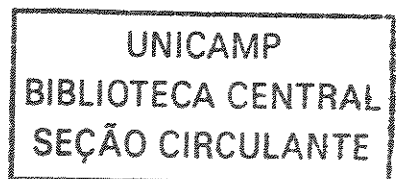


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

“GIOF”
GERENCIAMENTO INTEGRADO DA OPERAÇÃO E DO
FATURAMENTO EM SISTEMAS URBANOS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA

JAIME EXPEDITO GOBBI

Campinas
2002



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

“GIOF”
GERENCIAMENTO INTEGRADO DA OPERAÇÃO E DO
FATURAMENTO EM SISTEMAS URBANOS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA

JAIME EXPEDITO GOBBI

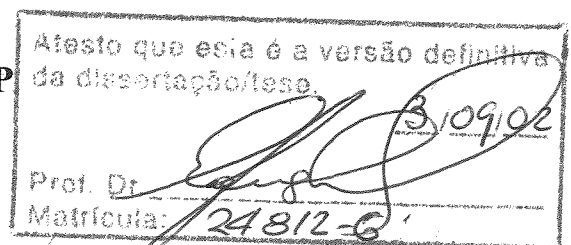
Orientador: Prof. Dr. EDMUNDO KOELLE

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

2002

I



200304754

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	G535g
V	EX
TOMBO BC	52195
PROC.	124103
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	13/02/03
Nº CPD	

CM00180085-8

0181D - 283781

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

G535g

Gobbi, Jaime Expedito

“GIOF” gerenciamento integrado da operação e do faturamento em sistemas urbanos de abastecimento de água / Jaime Expedito Gobbi.--Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Edmundo Koelle.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

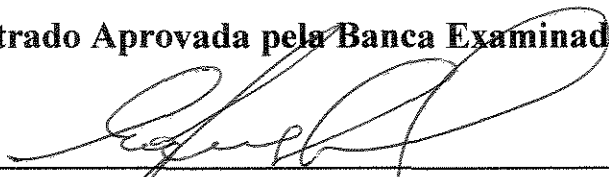
1. Abastecimento de água. 2. Água - Consumo. 3. Água - Qualidade. 4. Hidráulica. 5. Desperdício na despesa pública. 6. Controle hidráulico. 7. Recursos hídricos - Desenvolvimento. I. Koelle, Edmundo . II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

“GIOF”
GERENCIAMENTO INTEGRADO DA OPERAÇÃO E DO
FATURAMENTO EM SISTEMAS URBANOS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA

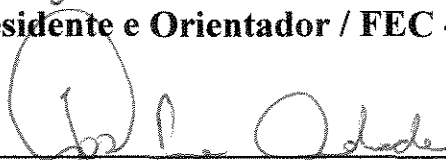
JAIME EXPEDITO GOBBI

Dissertação de Mestrado Aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



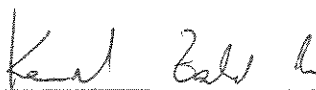
Prof. Edmundo Koelle, Dr.

Presidente e Orientador / FEC - UNICAMP



Prof. José Geraldo Pena de Andrade, Dr.

FEC - UNICAMP



Prof. Kamel Zahed Filho, Dr.

EP - USP

Campinas, 01 de agosto de 2002

Dedicatória

Aos meus queridos e amados pais

Reynaldo Gobbi (in memoriam)

Lourdes Buffolo Gobbi

***“Pela dedicação, entusiasmo, carinho e incentivo
na minha vida pessoal e na carreira profissional “***

Agradecimentos

À Deus

“Por tudo que me deu na vida..., pelas oportunidades e me carregar nos momentos difíceis“

Minha Esposa

“Pelo apoio e companheirismo”

Meu Orientador

“Pelos ensinamentos, incentivo e amizade”

Aos Professores da Pós-graduação

“Pelos ensinamentos, amizade e compreensão”

Aos Colegas de Curso

“Pela amizade, companheirismo e ajuda”

Aos Funcionários da FEC – UNICAMP

“Pela amizade e ajuda”

À SANASA

“Pela oportunidade e materiais cedidos”

*“Não há árvore boa que dê mau fruto;
nem tão pouco árvore má que dê bom fruto.
Porquanto cada árvore é conhecida pelo seu
próprio fruto. Porque não se colhem figos de
espinheiros, nem dos abrolhos se vindimam uvas.
O homem bom do bom tesouro do coração tira o
bem, e o mau, do mau tesouro tira o mal;
porque a boca fala do que está cheio o coração.”*

(Lucas, VI 43-45)

Resumo

Gobbi, Jaime Expedito. "GIOF" – Gerenciamento Integrado da Operação e do Faturamento em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 149 páginas. Dissertação.

Neste trabalho são analisados os procedimentos gerenciais nas redes de adução e distribuição de água nos sistemas de abastecimento público, e é proposto um modelo gerencial informatizado que integrará as informações das áreas COMERCIAL, OPERACIONAL e de ENGENHARIA.

A proposta gerencial definida como "GIOF - GERENCIAMENTO INTEGRADO da OPERAÇÃO e do FATURAMENTO", incorpora os recursos atuais de informática, o cadastramento georeferenciado dos dados das redes e o modelo gerencial é operado através de interfaces entre estas áreas.

As interfaces são desenvolvidas neste trabalho de dissertação para ordenar e integrar o fluxo de informações apoiado em um CADASTRO ÚNICO, tornando eficaz o gerenciamento nas empresas de SANEAMENTO.

No desenvolvimento do trabalho são analisados os recursos de informática disponíveis (bancos de dados, simuladores de redes de água, sistemas de informações Georeferenciadas - SIG, e outros), e, como resultado, justificam-se as opções adotadas na formulação do GIOF.

O “GIOF” proporciona às empresas de Saneamento um avanço significativo no processo gerencial pois, além de informatizar os procedimentos gerenciais, o esquema desenvolvido integra as várias áreas da empresa e se apoia em Cadastro Único, eliminando a duplicação de procedimentos administrativos.

Concentra em uma só base de dados todas as informações necessárias para a tomada de decisões e torna transparente os procedimentos operacionais e as responsabilidades são perfeitamente caracterizadas. Transforma o esquema gerencial hierárquico tradicional num processo interativo que proporciona a participação de todos os segmentos da empresa nos resultados operacionais.

Palavras Chave: Gerenciamento, Abastecimento, Simuladores, Cadastramento, Georeferenciamento

Abstract

In this work, the managerial procedures in the water adduction and distribution networks of the public supply systems will be analysed. A computerized managerial approach will be suggested. This approach shall integrate the information of the COMMERCIAL, OPERATIONAL and ENGINEERING areas.

The managerial approach defined as “**GIOF – INTEGRATED MANAGEMENT OF OPERATIONS AND INVOICING**”, has up to date computerized resources and the georeferenced cadastering of the network data. The managerial approach is run through interfaces between these areas.

The interfaces in this essay are developed in order to sort and integrate the information flow based on a SINGLE CADASTER, thus making the management of the DRAINAGE firms effective.

In the development of this work, the computer resources available will be analysed (databanks, water supply network simulators, georeferenced information systems and others). As a result the options adopted in the GIOF will be justified.

The GIOF provides drainage companies a significant advance in the managerial process, for besides computerizing the managerial procedures, the scheme integrates the many areas of a company and is based on a Single Cadaster, eliminating the duplication of managerial procedures.

It concentrates in a single database all the necessary information for decision-making and makes clear the operational procedures. Furthermore, the responsibilities are perfectly defined. The traditional hierarchical managerial method is transformed into an interactive process which makes possible for all segments of the company to participate in the operational results.

Key words: Management, Supply, Simulators, Cadastering, Georeferencing

Sumário

	página
Resumo	VII
Abstract	IX
Lista de Figuras	XIV
Lista de Tabelas	XVI
Lista de Gráficos	XVII
Lista de Abreviaturas e Símbolos	XVIII
1 Introdução	1
2 Objetivos	5
3 Revisão Bibliográfica	7
3.1 Sistema de Gerenciamento Hidráulico	7
3.1.1 Modelos de Simulação Hidráulica	10
3.1.2 Calibração de Modelos de Simulação Hidráulica	15
3.1.2.1 Precisão na Calibração	15
3.1.2.2 Processos e Técnicas de Calibração	17
3.2 Sistema de Gerenciamento Cadastral	20
3.2.1 Introdução ao Geoprocessamento (INPE)	22
3.2.2 Características de um SIG	22
3.2.3 Tecnologias Relacionais	25
3.2.4 Tipos de Dados em Geoprocessamento	28
3.2.5 Evolução da Tecnologia de Geoprocessamento	28
4 Desenvolvimento e Metodologia	33

4.1	Módulos de Implantação do GIOF	34
4.1.1	Primeiro Módulo – (Ações Imediatas)	34
4.1.1.1	“SPRING” como Gestor de Cadastro Digital (SIG)	35
4.1.1.2	“WaterCad” como Modelo para Simulação	39
4.1.1.3	Geração de Dados no SIG – SPRING	44
4.1.1.4	Objetos Geográficos do SIG – SPRING	45
4.1.1.5	Geração de Dados no MS – WaterCad	49
4.1.2	Segundo Módulo – (Interfaces)	50
4.1.2.1	Integração e Atualização entre MS-SIG (Banco de Dados Intermediário)	51
4.1.3	Terceiro Módulo – (Setorização)	58
4.1.4	Quarto Módulo – (Automação e Controle)	63
5	Estudo de Caso – Interface do “Atualizador” e Consultas no SIG	65
6	Conclusões e Recomendações	81
	Referências Bibliográficas	85
	Bibliografias Recomendadas	88
	Apêndices	89
	A - Tabelas Comparativas de Atualização entre o MS e o SIG	91
	B - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (DTA/A2)	103
	1.1 Definição de Indicadores Básicos	103
	1.1.1 Informações-Chave	105
	1.1.2 Indicadores Básicos de Desempenho	105
	A-) Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água não Contabilizada (ANC)	106
	B-) Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)	107
	C-) Índice Linear Bruto de Perda (ILB)	107
	D-) Índice de Perda por Ligação (IPL)	108
	1.1.3 Indicadores de Controle e Confiabilidade	109
	A-) Confiabilidade do Volume Disponibilizado C(VD)	110

B-) Confiabilidade do Volume Utilizado C(VU)	111
C-) Confiabilidade do Volume Faturado C(VF)	113
D-) Confiabilidade da Extensão Parcial da Rede C(EP)	114
1.2 Definição de Indicadores Intermediários e Avançados	114
1.2.1 Indicadores Específicos de Perda Física Relacionados a Condições Operacionais	115
A-) Índice de Perda Física na Distribuição (PFD)	115
B-) Índice Linear de Perda Física (ILF)	116
C-) Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP) / Indicador Avançado	117
1.2.2 Indicadores de Desempenho Hídrico do Sistema	118
A-) Índice de Perda Física na Produção (PFP)	119
B-) Índice de Perda Física na Adução (PFA)	120
C-) Índice de Perda Física no Tratamento (PTR)	120
D-) Índice Total de Perdas Física (TPF)	120
1.3 Melhorias Operacionais e Aumento de Confiabilidade dos Indicadores	121
C - Planilha para Cálculo de Indicadores de Perdas	124
D - Planilha para Cálculo de Consumo	126
E - Planilha para Cálculo de Demandas Nodais	128
F – Planilha para Determinação da Curva Neutra de Demanda	130
G - Planilha para Cálculo de Variação de Rotação de Bomba	132
H - Planilha para Cálculo da Quantidade de Válvulas a Utilizar (VRP)	134
I - Dados de Micro-Medição	135
J - CD-ROM (GIOF-Utilitário)	149

Lista de Figuras

	Página
1 Estrutura Geral do GIOF	4
2 Exemplo de Válvula Redutora de Pressão (SANASA-Campinas)	7
3 Exemplo de Hidrante de Coluna (SANASA-Campinas)	8
4 Exemplo de Centro de Reservação (SANASA-Campinas)	8
5 Exemplo de Manutenção em Rede de Distribuição (SANASA-Campinas)	8
6 Exemplo de Captação (SANASA-Campinas)	9
7 Exemplo de E.T.A. (SANASA-Campinas)	9
8 Exemplo de Poço Profundo (SANASA-Campinas)	9
9 Mapa da cidade de Londres com casos de Cólera (INPE)	24
10 Relacionamento de Componentes de um SIG (INPE)	27
11 Exemplo de Mapa com Planos de Informações (INPE)	29
12 Evolução da Tecnologia de Geoprocessamento (INPE)	32
13 Vinculação Cadastral de Consumo	47
14 Diagrama do “Atualizador”	57
15 Exemplo de Esquema de Rede de Distribuição	59
16 Exemplo de Topologia da Rede de Distribuição da Fig. 15	60
17 Base Cartográfica de Campinas – Particionada (SANASA-Campinas)	65
18 Área de Estudo	66
19 Redes de Distribuição – Inicial	66
20 Topologia Gerada pelo WaterCad	67

21	Topologia Atualizada no WaterCad	71
22	Consulta 1 – Localização de um Setor de Abastecimento (SPRING - INPE)	73
23	Consulta 2 – Área de Estudo (lotes) (SPRING - INPE)	74
24	Consulta 3 – Consumidores (Logradouro, lado par) (SPRING - INPE)	75
25	Consulta 4 – Consumidores Comerciais (SPRING - INPE)	76
26	Consulta 5 – Consumidor Residencial ($< 50 \text{ m}^3/\text{mês}$) (SPRING - INPE)	77
27	Consulta 6 – Redes de Distribuição em Estudo (SPRING - INPE)	78
28	Consulta 7 – Redes com rugosidade “C” (< 130) (SPRING - INPE)	79
29	Consulta 8 – redes com vazão ($\geq 4,52 \text{ l./s}$) (SPRING - INPE)	80

Lista de Tabelas

		Página
1	Comparativos entre os Simuladores	43
2	Banco de Dados WaterCad (Pressure Junction) – condição inicial	91
3	Banco de Dados WaterCad (Pressure Pipe) – condição inicial	92
4	Banco de Dados SPRING (Lotes) – condição inicial	93
5	Banco de Dados SPRING (Redes) – condição inicial	96
6	Banco de Dados WaterCad (Pressure Junction) – condição final	97
7	Banco de Dados WaterCad (Pressure Pipe) – condição final	98
8	Banco de Dados SPRING (Lotes) – condição final	99
9	Banco de Dados SPRING (Redes) – condição final	102
10	Aplicação da Escala de Confiabilidade no Gerenciamento de Informações	109
11	Índices de Micromedição e Faturamento – dez/96	137
12	Índices de Micromedição e Faturamento – jan/97	138
13	Índices de Micromedição e Faturamento – fev/97	139
14	Índices de Micromedição e Faturamento – mar/97	140
15	Índices de Micromedição e Faturamento – abr/97	141
16	Índices de Micromedição e Faturamento – mai/97	142
17	Índices de Micromedição e Faturamento – jun/97	143

Lista de Gráficos

	Página
1 Residencial – (ligações)	144
2 Residencial – (economias)	144
3 Residencial – (consumo marcado)	144
4 Residencial – (consumo cobrado)	144
5 Público – (ligações)	145
6 Público – (economias)	145
7 Público – (consumo marcado)	145
8 Público – (consumo cobrado)	145
9 Comercial – (ligações)	146
10 Comercial – (economias)	146
11 Comercial – (consumo marcado)	146
12 Comercial – (consumo cobrado)	146
13 Industrial – (ligações)	147
14 Industrial – (economias)	147
15 Industrial – (consumo marcado)	147
16 Industrial – (consumo cobrado)	147
17 Totalização – Ligações e Economias	148
18 Totalização – Consumo	148

Lista de Abreviaturas e Símbolos

ADBS	Atualiza Banco de Dados do SPRING
ADBS4	Atualiza tab. lotes do Banco de Dados SPRING
ADBS6	Atualiza tab. de redes do Banco de Dados SPRING
ADBW	Atualiza Banco de Dados WaterCAD
ANC	Água não Contabilizada (ANC)
ANF	Água Não Faturada
AWWA	American Water Works Association
C	Cadastro Único
C	Coef. Hazen-Williams
C(EP)	Confiabilidade da extensão parcial da rede
C(VD)	Confiabilidade do volume disponibilizado
C(VE)	Confiabilidade do volume estimado
C(VEs)	Confiabilidade do volume especial
C(VF)	Confiabilidade do volume faturado
C(VR)	Confiabilidade do volume recuperado
C(VU)	Confiabilidade do volume utilizado
CAD	Computer Aided Drafting
CI	Condição Intermediária
CCO	Centro de Controle Operacional
DBCWI	DataBase Connections - Importa
DBMS	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

DBS	Banco de Dados Gerado pelo SPRING
DBS4	Tab. de lotes do Banco de Dados SPRING
DBS6	Tab. de redes do Banco de Dados SPRING
DBW	Banco de Dados WaterCAD
DBWJ	Tab. Pressure Junction do Banco de Dados WaterCad
DBWP	Tab. Pressure Pipe do Banco de Dados WaterCad
dm	Resultantes positivas ou negativas de erros sistemáticos de micromedição
dM	Resultantes positivas ou negativas de erros sistemáticos da macromedição
DTA2	Relatório sobre Indicadores de Perdas - PNCD
Em	Eficiência da micromedição
ENOs	Elementos entre Nós
EOS	Earth Observation System
EP	Extensão parcial da rede
ES	Empresas de Saneamento
ET	Extensão total da rede
FCV	Watercad - Válvula Controladora de Vazão
Geoid	Identificador geo-objeto ou geo-campo
GIOF	Gerenciamento Integrado da Operação e do Faturamento
GIS	Geographic Information System
HTML	Hyper Text Mark-up Language
ICE	Interface entre as áreas Comercial e Engenharia
ICO	Interface entre as áreas Comercial e Operacional
IH	Índice de hidrometração
ILB	Índice linear bruto de perda
ILF	Índice linear de perda física em cada setor
ILP	Índice linear ponderado de perda física
IMD	Índice de macromedição na distribuição
ImVU	Índice de micromedição do volume utilizado
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IOE	Interface entre as áreas Operacional e Engenharia
IPD	Índice de perda na distribuição
IPF	Índice de perda de faturamento
IPL	Índice de perda por ligação
IQA	Índice de qualidade da água
J	Junction (Nó)
j	Fator de ponderação de pressão de cada setor
K	Coef. – Darcy-Weisbach
kM	Multiplicador
km	Desvios sistemáticos de micromedição
LA	Número de ligações ativas
LEGAL	Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra
LP	Linha Privada para transferência de dados
LISP	List Processing
Lm	Número de ligações ativas micromedidas
MC	Método das Características
mdb	Extensão de arquivo do ACCESS
N1	Nó de montante
N2	Nó de Jusante
ND	Número de dias
ODBC	Open Database Communication
OS/2	Sistemas Operacionais de Computador
P	Pipe (Tubo)
p.e.	por exemplo
PBV	Watercad - Válvula Controladora de Pressão (secundaria)
PERS	Simulador com modelo estático (UNICAMP)
PFA	Índice de perda física na adução
PFD	Índice de perda física na distribuição
PFP	Índice de perda física na produção

PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PRV	Watercad - Válvula Redutora de Pressão
PSV	Watercad - Válvula Sustentadora de Pressão
PTR	Índice de perda física no tratamento
R-1	Reservatório 1
RTU	Estações Remotas
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition system
SDTS	Spatial Data Transfer Standard (USA)
SGBD	Supervisory Control And Data Acquisition system
SI	Sistema Internacional de Medidas
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIMULA	Simulador com modelos estático e dinâmico (UNICAMP)
SISCO	Sistema de Supervisão e Controle
SPRING	Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas
SQL	Structured query language
SW	Simulação Hidráulica da rede de distribuição no WaterCad
TCV	Watercad - Válvula Mantenedora de Pressão
TMA	Time Marching Approache
TPF	Índice total de perda física
UNIX	Sistemas Operacionais de Computadores
VA	Volume aduzido
VC	Volume captado
VD	Volume disponibilizado
VE	Volume estimado
VEs	Volume especial
Ves	Volume especial
VEsM	Volume especial macromedido
VEx	Volume exportado
Vex	Total de volumes contabilizados como exportados pelo serviço

VExN	Volumes exportados macromedidos
VF	Volume faturado
VFU	Volume fisicamente utilizado
VIm	Volume importado
VImM	Volumes importados macromedidos
Vm	Volume micromedido
VO	Volume operacional
VP	Volume produzido
VPN	Volume produzido macromedido
VR	Volume recuperado
Vre	Volume recuperado estimado
VRm	Volume recuperado micromedido
VU	Volume utilizado
Windows	Sistemas Operacionais de Computador
WWW	World Wide Web

1 Introdução

As crises ambientais vivenciadas pela humanidade nas últimas décadas, mobilizaram órgãos públicos governamentais e toda a sociedade, na busca de meios e ações para que a água, a fonte mais importante para a sobrevivência, possa continuar a ser disponibilizada de forma acessível e racional.

Esta mobilização, no entanto, envolve recursos financeiros apreciáveis face os enormes atrasos apresentados nos desenvolvimentos das sociedades urbanas nos países do terceiro mundo, como o nosso, pois, se regiões com altos índices de desenvolvimentos enfrentam problemas de gestões (dificuldades financeiras) e capacidades técnicas/operacionais (recursos humanos/processos) para administrarem, entre outros, os sistemas de abastecimento de água, condenam categoricamente outras regiões com potenciais menos favoráveis, a permanecerem sufocadas, estagnadas e até mesmo excluídas de possibilidades de desenvolvimentos (correções, adequações e ampliações dos seus sistemas).

Acredita-se que, a implantação do **“GIOF” - Gerenciamento Integrado da Operação e do Faturamento em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água**, cujo modelo de gestão utiliza os recursos de comunicação eletrônica e a informática (telemática) para proporcionar os meios de integração entre as várias áreas que compõem o organograma das Companhias que Administram os Sistemas Urbanos de Água e Esgotos, proporcionará condições para melhor condução administrativa, pois, possibilita a transferência e análise das informações gerenciais em tempo real entre as suas diversas áreas, e é desenvolvido, neste trabalho, com ênfase para se obter condições de otimização na operação de adução e no controle da água não faturada nas redes de distribuição.

Embora o “GIOF” devesse também agregar a gestão administrativa (RH, contabilidade e finanças...), essa condição não foi assumida no escopo deste trabalho, pois está relacionada com a análise do **desenho institucional de cada empresa**, devendo ser propostas intervenções individuais, conforme as características de sua atuação (local, regional ou estadual).

O “GIOF” enfatizará através do cadastro digital magnético e dos estudos das redes de abastecimento, necessários para conhecer o seu comportamento hidráulico, o processo de gestão operacional para se garantir o controle da qualidade da água, mediante a análise dos IQAs (Índices de Qualidade da Água) e da água não faturada (Controle de Perdas), e a qualidade dos serviços prestados à comunidade com resultados sócio econômicos significativos exigindo manejo eficaz de uma grande quantidade de informações.

Estas informações, embora de origens distintas, são interrelacionadas e foram agrupadas em três áreas: **Comercial, Engenharia e Operacional**, segundo a natureza do uso a que serão submetidas, cabendo aqui observar que, tal estrutura, poderá estar diferenciada conforme organograma encontrado em cada ES (Empresa de Saneamento).

Assim, na área **Comercial** são agrupadas as **Informações Financeiras** que subsidiarão as análises técnicas e operacionais dos sistemas, além de possibilitar o relacionamento e o atendimento aos **Clientes** consumidores; nas áreas de **Engenharia e Operacional** deverão ser armazenadas as **Informações Físicas** dos elementos do sistema adutor e das redes de distribuição e, em todas as áreas, as **Informações Gráficas Espaciais** dos dados anteriores são necessárias e devem fluir entre elas para estabelecerem o atendimento eficaz aos clientes consumidores e o controle operacional do sistema.

