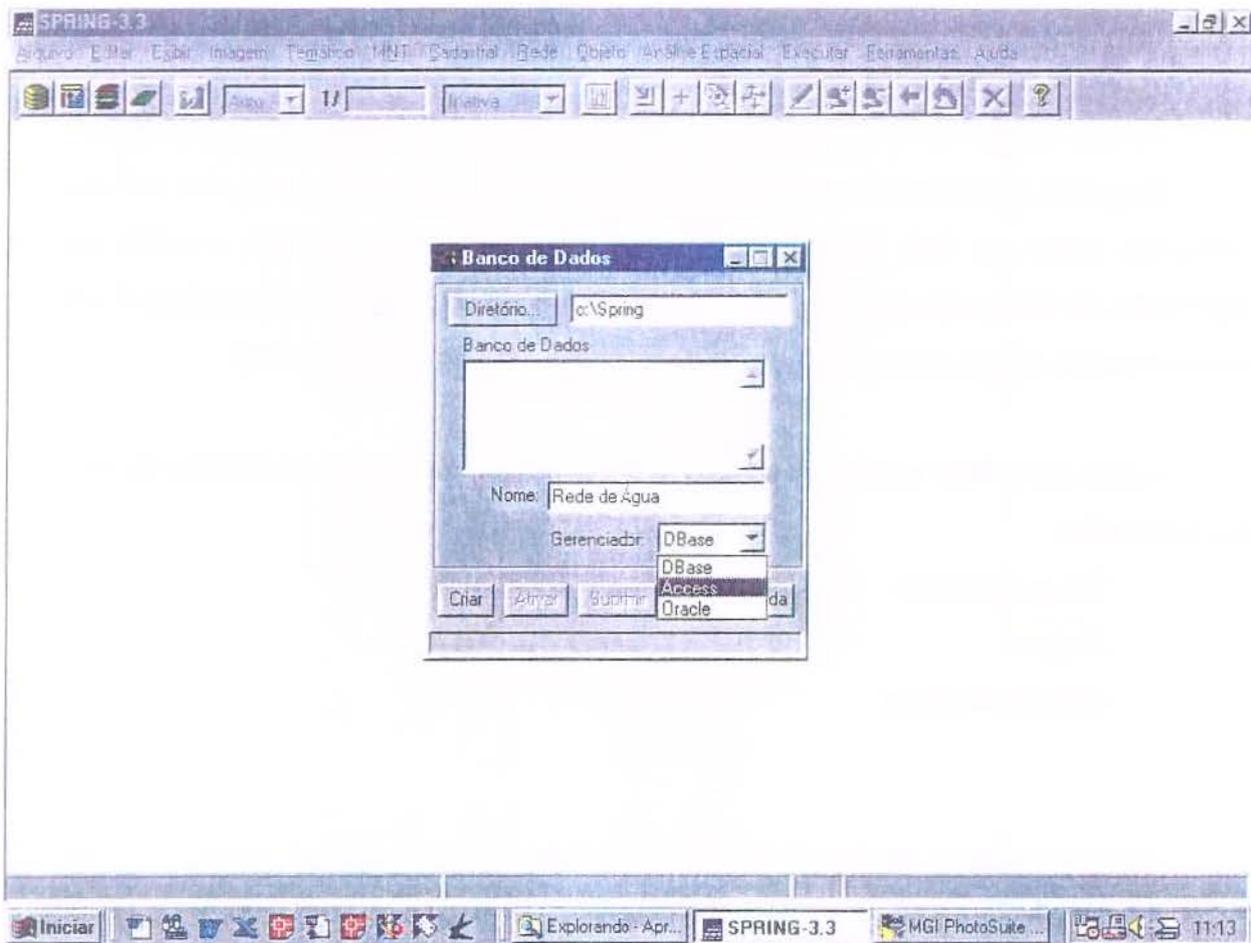


Figura 5.15 - Bancos de dados do SPRING

Em síntese, para recuperar um objeto, os dois subsistemas devem ser pesquisados e a resposta é uma composição de resultados. O SPRING foi concebido como um banco de dados geográfico e projetado desde o início para operar com eficiência em conjunto com um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD).

No SPRING, cada categoria de dados geográficos está associada a uma tabela, que contém os atributos descritivos dos tipos de dados. Cada geo-objeto e geocampo recebe um

identificador único denominado “geoid”, que é mantido automaticamente pelo sistema e não deve ser modificado pelo usuário.

5.2.2 Projetos

Para definir um projeto no SPRING é necessário estabelecer o limite geográfico da área em estudo (Retângulo Envolvente) e a Projeção Cartográfica mais adequada aos dados geográficos que estarão sendo manipulados na área de trabalho. Para cada sistema de projeção há diferentes Modelos da Terra e parâmetros como Hemisfério, Latitude e/ou Longitude de Origem e Paralelos Padrão que deverão ser fornecidos conforme ilustrado na figura 5.16.

Um projeto contém Planos de Informação (PI) dentro do retângulo envolvente definido e estes herdarão o seu sistema de projeção. Os dados originais provenientes de outros sistemas de projeção serão sempre remapeados para a projeção do projeto durante o processo de importação ou entrada de dados. Daí a importância de se definir um sistema adequado com a escala dos dados, prevendo-se também os produtos cartográficos que serão gerados. O retângulo envolvente de um projeto define também o limite máximo dos Planos de Informação internos a este. Dados geográficos com limites maiores que a área do projeto serão limitados pelas coordenadas do projeto no momento da importação ou entrada dos dados.

O botão ‘projeção’ deve ser acionado para determinar um sistema de referência, que no caso é o UTM (Universal Transverse Mercator), a partir daí determina-se o datum.

Para o Brasil, nos mapas mais antigos adota-se o Datum de Córrego Alegre - MG e o elipsóide de Hayford, desde 1969, utiliza-se o Datum Chuá - MG e o elipsóide SAD 69, mais recentemente com a implantação do Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Datum horizontal continua sendo o Chuá - MG e o elipsóide, o WGS 84.

- Córrego Alegre - MG
Latitude: 19°45'41.34"S
Longitude: 48° 06' 07.08" W

- ou Chuá - MG
 Latitude: $19^{\circ}45'41.6527''\text{S}$
 Longitude: $48^{\circ}06'04.0639''\text{W}$
 Azimute Geográfico $271^{\circ}30'04.05''$ para o vértice Uberaba.

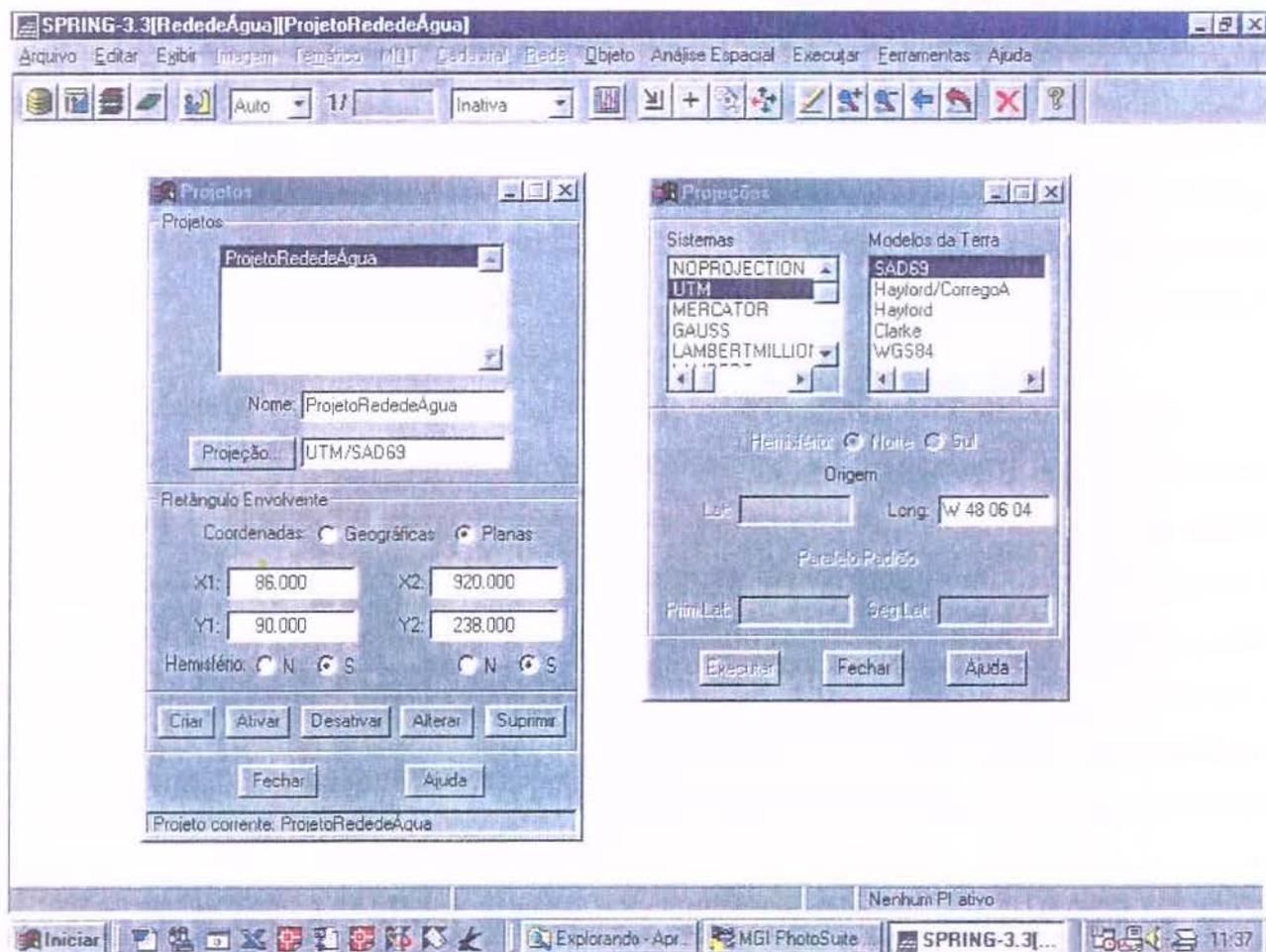


Figura 5.16 Projeto do SPRING

5.2.3 Modelo de dados:

Antes de se introduzir qualquer dado no SPRING é necessário se definir os diferentes dados que serão manipulados para compor a modelagem do banco de dados. O Modelo de dados do banco se resume à especificação das categorias e classes (somente para temática), à definição

das características de apresentação gráfica dos dados para cada categoria e ainda à definição dos atributos não-espaciais (consulta) das categorias.

No SPRING, todo e qualquer dado deverá pertencer a uma categoria, ou seja, deve pertencer a um dos seguintes modelos: temático, numérico e imagem. Isso se for composto por dados do tipo *campo*. Dividir-se-á em modelos de rede, cadastral e objeto, se for um dado do tipo *objetos*, ou ainda não-espacial se forem somente tabelas alfanuméricas. Os modelos disponíveis conforme figura 5.17 são os seguintes:

- **IMAGEM** : Categoria do modelo **Imagem** refere-se a dados provenientes de sensoriamento remoto em formato matricial. Exemplos: imagens de satélites, fotografias aéreas transformadas em imagens digitais através de “scanners”, etc.
- **NUMÉRICO** : Categoria do modelo **Numérico** refere-se a dados que possuem uma variação contínua de seus valores numéricos em função de sua posição na superfície. Exemplos: altimetria, temperatura de superfície, etc.
- **TEMÁTICO** : Categoria do modelo **Temático** refere-se a dados que classificam uma posição geográfica quanto a um determinado tema. Ex: setores da cidade, áreas de preservação permanente, mananciais, classificação de vegetação, etc.
- **CLASSES** : Para as categorias de dados do modelo temático é necessário definir as **Classes Temáticas**, as quais são especializações da categoria. Tomando-se como exemplo a categoria *áreas de preservação*, cada um dos diferentes tipos de vegetação que compõem a área, constituirão classes como: mata nativa primária, mata nativa secundária, recém-reflorestada e desmatada.
- **OBJETO** : Categoria de dados do modelo **Objeto** refere-se à especialização de um tipo de objeto geográfico. Exemplo: municípios, logradouros, propriedades, etc.
- **CADASTRAL** : Categoria do modelo **Cadastral** refere-se aos mapas que contêm a representação de determinado tipo de objeto, por exemplo: divisão política é a categoria cadastral que deverá conter o mapa com as representações dos municípios.
- **REDE** : Categoria do modelo **Rede** refere-se aos dados geográficos que estabelece relações de fluxo e conexão entre os inúmeros elementos que se deseja representar e monitorar. Ex: rede de água, esgoto, drenagem, energia elétrica, telefonia, etc.