Observação: *Na área de Engenharia, incorporaram-se as atividades de (Planejamento, Projetos, Obras e Processo de Análises das Redes Setoriais); na área Operacional, incorporaram-se as atividades de (Processos Operacionais e Processo de Recuperação de Perdas),*

De fato, atualmente, torna-se evidente a necessidade de se interligar a informação física com a financeira, e ambas, por sua vez, com a informação gráfica espacial; isto é possível, com a implantação de um adequado **Cadastro Gráfico (SIG – Sistema de Informações Geográficas)** que permite, não somente relacionar os dados de caráter gráfico ou espacial com outros dados alfanuméricos, mas, também, atualizar os dados através de interfaces apropriadas e desenvolver programas relacionais para a produção de **Mapas Temáticos** que evidenciam **Conceitos, Consultas, Índices de Mérito ou Indicadores**, associados aos dados armazenados (**Cadastro**).

Todas estas ansiedades para incorporar os avanços tecnológicos no processo de gestão, considerados como necessidades básicas das empresas, implicam a utilização de esquemas informatizados, nos quais, as representações gráficas e espaciais são **orientadas a objetos**, para proporcionar ao usuário alta velocidade de acesso para a consulta, modificação e atualização de componentes nos grandes bancos de dados.

As representações gráficas e espaciais se interagem por interligações (interfaces) que estão representadas numa estrutura (figura 1), conforme a legenda a seguir.

Legenda (fig.: 1)

C – Cadastro (técnico e comercial) / Topologia das Redes de Água

ICO, ICE, IEO – Interfaces de Comunicação entre as Áreas (Comercial, Engenharia e Operacional)

ICC – Interface Comercial / Cliente

PARS – Processo de Análise das Redes Setoriais

PRP – Processo de Recuperação de Perdas

PO – *Processo Operacional do Sistema. Macro Adutor – Otimizado, integra o GIOF a um Sistema SCADA a ser especificado através de Projeto de Instrumentação e Telecontrole.*

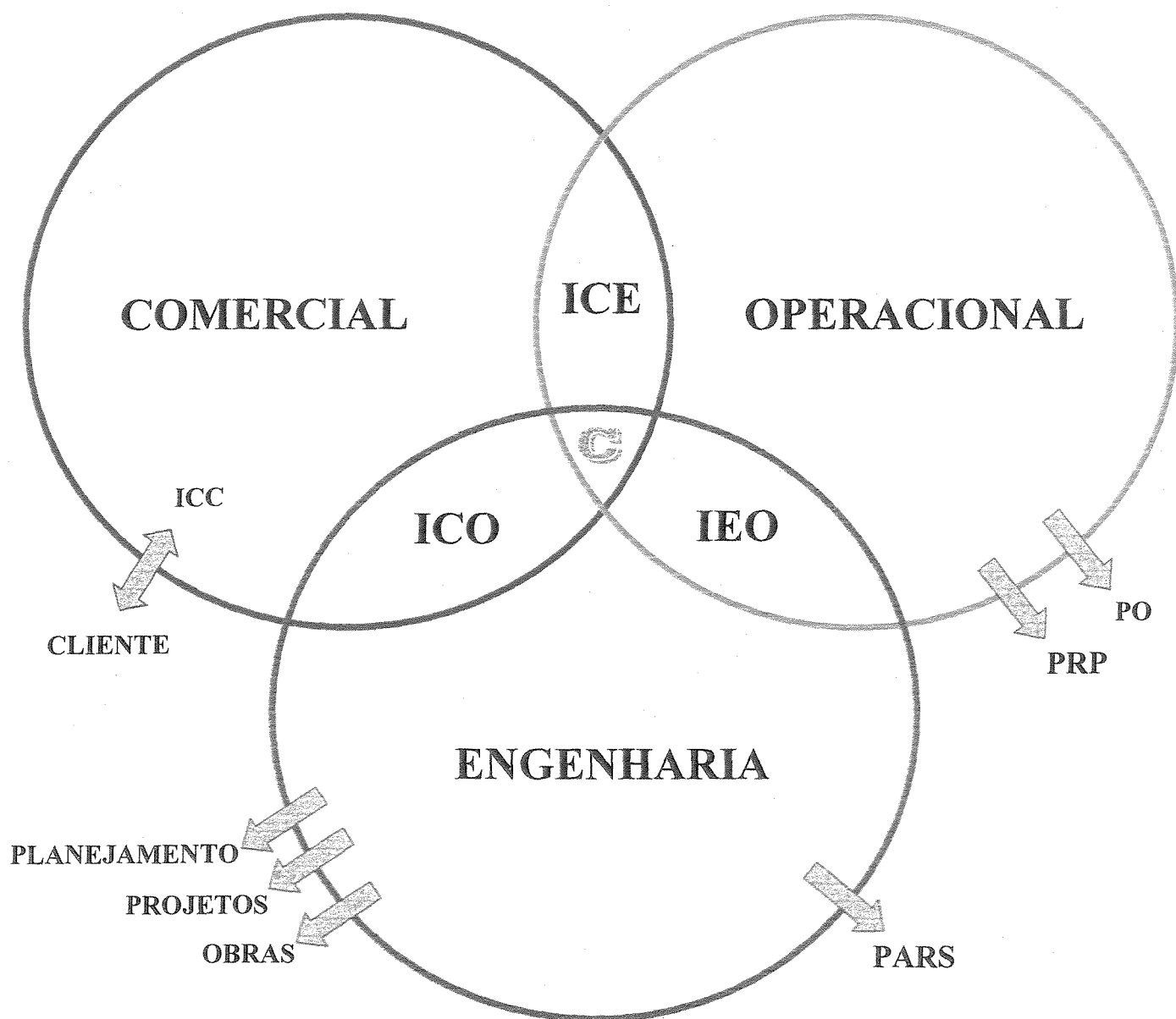


Fig.: 1 – Estrutura Geral do GIOF

2 **Objetivos**

O “**GIOF**” visa basicamente a obtenção da eficácia no gerenciamento dos serviços de abastecimento de água prestados às comunidades e incorporará os avanços tecnológicos disponíveis nas áreas de telecomunicações e de informática para otimizar a operação de adução e distribuição de água nas ES.

Ser um modelo de gestão que integra os meios entre as várias áreas que compõe o organograma das **ES (Comercial, Engenharia e Operacional)**, proporciona recursos para a transferência e análise das informações gerenciais em tempo real, e, para se atingir tais premissas, serão desenvolvidas atividades que caracterizarão os objetivos procurados neste trabalho de dissertação.

Atividades a serem desenvolvidas:

- **Pesquisar e Definir** um Programa (Software) Gestor, para utilizá-lo como Cadastro Digital (**SIG** – Sistema de Informações Geográficas);
- **Pesquisar e Definir** um Programa (Software) de Modelagem e Cálculo Hidráulico, para utilizá-lo como Modelo de Simulação (**MS**);
- **Desenvolver um Processo de Interface** entre o Modelo Gestor (**SIG**) e o Modelo de Simulação (**MS**), para que os dados inseridos, calculados, atualizados, etc., em um deles, possa ser transferido ao outro e vice-versa, possibilitando assim:

- *Otimizar a operação de adução, estabelecendo as Regras Operacionais para a operação do sistema adutor em tempo extensivo;*
- *Controlar os Índices da Qualidade da Água (IQA);*
- *Controlar Variáveis, Vazão, Pressão, Demanda, etc.;*
- *Planejar e Analisar as Redes Setoriais;*
- *Controlar as Perdas e a Água não Faturada;*
- *Implementar a Instrumentação e Controle, dos Sistemas de Adução e Distribuição de água nas ES.*
- *Desenvolver um Aplicativo Gerenciador, que possibilite. incorporar as interfaces de acesso entre os Softwares a serem utilizados, assim como, conter a própria interface de comunicação, consulta e transferência de dados entre o SIG e o MS, tornado o processo rápido, interativo e eficaz em um único ambiente de trabalho.*

3 Revisão Bibliográfica

Para desenvolver esta dissertação, o processo proposto será caracterizado por dois sistemas de gerenciamento; o **Sistema de Gerenciamento Hidráulico**, responsável pela análise e monitoramento do comportamento hidráulico dos componentes de adução e distribuição de água; e o **Sistema de Gerenciamento Cadastral**, que utiliza os recursos de comunicação eletrônica e a informática para proporcionar os meios de integração entre as várias áreas que compõem o organograma de uma ES, e viabilizar a modelagem de características temáticas dos elementos físicos e valores financeiros de consumo.

3.1 Sistema de Gerenciamento Hidráulico

Uma rede de distribuição de água potável está constituída basicamente por tubos e elementos especiais como, válvulas, acessórios, hidrantes, junções etc., que caracteriza o micro-sistema, e devem ser dimensionados adequadamente para suprir as demandas necessárias de consumo e controlar entre outras variáveis, as pressões (mínimas e máximas) nos pontos mais críticos do sistema – ver figuras de exemplo de utilização.

Fig.: 2

Exemplo de válvula redutora de pressão auto operada, controlada por dispositivo lógico. (este equipamento permite a variação do Set Point da válvula redutora, possibilitando o atendimento às variações de consumo máximo horário e mínimo noturno, adequando as pressões de trabalho da rede por ele controlado) SANASA - Campinas

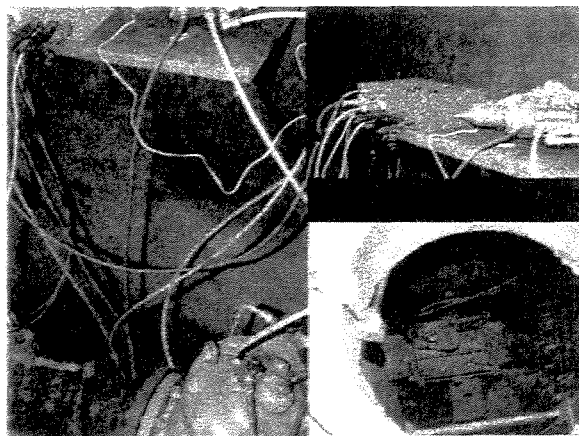


Fig.: 3

Exemplo de Hidrante de coluna

(teste de vazão e verificação de pressão na rede de distribuição conforme solicitação do Corpo de Bombeiros)

SANASA – Campinas
(programa de apoio mútuo entre a ES e o 7º
Grupamento de Bombeiros)



Fig.: 4

Exemplo de Centro de Reservação
(reservatórios apoiados e elevado)

SANASA - Campinas



Fig.: 5

Exemplo de manutenção em rede
de distribuição

SANASA - Campinas



Outros componentes como as Captações, E.T.A.s, Estações de Bombeamento, Poços Profundos, etc., caracteriza o macro-sistema, e são determinantes para a operação do sistema adutor. Parte destes equipamentos podem ser visualizados nas figuras a seguir.

Fig.: 6

Exemplo de Captação

(captação do rio Atibaia)
SANASA - Campinas

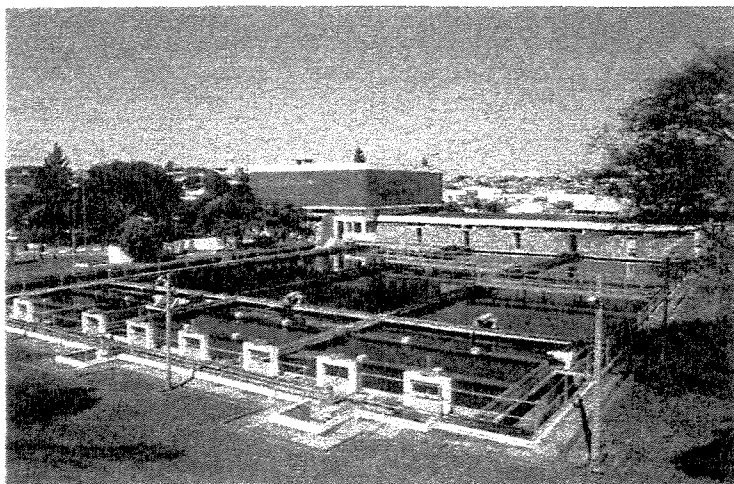


Fig.: 7

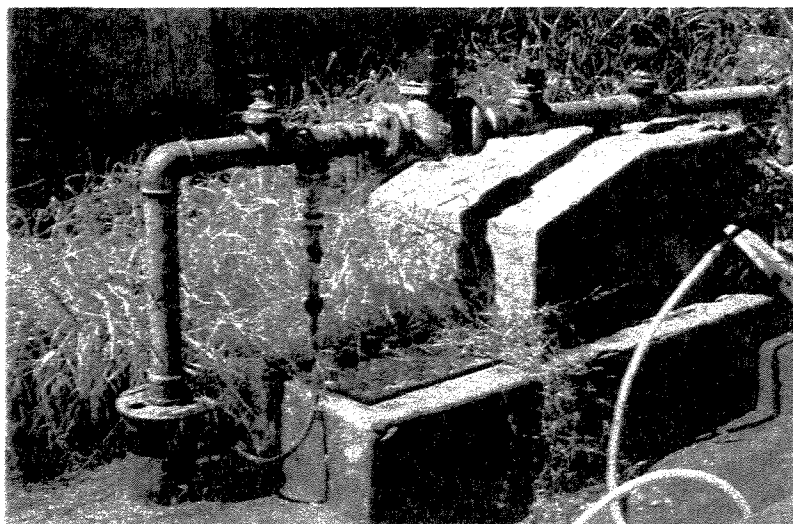
Exemplo de E.T.A.

(ETA II)
SANASA - Campinas

Fig.: 8

Exemplo de Poço Profundo

(Jd. Campo Belo)
SANASA - Campinas



3.1.1 Modelos de Simulação Hidráulica

Atualmente a utilização de modelos de simulação hidráulica é prática comum em uma grande parte dos sistemas de distribuição de água em diversos países. No Brasil, um grande número das ES vem apresentando interesses por tais conhecimentos tecnológicos na busca de soluções de problemas, como, a eliminação de demandas reprimidas e as grandes variações de pressões (diurna/noturna), que é umas das causas dos altos índices de perdas nos sistemas de distribuição.

Os modelos de simulação estão classificados em três categorias

Bourguett, Fernández e Tovar (Modelos de Simulación hidráulica y Uso del Modelo Estático - 1994), classificam os modelos pelas suas principais, **Utilizações** (1) e **Tipos de Análises** (2) que eles possam realizar.

1. **Utilização:** Um modelo de simulação estática, por exemplo, é ferramenta fundamental para o diagnóstico de um sistema, além de ser essencial para o esquema de setorização e projeto de controle de perdas, onde as principais utilizações são.
 - *Determinar as pressões de serviço nos nós e vazões nos tubos, para um certo nível de água no reservatório e em particular para as variações de consumo, falha, etc.;*
 - *Facilitar a operação do sistema, para modificações da topologia da rede;*
 - *Estabelecer planos de atuações em condições emergenciais;*
 - *Estudo do efeito em pressões pelo incremento de demandas;*
 - *Planejamento e decisão de reabilitações;*
 - *Decisão de ampliações*

- *Simulação da qualidade da água;*
- *Projeto ótimo de redes novas;*
- *Projeto de reservatórios de regularização e equipamentos de bombeamento.*

2. **Tipo de Análise:** São classificados conforme os procedimentos de cálculos utilizados em suas rotinas, isto é.

- **Modelos de Simulação Estática:** *São algoritmos que efetuam o cálculo das pressões dos nós e vazões nos tubos, a partir de uma certa condição de carga fixa (p.e., nível do reservatório). São capazes de estimar **uma só condição de carga**, mediante a definição das características da rede e de uma certa condição de alimentação e demanda. Utilizam para a solução a Teoria Linear, Newton Raphson, etc. e podem trabalhar a partir do cálculo dos nós ou tubos. Sua utilização é mais geral e funciona na análise de projeto de redes novas, ampliações, análises de condições de emergência e servem de base para outros tipos de modelos.*
- **Modelos de Simulação Dinâmica (*) (Período ou Tempo extensivo):** *Estes modelos assim como os estáticos, calculam as pressões nos nós e as vazões nos tubos, mas, agora, para **diferentes condições de operação** (p.e., variação do nível do reservatório, ou das demandas nodais). São capazes de estimar a evolução de cargas nos nós, vazões nos tubos e níveis nos reservatórios de regularização durante um certo período, normalmente um dia e com intervalos de uma hora. Mediante a definição das características da rede, das condições de adução e demanda de vazão para um dia (curva neutra de demanda), se determina a variação das condições hidráulicas na rede para o período de análise. Utilizam também a Teoria Linear, Newton Raphson, etc. para os cálculos a partir dos nós ou tubos, e são ótimos para a determinação da capacidade dos reservatórios de alimentação e planejamento de políticas de bombeamento.*

(*) **Observação:** Cabrera e Garcia (Modelización de redes de distribución - 1995) e Luvizotto (Controle operacional de redes de abastecimento de água auxiliado por computador - 1995), adicionam aos modelos dinâmicos as seguintes características. Modelos, cujas variáveis de estado (*carga e vazão*) são **variáveis no tempo** e estão subdivididos em **Inerciais e não Inerciais**.

- **Modelos Inerciais:** Leva em consideração os efeitos inerciais da água e classificam-se em **rígidos**, quando não consideram os efeitos elásticos da água e da tubulação, sendo utilizados para descrever os **fenômenos de oscilação de massa**; e **elásticos**, quando os efeitos elásticos da água e da tubulação passam a ser considerados, sendo utilizados nas análises de **transientes hidráulicos**.
- **Modelos não Inerciais:** Nestes modelos a característica dinâmica não está associada aos efeitos de inércia e sim as variações temporais nas condições de contorno. São modelos usualmente utilizados nas simulações em **período extensivo**.
- **Modelos de Simulação de Qualidade de Água:** A partir dos modelos de simulação estática ou dinâmica, efetuam concomitantemente o cálculo das pressões nos nós, vazões nos tubos e do **decaimento** (diminuição) da **Concentração de uma Substância** nas redes de distribuição, a partir de uma ou várias condições de carga. Geralmente se adiciona as equações que governam o comportamento de uma substância injetada ao fluxo de água. São úteis para a análise da qualidade da água em todos os pontos da rede, estimar as concentrações, por exemplo, de cloro no tempo e no espaço, além de identificar zonas onde a qualidade da água se deteriora por estar **parada** ou com **baixa velocidade**. Também é possível analisar o efeito da **mistura** quando a rede é **alimentada por duas ou mais fontes** com qualidades distintas.

- **Modelos de Projeto e Custo Mínimo** (com e sem saída gráfica): *Este tipo de modelo tem por objetivo calcular mediante algoritmos heurísticos, os diâmetros dos tubos, buscando cumprir certas restrições, como a pressão mínima de projeto, velocidades mínima ou máxima, os custos mínimos dos tubos, etc.. São úteis em pequenas ampliações de redes ou em redes de tamanho pequeno. Utilizam como base de cálculo um modelo de simulação estática, os quais são a geração seguinte destes, e economizam o tempo de trabalho do projetista, que normalmente faria por tentativa e erro. A saída gráfica refere-se ao uso do AutoCad ou similar.*
- **Modelos de Projeto Ótimo:** *Tem como objetivo o cálculo por meio de algoritmos de otimização, linear ou não, dos diâmetros dos tubos, buscando além de cumprir com certas restrições como, a pressão mínima de projeto, velocidade mínima ou máxima, os custos das tubulações, etc.. São úteis em ampliações da rede de qualquer tamanho. Utilizam como base de cálculo um modelo de simulação estática, e são a segunda geração de modelos de otimização de custos.*
- **Modelos de Projeto Ótimo Custo-Confabilidade:** *Neste caso, o critério de projeto e análise não é só de custo mínimo; se espera que a rede cumpra além do custo mínimo, um certo nível de confiabilidade na alimentação, tanto na vazão como na pressão, no tempo e no espaço. Estes modelos são de terceira geração dos modelos de projeto ótimo de redes.*
- **Modelos de Calibração:** *Neste caso temos modelos que possibilitam uma mecanização dos processos de calibração de uma rede, a partir do modelo estático e de medições de campo. Dispõe-se também dos modelos com regras especializadas e de algoritmos lineares, não lineares e de algoritmos Genéticos nos processos de calibração*
- **Modelos de Reabilitação;** *Estes modelos possibilitam uma mecanização dos processos de análise e decisão de substituição ou reabilitação de tubulações, a partir da análise do funcionamento da rede em simulação estática e análise de*

custos. Mediante uma função objetivo que é minimizar custos, se estabelecem restrições mediante a substituição ou reabilitação da tubulação, completando também as vazões e pressões de projeto. Existem algoritmos gerados com regras expressas e de algoritmos de otimização linear e não linear.

3. Os modelos também podem ser classificados por **Gerações**, e assim, Abbot, Havno e Lindenberg (The fourth generation of numerical modelling in hydraulics, Journal of hydraulic reserch - 1991) o fazem;

- **Primeira Geração:** *Adaptações dos métodos de cálculos manuais.*
- **Segunda Geração:** *Desenvolvimento de técnicas especificamente destinadas a processos computacionais (método das diferenças e dos elementos finitos) .*
- **Terceira Geração:** *Incorporação de técnicas¹ desenvolvidas aos sistemas a serem modelados.*
- **Quarta Geração:** *Facilitar o uso para profissionais não especialistas em hidráulica computacional, cujo uso, passa a ser uma ferramenta aos técnicos envolvidos em controle, operação e manutenção de sistemas de abastecimento.*

(¹) Não foram encontrados dados ou alguma descrição das técnicas incorporadas pelos modelos de terceira geração; assim, não foi possível estabelecer os limites que separam os modelos de Terceira Geração dos modelos de Segunda e Quarta Gerações.

3.1.2 Calibração de Modelos de Simulação Hidráulica

3.1.2.1 Precisão na Calibração

Para planejar um projeto de setorização de uma rede de distribuição, tendo-se definido sua topologia, deve-se primeiro formular um modelo conceitual da rede e avaliar seu funcionamento operacional em termos quantitativos e qualitativos. Para isso, o modelo deve a partir de seu cadastro, expressar seu aspecto físico como cotas topográficas, diâmetros, localização de válvulas e equipamentos e de dados levantados em campo, obter as pressões nodais e vazões nos tubos, sempre para a maior quantidade possível de elementos.

É fundamental que as condições de simulação estejam o mais próximo possível das condições reais, e para isto, faz-se necessário após alimentá-lo com os dados quantitativos e qualitativos, calibrá-lo, para que, os resultados apresentados pelo modelo, qualquer que tenha sido utilizado, apresente valores confiáveis.

Assim, Shamir e Howard (Engineering analysis of water distribution systems - 1977) colocam: A calibração consiste na determinação das **características físicas e operacionais** do sistema existente e determinam os **dados de entrada** que, quando se aplicam ao modelo, este produz, resultados realistas. Para Cesario e Davis (Calibrating water systems models - 1984), calibração é o **processo de ajuste fino** de um modelo para que este simule as condições de campo para um horizonte de tempo específico, tal como, as condições de demanda máxima horária e com razoável grau de precisão. Walski (Technique for calibrating network models, Journal Water Resources Planning and Management, ASCE, USA - 1983) por seu lado, define calibração como um processo de passos que consiste em:

- 1- Comparação de pressões e vazões inseridos no modelo, com as pressões e vazões conhecidos (medidos) em condições de operação, isto é, operação dos equipamentos, níveis de reservatórios, válvulas redutoras de pressão etc.

- 2- Para o ajuste dos dados de entrada do modelo, basta que, este produza um ajuste razoável entre os valores observados e inseridos.

Para poder efetuar efetivamente o processo de calibração é preciso ter presente a natureza dos dados de entrada do modelo, suas origens e possíveis fontes de erro na precisão dos dados. Os mesmos autores agrupam essas informações em quatro categorias.

- *Estimação incorreta de demandas*
- *Capacidade incorreta de transporte dos tubos (rugosidade)*
- *Valores incorretos de pressão nos nós (bombas, tanques)*
- *Representação pobre do modelo*

O nível razoável de precisão de um modelo é definido normalmente com base nas pressões medidas nos nós, e depende, principalmente, da precisão na formulação dos dados de entrada e do esforço que o usuário do modelo deseja investir para alcançar um ajuste maior (**ajuste fino**) do modelo.

Walski (Case study: pipe network model calibration issues - 1986), estabelece que a diferença média deve ser de $\pm 1,5$ (m) com um valor máximo de $\pm 5,0$ (m) para um bom grupo de entrada de dados; $\pm 3,0$ (m) como valor médio e máximo de $\pm 10,0$ (m) para um grupo pobre de dados.

Cesario e Davis (Calibrating water systems models - 1984), estabelecem uma precisão entre 3,5 e 7,0 (m) para considerar o modelo calibrado.

Cabe aqui, fazer um comentário quanto a estes valores diretos de limites de precisão para considerar o modelo calibrado ou não. É considerável que a precisão teria mais significado (credibilidade), se tomado em termos de porcentagem (%), porém, estes valores

necessitam de ensaios e pesquisas para definição de limites, cujo trabalho científico, deixamos como sugestão acadêmica.

Observação: *Gambale, Sérgio Ricardo: “Aplicação de algoritmo genético na calibração de redes de água”, Dissertação (Mestrado) - EPUSP - São Paulo, 2000.*

Como resume o autor, “É avaliada a potencialidade da aplicação da técnica dos Algoritmos Genéticos à Calibração de redes de distribuição de água. Os conceitos dos Algoritmos Genéticos são introduzidos em sua forma simples, tendo sido elaborado um aplicativo computacional para aplicação na calibração de Coeficientes de Rugosidade em redes de água. Uma análise de sensibilidade de alguns fatores intervenientes na solução do Algoritmo Genético é efetuada sobre um estudo de caso. Com base nas análises, demonstra-se a influência do tamanho da População de Soluções, da escolha da Função Objetivo, dos critérios de Seleção, Mutação e "Crossover", das vazões nos tubos e do número de pontos monitorados da rede sobre a qualidade da otimização. Conclui-se do trabalho que as técnicas de Algoritmos Genéticos são apropriadas à calibração de redes”.

3.1.2.2 Processos e Técnicas de Calibração

No processo geral de esquematização de uma rede de distribuição, as **cargas e vazões nas fontes** (facilmente medidos) são os elementos mais confiáveis do modelo e normalmente não necessitam de calibração. No entanto, os dados de **demanda** nos nós e os **coeficientes de rugosidade** dos tubos, são menos confiáveis, tornando-se as variáveis de ajustes nos processos de calibração da rede de distribuição.

A **AWWA** (American Water Works Association – 1974), estabeleceu que a principal fonte de erro em uma simulação de operação de redes de distribuição são as **hipóteses da distribuição das demandas e suas variações**, onde, recomenda-se que os ajustes devam efetuar-se nas **demandas nodais**.

Outros autores porém, como Eggener e Polkowski (Network models and the impact of modelling assumptions - 1976), estabelecem que não são as demandas os dados de informação que apresentam mais erros, e sim as **rugosidades dos tubos** da rede e sugerem que se evidencie o processo de calibração nos ajustes destes coeficientes.

Verifica-se que o processo de ajuste dos **dados de demandas** ou dos **coeficientes de rugosidade**, não está totalmente claro e existem opiniões divergentes. Shamir e Howard (Engineering analysis of water distribution systems - 1977) agiram de formas distintas; no caso das redes da cidade de **Boston**, fizeram os ajustes corrigindo os coeficientes de **rugosidade**; já para a cidade de **Minneapolis**, utilizaram o ajuste corrigindo as **demandas** nodais.

Uma boa técnica de calibração deveria considerar a possibilidade de ajustar ambos os parâmetros, e sistematicamente decidir a estender o ajuste a todos os nós com demanda e a todos os coeficientes de rugosidade. A técnica deve ser simples, iterativa e convergir sistematicamente aos dados medidos em poucas iterações.

Assim, podemos considerar que as técnicas de ajustes, agrupam-se em três categorias.

- *Ajuste de coeficiente de perdas de carga (*)*
- *Ajuste das demandas nodais*
- *Ajuste de ambos os parâmetros; demandas nodais e perdas de carga*

(*) **Técnica de ajuste do coeficiente de perda de carga:**

- 1- Estima-se que os dados de entrada de demanda do modelo são razoavelmente precisos onde só será necessário ajustar os coeficientes de perdas de carga nas tubulações. Esta técnica utiliza a equação (3.2) e ajusta a constante **R**, a partir deste coeficiente de perda. Os coeficientes de perdas de carga são subsequêntemente

avaliados usando a equação (3.1), bastando que se cumpra o critério de precisão de calibração.

$$h_L = \frac{K L Q^{1,852}}{C^{1,852} D^{4,87}} \quad \text{Hazen-Willians (3.1)}$$

Onde,

L = comprimento do tubo (m)
 Q = vazão no tubo (m³/s)
 C = coeficiente de H-W
 D = diâmetro do tubo (m)

$$h_L = R Q^n \quad (3.2)$$

Onde: **R** é o coef. de resistência do tubo e depende: comprimento, diâmetro e rugosidade.

n, varia de 1.7 a 2.0.

Rahal (Parameter T. for simulation models of water distribution networks - 1980), desenvolveu uma expressão para a sensibilidade de todos os nós e as trocas dos coeficientes de resistência **R**. Para ajustar as constantes **R** nesta expressão, basta que as cargas nos nós se assemelhem às medidas. Uma forma de alcançar isso, é escolher os tubos que produzem maior redução na soma dos quadrados das discrepâncias entre as cargas medidas e calculadas. Esse critério é matematicamente satisfatório e converge rapidamente. ***Contudo, pode produzir grandes trocas de constantes de resistência de uma tubulação e modificar significativamente as características da rede.***

- 2- Ormsbee e Wood (Explicit pipe network calibration - 1986), propuseram um método baseado em Rahal, introduzindo uma variável denominada “**fator de ajuste global de resistência**” no lugar de fatores individuais. Os coeficientes de resistência **R**, de toda a rede são multiplicados pelo fator de ajuste global de resistência para se obter os valores ajustados. Dispondo-se de mais de um ponto de medição, a rede pode ser dividida em zonas de ajustes, tantas quanto os pontos de medição, com seus

respectivos coeficientes globais por zona. É um método explícito que calibra a rede em uma iteração podendo ser aplicado a diferentes condições de operação, mas, só pode considerar uma condição de carga ao mesmo tempo.

3- Walski (Technique for calibrating network models - 1983 e Case study: pipe network model calibration issues - 1986), propôs a utilização de **medições diretas em hidrantes** como sendo o equivalente a um nó de grande vazão como um consumidor com uma ligação de 2”.

4- Bhave (Calibrating water distribution network models – 1988), por sua vez, considera a vazão na fonte como conhecida, e neste caso, se mede e permanece fixo na simulação. Quando as demandas iniciais são supostas, elas serão ajustadas, e se necessário a soma deveria ser semelhante ao valor da alimentação, diz-se que indiretamente levam em conta as perdas na rede. Durante a calibração, as demandas nodais foram redistribuídas; em alguns nós, a demanda se incrementa e em outros se reduzem, devendo a soma desses incrementos e reduções serem zero.

Observação: *De forma resumida, após as revisões apresentadas, podemos considerar de forma geral que; para **redes de Distribuição**, a calibração deva ser feita no ajuste da **Rugosidade (K)**; e em **redes Adutoras**, a calibração deva ser feita no ajuste da **Demanda Nodal**.*

3.2 Sistema de Gerenciamento Cadastral

Geralmente a **orientação a objetos**, referida na literatura, não é claramente definida e tampouco se conclui com segurança o que ela significa. Uma das definições a qualifica como uma entidade, independentemente da sua estrutura ou complexidade, que se representa de forma exata como um objeto, em contraste com o que sucede com outras estruturas de dados, nas quais, uma entidade deverá ser decomposta em vários níveis de tipos geográficos básicos. Esta definição inclui o fato de que o sistema da base de dados armazenará e manipulará objetos tal como são e não como uma coleção de seus componentes. Assim sendo, o **objeto** é um elemento de software que tem **estado**, **comportamento** e **identidade**; tem funções e operações próprias.

De fato, além da base de dados **orientada a objetos**, existem outras três estruturas utilizadas na representação gráfica:

- **hierárquica ou em árvore**, na qual há níveis de dados que se relacionam em cadeia (tipo pai e filhos), sem a possibilidade de relacionamentos cruzados. Como consequência, cada elemento está conectado a somente um de maior nível (o pai) e aos outros de mesmo nível (os seus irmãos);
- **em rede**, na qual são estabelecidas previamente as conexões entre os elementos do banco de dados, com o que, as consultas se limitarão à estas conexões já definidas. Esta estrutura, assim como a hierárquica, é também conhecida como estrutura de “**navegação**” pois se usam os “**ponteiros**” para estabelecer as conexões e navegar no banco de dados;
- **relacional**, ao contrário das anteriores, introduz o conceito de planilhas conectadas. Cada planilha possui uma série de registros e cada registro uma série de atributos pré definidos e as planilhas são conectadas através de um conjunto de chaves ou filtros que permite ao usuário estabelecer a seu critério as conexões entre os dados para consultas. Sem dúvida é o conceito de **consultas** que caracteriza este tipo de banco de dados e, com ele, o usuário poderá construir qualquer tipo de acesso utilizando as chaves como **critério de seleção**;

As duas primeiras estruturas de banco de dados (hierárquica e em rede), foram as mais populares nas décadas de setenta e oitenta, a base de dados **relacional**, é a **dominante nos dias atuais**.

A estrutura do banco de dados orientada a objetos se desenvolve rapidamente como decorrência dos avanços na tecnologia de hardware e com o crescimento da capacidade operacional dos microcomputadores, e é aplicada sobre a base de dados relacional caracterizando a tendência da evolução e a escolha da estrutura de dados para suportar o cadastro gráfico georeferenciado das redes hidráulicas.

3.2.1 Introdução ao Geoprocessamento (INPE)

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Assim as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação.

Estes sistemas são mais freqüentemente tratados como **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**.

Um sistema de geoprocessamento pode ser tratado como tal, destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georeferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de **mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais**, etc., devendo prever recursos para sua **estocagem, gerenciamento, manipulação e análise**.

O geoprocessamento é um conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georeferenciados, enquanto um **SIG**, processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase nas análises espaciais e modelagens de superfícies.

3.2.2 Características de um SIG

O termo, Sistemas de Informações Geográficas (**SIG**), é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Devido a sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- *como ferramenta para produção de mapas;*
- *como suporte para análise espacial de fenômenos;*

- *como um banco de dados geográfico, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.*

Estas três visões do **SIG**, são antes convergentes que conflitantes, e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. Para esclarecer ainda mais o assunto, apresenta-se a seguir algumas definições de **SIG**:

- *Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georeferenciados (Aronoff, 1989 – ref. INPE).*
- *Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real (Burrough, 1986 – ref. INPE).*
- *Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas (Cowen, 1988 – ref. INPE).*
- *Um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual, opera um conjunto de procedimentos para responder à consultas sobre entidades espaciais (Smith et al., 1987 – ref.)*

Estas definições de **SIG** refletem, cada uma à sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização.

O aspecto mais fundamental dos dados tratados em um **SIG** é a natureza dual da informação; um dado geográfico possui uma **localização geográfica** (*expressa como coordenadas em um mapa*) e **atributos descritivos** (*que podem ser representados num banco de dados convencional*). Outro aspecto muito importante, é que, os dados geográficos não existem sozinhos no espaço; tão importante quanto localizá-los é descobrir e representar as relações entre os diversos dados.

Tomou-se um exemplo concreto para explicitar os conceitos acima sobre **análise espacial** (*neste caso realizada manualmente*). Em 1854, Londres estava sofrendo uma grave epidemia de cólera, doença sobre a qual, na época não se conhecia a forma de contaminação.

Numa situação onde já haviam ocorrido mais de 500 mortes, o doutor John Snow teve um “estalo”: colocar no mapa da cidade a localização dos doentes do cólera e dos poços de água (naquele tempo, a fonte principal de água dos habitantes da cidade).



Fig.: 9

Mapa de Londres com casos de cólera (pontos) e poços de água (cruzes) (adaptado de E. Tufte, 1983)
(fonte – INPE)

Com a espacialização dos dados, o doutor Snow percebeu que a maioria dos casos estava concentrada em torno do poço da “Broad Street” e ordenou a sua lacração, o que contribuiu em muito para debelar a epidemia. Este caso forneceu evidência empírica para a hipótese (depois comprovada) de que o cólera é transmitido por ingestão de água contaminada. Esta é uma

situação típica onde a **relação espacial** entre os dados, muito dificilmente, seria concluída pela simples listagem dos casos de cólera e dos poços.

*O mapa do doutor Snow passou para a História como um dos primeiros exemplos que ilustra bem o poder explicativo da **análise espacial**.*

3.2.3 Tecnologias Relacionadas

O geoprocessamento pode ser considerado como uma ciência multidisciplinar que possui contribuições de muitas áreas. De uma forma geral, os processos que mais contribuem são:

1. **Cartográfico:** *contribui com técnicas de confecção de mapas;*
2. **CAD (Computer Aided Drafting) e Computação Gráfica:** *contribui com software, hardware, técnicas para entrada de dados, exibição, visualização representação em 2D e 3D, manipulação e representação de objetos gráficos, etc;*
3. **Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados SGBD (Supervisory Control and Data Acquisition System) ou DBMS (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados):** *constituem modelos de dados, estrutura de dados, segurança e processos de manipulação de grandes volumes de dados;*
4. **Sensoriamento Remoto:** *possui técnicas de aquisição e processamento de imagens, com facilidades para obtenção de dados sobre qualquer lugar do globo terrestre, seja através de sensores orbitais (**satélites**) ou sensores fotográficos (**aerotransportados**);*
5. **Inteligência Artificial:** *tecnologia que usa o computador para emular a inteligência humana. O computador atua como um especialista nas funções de desenho, mapeamento, classificações, generalização de características de mapas,*

etc.. Assim a inteligência artificial provê modelos e técnicas de sistemas de desenho e análise;

6. **Estatístico:** *provê modelos e métodos de análise dos dados, sejam gráficos ou não gráficos. As técnicas de estatística são utilizadas para verificação da qualidade durante o pré-processamento; para resumir um arquivo como um relatório de gerência dos dados, para criar dados derivados durante análises, etc;*
7. **Informática:** *além de cobrir alguns dos itens já citados, a ciência da informática ainda contribui com técnicas de desenvolvimento de sistemas, evolução da tecnologia de hardware para suportar grandes cargas de processamentos de dados e a tecnologia de redes de computadores que permite a troca de informações entre equipamentos de forma local ou remota.*

Observação: *Podemos acrescentar a estes processos, os Algoritmos Evolucionários, como as Redes Neurais e Algoritmos Genéticos, p.e..*

Numa visão abrangente, pode-se dizer que um **SIG** tem os seguintes componentes :

- *Interface com usuário;*
- *Entrada e integração de dados;*
- *Funções de processamento gráfico e de imagens;*
- *Visualização e plotagem;*
- *Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).*

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica; no nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado; no nível intermediário, um **SIG** deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída); no nível mais interno, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

De uma forma geral, as funções de processamento de um **SIG** operam sobre dados em uma área de trabalho em memória principal. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do **SIG** é feita por mecanismos de **seleção** e **consulta** que definem **restrições** sobre o conjunto de dados.

A figura a seguir indica o relacionamento dos principais componentes. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados estão presentes num **SIG**.

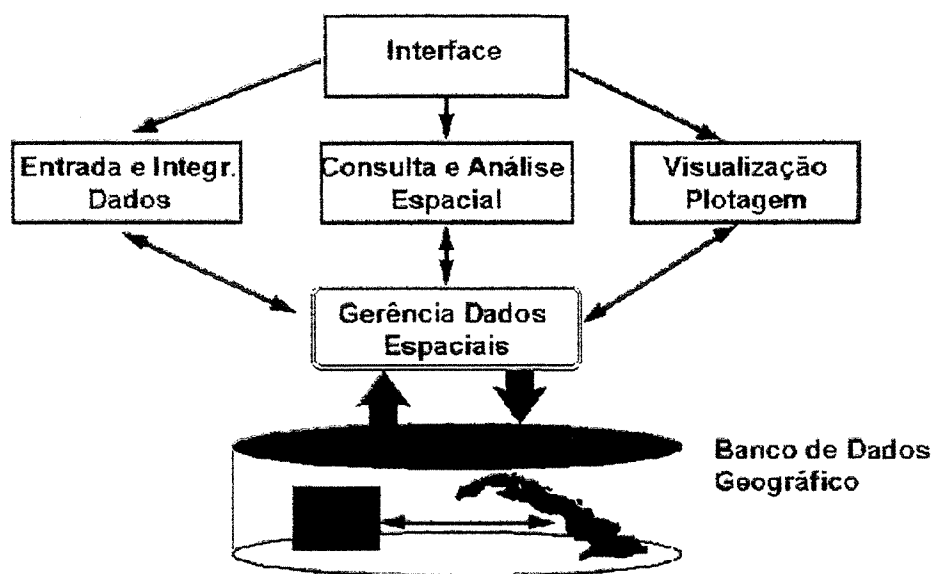


Fig.: 10 - Relacionamento de Componentes de um SIG (fonte – INPE)

3.2.4 Tipos de dados em Geoprocessamento

Um sistema de Geoprocessamento armazena a **geometria** e os **atributos** dos dados, que estão georeferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre numa projeção cartográfica. Os dados tratados em geoprocessamento tem como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados.

Há diferença de sistemas de Projeto Auxiliado por Computador (**CAD**); uma característica básica e geral num **SIG** é sua capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos. Denota-se por topologia a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos.

O requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para **SIGs**. Para cada **objeto geográfico**, o **SIG** necessita armazenar seus **atributos** e as várias **representações gráficas associadas**.

1. **Mapas temáticos**
2. **Mapas cadastrais (mapas de objetos)**
3. **Redes**
4. **Imagens**
5. **Modelos numéricos de terreno**

3.2.5 Evolução da Tecnologia de Geoprocessamento

Primeira geração: (*CAD cartográfico*), caracteriza-se por sistemas herdeiros da tradição de **Cartografia**, com suporte de bancos de dados limitado e cujo paradigma típico de

trabalho é o mapa (chamado de **cobertura** ou de **plano de informação**). Esta geração também pode ser caracterizada como sistemas orientados a projeto (“project-oriented GIS”).

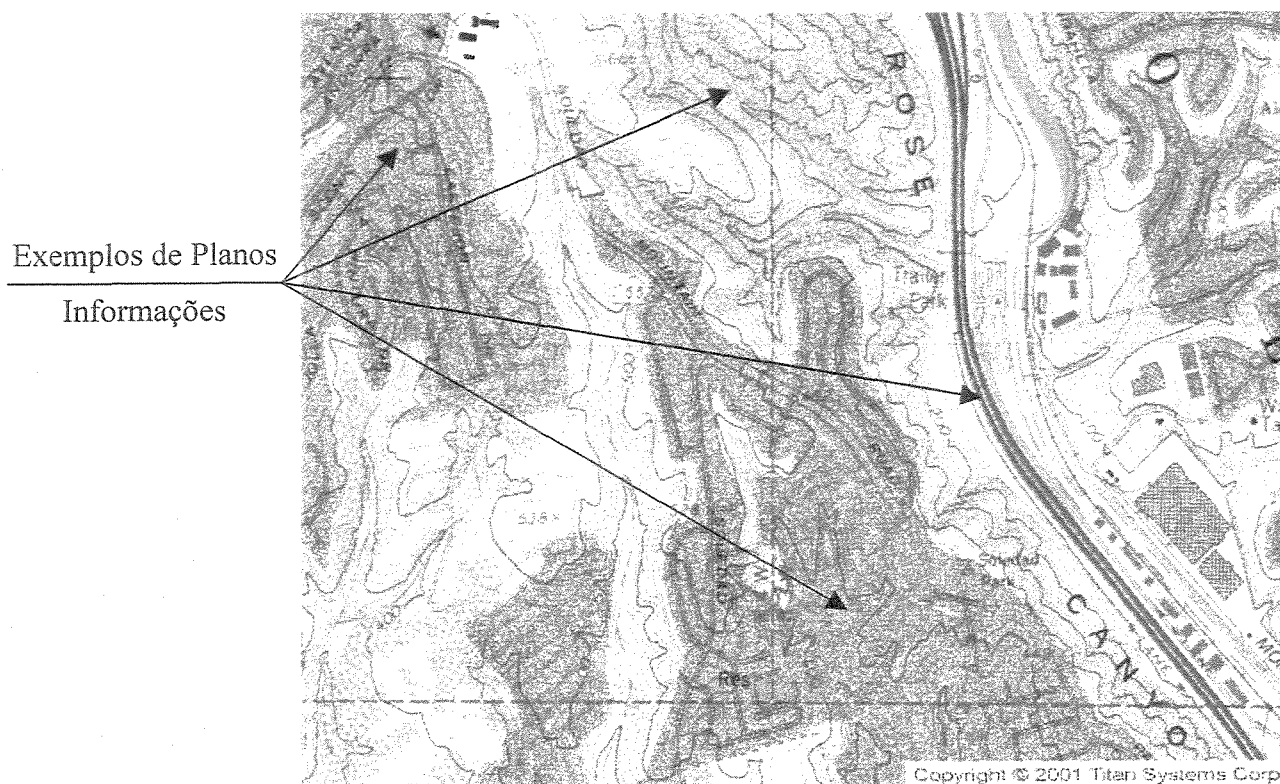


Fig.: 11 - Exemplo de Mapa com Planos de Informação (fonte – INPE)

Mais adequados à realização de projetos de análise espacial sobre regiões de pequeno e médio porte, estes sistemas enfatizam o aspecto de mapeamento. O sistema permite a entrada de dados sem definição prévia do esquema conceitual, assemelhando-se assim a ambientes de CAD que possuem a capacidade de representar projeções cartográficas e de associar atributos a objetos espaciais. Por força de sua concepção, tais ambientes não possuem suporte adequado para construir grandes bases de dados espaciais.

Segunda geração: SIGs (*banco de dados geográfico*), chegou ao mercado no início da década de 90 e caracteriza-se por ser concebida para uso em ambientes **cliente-servidor**, acoplado a gerenciadores de bancos de dados relacionais e com pacotes adicionais para processamento de imagens. Desenvolvida em ambientes multiplataforma (UNIX, OS/2,

Windows) com interfaces baseadas em janelas, esta geração também pode ser vista como sistemas para suporte à instituições (“enterprise-oriented GIS”).

Terceira geração: O crescimento dos bancos de dados espaciais e a necessidade de seu compartilhamento com outras instituições requer o recurso a tecnologias como bancos de dados distribuídos e federativos. Estes sistemas deverão seguir os requisitos de interoperabilidade, de maneira a permitir o acesso de informações espaciais por SIGs distintos (**bibliotecas geográficas digitais** ou **centros de dados geográficos**), caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes **locais** e **remotas**, com interface via **WWW** (World Wide Web).

***Observação:** Este novo paradigma (acesso a bibliotecas geográficas digitais ou centros de dados geográficos), é motivado por problemas ecológicos, urbanos e ambientais, pelo interesse em entender, de forma cada vez mais detalhada, processos de mudança local e global e pela necessidade de compartilhar dados entre instituições e com a sociedade. Esta geração de sistemas ainda está em desenvolvimento, com novos produtos sendo projetados e lançados.*

Esta geração de **SIG** pode ainda ser vista como o desenvolvimento de sistemas orientados para troca de informações entre uma instituição e os demais componentes da sociedade (society-oriented GIS).

Esta biblioteca deve acessar remotamente e armazenar, além dos dados geográficos, descrições acerca dos dados **metadados** e documentos multimídia associados (texto, fotos, áudio e vídeo).

A idéia de **metadados** (ou *dados sobre os dados*), é criar um ambiente que apresente descrições gerais sobre os conjuntos de dados disponíveis localmente ou em centros associados, além da disponibilidade de dados síntese, na forma de mapas em escala muito reduzida que possam ser utilizados para localizar geograficamente os conjuntos de dados disponíveis.

A disponibilidade de interfaces multimídia via **Internet**, proporcionada pelo ambiente **WWW**, permite que os dados geográficos sejam apresentados de forma pictórica (através de mapas reduzidos e imagens “quick-look”).

No entanto, o ambiente **WWW**, com o uso de **HTML** (Hyper Text Mark-up Language), apresenta alguns problemas para uso com bancos de dados geográficos, principalmente porque a linguagem **HTML** é navegacional e não suporta a noção de transação. Para poder combinar de forma apropriada a tecnologia **WWW/HTML** com um ambiente de consulta típico de bancos de dados geográficos, é inevitável lançar mão, além dos recursos pictóricos do **HTML**, de uma linguagem de consulta com restrições espaciais.