- **NÃO-ESPACIAL** : Categoria do modelo **Não-Espacial** refere-se aos dados que não possuem representação espacial como, por exemplo, os dados de cadastros rurais e urbanos.

Na janela da definição do modelo de dados existem dois botões:

1-) **Visual**: que representa o visual de apresentação gráfica, onde são configurados todos os detalhes como cor, tipo, espessura e tamanho dos elementos área, linha e ponto, além dos detalhes das letras.

2-) **Atributos**: onde se definem os campos dos dados com a natureza das informações e tamanho. Esses sempre se apresentam com um “geoid” determinado pelo computador.

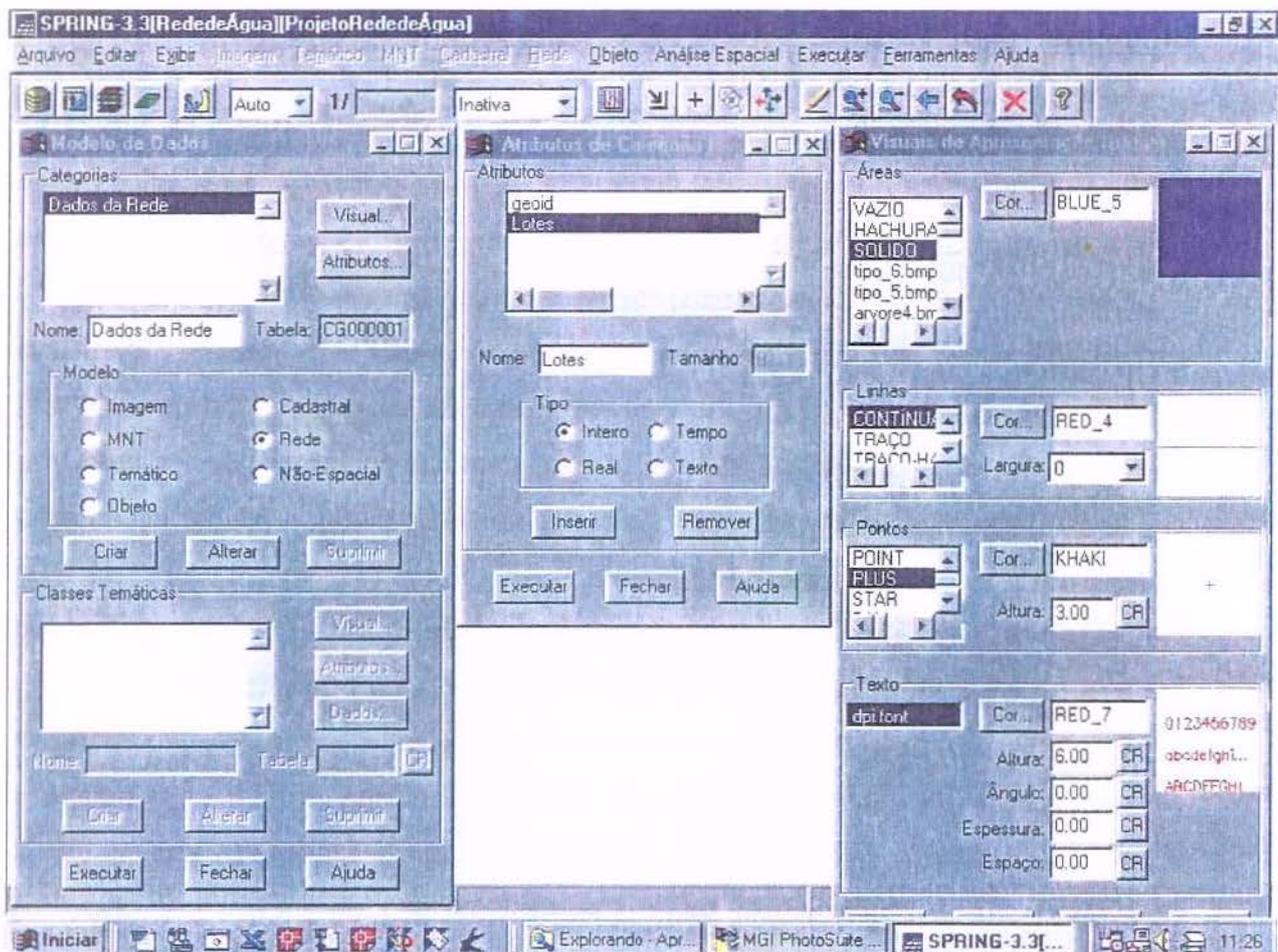


Figura 5.17 Modelo de dados do SPRING

6 Sistematização

É possível atribuir a cada um dos elementos da rede como: nós, tubos, válvulas, bombas, reservatórios, acessórios e unidades medidoras (hidrômetros) e também aos elementos da cidade, dentre eles o lote, o logradouro e a atividade exercida no imóvel, informações específicas referentes a cada um dos itens e sub-itens que estão diretamente relacionados a eles e criar estruturas de bancos de dados. Estas permitem uma relação direta entre as informações georeferenciadas, de forma que seja possível tomar decisões na operação da rede, com o auxílio de telemedidas e do Modelo Matemático de Simulação - *SPERTS*. As manobras são exercidas através de telecomando.

A estruturação de um banco de dados para armazenamento de todas as informações sobre um sistema de abastecimentos de água devem ser elaborada com os seguintes critérios:

- Criação de campos para os dados essenciais. O sucesso da implantação de um SIG, conforme as experiências de prefeituras e empresas de infra-estrutura, está diretamente relacionado a obtenção de resultados a curto prazo. Quanto menor for a quantidade de dados para digitar, menos tempo será necessário para pôr um sistema de informações geográficas em funcionamento. Isso posto, conclui-se que, antes da elaboração dos campos das tabelas, deve-se analisar cuidadosamente, onde serão usadas as informações e quando elas serão úteis, para que seja criado um banco de dados adequado (ou seja, enxuto), somente com informações necessárias e importantes para a gerência da rede. Posteriormente, se for preciso, pode-se inserir mais campos caso haja necessidade (embora não seja uma prática recomendável).
- Divisão dos arquivos ou tabelas em áreas. Um sistema de abastecimento de água possui informações de várias naturezas, que podem estar interligadas ou não. Para

um melhor entendimento e organização do banco de dados, os arquivos devem estar agrupados em áreas específicas, de acordo com a natureza das informações.

- Compatibilidade entre os bancos de dados. As informações serão inseridas no banco de dados do SIG, para posteriormente serem utilizadas pelo simulador e, após elaborados os cálculos e a calibração pelo simulador, os resultados serão exportados novamente para o SIG. Para isso, os bancos de dados devem ser comuns entre si ou, ao menos, compatíveis.

Com os elementos geo-referenciados e a estruturação racional dos arquivos de todas as áreas da empresa de abastecimento, deverá ser possível simular as diversas manobras no sistema e com isso antever, através da exportação dos resultados de simulação para a base do SIG, quais seriam as conseqüências e a melhor opção a se adotar dentro de várias outras possíveis.

Os resultados de simulação geram informações sobre a “saúde” do sistema. Essas informações futuramente poderiam fornecer os subsídios necessários ao módulo de detecção de fugas para a determinação das mesmas e os prováveis locais onde poderia estar havendo perdas, facilitando muito a busca para a manutenção dos trechos da tubulação onde esteja havendo fugas, o que conseqüentemente reduziria custos, caso se considerasse os métodos tradicionais de detecção de fugas.

6.1 Classificação das áreas

Os arquivos foram estruturados em cinco áreas, sendo três delas já bem conhecidas nas empresas de abastecimento de água: a Administrativa, a Financeira e a Técnica. Para um melhor entendimento e organização do banco de dados, a partir da área técnica, foram criadas duas áreas: a Simulação e a Automação, que englobam características específicas, como os resultados obtidos após a simulação do funcionamento do sistema hidráulico com o auxílio do *SPERTS* e os comandos de operação (telecontrole) de válvulas e bombas, e também as medidas de vazão e cargas (telemedidas) obtidas em alguns pontos da rede. Para melhor compreender as áreas, as

mesmas foram denominadas de acordo com a atividade que é exercida com as respectivas informações. As cinco áreas estão compostas da seguinte forma:

6.1.1 Administrativa

Esta área é composta pelo cadastro de proprietários, de lotes, de pontos de consumo onde a referência é o número do hidrômetro, de fornecedores de materiais e equipamentos que compõem a rede, incluindo os medidores residenciais. Também aí se encaixam as reclamações vindas de consumidores ou de funcionários da própria empresa, de ações de manutenção e substituição dos elementos da rede, das empresas cadastradas e de funcionários da empresa que podem executar alguma melhoria na rede ou simplesmente efetuar as leituras dos hidrômetros.

O núcleo deste banco de dados é o ponto de consumo. A partir dele é que se pode saber em que lote está esse ponto de consumo e quem é o proprietário do imóvel. Pode-se também conhecer o nome dos fornecedores do hidrômetro, a reclamação de algum usuário ou funcionário e, como consequência, se houve alguma ação a partir desta reclamação e ainda que empresa ou funcionário prestou essa ação (manutenção).

As tabelas 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7 e 8.8, ilustram a estrutura das tabelas de dados pertencentes ao setor Administrativo.

6.1.2 Financeira

Apesar de algumas empresas de abastecimento de água estarem atualmente endividadas, possuem uma grande arrecadação. Devido a esse fato, aliado às constantes visitas do Tribunal de Contas da União (TCU), essas empresas, objetivando um melhor controle e gerência das finanças, possuem programas e funcionários exclusivos para tratarem desse assunto, fato esse que gera um grande desenvolvimento nesta área. Isso posto, conclui-se que a área financeira é usualmente a mais organizada nas empresas de abastecimento de água.

A leitura mensal dos hidrômetros em cada ponto de consumo é o núcleo desta área, que representa a captação direta de receita da empresa.

Conforme mencionado anteriormente, essa área é a mais evoluída nos sistemas de abastecimento de água, ficando como objeto dessa dissertação detalhar a sistemática de seu funcionamento, enfocando os aspectos técnicos. Parte da área financeira foi condensada num módulo denominado *gerência financeira* que compreende o módulo responsável pelo pagamento de funcionários e empresas, bem como licitações e demais atribuições, itens que não foram detalhados neste trabalho por fugir ao assunto precípua.

A tabela 8.9 ilustra a estrutura da tabela de dados pertencente ao setor Financeiro, relativos às leituras efetuadas nos hidrômetros.

6.1.3 Técnica

A área técnica compreende o cadastro de todos os elementos da rede e a forma como estes estão instalados, o roteiro de funcionamento das válvulas e bombas, bem como as curvas de consumo. Um sistema de abastecimento de água é composto basicamente por cinco elementos de rede que são: nós, tubos, válvulas, bombas e reservatórios. Além desses elementos, existem também ventosas, descargas nas pontas da rede e outros dispositivos auxiliares que são classificados aqui como acessórios da rede.

Os nós são pontos da rede que estão a montante e a jusante dos elementos e fazem a transição entre estes (tubos, válvulas, bombas e reservatórios). É o local onde se atribuem as demandas extraídas do arquivo de *Curva de Consumo*. Nesse ponto a demanda é denominada *consumo nodal*.

Os tubos são os elementos mais utilizados na rede de transporte. Possuem informações fundamentais como: material, diâmetro, comprimento e rugosidade

As válvulas possuem basicamente duas funções na rede: a de controle (de vazão ou carga), produzida através da variação da perda de carga local, ocasionada pelo obturador e a de bloqueio, que se realiza através da obstrução total do fluxo.

As bombas se prestam a fornecer energia ao transporte de água nas tubulações, aumentando a carga a jusante de seu ponto de inserção.

Os reservatórios têm como função o armazenamento de água e a estabilização da carga piezométrica da rede.

Os acessórios da rede como as ventosas, que têm como função proteger as tubulações, não são consideradas explicitamente no simulador, mas sim de forma implícita através da atribuição de um coeficiente de perda localizada no elemento tubo. As descargas e os hidrantes podem ser simulados como válvulas, descarregando para a atmosfera.

Para que o simulador compreenda toda essa composição dos elementos da rede existe um arquivo denominado topologia que torna possível a interpretação pelo computador da geometria da rede e a posição dos elementos na mesma.

O arquivo roteiro informa o sistema nas vinte e quatro horas do dia, no espaço de uma em uma hora, verificando se uma bomba está ligada ou desligada e observando a abertura da válvula, que se traduz através do seu coeficiente de perda localizada.

As tabelas 8.10, 8.11, 8.12, 8.13, 8.14, 8.15, 8.16, 8.17 e 8.18 ilustram as estruturas das tabelas de dados pertencentes ao setor Técnico.

6.1.4 Simulação

O Modelo Matemático de Simulação – *SPERTS*- necessita de informações das seguintes tabelas da área técnica: nós, válvulas, bombas, tubos, reservatórios, roteiros, curvas de

consumo e topologia, para então efetuar os cálculos de vazão nos trechos e cargas nos nós. Após concluídos os cálculos, todas as informações obtidas são armazenadas nos arquivos da área simulação.

Esses resultados obtidos são comparados com os valores reais obtidos na rede pelas telemedidas. Caso os resultados sejam muito discrepantes, o calibrador (módulo a ser desenvolvido) recalcula com as devidas alterações das características dos elementos da rede para que os resultados da simulação se aproxime ao máximo da realidade. Somente após a calibração é possível fazer a simulação correta do funcionamento da rede.

Caso os resultados obtidos sejam muito diferentes dos medidos, o Módulo Detecção de Fugas, através de técnicas específicas que futuramente serão implantadas no simulador, isolará alguns prováveis setores da rede onde possa haver perdas por fugas, e imediatamente irá ativar o arquivo de reclamação da área administrativa para tomar as providências necessárias.

As tabelas 8.19, 8.20, 8.21, 8.22 e 8.23 ilustram as estruturas das tabelas de dados pertencentes à área Simulação.

6.1.5 Automação

A área automação abrange as atividades que envolvem a coleta de dados da rede de abastecimento de água como: vazão e carga, além da transmissão de comandos para válvulas e bombas inseridas no sistema. As transmissões tanto de coleta de dados como comando podem ser feitas via cabo, rádio ou telefone.

A coleta das medidas, realizada através das telemedidas (figura 6.1), é transmitida diretamente dos aparelhos instalados na rede para o Módulo de Análise das Medições para conferência e eliminação de valores absurdos.

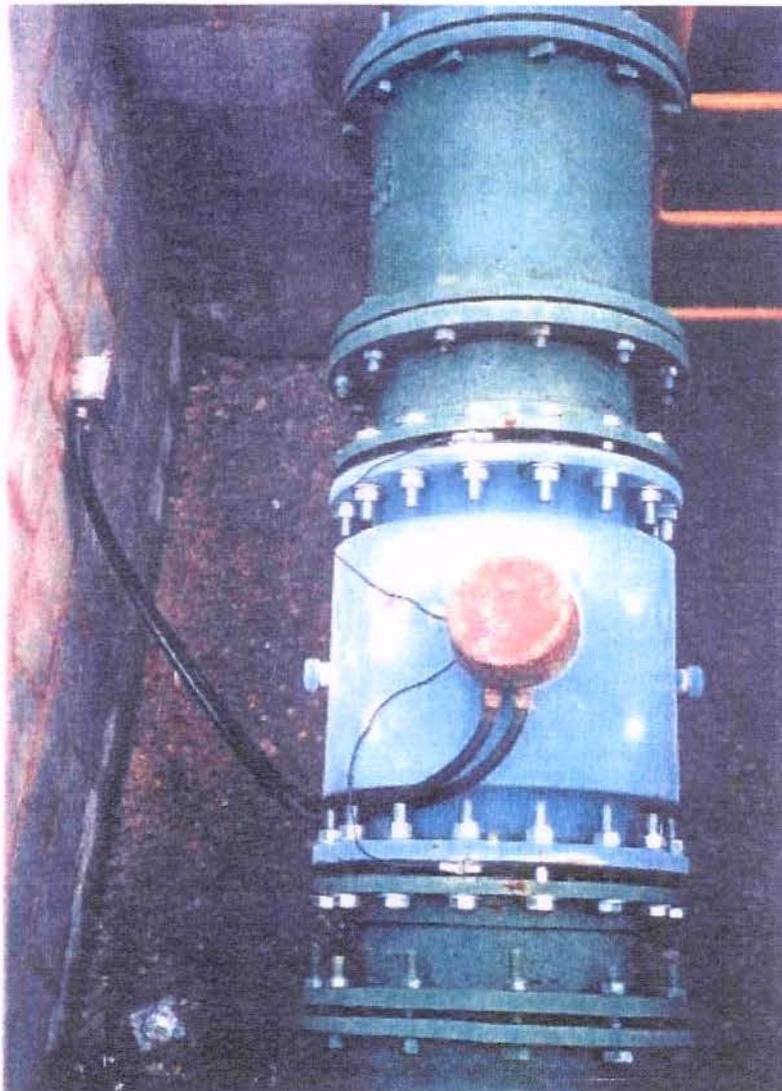


Figura 6.1 Telemetria a montante da Elevatória Norte da SANASA - Campinas-SP.

Os comandos enviados através dos telecomandos (figura 6.2) para as válvulas abrirem ou fecharem e as bombas ligarem, desligarem, acelerarem ou desacelerarem podem ser emitidos por um operador orientado por uma equipe de planejamento; neste caso o procedimento é denominado **rotina aberta**. Podem ainda ocorrer através de decisões tomadas pelo computador com o auxílio do Módulo de Decisão de Operação na Rede; neste caso é **uma rotina fechada**.



Figura 6.2 Telecontrole de válvula a montante da Elevatória Norte da SANASA - Campinas-SP.

6.2 Tráfego de Informações

Numa empresa de abastecimento de água são geradas muitas informações e estas são manuseadas por várias pessoas. Muitas vezes se trabalha com o mesmo arquivo de dados, mas em diferentes áreas, fato que pode gerar duplicidade de informações e perda de tempo para verificação. Com o intuito de organizar e disciplinar o uso do banco de dados comum, esse trabalho propõe um fluxograma (Figura 6.4) ilustrando a trajetória das informações numeradas

entre parênteses para facilitar a identificação e a relação entre os arquivos, simuladores, SIG e operadores externos. A figura 6.3 refere-se a Legenda das figuras 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8.

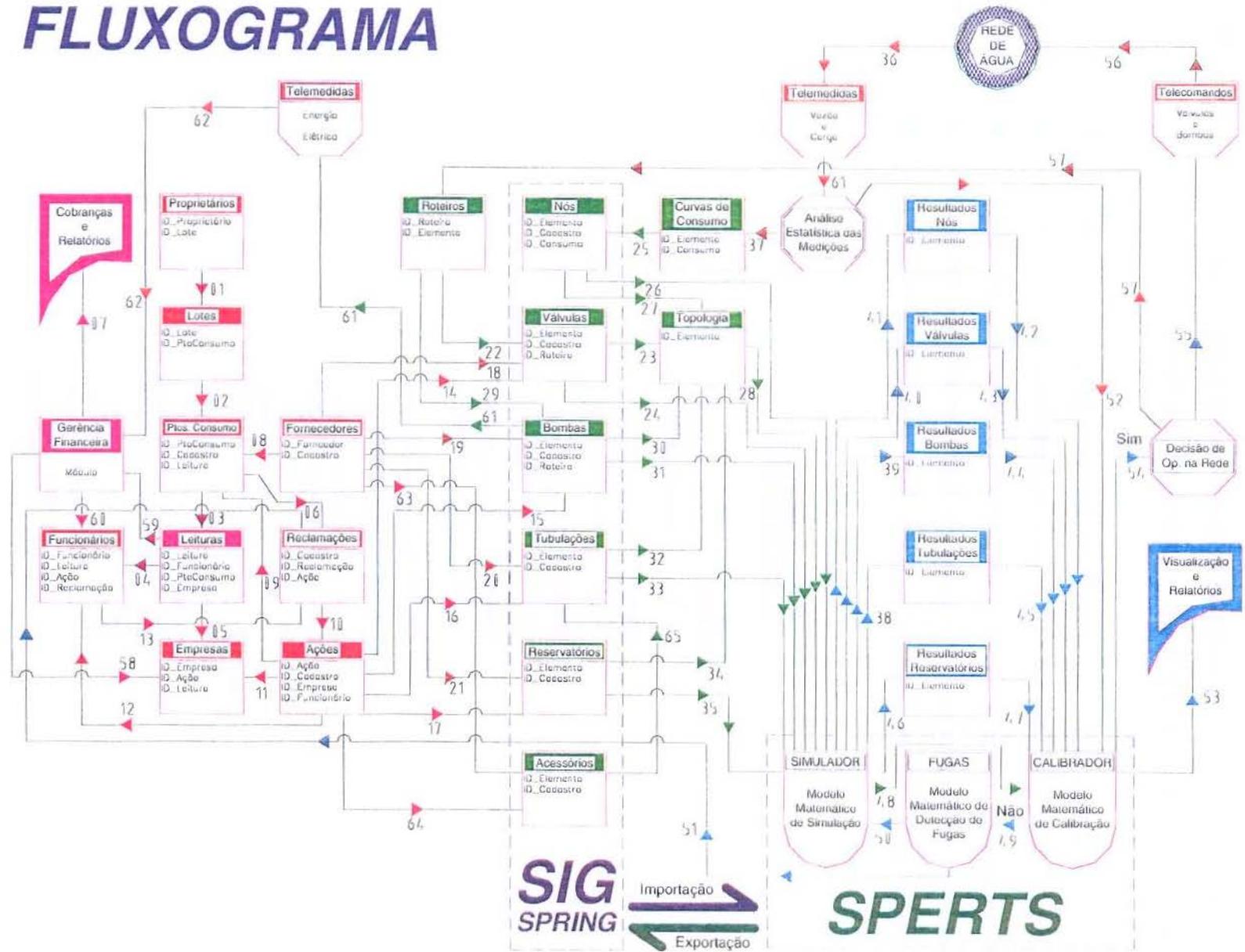
Os arquivos devem ser estruturados de forma que as informações se repitam o mínimo possível, pois arquivos grandes e repetitivos ocupam muito espaço e são mais lentos. Para se obter informações de um hidrômetro, por exemplo, é necessário saber quem é o proprietário do imóvel, em que lote está situado e quem está sendo beneficiado pelo ponto de consumo, mas esses dados podem ser repetidos muitas vezes caso eles estejam somente em uma tabela.



Figura 6.3 Legenda das figuras 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8.

FLUXOGRAMA

Figura 6.4 Fluxograma do tráfego de Informações.



Por exemplo, se uma determinada pessoa é a proprietária de todos os apartamentos de um prédio com vários medidores, os dados desse indivíduo serão repetidos em cada ponto de consumo. Para se evitar isso, as informações relativas a um hidrômetro estão fragmentadas em três arquivos: *PROPRIETÁRIOS* - que contém somente as informações relativas aos proprietários do imóvel, *LOTES* - que armazena os dados do Lote onde estão inseridas uma ou várias edificações e *PTOS. CONSUMO* - que se refere ao cadastro dos hidrômetros instalados nos imóveis. As informações da tabela de dados *PROPRIETÁRIOS* estão relacionadas através do caminho 1 (01) com a tabela *LOTES* pelo campo identificador *ID_Lote* e essa está relacionada a *PTOS. CONSUMO* (02) pelo campo *ID_PtoConsumo*, que é o cadastro dos medidores de vazão para a cobrança das tarifas de água, estabelecendo assim uma relação direta entre as tabelas.