A navegação pictórica (browsing) pode ser visto como uma seleção baseada em apontamento: uma interface interativa permite ao usuário percorrer o banco de dados.

Prover mecanismos de navegação é importante, pois não se pode supor que o usuário saiba a priori quais os tipos de dados disponíveis e como fazer para ter acesso a estes. As ferramentas de navegação permitem ao usuário ter acesso aos dados com base em sua localização espacial.

O grande desafio ao montar um ambiente de navegação é garantir rapidez de resposta e interatividade. Para garantir rapidez, é necessário dispor de mecanismos de generalização, que devem ser diferentes conforme os formatos de dados subjacentes. Pode ser necessário, por razões de desempenho, pre-computar os dados necessários ao processo de folheamento.

O compartilhamento de dados e procedimentos entre bancos de dados geográficos baseados em **SIGs** distintos é um desafio considerável. Como não existe um modelo de dados geográficos universalmente aceito (ao contrário do modelo relacional para aplicações convencionais), os diversos **SIGs** do mercado apresentam diferenças significativas na maneira de operar e nos formatos internos de armazenamento.

Para tentar remediar estes problemas, vários países tem estabelecido padrões cartográficos de transferência de dados, que almejam preservar a riqueza da informação geográfica (topologia e atributos). Estes padrões buscam uma “neutralidade” com relação aos diferentes fabricantes, e incluem o **SDTS** (Spatial Data Transfer Standard) nos EUA e o **SAIF** (Spatial Archive and Interchange Format) no Canadá.

No entanto, mesmo que se estabeleça uma transferência de dados entre bancos de dados geográficos com diferentes formatos, deve-se lembrar que, em aplicações complexas como Geoprocessamento, parte substancial da informação está contida nos procedimentos de consulta, manipulação e apresentação. Assim, o intercâmbio de dados não garante a interoperabilidade.

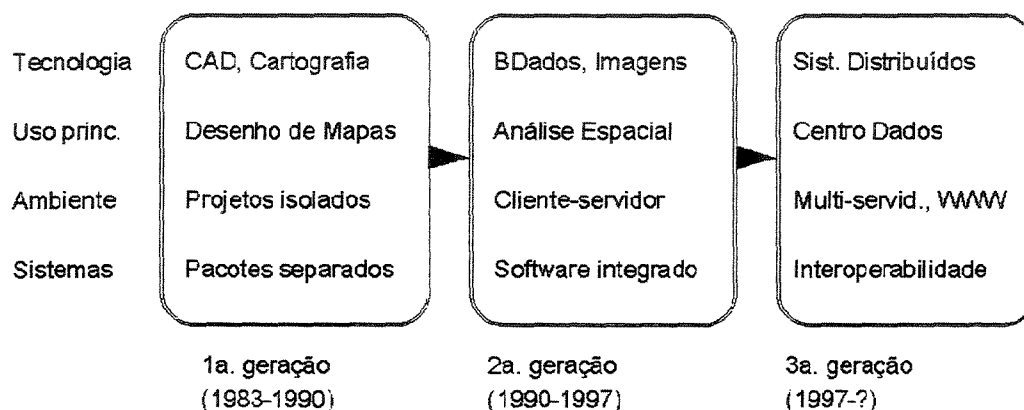


Fig.: 12 - Evolução da Tecnologia de Geoprocessamento
(fonte – INPE)

4 Desenvolvimento e Metodologia

Conforme exposto, deseja-se obter com a implantação do **GIOF** nos Sistemas de Abastecimento de Água, a integração entre as áreas **Comercial, Engenharia e Operacional**, mas é fundamental que ele ofereça também, condição para que a operação de adução possa vir a ser apoiada, futuramente, num **Sistema de Supervisão e Controle (SISCO)**, instalado num **Centro de Controle Operacional (CCO)**, no qual, serão recebidas através de um sistema **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition System) as informações instantâneas do estado do sistema adutor, coletando-as através de **Estações Remotas (RTUs)** que deverão ser instaladas de acordo com um planejamento a ser apresentado em um **Projeto de Instrumentação e Telecontrole**, e desenvolvido de acordo com as diretrizes deste trabalho.

Estas informações deverão incluir entre outras, níveis de água, demandas nos reservatórios, pressões, vazões nas válvulas de controle e dados quantitativos de cloro residual na rede de distribuição e em pontos estratégicos do sistema adutor, assim como, o estado operacional de válvulas, bombas, etc..

Para este objetivo final do controle operacional, há a necessidade de se cumprir várias fases intermediárias, que possibilitarão obter a eficácia desejada no gerenciamento operacional do sistema de adução e distribuição de água. Assim sendo, para que os trabalhos fossem desenvolvidos com a necessária motivação nas **ES**, envolveu-se a participação e treinamento dos **recursos humanos** existentes, optando-se para a implantação do **GIOF** através de **Módulos** interrelacionados, nos quais, determinados objetivos deverão ser alcançados para proporcionar elementos de desenvolvimento aos demais **Módulos**.

O GIOF deverá ser desenvolvido em **Quatro Módulos** para proporcionar às pessoas envolvidas aproveitarem a “**Cultura do Uso**” dos seus recursos, softwares parcialmente implantados, com o que, não irá ser caracterizado um processo de aquisição de um conjunto de elementos de informática para configurar o modelo de gestão mas, será privilegiado o desenvolvimento dos **Recursos Humanos**, para que o GIOF seja implantado com o concomitante treinamento do pessoal envolvido nas áreas **Comercial, Engenharia e Operacional**, conforme estabelecido na introdução.

4.1 Módulos de Implantação do GIOF:

4.1.1 Primeiro Módulo - (Ações Imediatas):

Consolidação da Implantação: Programas de Simulação (MS) e Cadastro (SIG).

Corresponde a consolidação na implantação dos programas (softwares) básicos que irão proporcionar as **Análises Hidráulicas (MS)** e a adequação e complementação do **Cadastro Digital (SIG)** das economias (área comercial), das redes de adução e de distribuição de água de acordo com os elementos utilizados e disponíveis nos respectivos Planos Diretores e no cadastro analógico apresentados nos desenhos dos projetos “as built”, disponíveis nas ES.

Neste Módulo, objetiva-se também o **Consolidar do Treinamento do Pessoal** no uso dos programas simuladores, na elaboração dos cadastros digitais e a consolidação dos procedimentos internos na implantação da interface de comunicação do **CCR (Centro de Cadastro de Redes)**, onde deverá ser centralizado o cadastro espacial das redes de água (ver procedimentos para geração da topologia - capítulo 4.1.1.5), com o **CCO (Centro de Controle Operacional)**.

Cabe então definir os programas (softwares) que serão utilizados nos processos de elaboração dos projetos dos cadastros digitais (plataforma **SIG**) e dos cálculos hidráulicos (Modelo Simulador **MS**).

4.1.1.1 “SPRING” como Gestor de Cadastro Digital (SIG)

Foram pesquisados alguns aplicativos, inclusive pela Internet, que atendessem às necessidades em um gerenciamento integrado, que pudessem permitir vincular (inserir) diversos tipos de informações, cruzá-las e possibilitar consultá-las de forma que fossem visíveis os resultados em mapas temáticos, gerar relatórios e exportar dados a serem atualizados em outros aplicativos e vice versa.

- **AutoCad Map 2000**: Software desenvolvido pela AutoDesk, permite o manuseio de arquivos (**.dwg** - útil no cadastramento de redes) e (**.dxf** - indispensável para transferência de dados referentes à base cartográfica a ser utilizada na modelagem hidráulica). Possui todas as ferramentas convencionais encontradas nos seus “parentes” AutoCad (R14 - R2000), além de ferramentas específicas para manuseio de mapas e estruturas espaciais, porém, para gerar aplicativos de consultas específicas em um **SIG**, há a necessidade de uma série de programação em linguagem **LISP** (List Processing), o que torna complicado a sua utilização, haja visto, ser necessário conhecer de forma avançada tal linguagem, nem sempre familiarizada pela maioria de usuários deste aplicativo, o que envolveria um treinamento excedente e restrito a poucos elementos.

Além de que, este software possui um custo elevado de aquisição, cujo valor aproximado de US\$ 4.500, por licença, e, se considerarmos que há necessidade de instalação em diversos equipamentos, ou utilizar uma versão para uso em rede, uma vez que o **GIOF** é de característica corporativa, seu custo de implantação seria um fator impeditivo para a maioria das **ES**.

- **ArqExplorer, ArqView e SPRING:** Foram Aplicativos pesquisados, voltados exclusivamente para o manuseio de **SIG**, porém, o que chamou a atenção, por ser um produto nacional, possuir um bom suporte técnico (via Internet), fácil aprendizado e apresentar custo de aquisição zero (domínio público), bastando para obter sua permissão de uso um simples cadastro, o **SPRING** (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas), desenvolvido pelo **INPE** (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), atendeu de forma satisfatória as necessidades do **GIOF**.

Como sistema de Cadastro Digital (**SIG**), a ser utilizado no **GIOF**, o **SPRING** possibilitará.

- Integrar as tecnologias de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas.
- Utilizar modelo de dados orientado-a-objetos, que melhor reflete a metodologia de trabalho de estudos ambientais e cadastrais.
- Fornecer ao usuário um ambiente interativo para visualizar, manipular e editar imagens e dados geográficos.

Construído para ser um **SIG** de segunda geração, está concebido para uso em conjunto com ambientes cliente-servidor. Usualmente, tais sistemas funcionam acoplados a gerenciadores de bancos de dados relacionais.

Como objetivos específicos da **versão 3.5**, utilizada neste trabalho, podemos citar:

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;

- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (raster), e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto num **SIG**;
- Provê um ambiente de trabalho através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário **LEGAL** (Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra).;
- Consegue escalonabilidade completa, isto é, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variam desde micro-computadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.
- Aprimora a integração de dados geográficos, com a introdução explícita do conceito de objetos geográficos (entidades individuais), de mapas cadastrais e mapas de redes.
- Obtém completa escalabilidade, isto é, o sistema deve ser capaz de operar com funcionalidade plena tanto em PCs rodando Windows 3.1/95..., como em estações de trabalho UNIX de alto desempenho.
- Provê uma interface que combina aplicações comandadas por “menus” e uma linguagem de consulta e manipulação espacial.

Algoritmos inovadores como segmentação de imagens, classificação por regiões e modelagem por triangulação com restrições, complementam os métodos tradicionais de processamento de imagens e análise geográfica.

A plataforma mínima de hardware deve ser:

- Microcomputador IBM/PC Pentium 200 Mhz ou superior
- Memória RAM de 64 Mbytes (recomendado 128)
- Disco rígido de 1 Gbytes
- Monitor de vídeo colorido SVGA, 14" NI, dp 0.28 mm

- Unidade de CD-ROM.

Periféricos como mesa digitalizadora, traçadores gráficos compatível com HPGL-2 ou HPRTL e impressoras coloridas compatível com **PostScript** também são suportados e podem ser integrados no sistema.

Para comunicação do **SPRING** com mesas digitalizadoras alguns formatos de dados mais comuns são suportados, ou seja:

- MicroGrid ASCII Counts;
- MicroGrid ASCII High Resolution;
- GTCO Low Resolution ASCII;
- GTCO High Resolution ASCII;
- GTCO MULTICAD ASCII;
- Calcomp Format 3 ASCII;
- SUMMASKETCH Low Resolution ASCII;
- SUMMASKETCH High Resolution ASCII.

Os modelos de mesa digitalizadora em que o **SPRING** foi testado foram:

- Digigraf (Vangogh, Davinci);
- Digicon 3624
- Calcomp - Drawing Board III
- Kurta - XLC36x48

Observação: *Apenas na abertura do Banco de Dados gerado em ACCESS é solicitado uma senha de acesso; uma vez dentro do referido Banco, qualquer pessoa pode, conscientemente ou não, inserir, corrigir, alterar ou mesmo remover informações fazendo com que a integridade e confiabilidade dos dados lá contidos tornem-se duvidosos e arriscados de serem assumidos em trabalhos de engenharia ou mesmo a nível gerencial, quando utilizado em rede corporativa. O retorno de seus desenvolvedores (INPE) a uma consulta feita a seu suporte técnico, informa que na*

nova versão (3.6), já disponibilizada no mercado, apresenta um módulo só para consulta, o que resolve este inconveniente detectado.

4.1.1.2 “WaterCad” como Modelo para Simulação

Vários procedimentos para a realização de cálculos hidráulicos foram desenvolvidos e podem ser encontrados no mercado nacional ou internacional. Vão de simples rotinas de cálculos gerados em planilhas eletrônicas (Excel, p.e.), passam por algoritmos (como os de Newton-Rapson) codificados em linguagens de programação Basic ou Paschal, até os que alcançam desenvolvimentos sofisticados, pois incorporam em suas rotinas as definições apresentadas em 3.1.1, tornando-se assim **Modelos de Simulação (MS)**. Alguns desses Modelos podem até se incorporar às plataformas de outros aplicativos como o Windows, AutoCad, ArqView, etc..

Para atingir a performance desejada em nosso modelo gerencial, é necessário utilizar um Modelo de Simulação (**MS**) conforme definido em 3.1. Neste sentido, encontrou-se no mercado, aplicativos que são comercializados, além de suas características, pela quantidade de tubos a serem inseridos no **MS**.

Com a possibilidade da divisão setorial em **setores de medição** ou **blocos setoriais**, e a experiência profissional do autor deste trabalho, adquirida ao longo de mais de 10 (dez) anos em análises de sistemas de abastecimento, julgou-se que, a quantidade inicial de 1.000 tubos, sejam suficientes para atender, a princípio, qualquer análise do Sistema Adutor ou das Redes de Distribuição de Água nas **ES**. E, conforme se torne necessário e havendo condições financeiras, novos tubos podem ser adicionados (agregados) ao **MS**, para que este atenda as necessidades do Sistema de Abastecimento.

Entre os simuladores pesquisados, os que mais se destacaram foram:

- **PIPE 2.000**: (antigo KYPIPE) cuja versão atual - 1.3 licenciada em janeiro de 2002, foi desenvolvido na Universidade de Kentucky – USA.

Sua versão **Standard** para simulação **estática** e **dinâmica**, não possui possibilidade de interface combinada ao **SIG**, porém possui as características de **calibração** e **qualidade de água**.

O custo da versão **Standard**, com 250 tubos para uma licença é de US\$ 1.495

+ US\$ 500 para 1.000 tubos = US\$ 1.995

+ US\$ 500 para 2.000 tubos = US\$ 2.495

Para atender nossas necessidades e possibilitar suporte ao **SIG**, a versão **Profissional** apresenta a possibilidade das análises hidráulicas serem executadas no interior do ambiente ArqView, Arquinfo ou AutoCad, além de **saída** para Banco de Dados no ambiente Windows, porém seu custo é elevado em US\$ 500 em relação à versão **standard**.

O custo final para sua implantação seria de US\$ 2.495 para 1.000 tubos em plataforma Windows; a opção de uso no ambiente AutoCad, teria um custo adicional.

Outro aplicativo desenvolvido pela mesma equipe do “PIPE 2000”, e de grande importância em cálculos hidráulicos é o “**SURGE**” (versão 2.000), cuja análise propicia a solução de problemas de transientes hidráulicos. A aquisição de apenas uma licença para 1.000 tubos adicionaria um custo de US\$ 3.495.

- **H₂ONET**: desenvolvido pela MW Soft, Inc., faz simulações **estáticas**, **dinâmicas**, com **qualidade de água**, administração de energia, simulação em tempo-real e análise de cenários, controla análise de fluxo de incêndio, possui interface **SCADA** on-line automatizada. O programa também pode usar análise efetiva em sistemas de coleta de esgoto pressurizado.

Se desejado, podem ser agregados outros módulos aplicativos – H₂ONET (Calibrator e Skeletonizer); o primeiro, automatiza a calibração em redes de distribuição de água, ajudando a construir e validar a credibilidade e confiabilidade da rede simulada, determinando os ótimos coeficientes de rugosidade dos tubos para compará-los aos observados em campo. O segundo, flexibiliza o desempenho na conexão com software de **SIG**, automatizando a segmentação de

dados, relocando automaticamente e construindo modelos de cadeias hidráulicas, isto é, pode-se fazer análises dentro de ambientes de outros aplicativos de **SIG**, como o **ArqView** e **Arqinfo**.

Não foi possível saber se pode ser utilizado da mesma forma com o **SPRING**.

O custo para sua aquisição, além do número de tubos e licenças desejadas, pode incluir os módulos complementares. Na versão **suite** para 1000 tubos sem os módulos Calibrator e Skeletonizer é de US\$ 4.000.

Para os módulos complementares, adiciona-se:

Calibrator: Uma licença e 2.000 nós (vínculos) – US\$ 3.000

Skeletonizer: Uma licença – US\$ 2.000

- **WaterCad**: Desenvolvido pela Haestad Methods, Inc., simulador para análise **estática** e **dinâmica**, possui características específicas para gerações de cenários e anotações de operação e manutenção, admite calibração e análise de **qualidade de água**. Seu uso em **SIG** é caracterizado pela possibilidade de se incorporar a aplicativos como o **ArqView** ou **Arqinfo**, além de opções de plataformas em **Windows** ou **AutoCad**, para as análises das redes.

Permite criar, exportar e importar **Banco de Dados Relacionais**, isto é, comunica-se com planilhas eletrônicas (Excel e Lotus), Bancos de Dados inclusive Jet (Access da Microsoft), dBase, Paradox, Btrieve, FoxPro, e usa ODBC para conectar o Oracle, servidor de SQL, e outras aplicações de Banco de Dados populares.

Sua última versão (5.0), pode integrar o Darwin Calibrator, modelo automatizado de calibração baseada em algoritmo genético com ferramentas de administração para coleta de dados de campo e ajustes manuais. Seu custo para 1.000 tubos é de US\$ 3.000.

O WaterCad tem sua aquisição vinculado à quantidade de tubos necessários para a análise das redes com opções para plataforma Windows ou AutoCad, cujo custo para uma licença

com 1.000 tubos, em plataforma Windows é de US\$ 4.995, inclui o Darwin Calibrator para menos de 100 tubos; na plataforma AutoCad, seu custo chega à US\$ 7.995

- **EPANET**: Desenvolvido pela “EPA” (Environmental Protection Agency US) - a versão Windows (EPANET 2.0), possibilita a análise **estática, dinâmica e qualidade de água**, para qualquer tamanho de redes de distribuição, sem limitações de quantidade de tubos e a custo zero, pois é de domínio público, e pode ser adquirido via Internet.

Também possibilita a integração à **SIG** e suporta interfaces a Banco de Dados, contudo não foram obtidas informações quanto as ferramentas existentes ou incorporáveis para calibração do modelo, o que não o torna menos preciso, pois esta, pode ser obtida por outros meios e razoável confiabilidade, conforme descrito em 3.1.2.

Observação: *Não existe um suporte técnico de apoio como nos simuladores anteriores, cujos serviços apresentados são de ótima qualidade. Contudo, um convênio com a **University of Guelph** permite perguntas e troca de informações bastando enviar uma mensagem de e-mail a listserv@listserv.uoguelph.ca com as dúvidas, indicando "subscribe epanet-users" seguido pelo nome do solicitante.*

- **SPERT**: Em desenvolvimento na **UNICAMP** na versão beta, é uma geração de simulador que substitui seus antecessores, **PERS** (DOS - estático) e **SIMULA** (Windows - estático e dinâmico) os quais foram implantados na **SANASA - Campinas**.

Apresentamos na tabela 1 um quadro comparativo de algumas das características dos simuladores pesquisados, para auxiliar e orientar a escolha do **MS**.

Observação: *Apesar de utilizarmos a quantidade de 1.000 tubos iniciais nos dados comparativos entre os simuladores, o **H₂ONET** e o **WaterCad**, podem ser adquiridos sem limitação do número de tubos, ou para uma quantidade bem maior a que mencionamos, porém com custo muito elevado.*

Tab.: 1 – Comparativos entre os Simuladores

	PIPE 2000	H₂ONET	WaterCad	EPANET	SPERT
Núm. tubos	1.000	1.000	1.000	Sem limite	***
Núm. Licença	1	1	1	1	***
Estático*	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dinâmico*	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Qualid. H ₂ O*	Sim	Sim	Sim	Sim	***
Calibração	Sim	Sim	Sim	Não	***
Suporte Téc.	Sim	Sim	Sim	Não	***
Windows	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
AutoCad	Sim	Sim	Sim	Não	***
SIG	Sim	Sim	Sim	Sim	***
Banco Dados	Sim	Sim	Sim	Sim	***
Custo (US\$)**	2.495	4.000	4.995	Sem custo	***

* Modelo de Simulação

** Sem considerar o custo adicional para módulos ou aplicativos para Calibração ou outra ferramenta.

*** Sem informação

Conclusão e Escolha do MS:

Verificamos que os simuladores pesquisados apresentam características muito parecidas, diferenciando-se basicamente no custo de aquisição, o qual pode ser um fator decisório.

Todos atendem o modelo gerencial proposto, mas, a escolha pelo **WaterCad**, se deu basicamente por dois motivos a seguir apresentados, não sendo descartado a indicação do **EPANET**, que apresenta aquisição “zero” para o produto, além de atender as definições descritas em 3.1.1.

Justificativas da escolha do Watercad como MS.

- *Possibilita gerar **automaticamente** a topologia da rede, mesmo que parcial, o que agiliza significativamente o processo para redes de grande porte.*
- *Possibilitou utiliza-lo no desenvolvimento deste trabalho e no estudo de caso, pois, disponibiliza uma versão acadêmica para 15 tubos em uma única licença a um custo de US\$ 30, o que permitiu sua aquisição.*

O MS utilizado (**WaterCad**) vem incluso em um “pacote” didático de livro / CD, e apresenta também os aplicativos.

- Hidráulico (FlowMaster)
- Hidrológico e Drenagem (Stormcad)
- Conversor hidráulico e de Sistemas (CulvertMaster)
- Redes de Esgoto Sanitário (SewerCad).

Observação: *Para os demais aplicativos pesquisados, a exceção do EPANET, não foi possível obter uma licença de utilização para maiores informações e análises, além das obtidas via Internet ou catálogo do produto.*

4.1.1.3 Geração de Dados no SIG - SPRING

Quando iniciado, o **SPRING** para compor um novo Trabalho (Projeto), é solicitado a escolha do **Banco de Dados** com o qual ele irá trabalhar; deve-se fazer uma opção entre o **Dbase**, **Access** ou **Oracle**.

Será feita a escolha pelo **Access**¹, cuja decisão será a seguir justificada, cabendo aqui definir alguns parâmetros que irão compor o **Banco de Dados**, e servirão para ordenar, classificar e armazenar os dados para as pesquisas, consultas e cálculos.

Dados:

Definições:

- Banco de Dados: (Access)¹
- Projeto: (Projeção e Retângulo envolvente)
- Modelo de Dados: (Categorias e Atributos)
(Modelos: imagem, MNT, temático, objeto, cadastral, rede ou não-espacial)
- Plano de Informação (PI) Mapa com geo-objetos

DBS: Banco de Dados gerado pelo SPRING

(1) Escolha do Banco de Dados - ACCESS

Por fazer parte do “pacote” de aplicativos disponibilizados pela Microsoft como complemento a seu sistema operacional (Windows - comum na maioria dos computadores pessoais ou corporativos da atualidade), o Office tem se tornado presente nos mesmos equipamentos, onde o ACCESS, como seu gestor de Banco de Dados foi escolhido para promover a “Integração e atualização”, pois, não haveria a necessidade de aquisição de outro aplicativo, minimizando-se os custo de investimentos, os quais deseja-se que seja o menor possível.

4.1.1.4 Objetos Geográficos do SIG - SPRING

Na definição dos modelos de dados a serem utilizados no **SPRING**, os atributos denominados, classificados e posteriormente, inseridos e consultados, estão assim descritos.

Objeto Lotes: (Atributos) do consumidor - lote

- **Geoid (*)**: numeração gerada automaticamente pelo **SPRING**; é sequencial e não repetitivo para todos os objetos inseridos.