As informações referentes aos hidrômetros estão contidas na tabela *PTOS. CONSUMO* que se relaciona, (figura 6.5) através do campo identificador *ID_Cadastro*, com as seguintes tabelas:

a-) *FORNECEDORES* (08) que possui as informações cadastrais das firmas que fabricam ou representam as vendas dos hidrômetros. Essa tabela também serve para o cadastro das firmas que fornecem outros equipamentos para a rede como: as válvulas, bombas, tubos, reservatórios e acessórios da rede.

b-) *RECLAMAÇÕES* (06 ou 13) para o cadastro dos problemas detectados pelos usuários, associados ao número do hidrômetro. A partir dessa tabela de reclamações, podem ser geradas estatísticas da recorrência de reclamações, a identificação de quem faz e de onde provêm as reclamações e qual a natureza delas. Tanto os usuários com os próprios funcionários da empresa de água podem fazê-la.

c-) *AÇÃO* (09) que fornece a tabela *PTOS. CONSUMO*, o histórico de manutenções feitas em um hidrômetro. Essa manutenção pode ser feita por uma empresa (11) ou por um funcionário (12), mas independente de quem execute esse serviço, essa informação ficará contida na tabela *AÇÃO*, no campo *Responsável_Ação* para gerar futuras estatísticas, o que possibilita

Área Administrativa e Área Financeira

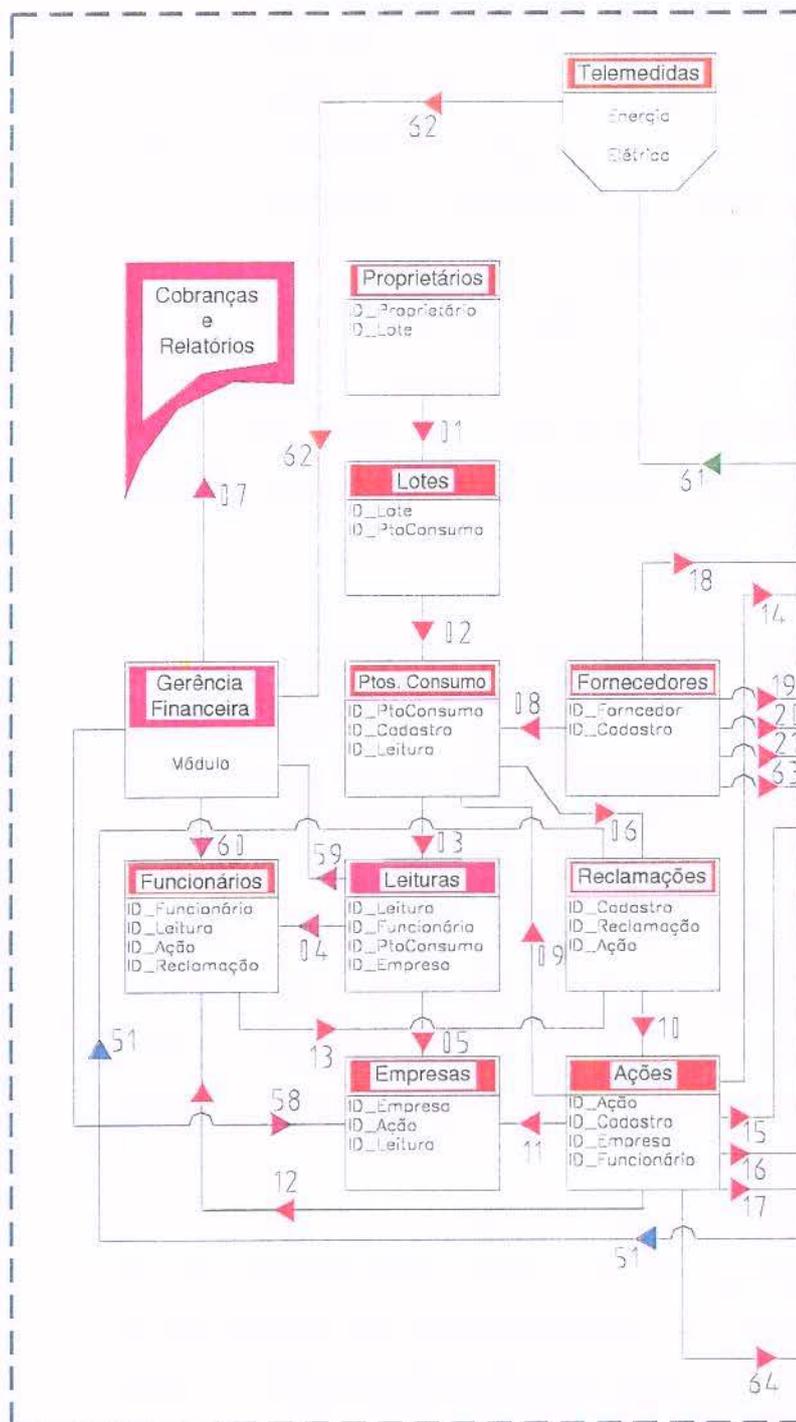


Figura 6.5 - Trecho 01 do fluxograma

maior facilidade ao gerente da empresa para fazer análises detalhadas e, com isso, tomar decisões com mais segurança.

Uma reclamação, seja ela de um usuário ou funcionário, é devidamente avaliada. E, caso tenha procedência, serão executadas as devidas obras de manutenção ou substituição, gerando uma ação. Em resumo, para que haja uma ação será sempre necessário haver uma reclamação (10).

Mensalmente é feita a leitura dos hidrômetros para posterior cobrança das tarifas de água. Essas informações colhidas dos hidrômetros ficam armazenadas na tabela LEITURAS que está relacionada (03) com a tabela PTOS. CONSUMO através do campo identificador - *ID_Leitura*. A leitura pode ser feita por funcionários (04) ou por uma empresa contratada (05), ou até mesmo por ambos. Essa relação entre tabelas ficam estabelecidas pelo campo identificador - *ID_Leitura*. Com essas informações armazenadas, é possível através de uma análise estatística avaliar o desempenho dos leituristas e com isso gerenciar a performance dos mesmos, sejam eles funcionários ou empresas que prestam serviços.

Os dados contidos na tabela *LEITURAS* da área financeira estão relacionados (59) com o Módulo "*GERÊNCIA FINANCEIRA*", que não está detalhado neste trabalho, por se tratar de assunto fora do propósito deste, pois basicamente é composto pelo movimento de caixa da empresa onde são feitos os pagamentos das prestadoras de serviços (58), dos funcionários (60), de fornecedores de equipamentos e materiais de consumo. A partir da "*GERÊNCIA FINANCEIRA*" são emitidas (07) as cobranças e relatórios de consumo dos pontos de consumo.

A tabela *FORNECEDORES* mencionada anteriormente está interligada com as seguintes tabelas técnicas: *VÁLVULAS* (18), *BOMBAS* (19), *TUBULAÇÕES* (20), *RESERVATÓRIOS* (21) e *ACESSÓRIOS* (63), através do campo identificador - *ID_Cadastro* (Figura 6.6). Com essa relação entre as tabelas, é possível obter informações de quem forneceu os elementos que compõem a rede, há quanto tempo tem fornecido materiais e equipamentos e, principalmente, uma relação entre material fornecido e problemas ocorridos com os mesmos, permitindo analisar a qualidade dos produtos e se os mesmos ainda possuem garantia.

Relação entre as Áreas Administrativa e Técnica

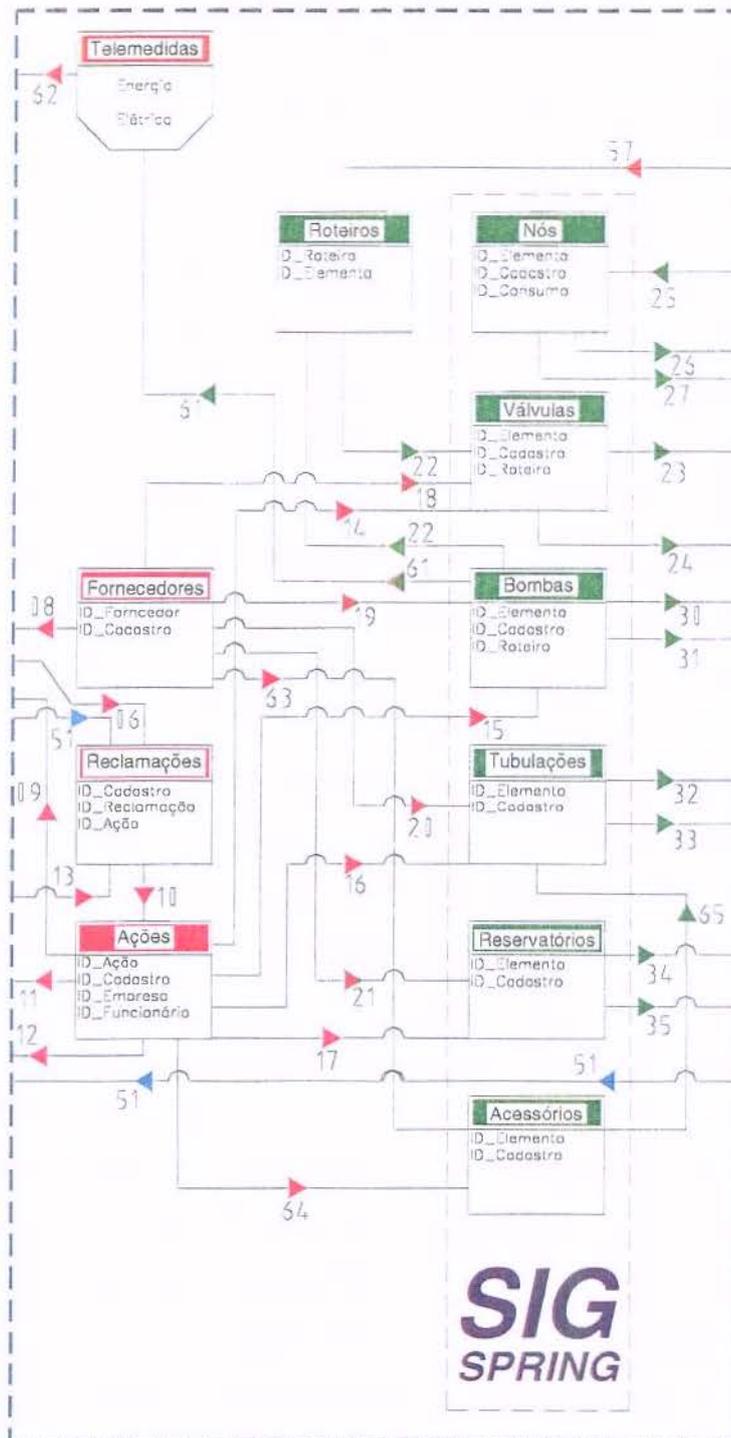
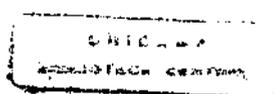


Figura 6.6 - Trecho 02 do fluxograma

A tabela AÇÃO está relacionada também com as tabelas técnicas: VÁLVULAS (14), BOMBAS (15), TUBULAÇÕES (16), RESERVATÓRIOS (17) e ACESSÓRIOS (64), através do campo identificador - *ID_Cadastro* (Figura 6.6). Com isso, é possível saber todas as manutenções e substituições e suas respectivas datas feitas nos elementos da rede. Isso permite a geração de estatísticas relacionadas a esses equipamentos, dando um panorama de quantas vezes e por quais problemas tiveram que ser feitas manutenções e, ainda, quem foi o responsável pelas ações.

Para o simulador, um acessório como uma ventosa, uma válvula de descarga na ponta de rede ou um hidrante, não são considerados como um elemento. Isso posto, justifica o fato da tabela ACESSÓRIOS não estar ligada à tabela TOPOLOGIA e, sim, à tabela TUBOS. Esses acessórios somente trariam alguma diferença na simulação considerando a perda de carga localizada, dado que é fornecido à tabela TUBOS, através da interrelação (65) com a tabela ACESSÓRIOS.

As vazões e as cargas da rede de abastecimento de água, através das telemedidas, são obtidas em tempo real num intervalo regular em pontos estrategicamente pré-determinados na rede. Essas informações colhidas diretamente do sistema hidráulico (36) ficam armazenadas na memória dos aparelhos de TELEMEDIDAS hidráulicas da área Automação e são enviadas ao Módulo de Análise Estatística das Medições (61), que tem como função analisar e filtrar os dados, eliminando resultados que por acaso não traduzem a realidade, decorrentes de uma provável falha na medição. Isso pode também gerar valores futuros de demanda a partir do consumo medido e do histórico dos anos anteriores no mesmo período, para que o modelo matemático possa simular o sistema operando. A partir do Módulo de Análise Estatística das Medições, são enviadas (52) ao Módulo de Calibração do SPERTS as medidas de carga e vazão dos vários pontos distribuídos pela tubulação para serem comparadas com os resultados obtidos na simulação e é remetido (37) para a tabela *CURVAS DE CONSUMO* para compor o histórico dos resultados medidos. Os valores calculados pelo Módulo de Análise Estatística das Medições para determinar uma demanda futura baseada no histórico do mesmo período de anos anteriores também são enviados (37) para a tabela *CURVAS DE CONSUMO* que, em seguida, os remete (25) para a tabela *NÓS*, com o objetivo de informar (25) o consumo nodal no instante que será feita a simulação. Essas informações também podem ser introduzidas manualmente caso seja do interesse do operador do sistema.



Todas as informações dos Nós - como cota e demanda- são fornecidas (26) ao Módulo Simulador do *SPERTS* e à tabela *TOPOLOGIA* (27), utilizando como campo comum o identificador - *ID_Elemento* (Figura 6.7).