- **Setor:** deverá definir o setor de abastecimento (para consulta e estudo).
- **Zona:** indica a zona de influência; é a subdivisão do setor de abastecimento.
 - B - baixa** (abastecida pelo reservatório semi-enterrado ou apoiado).
 - A - alta** (abastecida pelo reservatório elevado).
- **Bloco:** ou setor de medição (distrito pitométrico); subdivisão da zona.
- **Lado:** define o lado do logradouro; se é par (**p**) ou ímpar (**i**).
- **Bairro:** denominação institucional dada normalmente pela prefeitura; contém um logradouro, seu trecho ou intervalo.
- **Uso:** característica do consumidor; conforme definição da ES, por exemplo.
 - **Residencial (R)**
 - **Comercial (C)**
 - **Público** (municipal, estadual ou federal) (**P**)
 - **Institucional** (escola) (**I**)
 - **Hospitalar e Hotelaria (H)**
- **Ligação:** indica o número de ligações; um consumidor corresponde uma ligação.
- **Economia:** indica o número de economias; em uma ligação pode existir várias economias, como um edifício residencial ou comercial.
- **Consumo:** indica o valor consumido em **m³/mês** por um determinado consumidor.
- **Demanda:** valor totalizado dos Consumos mais próximos a uma determinada junção (j) da rede de distribuição em **m³/min** ou **l/s**, que será exportado para o **WaterCad** para análise hidráulica.

- **Junção:** define um lugar geométrico como sendo a interseção (cruzamento – nó) entre duas redes pertencentes ao sistema analisado.
- **Cota:** indica a altitude geométrica (m) de uma junção (nó); será exportado para o WaterCad.
- **Pressão:** indica a carga hidráulica em uma junção (nó) calculado no Watercad e importado pelo SPRING.
- **Fatura:** representa o valor em reais (R\$) referente ao consumo mensal de um consumidor (faturamento).
- **Codcarto:** código cartográfico que representa uma possibilidade de chave de acesso.

Observação: Com base na fig. 13, todo lote ou consumidor estará vinculado a uma junção (nó) da rede de distribuição atribuindo a ele algumas de suas características, isto é, cada junção (nó) terá os dados somados (totalizados) dos consumidores a ele vinculado. Um lote ou consumidor situado entre duas ou mais junções (nó), deverá se vincular àquele que tenha a menor distância através da rede de distribuição que lhe atende.

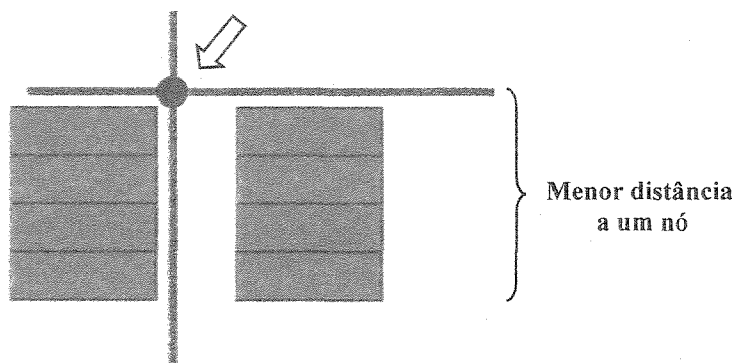


Fig.: 13 – Vinculação Cadastral de Consumidor (lote)

Observação: O **SPRING** gera automaticamente ao **GEOID** os atributos: **nome**, o qual será designado o logradouro; **área e perímetro**, características físicas do lote. Esses atributos serão locados em uma das tabelas do **Banco de Dados** gerado pelo **SPRING - DBS lotes (primitivo)**.

Objeto Redes: (Atributos) da rede de distribuição

- **Geoid:** numeração gerada automaticamente pelo **SPRING**; seqüencial e não repetitivo para todos os objetos inseridos.
- **Material:** indica o material da rede de distribuição em cada trecho.
- **C ou K:** caracteriza o coeficiente de rugosidade do material da rede de distribuição, definido no **SPRING** e importado para o **Watercad**; pode ser atualizado no **SPRING** caso haja necessidade de correção do valor por questão de Calibração no simulador.
- **Diam:** indica o diâmetro (mm) dos tubos da rede de distribuição; será exportado para o **Watercad** para análise hidráulica.
- **Data:** fornece a data de execução da rede ou a última manutenção efetuada.
- **Rompmes:** indica a quantidade de rompimentos mensais apresentado por um trecho da rede de distribuição.
- **Rompano:** indica a quantidade de rompimentos anual apresentado por um trecho da rede de distribuição.
- **Extensão:** apresenta o valor do comprimento (m) do trecho da rede de distribuição; é definido no **WaterCad** e importado pelo **SPRING**.

- **Tubo:** numeração que identifica o trecho (p) da rede de distribuição; definido no **WaterCad** (topologia) e importado pelo **SPRING**.

Observação: O **SPRING** gera automaticamente ao **GEOID** os atributos: *nome*, o qual será designado o logradouro; *rótulo*, número seqüencial de entrada de dados; *área* e *perímetro*, características físicas do lote (neste caso desconsiderado). Esses atributos serão locados em uma das tabelas do Banco de Dados gerado pelo **SPRING**, **DBS redes (primitivo)**.

4.1.1.5 Geração de Dados no MS - WaterCad

Presumindo que a **Base Cartográfica** da área a ser trabalhada (incorporada ao **GIOF**) neste momento esteja digitalizada (contendo arruamentos, quadras, lotes e redes), com o auxílio do aplicativo (software gráfico) **AutoCad** é feito a leitura da mesma, gerando-se um arquivo com apenas as redes de adução ou distribuição, conforme a finalidade, com extensão **(.dxf)** o qual será importado pelo **Watercad**.

Observação: Para que o **SPRING** possa importar o mesmo arquivo, este deve ser exportado pelo **AutoCad** na versão **(R-12)**; já para o **WaterCad**, esta condição não é relevante. Também é aconselhável o uso de **polyline** para definição dos lotes.

Uma vez que se tenha a base cartográfica em **(.dxf)** a mesma será utilizada no simulador seguindo os seguintes procedimentos.

- 1- Importar a base cartográfica como fundo (background) **sem** o traçado das redes de distribuição. (arruamento, quadras, lotes e outros complementos que se julgue necessário).
- 2- Importar o traçado das redes de distribuição **sem** texto, isto é, apenas linhas e/ou polylines e deixar o **WaterCad** gerar **automaticamente** a topologia. Serão definidos

e numerados automaticamente os trechos (**P**) com as respectivas extensões conforme escala da base; os diâmetros serão fixados para todos os tubos conforme definido no protótipo (**padrão é 50mm**); as junções (**J**) numeradas automaticamente, não apresentarão nenhuma de suas características (**demanda e cota**).

Desta forma, a topologia estará parcialmente definida podendo o projetista a seu critério, ou norma pré-estabelecida pela **ES**, alterar algum dos valores gerados pelo **WaterCad**.

- 3- Realizar o cálculo hidráulico (simulação) neste momento de nada adiantaria pois faltam dados que o **WaterCad** não foi capaz de carregar ou gerar (**diâmetro e cotas**), os quais deverão vir posteriormente do **SPRING**. Cria-se então um **Banco de Dados** através do **Synchronize DataBase Connections (project Export – SI)** com o nome de **Watercad** o qual será definido também como **primitivo**, salvando-se o projeto iniciado.

DBW: Banco de Dados gerados pelo WaterCad

Observação: *Caso a base cartográfica ainda não esteja digitalizada, a mesma poderá ser “criada” entre outros métodos, através de uma planta que apresente um traçado legível e com escala definida da região a ser trabalhada (incorporada ao **GIOF**); faz-se uma cópia magnética (scanner), insere-se no aplicativo gráfico **AutoCad** como imagem “raster”, cujo fundo irá auxiliar a elaboração do traçado das redes. Este procedimento é provisório para agilizar algumas tarefas do **GIOF**, devendo ser utilizados os passos anteriores tão logo se tenha a Base Cartográfica.*

4.1.2 Segundo Módulo – (Interfaces)

É definido para o desenvolvimento das **Interfaces de Comunicação** entre as áreas **Comercial / Engenharia / Operação** e de relações com os **Clientes**, conforme figura 1.

As interfaces serão desenvolvidas para acoplar os programas gerenciais disponíveis e utilizados nas **ES** (p.e., os programas da Área Comercial), com o cadastro digital magnético gerado no Primeiro Módulo.

Nos programas (softwares) das interfaces serão revistos, atualizados e introduzidos os **Mapas Temáticos**, os **Índices de Mérito** (conforme as necessidades de cada **ES**) ou **indicadores** (apêndices C e D) para orientar as decisões gerenciais em cada área.

Além disto, as interfaces possibilitarão a transferência de dados entre as áreas para proporcionar a obtenção dos elementos e os dados de consumo de água, necessários ao simulador (**MS**), visando o planejamento da operação, o desenvolvimento de projetos de adequação e expansão das redes de adução e distribuição de água.

Observação: *Este módulo deverá ser desenvolvido internamente nas ES, pois, de fato, há a necessidade que ela detenha o conhecimento dos programas (de arquitetura aberta e confidencial) para que possa atuar e interferir a qualquer tempo para complementações e atualizações sem a necessidade de envolver custos adicionais. Para agilizar alguns dos procedimentos e acesso aos vários programas (softwares) que serão utilizados no **GIOF**, será desenvolvido um aplicativo denominado “**GIOF – Utilitário**”, que conterà algumas das interfaces apresentadas na figura 1 (estrutura do **GIOF**), entre elas, a **integração** entre o **MS** e o **SIG**.*

4.1.2.1 Integração e Atualização entre MS – SIG (Banco de Dados Intermediário)

Definidos os dois principais aplicativos a serem utilizados neste trabalho, **SPRING (SIG)** e **WaterCad (MS)**, serão descritos os métodos a serem seguidos para realizar a integração entre eles, assim como as futuras atualizações necessárias no **MS** ou **SIG**, motivado por alguma alteração das informações cadastrais ou do sistema operacional.

Utilizando-se das características que estes programas possuem para importar e exportar **Banco de Dados Relacionais**, os quais foram denominados de **primitivos** (DBS – Database Spring e DBW – Database Watercad), será incorporado no processo um **terceiro Banco de Dados**, denominado **secundário** ou **intermediário**, cujo objetivo é através de consultas e atualizações às suas tabelas, realizar as **integrações** (ligação / atualização) entre os dois primeiros (primitivos), para que se promova a troca de informações entre o **SPRING** e o **WaterCad**.

Esse Banco de Dados **intermediário**, denominado de “**Atualizador GIOF**”, terá suas tabelas criadas a partir da obtenção de dados externos vinculados às tabelas dos Bancos de Dados **primitivos**. Isto significa dizer que, existirão “cópias” de algumas das tabelas dos Bancos de Dados **primitivos** no Banco de Dados **intermediário**, e, como estas tabelas são vinculadas, o dado modificado em uma, será atualizado automaticamente na outra.

Serão vinculadas no Banco de Dados **Atualizador GIOF** as tabelas com os atributos dos **lotes e redes** do **DBS**, e as tabelas **Pressure Junction**, **Pressure Pipe**, **FCV**, **PBV**, **PRV**, **PSV**, **Pump**, **Reservoir**, **Tank** e **TCV** do **DBW**.

Observação; encontra-se no **DBS**
Lotes e Redes - (conforme definido em 4.1.1.4)
Encontra-se no **DBW**
FCV - Dados de Válvula Controladora de Vazão
PBV - Dados de Válvula Controladora de Pressão (secundária)
PRV - Dados de Válvula Redutora de Pressão
PSV - Dados de Válvula Sustentadora de Pressão
TCV - Dados de Válvula Mantenedora de Pressão
Pressure Junction - Dados nos Nós
Pressure Pipe - Dados nos Tubos
Pump - Dados de Bomba
Reservoir - Dados do Reservatório Baixo
Tank - Dados do Reservatório Elevado

Definido o **ACCESS** como padrão, utilizando-se de instruções **SQLs**, é possível realizar no Banco de Dados **intermediário** consultas e atualizações, que sistematizadas, colocarão em prática as **integrações** necessárias aos Bancos de Dados Primitivos.

Descrição dos **procedimentos de consulta, integração e atualização** no Banco de Dados **intermediário** “Atualizador GIOF”:

- 1- **Consulta Lotes:** *abre uma consulta na tab. com atributos lotes para junção (j), consumo ($m^3/mês$) e cota (m), concentrando os dados dos consumidores por junção (nó);*
- 2- **Cria intermediária lotes:** *cria uma tab. intermediária com os dados junção (j), consumo ($m^3/mês$) e cota (m), concentrando os dados dos consumidores por junção (nó);*
- 3- **Atualiza lotes:** *a partir da tab. Intermediária lotes, converte o consumo em demanda (l/s) na tab. com atributos lotes atualizando o **DBS** e transporta a demanda (m^3/min) e cota (m) para tab. pressure junction, atualizando o **DBW**;*
- 4- **Consulta Redes:** *abre uma consulta na tab. atributos redes para tubo (p), diam (mm), C ou K, e extensão (m), concentrando os dados por tubo;*
- 5- **Cria intermediária redes:** *cria uma tab. intermediária com os dados tubo (p), diam (mm), C ou K e extensão (m), concentrando os dados por tubo;*
- 6- **Atualiza redes:** *a partir da tab. Intermediária redes será transportado o diâmetro (mm) para a tab. pressure pipe do **DBW**, e deste a extensão (m) será transportada para a tab. com atributos redes no **DBS**, atualizando ambos os Bancos.*
- 7- *Neste momento, será possível completar alguns dados que faltavam ao simulador, que teve sua topologia iniciada de forma automática, isto é, as cotas nos nós e os*

diâmetros dos tubos. Com as **SQLs** “*atualiza lotes e atualiza redes*”, tais valores serão transportados para o **MS WaterCad**, após a realização do **Synchronize DataBase Connections (project Import - SI)**. Isto feito, podemos realizar o primeiro cálculo hidráulico (simulação), não sem antes, promover a **Calibração** do modelo de acordo com meios disponíveis, para que os resultados sejam confiáveis.

- 8- Realizada a simulação e obtidos os valores de **pressão nos nós e vazão nos tubos**, novo **Synchronize DataBase Connections**, agora, (**project Export - SI**) deve ser realizado, atualizando novamente o Banco de dados primitivo **DBW**.
- 9- **Consulta pressão**: abre uma consulta na tab. *pressure junction* para Label (j) e *Pressure_Head_m. (m)*;
- 10- **Cria intermediária pressão**: cria uma tab. intermediária pressão com Label (j) e *Pressure_Head_m. (m)*;
- 11- **Atualiza pressão**: a partir da tab. intermediária pressão, serão transportadas as pressões calculas no simulador das respectivas junções (nós) para a tab. com atributos do lotes do **DBS**;
- 12- **Consulta vazão**: abre uma consulta na tab. *Pressure Pipe* para Label (p), *Hazen_Willimas_C*, *Darcy_Weisbach_e_m* e *Discharge_m³/min*;
- 13- **Cria intermediária vazão**: cria uma tab. intermediária vazão para, Label (p), *Hazen_Willimas_C*, *Darcy_Weisbach_e_m* e *Discharge_m³/min*;
- 14- **Atualiza vazão**: a partir da tab. intermediária vazão, serão transportados os valores de **C** (*Hazen_Willimas*) ou **K** (*Darcy_Weisbach*) e a **vazão** em l/s para a tab. com atributos de redes do **DBS**.

Observação: Com exceção dos procedimentos feitos no **MS WaterCad** em *Synchronize DataBase Connection* [*project - import SI (entrada de dados) ou export - SI (saída de dados)*] ou no **SIG SPRING**, os demais procedimentos são realizados através de **SQLs** que, automatizadas por **MACROS**, cujos procedimentos foram denominados de “**ATUALIZADOR**”, por vinculação de tabelas, atualiza os bancos de dados **DBS** e **DBW**.

Descrição das MACROS - rotinas realizadas pelo ATUALIZADOR.

MACRO I: (Passo 1) - ADBW [Enviar WaterCad – atualiza SPRING]

- *Desativa avisos*
- *Consulta lotes*
- *Cria intermediária lotes*
- *Atualiza lotes*
- *Consulta redes*
- *Cria intermediária redes*
- *Atualiza redes*
- *Mensagem*
- *Salva*

MACRO II: (Passo 2) - ADBS [Atualiza SPRING]

- *Desativa avisos*
- *Consulta pressões*
- *Cria intermediária pressões*
- *Atualiza pressões*
- *Consulta vazão*
- *Cria intermediária vazão*
- *Atualiza vazão*
- *Mensagem*
- *Salva*

As rotinas **SQLs**, através de suas **MACROS**, podem ser melhor compreendidas através do **Diagrama do Atualizador**, onde utilizou-se as seguintes nomenclaturas.

- **DBS:** Banco de Dados do SPRING
- **ADBS:** Atualiza Banco de Dados do SPRING
- **DBW:** Banco de Dados WaterCad
- **ADBW:** Atualiza Banco de Dados WaterCad
- **DBS4:** Tab. de lotes do Banco de Dados SPRING
- **ADBS4:** Atualiza tab. lotes do Banco de Dados SPRING
- **DBS6:** Tab. de redes do Banco de Dados SPRING
- **ADBS6:** Atualiza tab. de redes do Banco de Dados SPRING
- **DBWJ:** Tab. Pressure Junction do Banco de Dados WaterCad
- **DBWP:** Tab. Pressure Pipe do Banco de Dados WaterCad
- **SW:** Simulação Hidráulica da rede de distribuição no WaterCad
- **DBCWI:** DataBase Connections - Importa
- **DBCWE:** DataBase Connections – Exporta

O Diagrama do **Atualizador** é apresentado na figura a seguir.

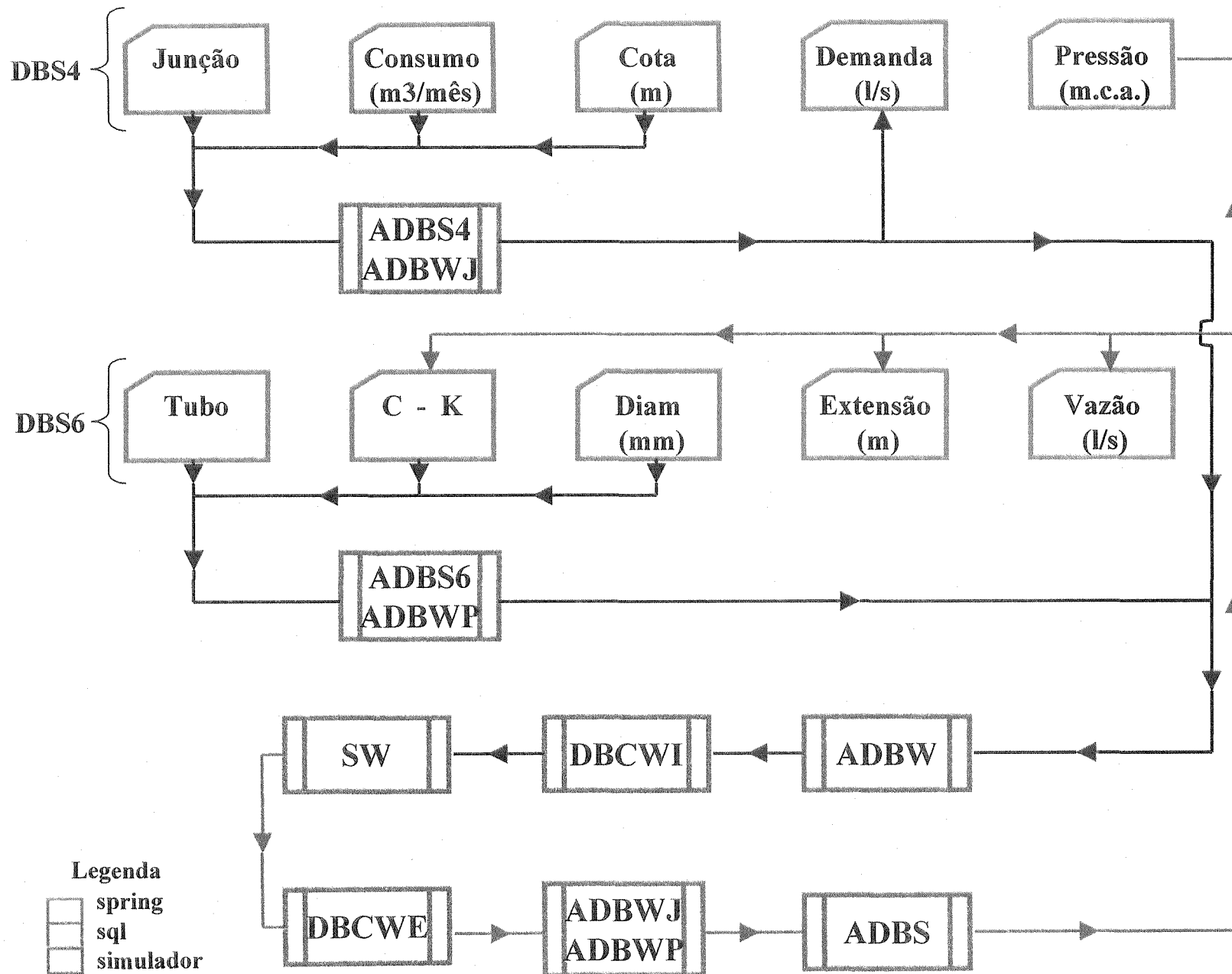


Fig.14 - Diagrama do Atualizador

4.1.3 Terceiro Módulo – (Setorização)

Neste módulo consolidam-se os limites dos setores de distribuição de água, aferindo-se as premissas adotadas nos Planos Diretores. A **Setorização**, caracterizada pelo Somatório de atividades desenvolvidas por dois Processos, isto é, o **PARS** (Processo de Análise de Redes Setoriais) e o **PRP** (Processo de Recuperação de Perdas), estabelecem as condições básicas para se implementar racional e eficazmente o **Controle da Água não Faturada “PERDAS”**, nas redes de distribuição.

$$\text{SETORIZAÇÃO} = [\text{PARS} + \text{PRP}]$$

Destacam-se, nesta fase, a implantação e o desenvolvimento dos procedimentos Informatizados através de Software(s), necessários para efetivar nas **ES** os processos de Setorização.

A- PARS: *Processo de Análise de Redes Setoriais*

Neste processo, a **Setorização** das redes de distribuição é consolidada com a formatação dos cadastros digitais e o desempenho hidráulico das redes é analisado e otimizado com o auxílio de um **MS** (neste trabalho, WaterCad).

O **MS** possibilitará definir condições para a **regularização** das **pressões** (instalação de válvulas automáticas de controle, redutoras de pressão, controladoras de fluxo e sustentadoras de pressão), além de indicar condições para se garantir a **qualidade** da água, a **confiabilidade** e a **flexibilidade** na prestação dos serviços à comunidade.

As figuras 15 e 16 apresentam exemplos de esquema de uma rede de Distribuição e sua respectiva topologia; deve-se procurar implantar ou retomar as zonas de pressão com a inserção de equipamentos e acessórios necessários para o controle de parâmetros como vazão, pressão, etc..