A tabela *TOPOLOGIA*, através de uma codificação específica, contém todas as informações da forma como está disposta a estrutura da rede de água. As tabelas: *VÁLVULAS* (23), *BOMBAS* (30), *TUBULAÇÕES* (32) e *RESERVATÓRIOS* (34) estão ligadas à tabela *TOPOLOGIA* que, por sua vez, está ligada ao Módulo Simulador do *SPERTS* (28), para fornecer todas as informações de como está composta a rede para que o simulador possa compreendê-la.

As tabelas: *VÁLVULAS* (24), *BOMBAS* (31), *TUBULAÇÕES* (33) e *RESERVATÓRIOS* (35) estão ligadas ao Módulo Simulador do *SPERTS* para enviar as informações pertinentes de cada um desses elementos (Figura 6.7). É dessa forma que o simulador recebe todos os dados necessários para que sejam calculados todos os efeitos das manobras na rede. É possível também entrar com as informações manualmente, o que traria um grande desperdício de tempo e risco de erros de digitação ao operador.

As bombas e as válvulas do sistema necessitam de instruções para operarem: as bombas referentes ao estado de funcionamento (ligada ou desligada) ou à rotação e as válvulas informando a perda de carga localizada. Essas informações que foram simplesmente digitadas ou até mesmo enviadas pelo Módulo de Decisão de Operação na Rede (57) estão contidas na tabela *ROTEIROS*, que representam a condição operacional dos elementos e são fornecidas à tabela *VÁLVULAS* (22) ou à tabela *BOMBAS* (29) para operarem de acordo com o estabelecido no roteiro de funcionamento.

O consumo de energia elétrica num sistema de recalque de água é um fator muito importante para ser analisado com relação a custos; dependendo do horário de funcionamento das bombas, é possível fazer uma considerável economia com os valores do custo de energia elétrica sem afetar o abastecimento. Os medidores mensuram (61) o consumo de energia elétrica das bombas e o horário em que estão funcionando, e enviam essas informações para o módulo de “*GERÊNCIA FINANCEIRA*” (62) possibilitando prever de quanto será a despesa de energia

Área Técnica e Área Simulação

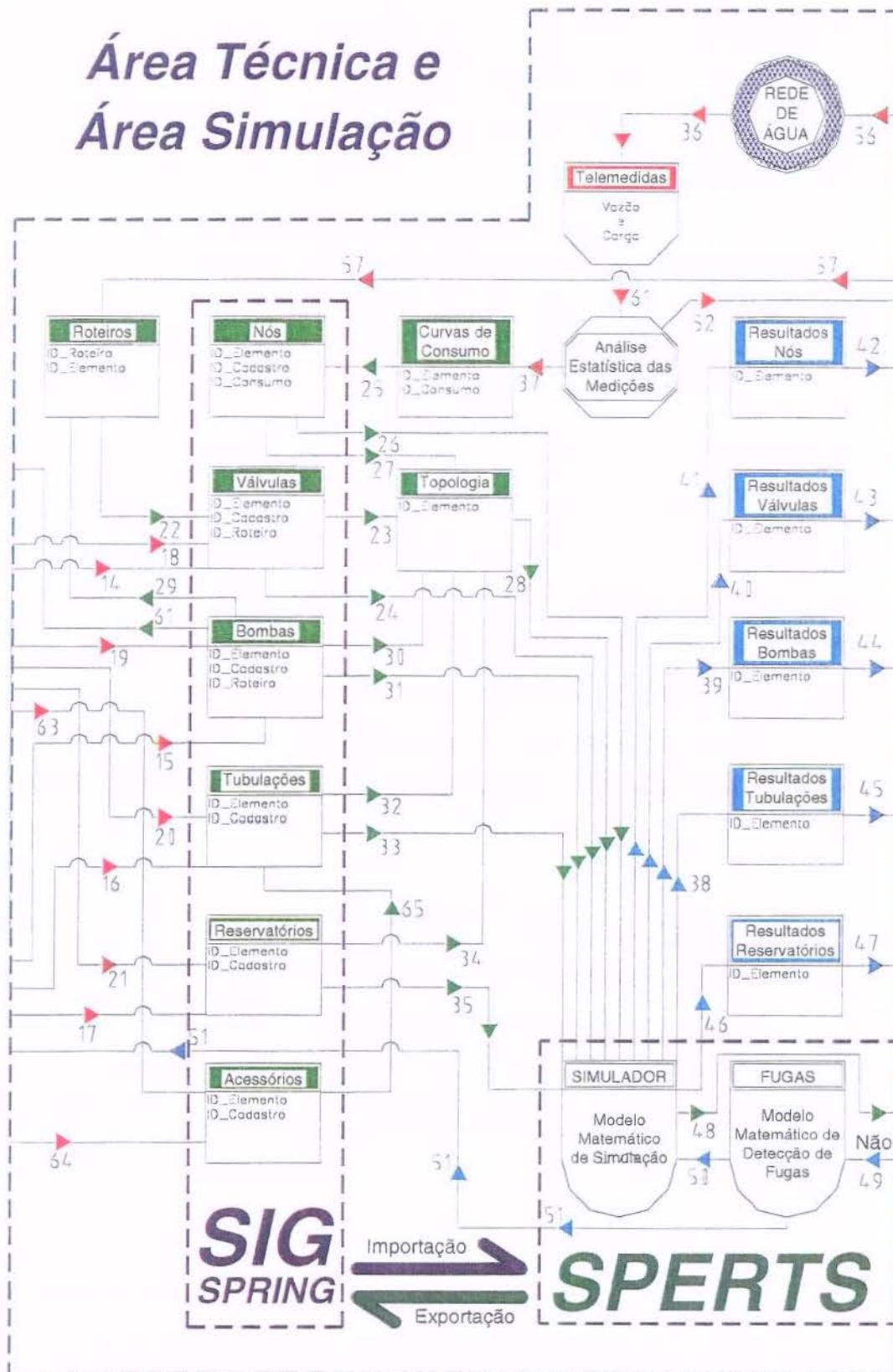


Figura 6.7 - Trecho 03 do fluxograma

elétrica das estações elevatórias. O Módulo de Decisão e Operação da Rede possui informações referentes aos horários em que a energia elétrica é mais cara, devido à demanda no horário de pico, e uma rotina de otimização que determina os melhores horários para ligar e desligar as bombas, além de operar as válvulas.

O Modelo Matemático de Simulação do SPERTS necessita de todas as informações dos elementos da Rede que provêm das tabelas *NÓS* (26), *TOPOLOGIA* (28), *VÁLVULAS* (24), *BOMBAS* (31), *TUBULAÇÕES* (33) e *RESERVATÓRIOS* (35).

Após a transmissão de todos esses dados, o simulador, baseado nessas informações, calcula toda as vazões e as cargas na rede. Calculadas as grandezas da rede, esses dados são armazenados em outras tabelas da área simulação, como *RESULTADOS NÓS* (41) onde armazena as cargas em cada nó a cada hora, *RESULTADOS VÁLVULAS* (40) que contêm a vazão e a perda de carga localizada, *RESULTADOS BOMBAS* (39) onde são armazenadas a vazão e a carga manométrica no ponto de funcionamento e a rotação em que está operando, *RESULTADOS TUBULAÇÕES* (38) que possui as informações de vazão, velocidade e perda de carga distribuída, e *RESULTADOS RESERVATÓRIOS* onde é armazenado o nível do reservatório após uma hora (46).

Todas essas informações das referidas tabelas, inclusive os roteiros de funcionamento das válvulas e bombas, bem como o consumo de energia elétrica são transferidos (42, 43, 44, 45, 47 e 48) ao Modelo Matemático de Calibração, para que, a partir dos dados coletados da rede de abastecimento de água através das Telemedidas (36) filtradas (61) pelo Módulo de Análise Estatística das Medições e enviado (52) ao Modelo Matemático de Calibração, sejam comparados com os resultados obtidos com a simulação.

A partir daí é analisada a diferença entre os resultados obtidos com a simulação e a realidade. Caso as medidas coletadas pelas telemedidas estejam inexplicavelmente muito diferentes dos valores obtidos pelo simulador, o sistema interpreta que esteja havendo fugas na rede e transfere (49) as informações ao Modelo Matemático de Detecção de Fuga do SPERTS (LUVIZOTTO JR, 1998) que, através de técnicas específicas, indicará as prováveis áreas onde

possa estar havendo perdas. Diante desses locais pré-estabelecidos, a tabela *RECLAMAÇÕES* é informada (51) para futuramente ser verificado um possível vazamento.

Caso os resultados da simulação estejam coerentes com os resultados colhidos nas telemedidas, o Módulo de Calibração fará um ajuste entre os valores provenientes do simulador com os resultados medidos para então fornecer (53) os relatórios e consultas que o gerente da empresa de águas necessitar.

Após feita a calibração do Modelo Matemático de Simulação, os resultados serão exportados para o SIG, que possibilitará a visualização desses em camadas de informações como por exemplo: os níveis de carga, velocidade, vazão e perda de carga distribuída na tubulação, facilitando a compreensão do responsável pelo planejamento de operações, dos fenômenos físicos que ocorrem na rede. Caso o operador pretenda verificar qual seria a reação do sistema numa manobra, o mesmo a partir do SIG, por exemplo, daria o comando para abrir ou fechar uma válvula. Com isso, o simulador importará as novas informações do SIG e recalculará. Em seguida, exportará novamente esses dados para que o SIG ilustre os resultados.

O Calibrador após ajustar o simulador transfere (54) as informações ao Módulo de Decisão e Operação na Rede, que incorpora as funções objetivo e restrições do sistema para que possa tomar decisões na operação da rede (55), como: fechar ou abrir uma válvula ou ligar, desligar, alterar a rotação de uma bomba através dos *TELECOMANDOS* (56), sem o auxílio de um operador humano. A partir do Módulo de Decisão e Operação na Rede, as informações referentes às manobras são enviadas (57) à Tabela *ROTEIRO* para elaboração de um histórico de manobras e para novamente serem feitos os cálculos do Simulador e começar todo o procedimento citado anteriormente, de forma cíclica, sempre atualizando as informações previamente simuladas com os valores medidos no mesmo instante.

A figura 6.8 ilustra o tráfego de informações citados anteriormente e a figura 6.4 ilustra todo o fluxograma dos processos anteriormente descritos.

Área Simulação e Área Automação

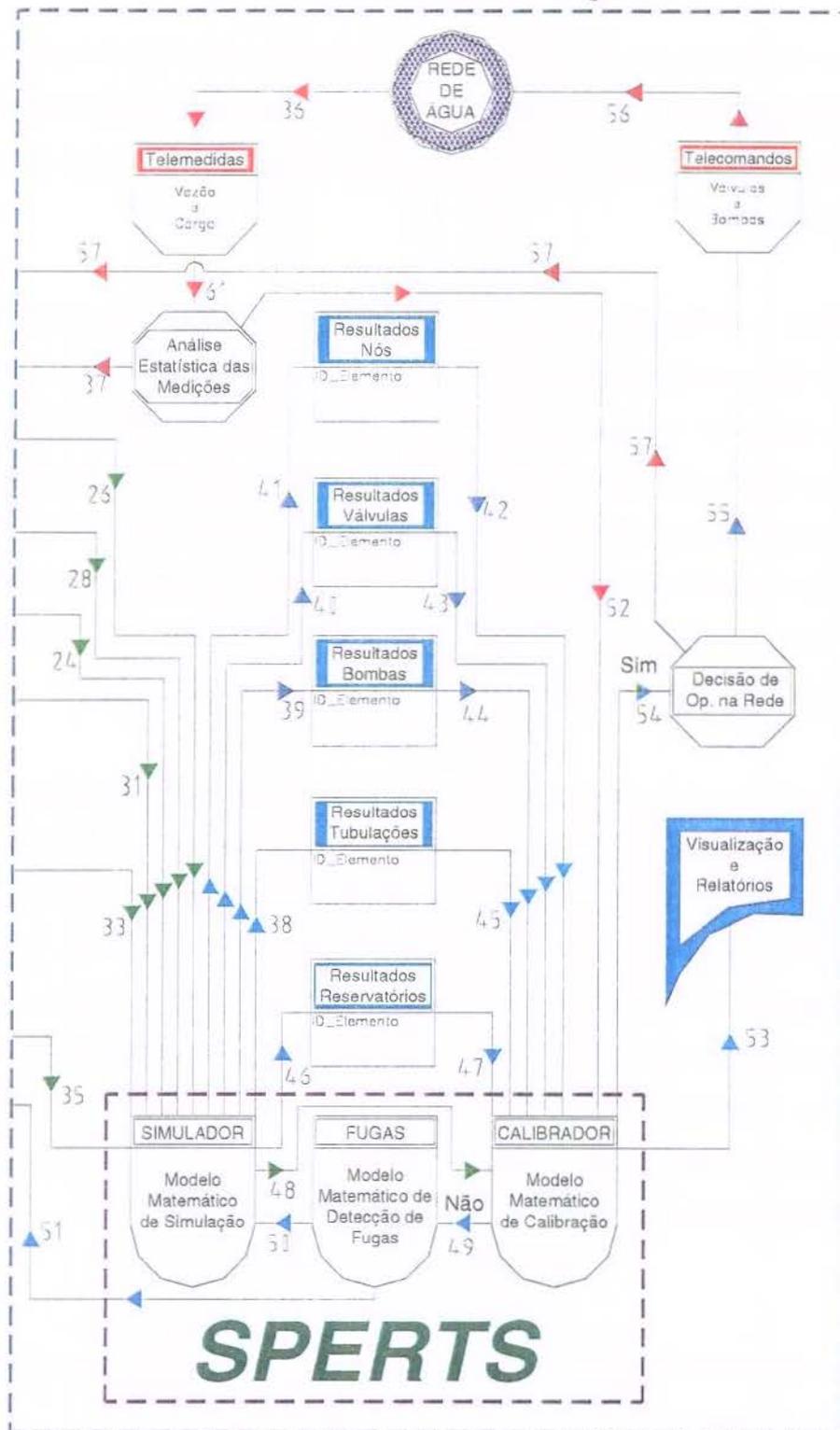


Figura 6.8 - Trecho 04 do fluxograma

possa estar havendo perdas. Diante desses locais pré-estabelecidos, a tabela *RECLAMAÇÕES* é informada (51) para futuramente ser verificado um possível vazamento.

Caso os resultados da simulação estejam coerentes com os resultados colhidos nas telemedidas, o Módulo de Calibração fará um ajuste entre os valores provenientes do simulador com os resultados medidos para então fornecer (53) os relatórios e consultas que o gerente da empresa de águas necessitar.

Após feita a calibração do Modelo Matemático de Simulação, os resultados serão exportados para o SIG, que possibilitará a visualização desses em camadas de informações como por exemplo: os níveis de carga, velocidade, vazão e perda de carga distribuída na tubulação, facilitando a compreensão do responsável pelo planejamento de operações, dos fenômenos físicos que ocorrem na rede. Caso o operador pretenda verificar qual seria a reação do sistema numa manobra, o mesmo a partir do SIG, por exemplo, daria o comando para abrir ou fechar uma válvula. Com isso, o simulador importará as novas informações do SIG e recalculará. Em seguida, exportará novamente esses dados para que o SIG ilustre os resultados.

O Calibrador após ajustar o simulador transfere (54) as informações ao Módulo de Decisão e Operação na Rede, que incorpora as funções objetivo e restrições do sistema para que possa tomar decisões na operação da rede (55), como: fechar ou abrir uma válvula ou ligar, desligar, alterar a rotação de uma bomba através dos *TELECOMANDOS* (56), sem o auxílio de um operador humano. A partir do Módulo de Decisão e Operação na Rede, as informações referentes às manobras são enviadas (57) à Tabela *ROTEIRO* para elaboração de um histórico de manobras e para novamente serem feitos os cálculos do Simulador e começar todo o procedimento citado anteriormente, de forma cíclica, sempre atualizando as informações previamente simuladas com os valores medidos no mesmo instante.

A figura 6.8 ilustra o tráfego de informações citados anteriormente e a figura 6.4 ilustra todo o fluxograma dos processos anteriormente descritos.

Área Simulação e Área Automação

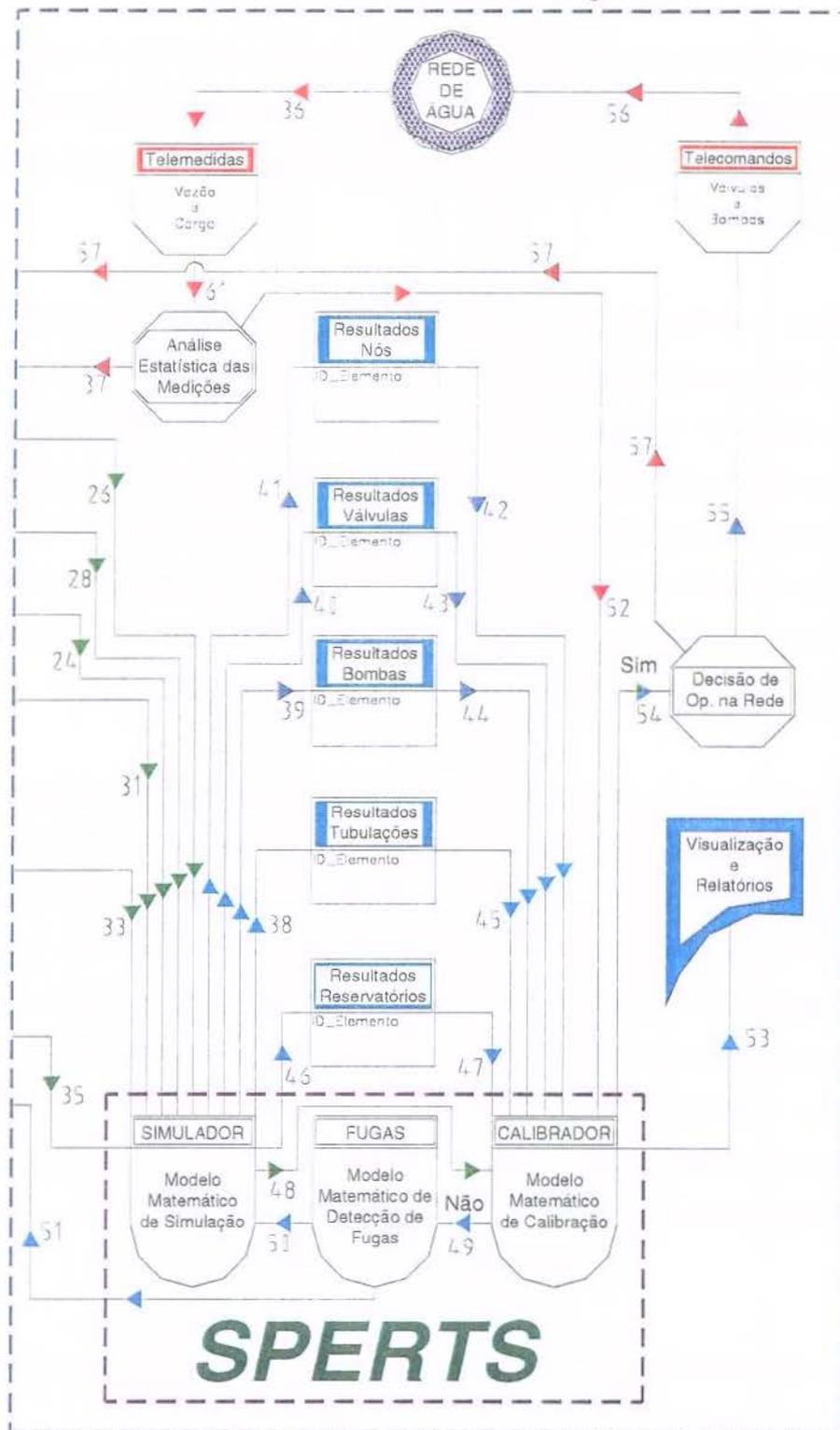


Figura 6.8 - Trecho 04 do fluxograma

As Tabela 6.1 e 6.2 resumem as ações possíveis a partir das informações disponíveis no banco de dados proposto neste trabalho.

<i>Área</i>	<i>Informação</i>	<i>Análise</i>	<i>Ação</i>
<i>Administrativa</i>	Ptos. Consumo	Consumo Absurdo	Aferir Hidrômetro
	Ptos. Consumo	Tempo ou Modelo Específico dos Hidrômetros	Substituição ou Inspeção
	Ptos. Consumo	Consumo por Setor Hidráulico	Projetos
	Reclamações	Frequência de Reclamações	Inspeção / Manutenção
	Ações	Frequência de Ações	Projeto de Melhoria
	Ações	Eficiência de Funcionários ou Empresas Prestadora de Serv.	Valorização da Mão de Obra
<i>Financeira</i>	Leituras	Eficiência de Funcionários ou Empresas Prestadora de Serv.	Valorização da Mão de Obra
	Leituras	Inadimplência	Cobrança
	Leituras	Receita Mensal	Investimentos ou Empréstimos
	Gerência Financeira	Horário do Consumo de Energia Elétrica	Economia do Custo de Energia Elétrica
<i>Técnica</i>	Nós	Cota Altimétrica e Demanda	Previsão de Abastecimento
	Válvulas	Tempo, Tipo, Diâmetro, Modelo e Marca	Substituição ou Inspeção / Manutenção
	Bombas	Tempo, Tipo, Diâmetro do Rotor, Modelo, Marca e Motor	Substituição ou Inspeção / Manutenção
	Tubulações	Tempo, Material, Modelo e Marca	Substituição ou Inspeção / Manutenção
	Reservatório	Tempo	Inspeção / Manutenção
	Acessórios	Tempo, Modelo e Marca	Substituição ou Inspeção / Manutenção
	Curvas de Consumo	Comportamento da População nas Horas do dia e nos Dias do Ano	Planejamento de Operação do Sistema

Tabela 6.1 - Núcleos de informação e ações decorrentes da sistematização 01.

<i>Área</i>	<i>Informação</i>	<i>Análise</i>	<i>Ação</i>
<i>Simulação</i>	SPERTS Modulo Simulador	Determinação das Vazões e Cargas em todos os Nós da Rede	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento de Operação do Sistema para Interrupção de Abastecimento em Setores Hidráulicos - Manutenção Preventiva e Corretiva da Rede - Elaboração de Projetos de Ampliação do Sistema - Operação da Rede - Emissão de Diretrizes p/ futuros loteamentos
	SPERTS Módulo de Fugas	Determinação das Vazões e Cargas em toda a Rede	<ul style="list-style-type: none"> - Determinação de prováveis locais onde esteja havendo Fugas
<i>Automação</i>	Telemedidas	Análise Estatística das Medições	Previsão de Demanda / Alerta de Ruptura
	Telecontrole	Decisão de Operação na Rede	<ul style="list-style-type: none"> - Operação Otimizada de Válvulas e Bombas. - Controle de Rotação nas Bombas.

Tabela 6.2 - Núcleos de informações e ações decorrentes da sistematização 02.

7 Conclusão

A gestão de um sistema de abastecimento de água se faz com base em informações. Para que o conjunto de informações recebidas pelo gestor possa se tornar ação, é necessário que a informação esteja organizada, sintetizada e transmitida a este de forma clara. A cobrança da qualidade dos serviços prestados pela companhia por parte dos usuários é, na atualidade, a tônica na gestão dos sistemas de abastecimento. Tornar o fluxo de informação ágil, sem renegar aspectos importantes para tomada de decisões é a busca atual da gestão dos sistemas de abastecimento de água. Nesse sentido, o presente trabalho procurou segmentar em áreas relevantes de geração, captação e armazenamento de informações num sistema de abastecimento de água, assim como o trânsito das informações entre as áreas, utilizando duas ferramentas computacionais (SPRING e SPERTS) para guiar, ilustrar e extrair informações elaboradas na forma que permita ações precisas de gestão.

Como se pode concluir pelas análises feitas com base no material bibliográfico consultado, o SIG (Sistema de Informação Geográfica) é uma ferramenta capaz de organizar informações coletadas no tempo, traduzindo-se em uma tendência moderna na gestão de infra-estruturas urbanas. A idéia do presente trabalho foi agregar uma nova fonte de informações para o SIG, a partir de um simulador hidráulico, para que eventos normais (manobras) e emergências possam ser avaliados antes da tomada de decisões.

A conexão destes programas é proposta através da sistematização apresentada, com base na segmentação em áreas geradoras de informações, na composição dos bancos de dados apoiados nas tabelas apresentadas, de modo a permitir o compartilhamento das informações entre os programas, o que tornou a ferramenta apresentada perfeitamente viável.