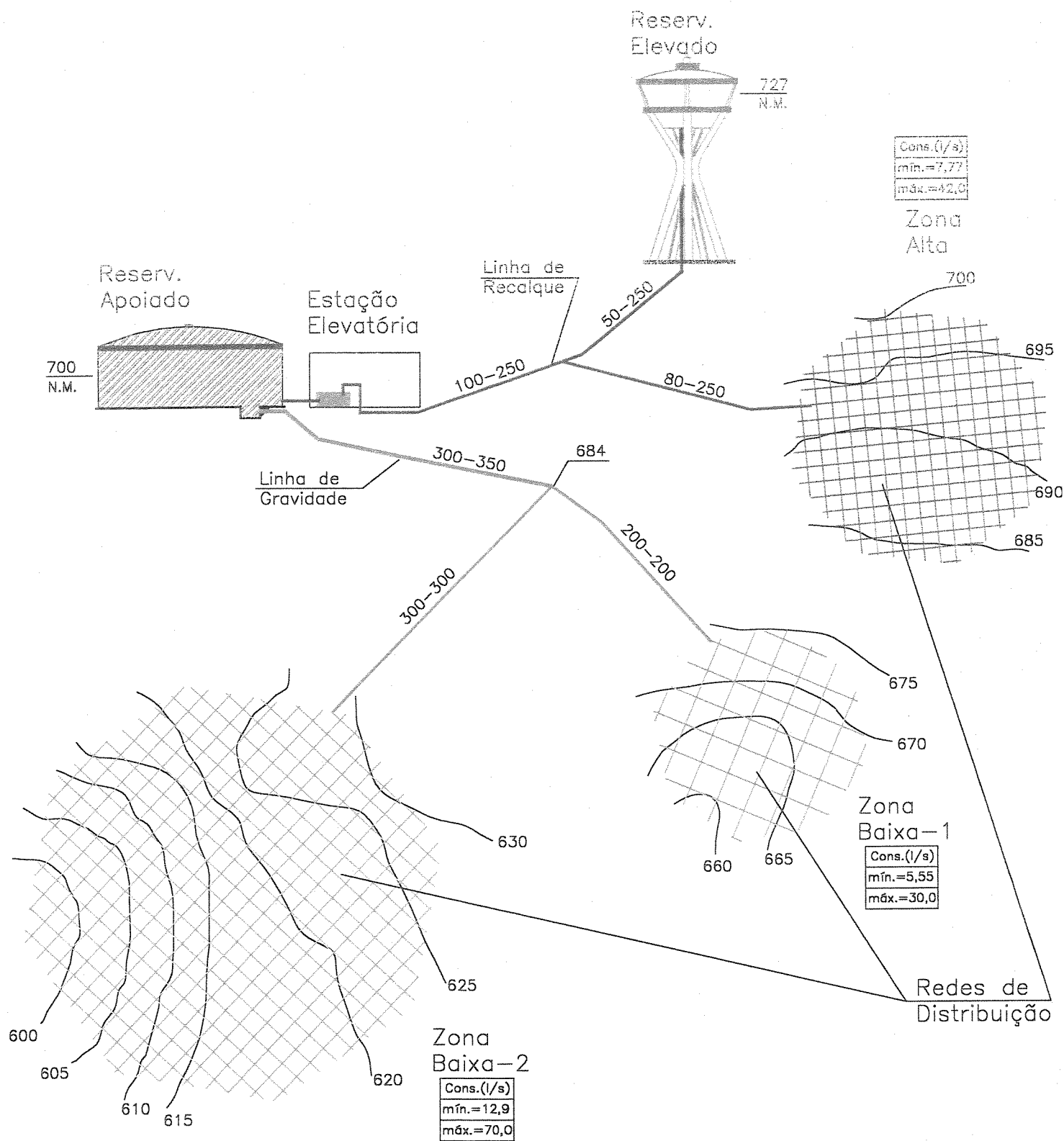


Fig.: 15 – Exemplo de Esquema de Rede de Distribuição

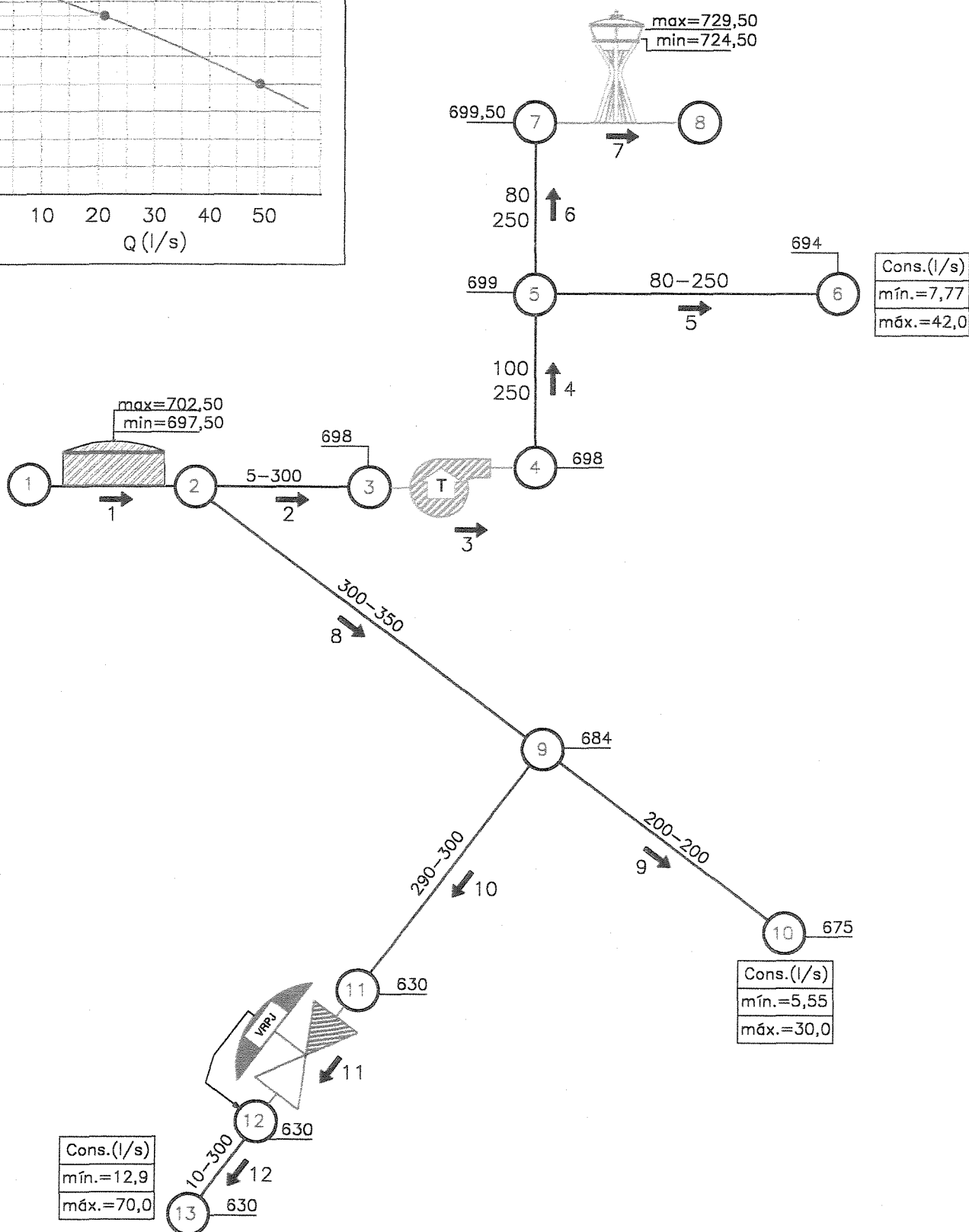
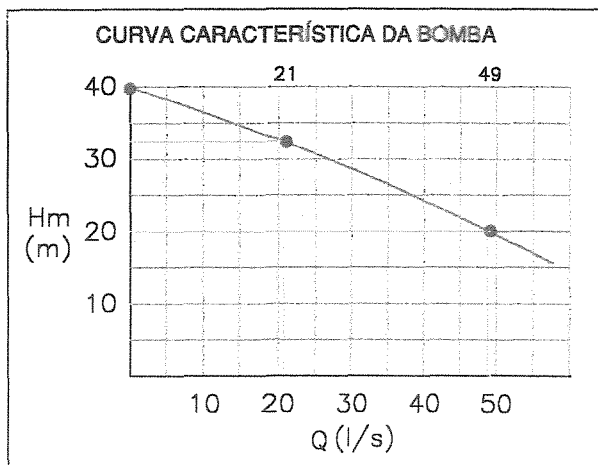


Fig.: 16 – Exemplo da Topologia da Rede de Distribuição da fig. 15

Observação: *Foram desenvolvidas algumas Planilhas Eletrônicas (EXCEL), que podem auxiliar a obtenção e análise de alguns dados **preliminares** necessários para o processo de cálculo e desenvolvimento hidráulico, conforme descrito a seguir. São acessadas através do Aplicativo **GIOF-Utilitário**.*

- **Apêndice D - Planilha para Cálculo de Consumo:** *Permite obter a partir de dados atuais do sistema, como, consumo (faturamento), coeficientes adotados (índice de crescimento populacional, K_1 , K_2 , K_3 , etc.) e outras características, valores e projeções futuras que orientaram algumas ações e procedimentos, como estimativas de demandas e necessidade de reservação setorial, com a respectiva quantificação de volume;*
- **Apêndice E - Planilha para Distribuição de Demandas Nodais:** *Conhecendo-se a topologia de uma rede de distribuição (Tubos e nós), as extensões de redes (total e por trecho), para uma área isolada (setor de medição) com sua demanda, obtém-se com esta planilha a distribuição da demanda nos nós (Distribuição uniforme de demandas), a partir da influência das extensões médias dos tubos convergentes a cada nó;*
- **Apêndice F - Planilha para Obtenção da Curva Neutra de Demanda:** *Através de levantamentos de campo (medições de vazão - Histograma de Consumo), para um determinado setor de abastecimento ou zona de pressão, esta planilha permite obter a curva neutra de demanda para ser utilizada em simulações com os MS;*
- **Apêndice G - Planilha para Variações de Rotação de Bombas:** *Permite analisar, através da curva característica fornecida pelo fabricante de uma bomba, uma série de outras curvas (Família de curvas), obtidas pela variação da rotação da máquina. Pode ser utilizada no apoio à análise do uso de Bomba com rotação variada (BOOSTER);*

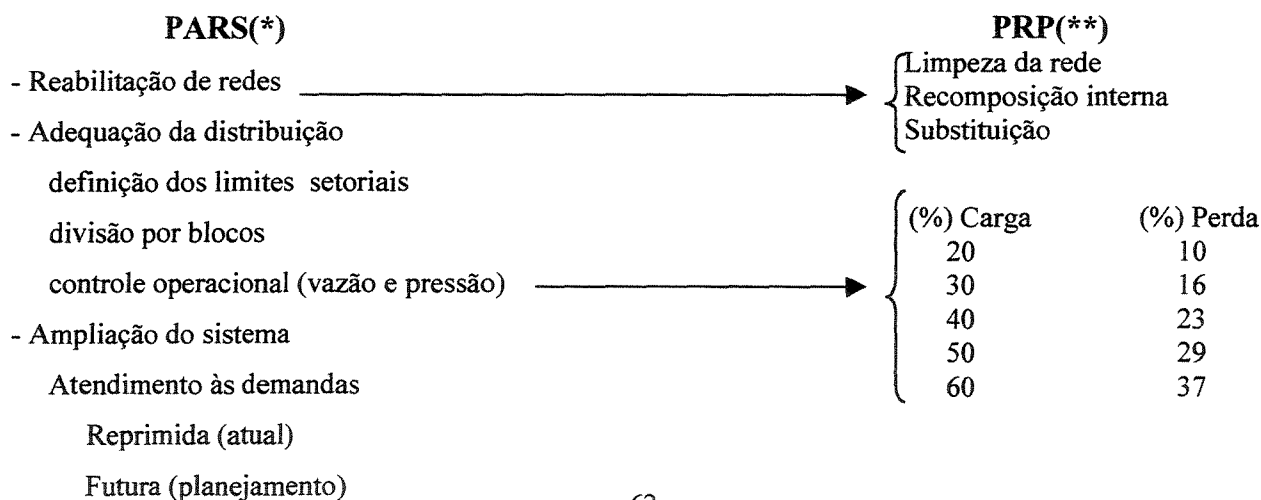
- **Apêndice H - Planilha para Determinação da Quantidade de Válvulas Redutoras de Pressão;** Auxilia de maneira preliminar a obtenção da quantidade de Válvulas Redutoras de Pressão necessárias para atender determinadas condições de trabalho (valores de entrada e saída admissíveis).

B- PRP: Processo de Recuperação de Perdas

Neste processo, aplicam-se os procedimentos necessários para a recuperação (redução) das perdas físicas e de faturamento, assim detectadas, classificadas e quantificadas:

Tipo de Perda	Física (operacional) %	Não Física (comercial) %	Total %	} Valores médios obtidos de empresas de abastecimento de água
Vazamentos	47.6	-	47.6	
Macromedicação	-	5.3	5.3	
Micromedicação	-	20.3	20.3	
Hab. Sub-normais	3.4	6.3	9.7	
Gestão	-	17.1	17.7	
Total	51.0	49.0	100	

Implica na implantação dos **Setores de Medição**; instalação de **Macro Medidores** para controlar os volumes aduzidos de água e compará-los aos da micro medição; adequar os **Hidrômetros** (inclinação, diâmetro e tempo de uso) nas várias economias abastecidas, caso já existam, ou instalá-los em novas unidades; introduzir **Válvulas Redutoras de Pressão** e **Acessórios** (quando necessário) ou **Sistemas de Bombeamento (Booster)**. Estes procedimentos seguem as definições e especificações estabelecidas no **PARS**, caracterizando as seguintes ações:



Na interação entre os dois processos, o sucesso obtido nas ações do **PARS(*)**, propicia condições para que o **PRP(**)** desenvolva seus objetivos, alcance a recuperação física e do faturamento, passe a controlar o sistema, onde é necessário e fundamental que se estabeleça **regras de monitoramento e controle**, para que, os processos sejam confiáveis e apresentem credibilidade, sem os quais, as ações ficam comprometidas e perdidas ao longo do tempo.

Neste sentido, a **ES** definirá quais **indicadores** julga ser fundamental **monitorar e controlar**, definindo e desenvolvendo os meios e métodos para obtê-los.

Este trabalho apresenta como sugestão alguns indicadores de Perdas estabelecidos no **PNCDA** (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água) – **DTA / A2**, apresentado no apêndice “**B**”,

O apêndice “**C**” apresenta uma Planilha Eletrônica para Cálculo de indicadores baseado no **PNCDA**.

4.1.4 Quarto Módulo – (Automação e Controle)

A implantação do sistema de **Automação e Controle** da adução deverá ser executada de acordo com a programação a ser estabelecida no âmbito do **PO - Programa Operacional**, para o qual, se deverá desenvolver um **Modelo Otimizador (MO)**, para definir as **Regras Operacionais Ótimas**.

O controle em tempo real obtido através de **Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)**, conduzindo à automatização completa do sistema adutor de água, será executado em seqüência, através da implantação de um sistema **SCADA** (Supervisory Control And Data Acquisition system), e será constituído de todo um conjunto de equipamentos de medição e transmissão de dados e seus respectivos acessórios inseridos no **Projeto Lógico de Instrumentação e Telecontrole** da **ES**.

Assim sendo, o escopo deste módulo é estabelecer a interface entre o sistema **SCADA** a ser implantado, com o cadastro do sistema macroadutor e com o **MS** (WaterCad) para permitir a **Calibração** da rede adutora e a **Otimização da Operação** com a utilização do **MO**, que será desenvolvido pela própria **ES**, com apoio de consultoria ou assessoria externa, ou ainda, por um Proponente, a ser credenciado e contratado conforme diretrizes e especificações conforme licitação pertinente.

Além destes projetos, são exigências complementares do MO:

A- O processamento de dados conjugado com o MS WaterCad, através do qual, as regras operacionais otimizadas, extraídas do MO, deverão ser simuladas para os vários cenários e períodos de adução;

B- A apresentação dos resultados da operação extensiva simulada com o Algoritmo de Otimização a ser definido, deverá incluir, dentre outros, os parâmetros que indiquem:

i - minimização do consumo de energia elétrica;

ii - minimização das manobras em sistemas produtores, válvulas e bombas;

iii - utilização plena das capacidades de reservas setoriais;

C- A formatação adequada do MO, conjugado com o MS e com a base de dados (Topologia), para utilização ampla em outros sistemas adutores gerenciados pela ES.

5 Estudo de Caso – Interface do “Atualizador” e Consultas no SIG

Para melhor compreender a **Integração e Atualização** proposta pelo **GIOF** no capítulo IV, foi utilizado um exemplo de aplicação, cujos procedimentos realizaram-se em 9 seqüências.

1- Base Cartográfica: Utilizou-se um pequeno segmento da base cartográfica da cidade de Campinas, cedida pela SANASA. Porém, como o **MS** escolhido tem restrição de uso para apenas 15 tubos, desconsiderou-se o sistema de distribuição existente e criou-se uma rede fictícia para permitir o desenvolvimento da aplicação. A rede foi desenhada em AutoCad (14), sobre a



fig.: 17 – Base Cartográfica de Campinas - Particionada

base cartográfica (arruamentos, quadras e lotes), depois convertida e exportada em arquivo (.dxf/R12) para possibilitar a importação pelo **WaterCad** e **SPRING**.

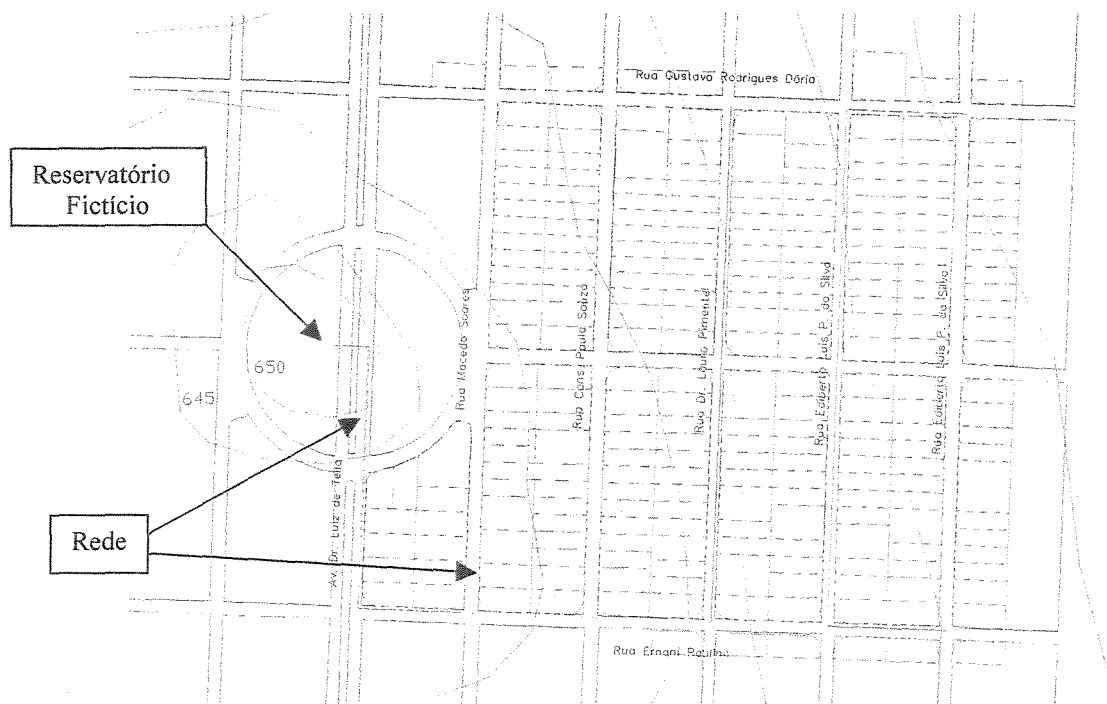


Fig.: 18 – Área de Estudo

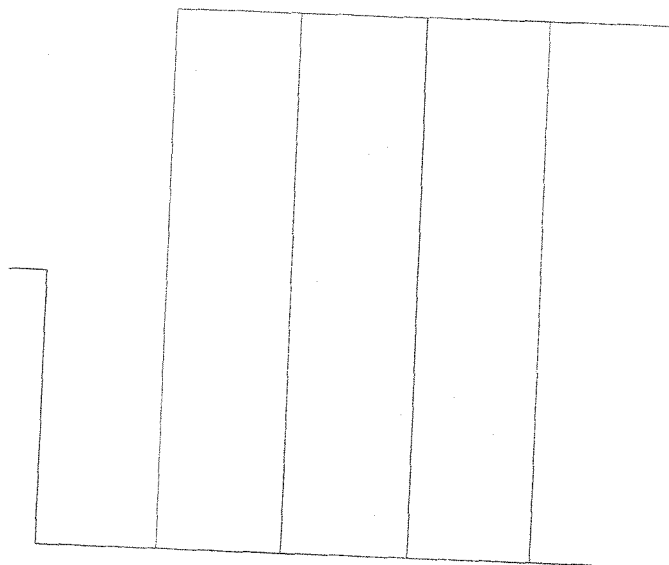


Fig.: 19 – Redes de Distribuição - Inicial

A fig. 19 apresenta a rede de distribuição fictícia (.dxf/R12) que importada pelo WaterCad gerou de forma automática a topologia mostrada na fig. 20.

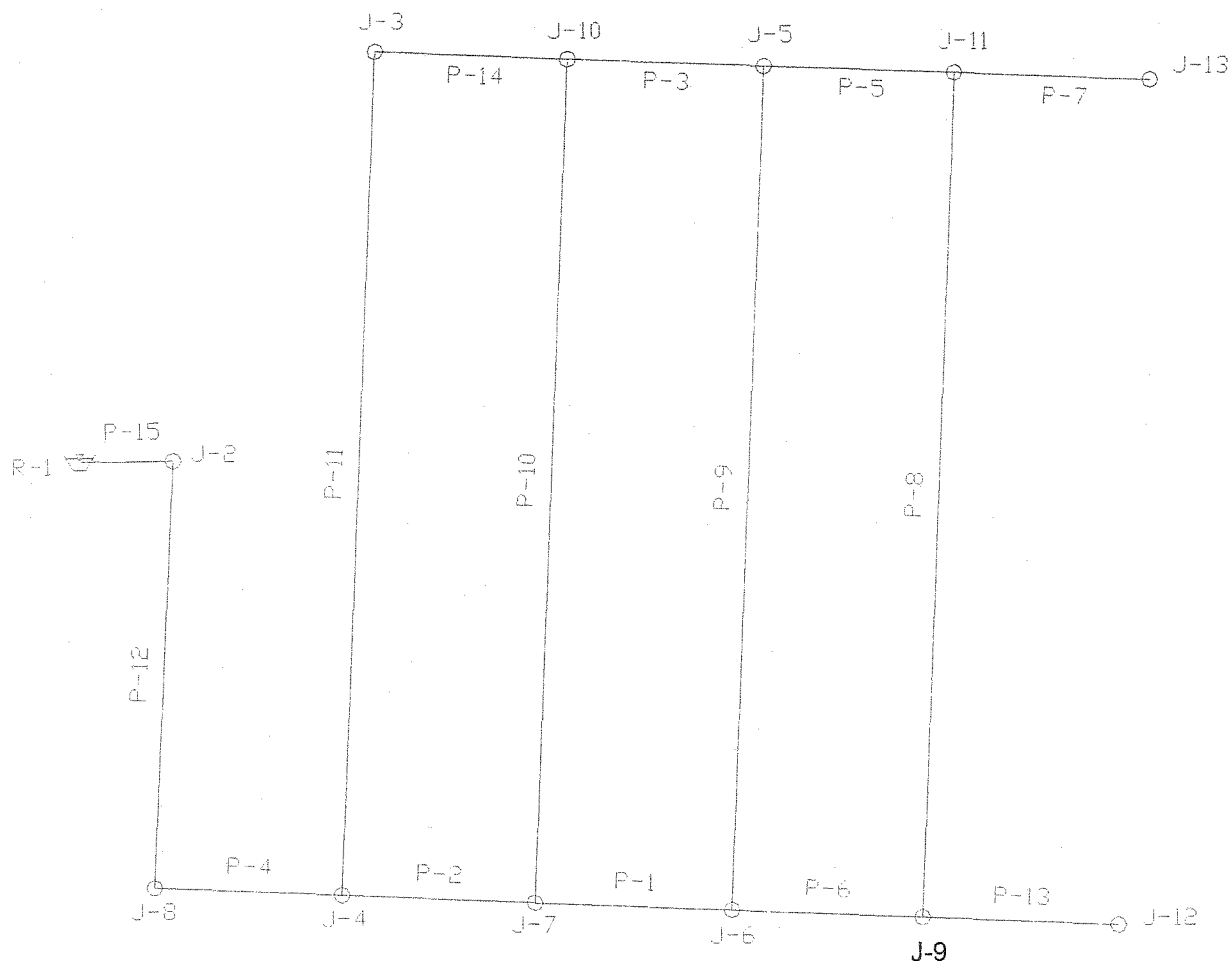


Fig.: 20 - Topologia Gerada pelo WaterCad

2- Topologia: Foi gerada automaticamente pelo MS (WaterCad) quando da importação da base cartográfica (.dxf), tendo sido criado os nós (J_i) e os tubos (P_i), com algumas de suas características, a exceção do reservatório (R-1) que foi inserido manualmente, e, se existissem outros equipamentos como bomba, válvula, etc., estes também deveriam ser introduzidos manualmente. A numeração é definida pelo MS, podendo, por iniciativa do projetista, alterá-la a seu critério.

Neste instante, tem-se as extensões dos tubos, que foram “assimiladas” conforme escala do desenho importado; contudo, nos nós não estão definidas as cotas geométricas e demandas, devendo estes valores serem trazidos do SIG (SPRING), através do **Atualizador**.

3- Banco de Dados WaterCad (inicial): Gera-se o primeiro Banco de Dados* primitivo (condição inicial), podendo ou não ser realizado o cálculo hidráulico no MS com os dados até aqui existentes; executa-se o Synchronize Database Connections (Project export-IS), cujos valores estão apresentados nas Tabs. 2 e 3 (apêndice A).

(*) Caminho obrigatório para armazenamento dos dados:

C:\Goif\Biblio\Data\Atualizador\Watercad.mdb

4- SIG (SPRING): Os mesmos desenhos (.dxf/R12) gerados no AutoCad, foram importados pelo **SPRING** com as características descritas em 4.1.1.1; agrupou-se os layers do desenho, referenciando as projeções a serem utilizados no **SIG** (UTM – SAD 69 – Longitude – Retângulo Envolvente), Projeto (Exemplo), Categoria (Quadras, Lotes, Redes, Curva de Nível etc.), vinculando a estes, seus atributos (geo-objetos) e os respectivos Planos de Informação (Mapas de quadras, de lotes, de redes, etc.), para que se possam realizar consultas, visualizar tabelas e mapas temáticos. A saída (fechamento) do **SPRING** (aplicativo) gera (grava) o segundo Banco de Dados** primitivo (condição inicial), contendo entre outras, as tabelas CG00004 (**lotes**) e CG00006 (**redes**), cujos valores estão apresentados nas Tabs. 4 e 5 (apêndice A).

Observação: Os dados referentes à Lotes Objetos possuem 244 ID com 20 atributos cada; isto, geraria uma tabela por demais extensa para ser mostrada neste exemplo, assim, optou-se por fracioná-la e apresentar uma pequena amostra (71 ID) para se ter uma idéia de seu conteúdo e usa-la como consulta.

(**) Caminho obrigatório para armazenamento dos dados:

C:\Spring35\Springdb\Goif\spring.mdb

O **SPRING** gera e grava *automaticamente* este Banco de Dados no sub-diretório com o nome dado ao Banco, no exemplo *GIOF*, ficando as tabelas de alocação contidas em **spring** com extensão do Banco de Dados escolhido, neste exemplo (**.mdb - ACCESS**).

Como objetivo proposto pelo **GIOF**, desenvolveu-se um aplicativo em Visual Basic denominado “**GIOF-utilitário**”, cuja função é facilitar os relacionamentos através de interfaces entre o **MS** (WaterCad0, **SIG** (SPRING), **base cartográfica** (AutoCad ou similar), **Atualizador**, e **outras ferramentas** apresentadas em catálogos de fornecedores de equipamentos que ajudam na busca de soluções, mostrando como utilizá-los; permite ao usuário acesso a um acervo fotográfico que ilustra exemplos práticos que foram acompanhados na SANASA-Campinas.

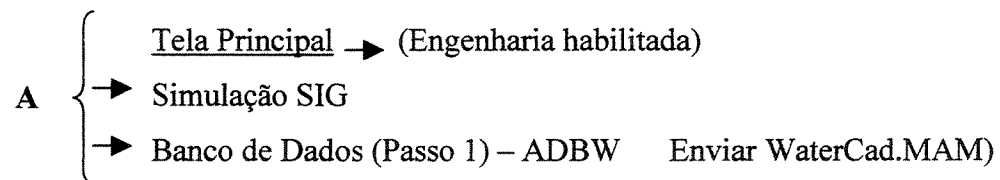
Para as seqüências anteriores (1 a 4), podemos executá-las acessando direto os respectivos aplicativos para realizar os procedimentos descritos, contudo, recomenda-se que sejam feitos no ambiente **GIOF-utilitário**, para que o processo seja mais operacional e produtivo.

Observação: *O uso do **GIOF-utilitário** não dispensa as instalações e respectivas licenças dos Softwares necessários no **GIOF**, como o WaterCad, AutoCad, MS Office e SPRING. O **GIOF-utilitário** administra e gerencia o uso destes softwares disponibilizando alguns recursos adicionais.*

5- GIOF-utilitário: Gerados os dois Bancos de Dados primitivos (condição inicial), realiza-se as atualizações em ambos, para que o **MS** possa proceder os cálculos hidráulicos e depois usar os resultados no **SIG**.

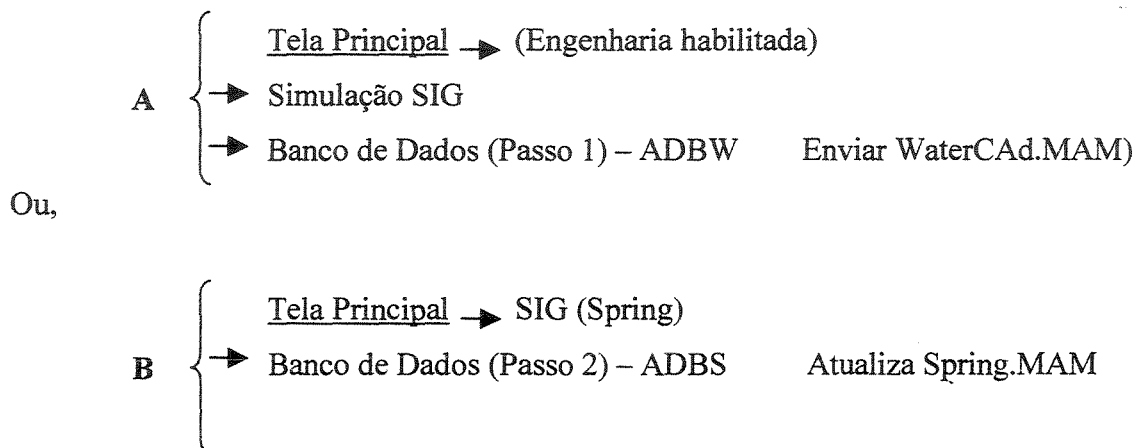
A rotina de atualização definida como **Atualizador** realiza o processo em dois “passos”; o Passo 1 executa a MACRO I e o passo 2 executa a MACRO II, conforme definido em 4.1.2.1.

O **GIOF-utilitário** possibilita realizar o **Passo 1** em *uma única tela* de trabalho:



(A) O caminho descrito leva ao ambiente de Trabalho de Simulação-SIG, onde existem comandos de acesso ao Banco de Dados, ajuda e diagrama do **Atualizador**.

O **GIOF-utilitário** possibilita realizar o **Passo 2** em duas telas de trabalho:



(B) O caminho descrito leva ao ambiente de Trabalho do Cadastro, onde existem comandos de acesso ao Banco de Dados, ajuda e diagrama do **Atualizador**.

Na execução do **Passo 1** (MACRO I), conseguiu-se realizar a primeira **atualização** dos Bancos de Dados (spring e WaterCad) primitivos, cujas informações geradas no WaterCad foram transportadas para o **SPRING** e algumas informações do **SPRING** foram atualizadas e outras enviadas para o WaterCad,

6- Simulação: Com o Banco de Dados WaterCad contendo as informações que foram carregadas do **SPRING**, é necessário “inserir” no **MS** estes dados para que ele possa iniciar os cálculos hidráulicos. Isto se consegue realizando o processo Synchronize DataBase Connections (Project Import – IS), cujos valores podem ser vistos na topologia atualizada apresentada na figura 21.

O **MS** contém os dados necessários para o início dos cálculos, a princípio com análise tipo Estática, cujos resultados servem para ajustar os dados de entrada da rede e promover as devidas adequações necessárias até que se conclua que a mesma esteja convenientemente *calibrada*, conforme medições de campo.

O próximo passo, é promover simulações em período extensivo, onde seria feita uma varredura dos diversos cenários, visando atender as definições de um Plano Diretor previamente estabelecido ou Normas Técnicas e Operacionais a serem atendidas, conforme PO e MO.

Por tratar-se de uma rede fictícia, e assim, não ser possível verificação de campo, considerou-se a rede convenientemente calibrada e simulada as condições necessárias.

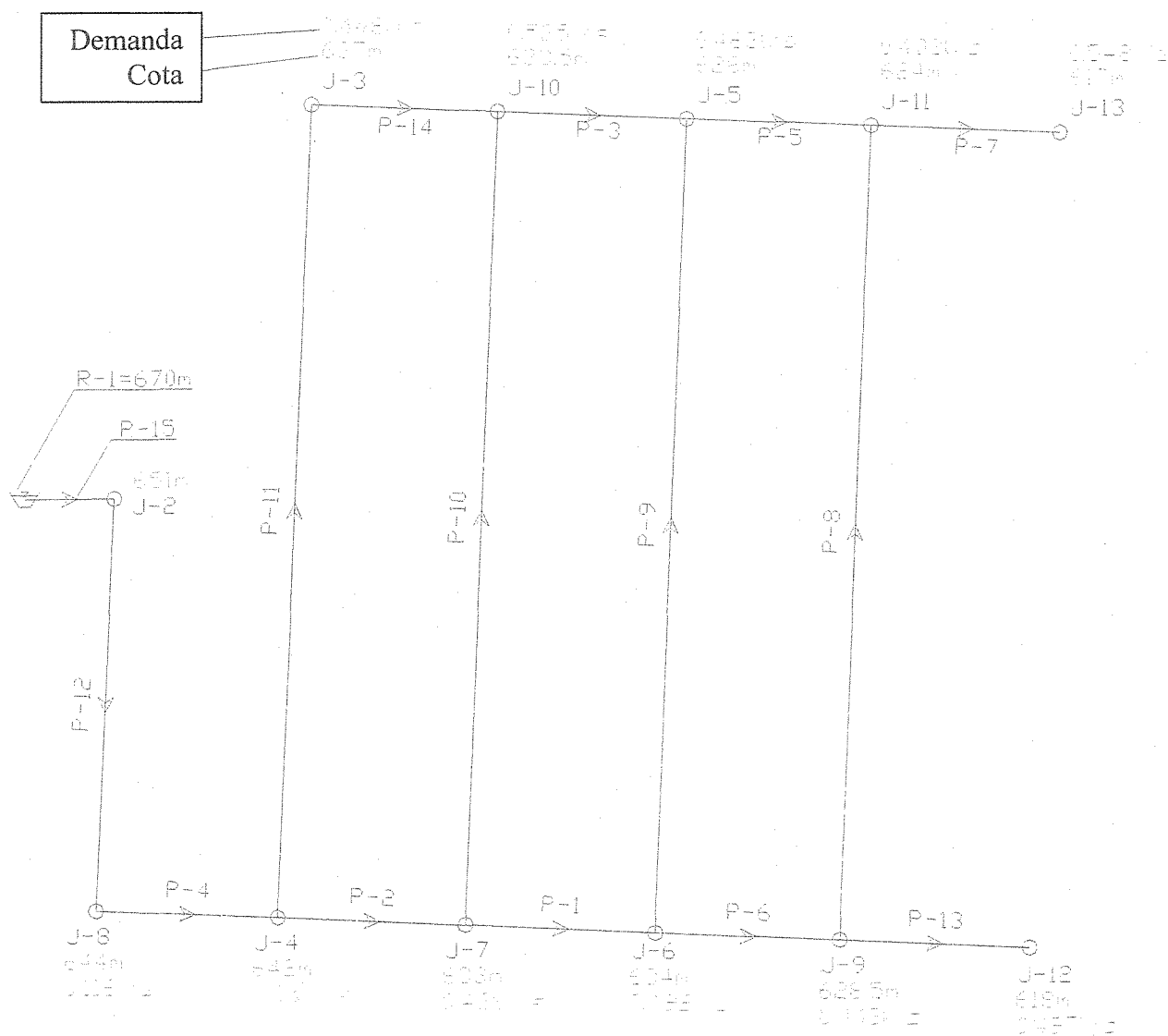


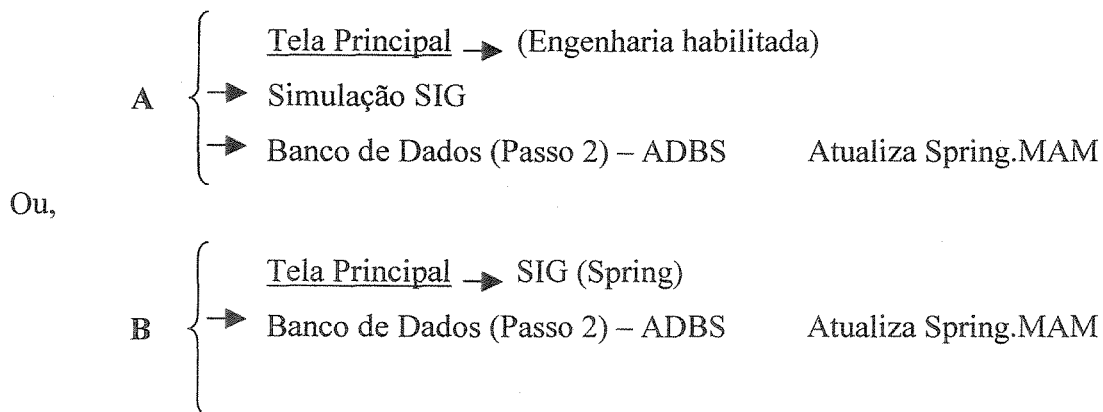
Fig.: 21 – Topologia Atualizada no WaterCad

Realizada apenas a simulação Estática e assumindo que os resultados satisfazem as condições hidráulicas e de qualidade, será transferido ao **SIG** estas informações para que se possa realizar algumas **consultas** com os dados disponibilizados conforme seus atributos.

7- Banco de Dados WaterCad (final): Concluído o cálculo Hidráulico e validado seu resultado, salva-se convenientemente as informações, conforme estrutura do órgão gestor (**ES**), considerando-se o uso de computadores individuais ou ambiente corporativo (rede); procede-se à exportação dos dados para o Banco de Dados WaterCad, repetindo-se Synchronize DataBase Connections, agora (Project export - IS), inclusive o caminho de armazenamento apresentado na seqüência 3; os resultados estão apresentados nas Tabs, 6 e 7 (apêndice A).

8- Atualização Final: A atualização do Banco de Dados **SPRING** (condição final) a partir do Banco de Dados WaterCad (condição final), é feita através da rotina de atualização definida como **Atualizador** (Passo 2), que executa a MACRO II, conforme definido em 4.1.2.1

O **GIOF-utilitário** possibilita realizar o **Passo 2** em *duas telas* de trabalho:



(A) - O caminho descrito leva ao ambiente de Trabalho de Simulação-SIG, onde existem comandos de acesso ao Banco de Dados, ajuda e diagrama do **Atualizador**.

(B) O caminho descrito leva ao ambiente de Trabalho do Cadastro, onde existem comandos de acesso ao Banco de Dados, ajuda e diagrama do **Atualizador**.

Os valores finais atualizados podem ser visualizados nas tabs. 8 e 9 (apêndice A).

9- Utilizando o SPRING (SIG) para Consultas: **Atualizados** os bancos de Dados, o aplicativo para utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG), está apto a exercer sua função de consulta, ajuda e/ou gerenciamento operacional a que ele foi destinado.

As próximas figuras mostram algumas telas de consultas que podem ser geradas no SPRING, lembrando que sempre que alguma informação for acrescentada, corrigida ou atualizada, quer no ambiente SIG ou no MS, ambos os Bancos de Dados devem ser atualizados com os cálculos hidráulicos refeitos. Recomenda-se que este procedimento seja feito uma vez ao dia para que as informações possam estar corretas e atualizadas, conforme procedimentos a serem estabelecidos pelo órgão gestor ES.

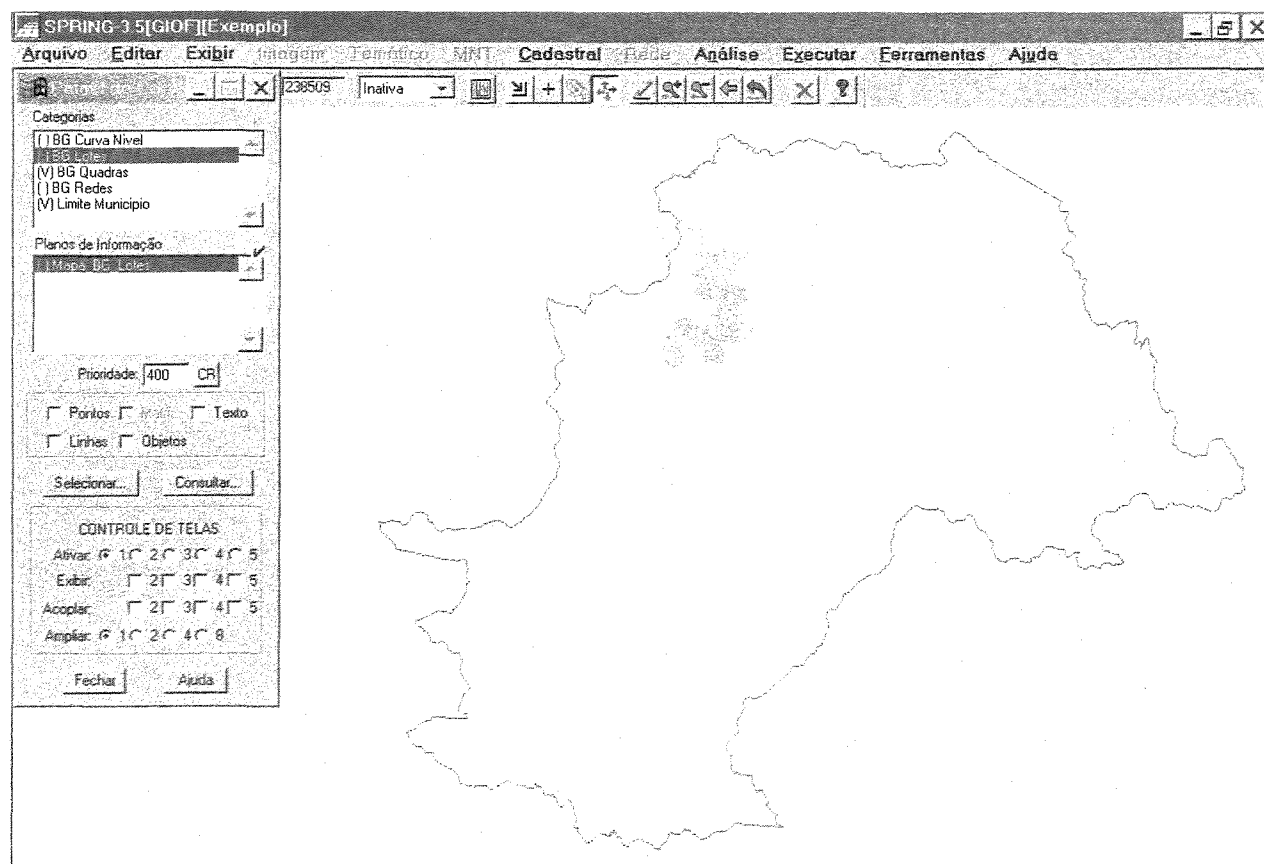


Fig.: 22 – Consulta 1 (Localização de um Setor de Abastecimento)

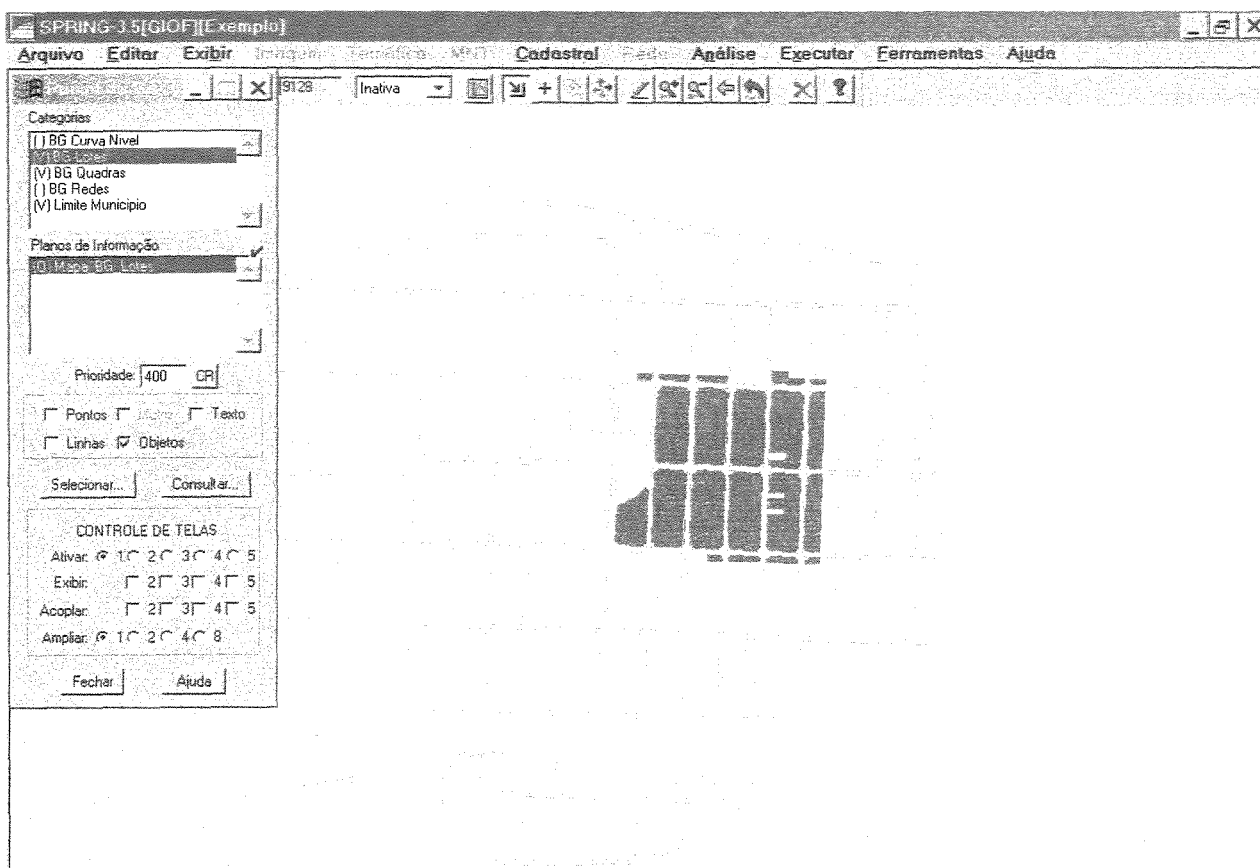


Fig.: 23 – Consulta 2 (Área de Estudo – Lotes)