A etapa subsequente a este estudo será a implantação da ferramenta proposta em estudo de caso. Tal estudo não foi possível no presente trabalho face ao pouco tempo de que se dispunha para sua concepção, que se trata da etapa mais importante, pois num fluxo complexo de informação como este, re-direcionamentos a posteriori não são triviais, uma vez que interferem na estrutura dos bancos de dados (porquanto, como se observa na sistematização descrita, as tabelas de informação, base dos bancos de dados, são o ponto de partida e de chegada do tráfego de informações dos programas e dos procedimentos).

Outro obstáculo encontrado para uma aplicação imediata de estudo de caso foi a dificuldade de se encontrar abastecimentos preparados para a implantação de um SIG, ou seja, com a base gráfica digital atualizada e com os detalhes suficientes das infra-estruturas urbanas. Desta forma, as ações para continuidade deste trabalho de investigação, fundamentam-se na implantação de convênios com serviços autônomos de água, para um trabalho conjunto com os vários departamentos da Faculdade de Engenharia Civil, permitindo o estabelecimento da base cartográfica e o cadastro das informações pertinentes, conforme descrito nas tabelas de dados apresentadas nessa dissertação.

Isto posto, o presente estudo não foi gerado para morrer aqui. Antes disso, pretende ser o embrião de aprofundamentos posteriores que levem ao esclarecimento e à solução de muitos problemas antes considerados complicados.

Anexo

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Proprietário	Número	6	Identificador do Proprietário
ID_Lote	Número	12	Identificador de Lote
Nome_Prop	Texto	50	Nome do Proprietário
Endereço_Prop	Texto	50	Endereço do Proprietário
Bairro_Prop	Texto	25	Bairro
CEP_Prop	Número	8	CEP
Telefone_Prop	Número	16	Telefone
CIC_Prop	Número	12	CIC
RG_Prop	Número	12	RG
DataNasc_Prop	Data	8	Data de Nascimento

Tabela 8.1 - Proprietários

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Lote	Número	12	Identificador de Lote
ID_PtoConsumo	Número	12	Identif. do Ponto de Consumo
Número_Lote	Texto	4	Número do Lote
Quadra_Lote	Texto	4	Número da Quadra
Rua_Lote	Texto	50	Rua
Bairro_Lote	Texto	25	Bairro

Tabela 8.2 - Lotes

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_PtoConsumo	Número	12	Identif. do Ponto de Consumo
ID_Cadastro	Número	12	Identificador do Cadastro
ID_Leitura	Número	16	Identificador da Leitura
NumH_PtoCons	Texto	12	Número do Hidrômetro
FabrH_PtoCons	Número	4	Ano de Fabricação - Hidrômetro
ModH_PtoCons	Texto	25	Modelo do Hidrômetro
InstH_PtoCons	Data	8	Data de Instalação do Hidrômetro
Categ_PtoCons	Texto	50	Categoria do Hidrômetro
SetorH_PtoCons	Texto	25	Setor Hidráulico do Hidrômetro
DiamH_PtoCons	Número	4	Diâmetro do Hidrômetro
Capac_PtoCons	Número	6	Capacidade
Nome_PtoCons	Texto	50	Nome do Usuário
End_PtoCons	Texto	50	Endereço do Usuário
Bairro_PtoCons	Texto	25	Bairro
CEP_PtoCons	Número	8	CEP
Fone_PtoCons	Número	16	Telefone
CIC_PtoCons	Número	12	CIC
RG_PtoCons	Número	12	RG
DNasc_PtoCons	Data	8	Data de Nascimento

Tabela 8.3 - Ptos_Consumo

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Fornecedor	Número	16	Identificador de Fornecedor
ID_Cadastro	Número	12	Identificador de Cadastro
Nome_Forn	Texto	50	Nome do Fornecedor
Endereço_Forn	Texto	50	Endereço
Bairro_Forn	Texto	25	Bairro
Cidade_Forn	Texto	25	Cidade
Estado_Forn	Texto	2	Estado
CEP_Forn	Número	8	CEP
Telefone_Forn	Número	16	Telefone
Fax_Forn	Número	16	Fax
Email_Forn	Texto	25	Endereço Eletrônico - Internet
CNPJ_Forn	Número	16	CNPJ do Fornecedor
InscrEst_Forn	Número	16	Inscrição Estadual do Fornecedor
Obs_Forn	Texto	200	Comentários sobre o Fornecedor

Tabela 8.4 - Fornecedores

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Cadastro	Número	12	Identificador do Cadastro
ID_Reclamação	Número	9	Identificador da Reclamação
ID_Ação	Número	9	Identificador da Ação
Data_Recl	Data	8	Data da Reclamação
Tipo_Recl	Texto	4	Tipo de Reclamação
Elemento_Recl	Texto	50	Elemento Objeto da Reclamação
Resp_Recl	Texto	50	Responsável pela Reclamação
Obs_Recl	Texto	200	Comentários sobre a Reclamação

Tabela 8.5 - Reclamações

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Ação	Número	9	Identificador da Ação
ID_Cadastro	Número	12	Identificador do Cadastro
ID_Empresa	Número	9	Identificador da Empresa
ID_Funcionário	Número	12	Identificador do Funcionário
Data_Ação	Data	8	Data de Execução do Serviço
Tipo_Ação	Texto	4	Tipo de Serviço
Elemento_Ação	Texto	25	Elemento Objeto do Serviço
Resp_Ação	Texto	50	Responsável pelo Serviço
Obs_Ação	Texto		Comentários sobre o Serviço

Tabela 8.6 - Ações

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Empresa	Número	9	Identificador da Empresa
ID_Ação	Número	9	Identificador da Ação
ID_Leitura	Número	16	Identificador da Leitura
Nome_Emp	Texto	80	Nome da Empresa
Fantasia_Emp	Texto	50	Nome Fantasia da Empresa
Endereço_Emp	Texto	50	Endereço
Bairro_Emp	Texto	25	Bairro
Cidade_Emp	Texto	25	Cidade
Estado_Emp	Texto	2	Estado
CEP_Emp	Número	8	CEP
Telefone_Emp	Número	16	Telefone
Fax_Emp	Número	16	Fax
Email_Emp	Texto	25	Endereço Eletrônico - Internet
CNPJ_Emp	Número	16	CNPJ da Empresa
InscrEst_Emp	Número	16	Inscrição Estadual da Empresa
Obs_Emp	Texto		Comentários sobre a Empresa

Tabela 8.7 - Empresas

Área Administrativa

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Funcionário	Número	12	Identificador de Funcionário
ID_Leitura	Número	16	Identificador de Leitura
ID_Ação	Número	9	Identificador de Ação
ID_Reclamação	Número	9	Identificador de Reclamação
Nome_Func	Texto	50	Nome do Funcionário
Endereço_Func	Texto	50	Endereço
Bairro_Func	Texto	25	Bairro
Cidade_Func	Texto	25	Cidade
Estado_Func	Texto	2	Estado
CEP_Func	Número	8	CEP
Telefone_Func	Número	16	Telefone
CIC_Func	Número	12	CIC
RG_Func	Número	12	RG
Obs_Func	Texto	200	Comentários sobre o Funcionário
Data_Nasc_Func	Data	8	Data de Nascimento

Tabela 8.8 - Funcionários

Área Financeira

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Leitura	Número	16	Identificador de Leitura
ID_Funcionário	Número	12	Identificador de Funcionário
ID_PtoConsumo	Número	12	Identif. de Ponto de Consumo
ID_Empresa	Número	9	Campo Identificador de Empresa
Data_Leitura	Data	8	Data da Leitura do Hidrômetro
Volume_Leitura	Número	8	Volume Medido (m ³)
Valor_Leitura	Número	12	Valor do Volume Medido
DataV_Leitura	Data	8	Data de Vencimento da Fatura
ValorP_Leitura	Número	12	Valor do Pagamento
DataP_Leitura	Data	8	Data do Pagamento da Fatura

Tabela 8.9 - Leituras

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador do Elemento
No_Mon_Top	Número	8	ID_Elemento a Montante
No_Jus_Top	Número	8	ID_Elemento a Jusante
Tipo_Top	Número	1	Tipo de Elemento

Tabela 8.10 - Topologia

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador do Elemento
ID_Consumo	Número	8	Identificador de Consumo
CoordX_Nó	Número	8	Coordenada Cartesiana X
CoordY_Nó	Número	8	Coordenada Cartesiana Y
Cota_Nó	Número	8	Cota de Elevação
Dem_média_Nó	Número	8	Demanda Média no Nó

Tabela 8.11 - Nós

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador do Elemento
ID_Cadastro	Número	12	Identificador do Cadastro
ID_Roteiro	Número	8	Identificador do Roteiro
Tipo_Val	Número	8	Tipo de Válvula
Diâmetro_Val	Número	8	Diâmetro da Válvula
Dados_Val	Número	8	Dados da Válvula (l/s, m, K)
Marca_Val	Texto	15	Marca da Válvula
Modelo_Val	Texto	15	Modelo da Válvula
Data_Insp_Val	Data	8	Data da Última Inspeção
Data_Inst_Val	Data	8	Data de Instalação da Válvula

Tabela 8.12 - Válvulas

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador do Elemento
ID_Cadastro	Número	12	Identificador do Cadastro
ID_Roteiro	Número	8	Identificador do Roteiro
Operando_Bomba	Número	2	Número de Bombas Operando
Hs_Bomba	Número	8	Carga em "Shut-Off"
Hr_Bomba	Número	8	Carga no Ponto de Maior Rend.
Qr_Bomba	Número	8	Vazão no Ponto de Maior Rend.
Ht_Bomba	Número	8	Carga num Ponto Aleatório
Qt_Bomba	Número	8	Vazão num Ponto Aleatório
Diâm._Bomba	Número	8	Diâmetro do Rotor da Bomba
Rotação_Bomba	Número	8	Rotação Nominal da Bomba
Coef_P_Bomba	Número	8	Coefficiente de Perda de Carga
Marca_Bomba	Texto	15	Marca da Bomba
Modelo_Bomba	Texto	15	Modelo da Bomba
PotMot_Bomba	Número	5	Potência do Motor (CV)
MarMot_Bomba	Texto	15	Marca do Motor
ModMot_Bomba	Texto	15	Modelo do Motor
DataInsp_Bomba	Data	8	Data da Última Inspeção
Data_Inst_Bomba	Data	8	Data de Instalação da Bomba

Tabela 8.13 - Bombas

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador do Elemento
ID_Cadastro	Número	12	Identificador do Cadastro
Comp_Tubo	Número	8	Comprimento do trecho de Tubo
Diâmetro_Tubo	Número	8	Diâmetro Nominal
Rugosidade_Tubo	Número	8	Fator - f ou Coeficiente - C
Material_Tubo	Número	20	Material do Tubo
Soma_K_Tubo	Número	8	Perdas de Carga Localizada
Marca_Tubo	Texto	15	Marca do Tubo
Modelo_Tubo	Texto	15	Modelo do Tubo
Data_Insp_Tubo	Data	8	Data da Última Inspeção
Data_Inst_Tubo	Data	8	Data de Instalação do Tubo

Tabela 8.14 - Tubulações

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador do Elemento
ID_Cadastro	Número	12	Identificador de Cadastro
Nível_Máx_Res	Número	8	Nível Máximo
Nível_Mín_Res	Número	8	Nível Mínimo
Nível_Res	Número	8	Nível do Solo
Area_Res	Número	8	Área de Projeção do Reservatório
Extrav_Res	Número	8	Nível de Extravasamento
Esgot_Res	Número	8	Nível para o Esgotamento
Material_Res	Texto	15	Material que é feito o Reservatório
Data_Insp_Res	Data	8	Data da Última Inspeção
Data_Inst_Res	Data	8	Data de Instalação ou Construção

Tabela 8.15 - Reservatórios

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador do Elemento
ID_Cadastro	Número	12	Identificador de Cadastro
Tipo_Ace	Número	8	Tipo do Acessório na Rede
Diâmetro_Ace	Número	8	Diâmetro do equipamento
Soma_K_Ace	Número	8	Somatória do valor K
Marca_Ace	Texto	15	Marca do Acessório
Modelo_Ace	Texto	15	Modelo do Acessório
Data_Insp_Ace	Data	8	Data da Última Inspeção
Data_Inst_Ace	Data	8	Data de Instalação do Acessório
Obs_Ace	Texto	200	Comentário sobre o Acessório

Tabela 8.16 - Acessórios

Área Técnica

Nome			Tipo	Tam.	Descrição
ID_Roteiro	Número	8			Identificador de Roteiro
ID_Elemento	Número	8			Identificador do Elemento
Valor_0_Roteiro	Número	8			<p>Número de Rotações por Minuto da Bomba. Para um valor igual a zero, a bomba está desligada.</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>O valor do K da Válvula para a determinação da perda de carga localizada. Quando K for igual a um valor muito grande, a válvula está fechada.</p> <p>Valores para as 24 horas do dia.</p>
Valor_1_Roteiro	Número	8			
Valor_2_Roteiro	Número	8			
Valor_3_Roteiro	Número	8			
Valor_4_Roteiro	Número	8			
Valor_5_Roteiro	Número	8			
Valor_6_Roteiro	Número	8			
Valor_7_Roteiro	Número	8			
Valor_8_Roteiro	Número	8			
Valor_9_Roteiro	Número	8			
Valor_10_Roteiro	Número	8			
Valor_11_Roteiro	Número	8			
Valor_12_Roteiro	Número	8			
Valor_13_Roteiro	Número	8			
Valor_14_Roteiro	Número	8			
Valor_15_Roteiro	Número	8			
Valor_16_Roteiro	Número	8			
Valor_17_Roteiro	Número	8			
Valor_18_Roteiro	Número	8			
Valor_19_Roteiro	Número	8			
Valor_20_Roteiro	Número	8			
Valor_21_Roteiro	Número	8			
Valor_22_Roteiro	Número	8			
Valor_23_Roteiro	Número	8			

Tabela 8.17 - Roteiros

Área Técnica

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Consumo	Número	8	Identificador de Consumo
ID_Elemento	Número	8	Identificador de Elemento
Valor_0_Consumo	Número	8	Vazão de consumo de água nas 24 horas do dia.
Valor_1_Consumo	Número	8	
Valor_2_Consumo	Número	8	
Valor_3_Consumo	Número	8	
Valor_4_Consumo	Número	8	
Valor_5_Consumo	Número	8	
Valor_6_Consumo	Número	8	
Valor_7_Consumo	Número	8	
Valor_8_Consumo	Número	8	
Valor_9_Consumo	Número	8	
Valor_10_Consumo	Número	8	
Valor_11_Consumo	Número	8	
Valor_12_Consumo	Número	8	
Valor_13_Consumo	Número	8	
Valor_14_Consumo	Número	8	
Valor_15_Consumo	Número	8	
Valor_16_Consumo	Número	8	
Valor_17_Consumo	Número	8	
Valor_18_Consumo	Número	8	
Valor_19_Consumo	Número	8	
Valor_20_Consumo	Número	8	
Valor_21_Consumo	Número	8	
Valor_22_Consumo	Número	8	
Valor_23_Consumo	Número	8	

Tabela 8.18 - Curvas_de_Consumo

Área Simulação

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador de Elemento
ID_Sol11	Número	8	Demanda Nodal
ID_Sol12	Número	8	Carga no Nó

Tabela 8.19 - Resultados_Nós

Área Simulação

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador de Elemento
ID_Sol21	Número	8	Vazão na Válvula
ID_Sol22	Número	8	Coefficiente de Perda - Perda de Carga

Tabela 8.20 - Resultados_Válvulas

Área Simulação

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador de Elemento
ID_Sol31	Número	8	Carga no Ponto de Funcionamento
ID_Sol32	Número	8	Rotação da Bomba
ID_Sol33	Número	8	Vazão no Ponto de Funcionamento

Tabela 8.21 - Resultados_Bombas

Área Simulação

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Número	8	Identificador de Elemento
ID_Sol41	Número	8	Vazão no Tubo
ID_Sol42	Número	8	Velocidade no Tubo
ID_Sol43	Número	8	Perda de Carga Distribuída

Tabela 8.22 - Resultados_Tubos

Área Simulação

Nome	Tipo	Tam.	Descrição
ID_Elemento	Numero	8	Identificador de Elemento
ID_Sol51	Numero	8	Cota de Nível do Reservatório, Inicio
ID_Sol52	Numero	8	Cota de Nível do Reservatório, Final

Tabela 8.23 - Resultados_Reservatórios

Referências Bibliográficas

- 1 **ABI-ACKEL, Marcos V., GONÇALVES, Cláudio L. B., FONSECA, Elaine F., LEMES, Julio C., MEDEIROS, Leandro R., GOMES, Márcio R.** Projeto Gemini – Mapeamento e gerência de rede de distribuição de energia elétrica. In: III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1997, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 97 (CD-ROM)**. Belo Horizonte -MG: CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, Módulo Técnico - Palestra - Redes de Infra-Estrutura (AM/FM).
- 2 **AWWA – Leak in water distribution system** – A Thecnical/Economical overview. – Ed. AWWA – 1994.
- 3 **BOHAM-CARTER, G. F.** - Geographic Information Systems for Geoscientists: modelling with GIS. Ontario: Pergamon, 1994. 398p.
- 4 **BUZAI, G. D., DURÁN, D.** – SIG: enseñar e investigar com sistemas de información geográfica. Buenos Aires, Argentina: Ed. Troquel, 1997.
- 5 **CABRERA MARCET, E., GARCÍA-SERRA GARCÍA, J.** – Problematica de los abastecimientos urbanos. Necesidad de su modernizacion . 1 edition Valencia: UDMF – Valência, 1997.
- 6 **CÂMARA, G. ; MEDEIROS, J. S.** - Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de Informações Geográficas. Brasília: SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 434p.

- 7 **CAVALIERI, A., HAMADA, E., ROCHA, J. V. & SANTOS, R. F.** - Apostila do Curso de Geoprocessamento em IDRISI -- Curso de treinamento em SIG-IDRISI -- convênio UNICAMP- FBDS, 1997

- 8 **CORTEZ, F. L. A, UCHOA, I. L. H.** – Evaluation of water loss in distribution networks – Journal of water Resource Planning and Managment, Setembro, 1997, vol 123, no.5.

- 9 **COSTANZO, Humberto, CASAS, José M. N.** Sistema computadorizado para a administração dos cadastros de usuários e redes dos serviços de água potável, esgoto sanitário e pluvial. In: III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1997, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 97 (CD-ROM)**. Assunção - Paraguai: CORPOSANA – Corporación de Obras Sanitarias, Módulo Usuário - Palestra - Concessionárias.

- 10 **COUTINHO, Márcia, MENDONÇA, Maria L., COSTA, Sérgio.** Projeto de Geoprocessamento Municipal na cidade do Rio de Janeiro. In: I Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1994, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 94**. Rio de Janeiro - RJ: Empresa Municipal de Informática e Planejamento S.A. – IPLANRIO, p. 61 – 67 (Módulo Municipal).

- 11 **FERREIRA, Cristina X.** SIG-Sal: Geoprocessamento na Região Metropolitana de Salvador. In: I Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1994, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 94**. Salvador - BA: CONDER - Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador , p. 16 – 23 (Módulo Regional).

- 12 **FRANÇOSO, Maria Teresa, CINTRA, Jorge Pimentel.** Diretrizes para planejamento assistido por computador em prefeituras de médio porte. In: IV Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 1998, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 98 (CD-ROM)**. Cidades de Médio porte do Estado de São Paulo: e

Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas – Departamento de Geotecnia e Transportes – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Transportes, Painéis – Municipal Prefeitura.

- 13 **HIRAYAMA, Ellen, WADA, Ron** – Honolulu Borad of Water Supply – **ONO, Tina** – Department of Wastewater Management – **SCHMIDT, Ken** – Department of Land Utilization, City and Country of Honolulu (1994),
Site: <http://www.wsg1.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/urisa/ur94028.html>
(Consultado em 02 de setembro de 1998).
- 14 **HORTA, Junia M. S. L., Z Aidan, Teófilo A. A. S., SOARES, Carlos A., CASTANHA, Angela.** Perfil do geoprocessamento de Betim. In: Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1996, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 96.** Betim - MG: Secretaria de Planejamento e Coordenação da Prefeitura Municipal de Betim, p. 63 – 71.
- 15 **IGLESIAS, P., IZQUIERDO, J., LÓPEZ, G., MARTINEZ, J.** – Los sistemas de información geográfica aplicados a los abastecimientos de agua potable, Curso de Gestión de Sequias en Abastecimientos Urbanos. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 1997. 29p.
- 16 **LOVATO, L., ARANHA, C. R., GOES NETO, F. M.** – Sistemas de informação geográficas, uma abordagem aos mecanismo de coleta e tratamento dos dados e uma apresentação de ferramentas ao trato as informações geográficamente referenciadas – Relatório técnico 01-01/92 – orientador G. Gaspareto, 1992.
- 17 **LUVIZOTTO JR, E.** – Controle operacional de Sistemas de abastecimento de água auxiliado por computador. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1995 – Tese de doutorado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), 1995.

- 18 **LUVIZOTTO JR, E.** – Relatório Final de programa de pós-doutoramento no exterior – Processo Fapesp 96/6882-8, 1998.
- 19 **LUVIZOTTO JR, E, KOELLE, E., ANDRADE, J. G. P.** – Management and control of water supply systems using the elastic models - 3rd International Conference in Water pipeline system, Hage - Netherlands, 1997
- 20 **MACHADO, Ayrton L. T.** Sistema de gerência de processos produtivos, através do uso de geoprocessamento. In: Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1996, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 96.** Curitiba - PR: Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, p. 132 – 141.
- 21 **OLIVEIRA, Antônio A. D.** Experiência da prefeitura municipal de Nova Odessa em geoprocessamento. In: III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1997, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 97 (CD-ROM).** Nova Odessa - SP: Prefeitura Municipal de Nova Odessa, Módulo Usuário - Palestra - Municipal.
- 22 **RODRIGUEZ, M. O .B** - Optimización de la explotación de abastecimientos mediante indicadores de gestión. Valência: Curso M19/1997 – Grupo Mecanica de Fluidos – Universidad Politécnica de Valencia, 1997.
- 23 **SANTANA, Naum A.** Geoprocessamento em Joinville. In: Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1994, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 94.** Joinville - SC: Prefeitura Municipal de Joinville – Secretaria de Planejamento e Coordenação, p. 21 – 30 (Módulo Municipal).
- 24 **SCARABELLO Filho, Sinésio, GONÇALVES, Irani D., ALEGRE, Álvaro D. N.** Sistema municipal de informações geoprocessadas – Prefeitura do Município de Jundiaí. In: Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1996, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 96.** Jundiaí - SP: Prefeitura do Município de Jundiaí – Coordenadoria Municipal de Planejamento, p. 99 – 114.

- 25 **SHIMADA, M.** Time-Marching approach for pipe steady flows, *Journal of Hydraulic Engineering* Vol 114, nº 11, Novembro, 1989, p. 1301 - 1320.
- 26 **TARACIEVICZ, Mara C. S., LASS, Maria C., SIKORSKI, Sergiusz R.** Geoprocessamento aplicado à área do município de Curitiba. In: I Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1994, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 94.** Curitiba - PR: Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, p. 01 – 10 (Módulo Municipal).
- 27 **TASAKIRIS, G. SALAHORIS, M.** – GIS technology for managment of water distribution networks - Water Supply Systems – State of the art and future trends. Southampton Boston: Computational Mechanics Publications, 1992. pgs. 361-378.
URL <http://wwwsgi.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/urisa/ur94028.html>
- 28 **WEBER, Marco A. A.** Geoprocessamento em redes de distribuição – Experiência Eletropaulo. In: Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1994, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 94.** São Paulo - SP: ELETROPAULO – Eletricidade de São Paulo S/A, p. 27 – 34 (Módulo Concessionária).
- 29 **YUACA, Flávio.** O processo de implantação do sistema de informação geográfica da prefeitura de Goiânia. In: I Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1994, Curitiba - PR. **Anais do GIS Brasil 94.** Goiânia - GO: Prefeitura Municipal de Goiânia - Comdata, p. 11 – 20 (Módulo Municipal).

Abstract

BUZOLIN JÚNIOR, OSWALDO. SYSTEMATIZATION TO MANAGE THE URBAN WATER SUPPLY WITH THE AID OF GIS (GEOGRAFIC INFORMATION SYSTEM). Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 113p. Dissertação de Mestrado.

The efficient management of urban systems of water supply is based in using great amount of available information under several media. The Geographical Information Systems are an effective form of attaching these information to a space base, what turns them a desirable tool inside a modern management. This present investigation objectifies the development of a systematic to implant the GIS to systems of water supply of small and medium cities, associating it to a hydraulic model of simulation (SPERTS). Such joining objectifies the creation of a low cost tool, to management analysis with planning goals, definition of operation rules, escapes reduction program and reduction of the inherent operational costs to the system exploration.

Key Words: GIS – Management – Supply – Water