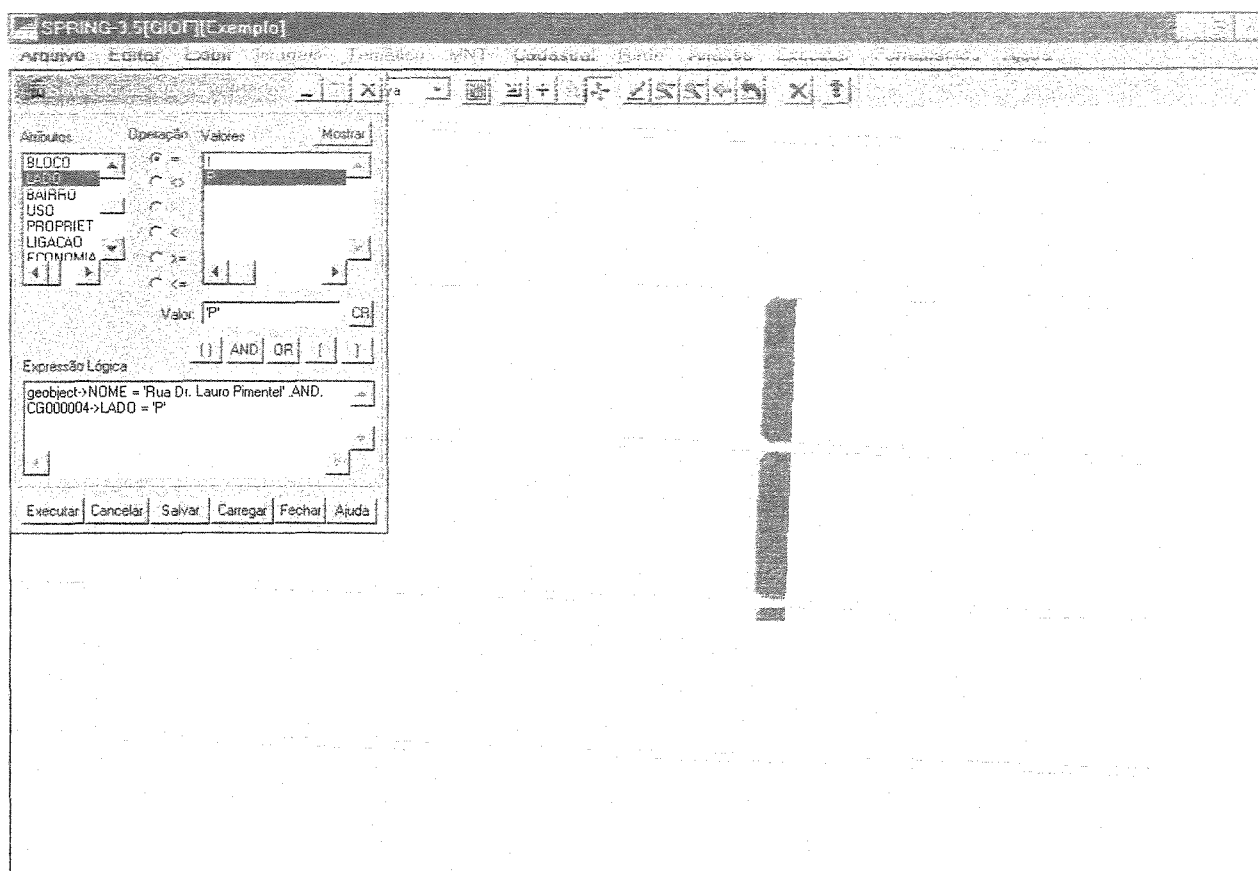


Fig.: 24 – Consulta 3 (Consumidores – Logradouro Lado Par)

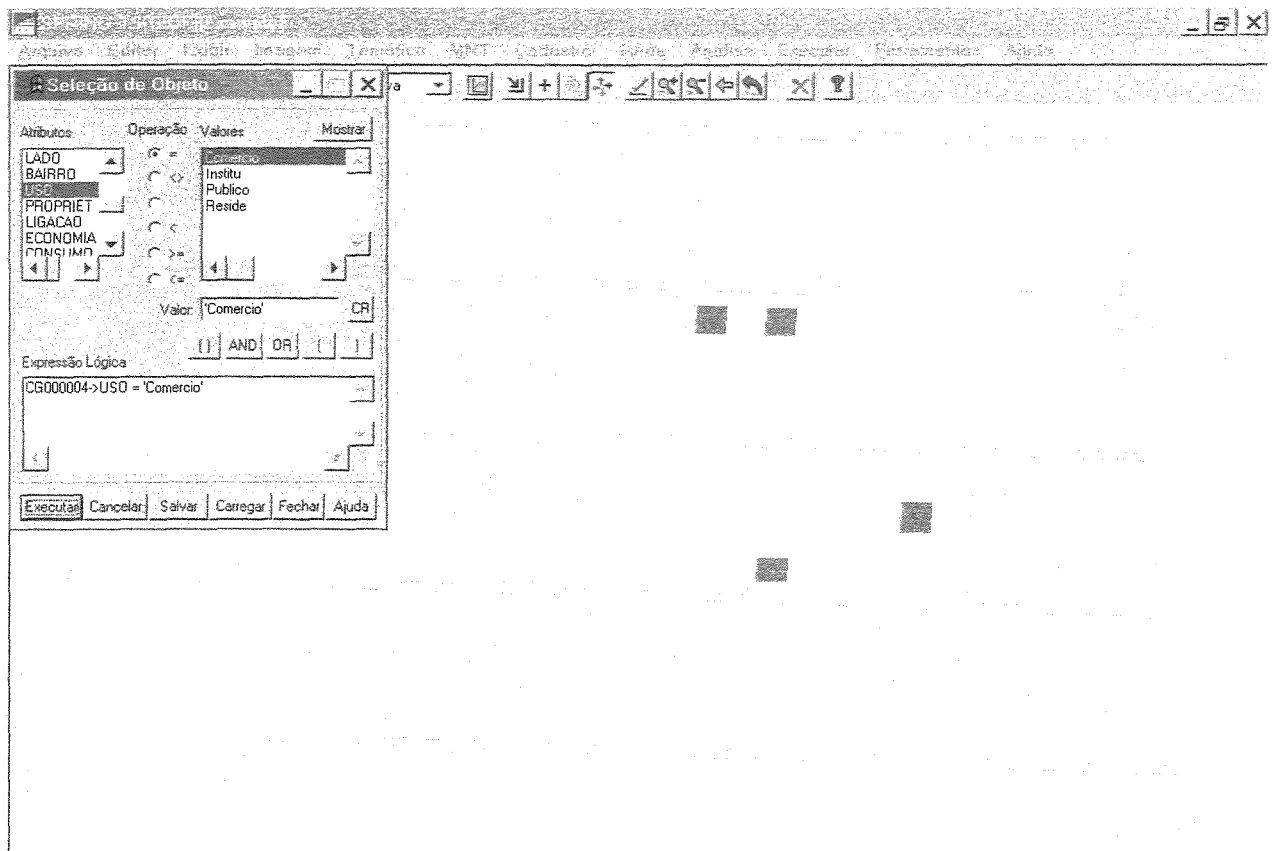


Fig.: 25- Consulta 4 (Consumidores Comerciais)

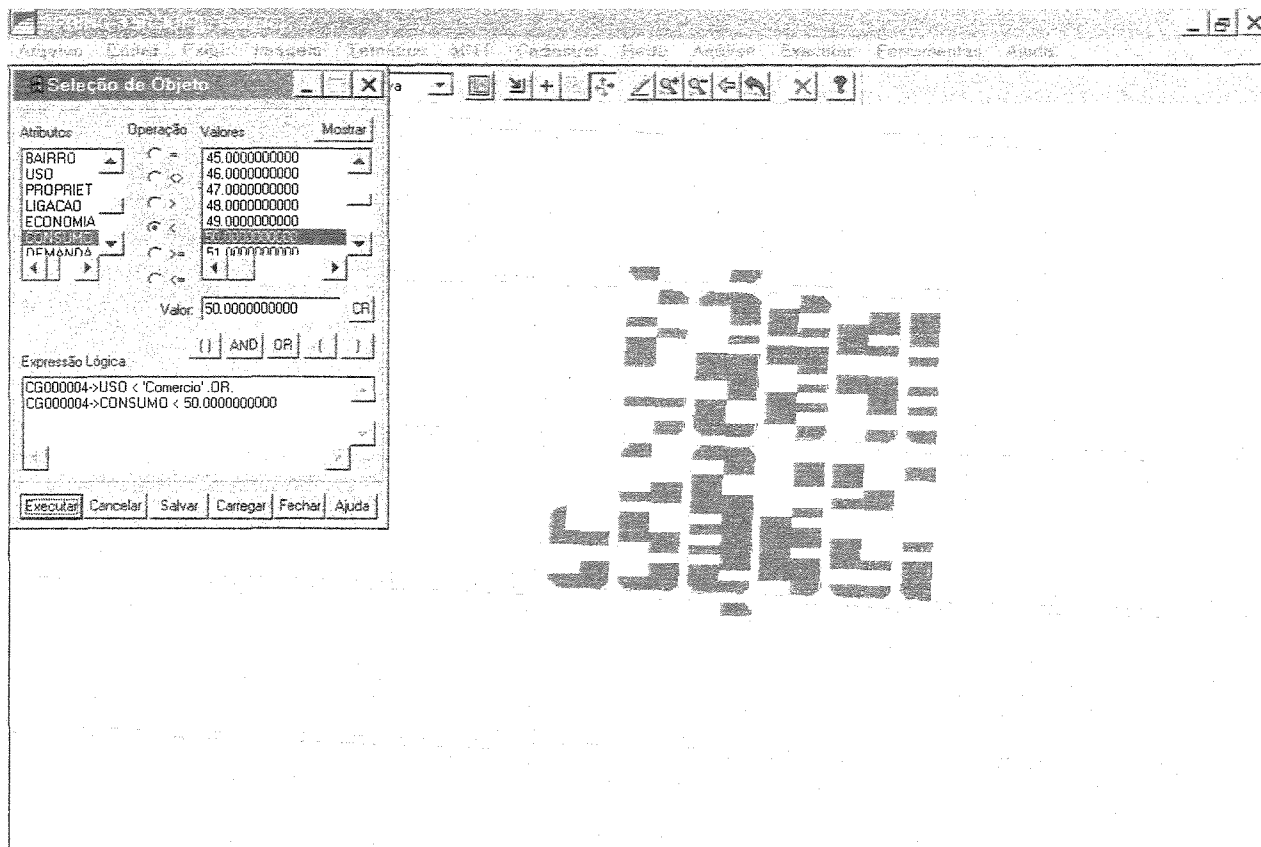


Fig.: 26 – Consulta 5 (Consumidor Residencial < 50 m³/mês)

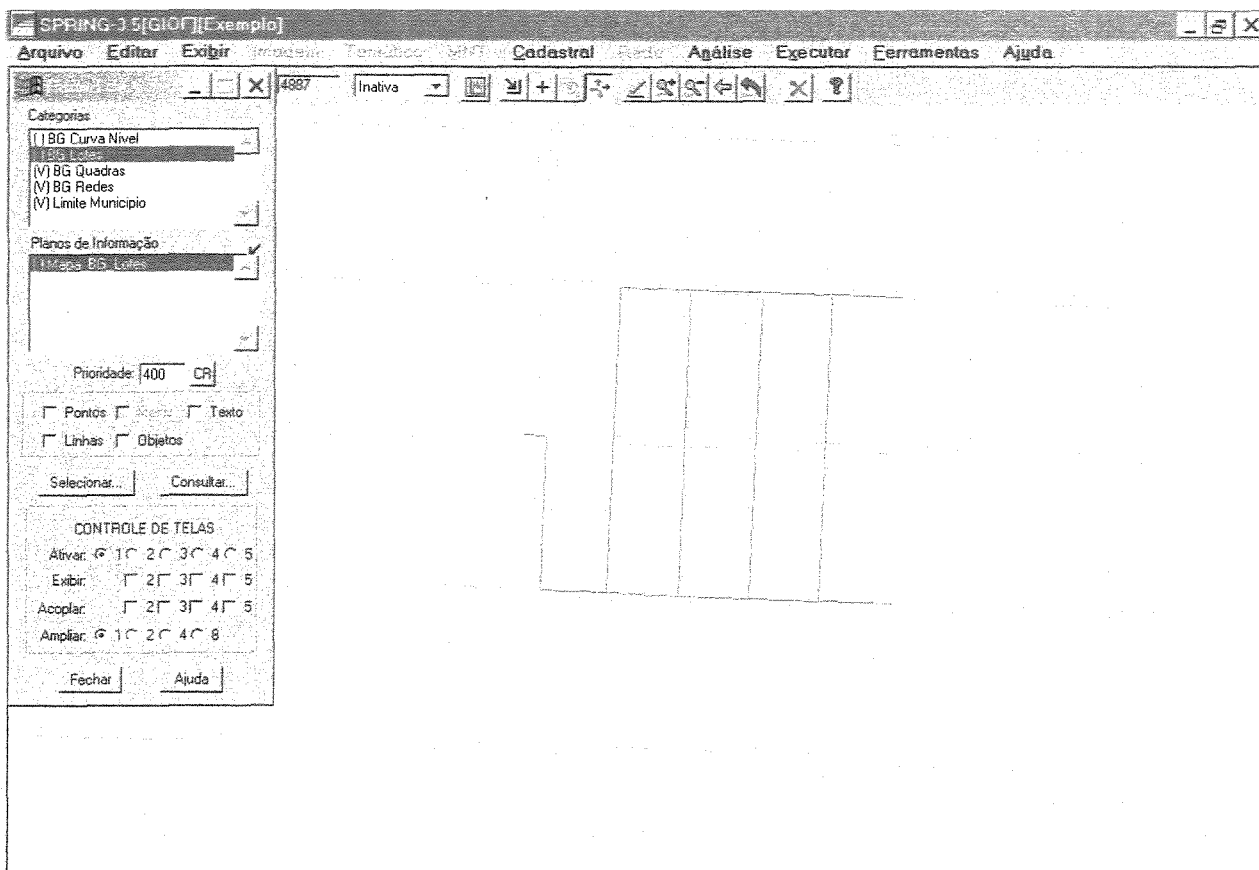


Fig.: 27 – Consulta 6 (Redes de Distribuição em Estudo)

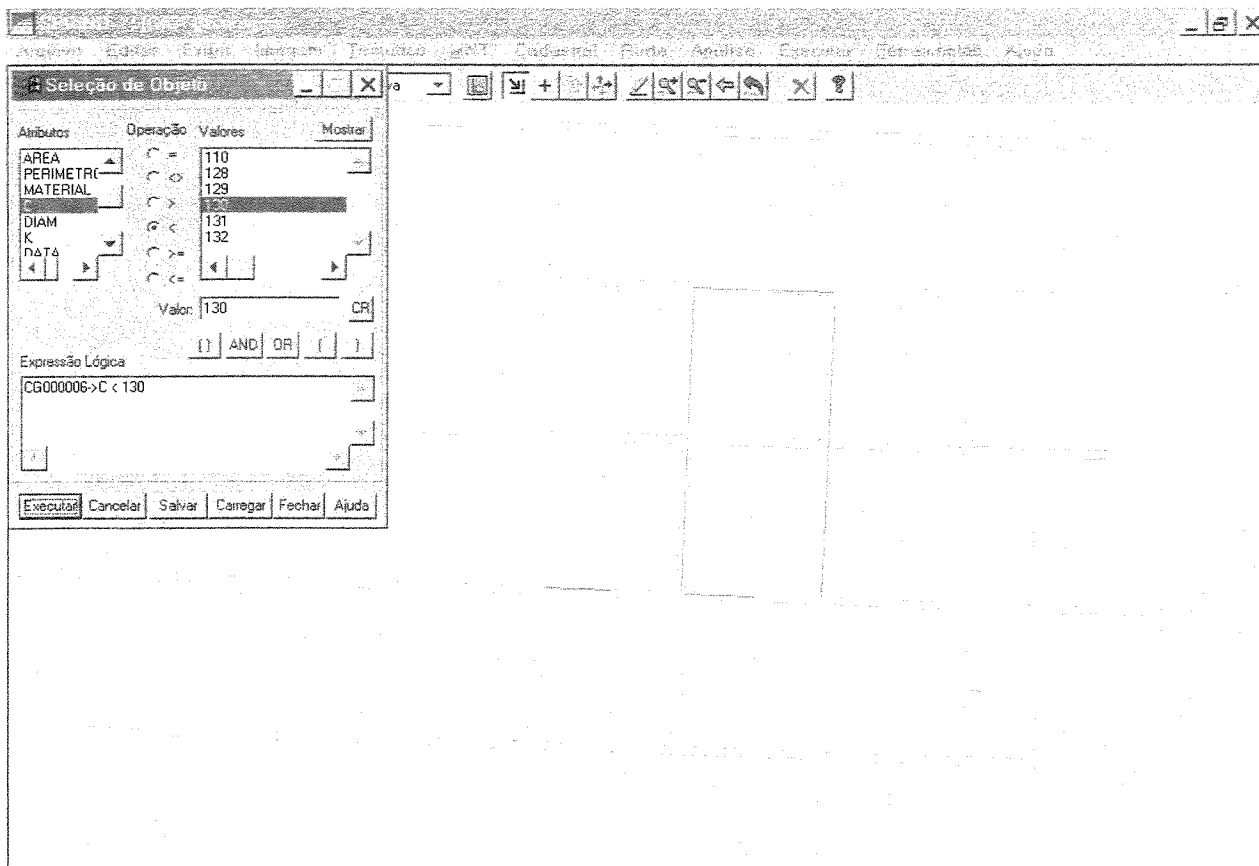


Fig.: 28 – Consulta 7 (Redes com C < 130)

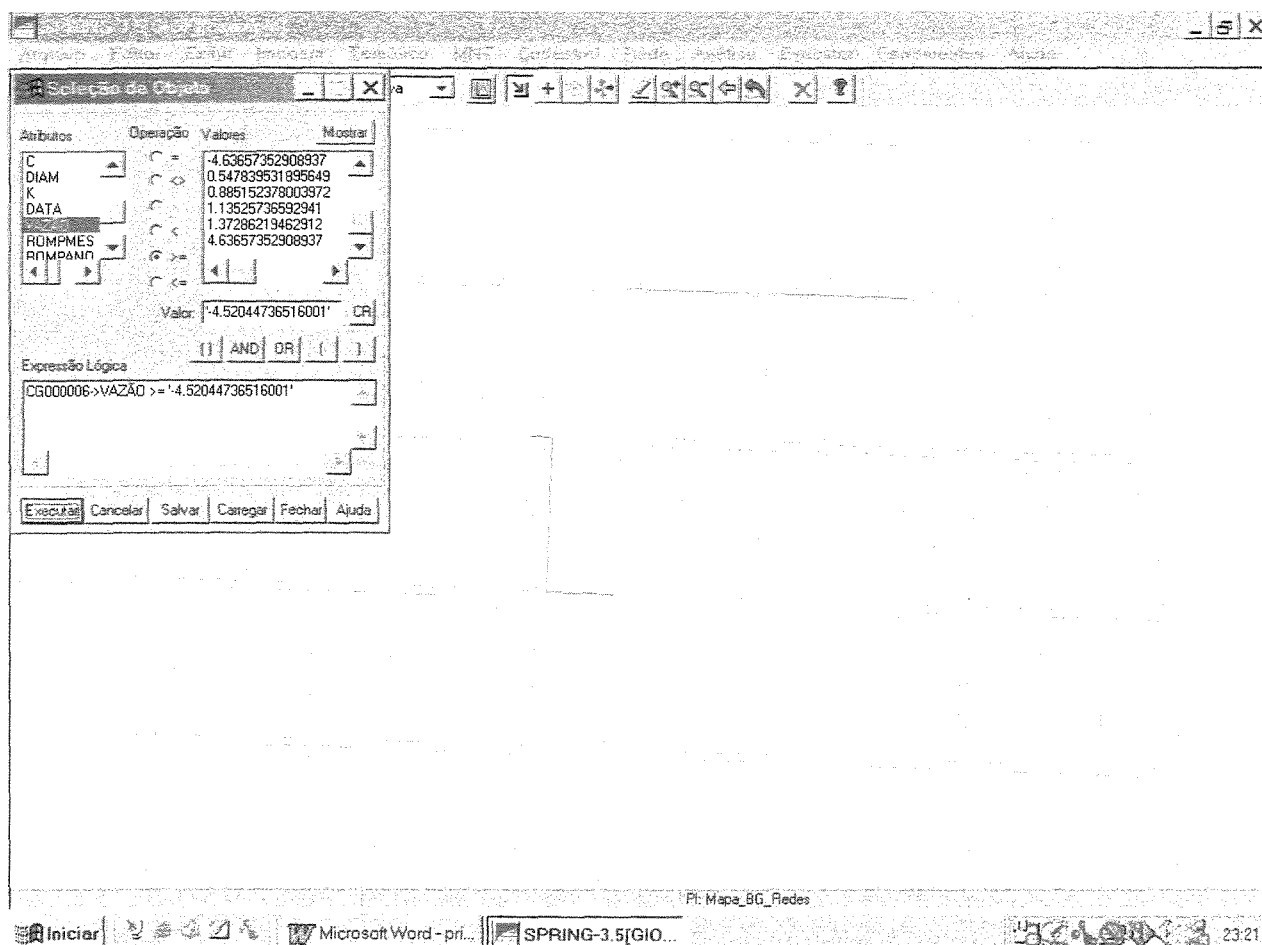


Fig.: 29 – Consulta 8 (Redes com Vazão $\geq 4,52$ l/s)

Resumo das Consultas (figs. 22 a 29)

- Fig.: 22 Localização do Setor de Abastecimento – Barão Geraldo (Munic. Campinas)
- Fig.: 23 Consumidores Cadastrados na Área de Estudo
- Fig.: 24 Consumidores da Área de Estudo localizados no lado Par da Rua Dr. Lauro Pimentel
- Fig.: 25 Identificação de Consumidores Comerciais da Área de Estudo
- Fig.: 26 Consumidores Resid. da Área de Estudo com consumo mensal ($<$) $50 \text{ m}^3/\text{mes}$
- Fig.: 27 Redes de Distribuição da Área em Estudo
- Fig.: 28 Redes de Distrib. da Área de Estudo com Valor de Hazen-Williams (C) ($<$) 130
- Fig.: 29 Redes de Distribuição da Área em Estudo com Vazão ($\geq$) $4,52 \text{ l/s}$

6 Conclusões e Recomendações

A revisão Bibliográfica apresentada, possibilitou estabelecer condições de caracterizar e classificar os vários tipos de Modelos de Simulação e alguns processos de Calibração (precisão e técnicas), para uso no Sistema de Gerenciamento Hidráulico; foi possível também exemplificar através de algumas figuras (fotos), parte dos componentes e acessórios existentes nos sistemas de adução e distribuição. Para o Sistema de Gerenciamento Cadastral, a revisão possibilitou abordar tópicos que esclareceram e justificaram o uso do SIG para este fim, através das definições e dos conceitos, quanto ao uso de orientação a objetos, estruturas de Bancos de Dados, Banco de Dados Relacionais, Geoprocessamento (introdução, características, evolução e gerações).

A revisão bibliográfica possibilitou também, o fortalecimento das condições de pesquisas dos Aplicativos (Softwares) que pudessem ser utilizados no **GIOF** como **Sistemas de Gerenciamento** (Hidráulico e Cadastral), deixando claro e específico os critérios de escolha dos respectivos programas.

Apesar da indicação e uso do **WaterCad** no Estudo de Caso apresentado, o programa **EPANET** pode substituí-lo sem grandes perdas técnicas, pois faz os mesmos tipos de cálculo, apenas não possibilita a geração automática de topologia parcial e inclusão de observações operacionais (que podem ser inseridas no Gerenciador Cadastral - SIG), mas traz a importância financeira de aquisição “zero” (domínio público), que é sem dúvida um fator decisivo para a maioria das **ES**.

O **SPRING** mostrou-se um programa Gerenciador Cadastral (SIG) de boa performance, sendo atualizado periodicamente; possui acesso a diversos tipos de Banco de Dados Relacionais,

o que facilita seu uso com a ferramenta desenvolvida como Interface para realizar a integração (atualização de dados) entre o Sistema de Gerenciamento Hidráulico (**MS**) e o Sistema de Gerenciamento Cadastral (**SIG**), cujas atividades garantiram que, o uso de um Banco de Dados Relacional intermediário no processo de consulta à Base de Dados e atualização da mesma, através de instruções **SQLs**, pode ser sistematizada por duas **MACROS**, que agilizam o processo, e foram agrupadas num arquivo executável denominado **ATUALIZADOR**, cujo acesso é obtido pelo uso de um Aplicativo gerenciador **GIOF – Utilitário**, o qual também faz parte dos objetivos propostos.

O Estudo de Caso possibilitou constatar a versatilidade do uso dos Programas utilizados.

- **Watercad** como **Gerenciador Hidráulico**, *criou de forma automática a topologia parcial da rede, realizou o cálculo hidráulico e gerou (importou e exportou) dados para um Banco de dados Relacional externo (ver tabelas no apêndice “A”);*
- **SPRING** como **Gerenciador Cadastral**, *classificou, visualizou Mapas temáticos, (ver aplicativo) e consultou objetos com variáveis – atributos (ver figuras no apêndice “A”);*
- **ATUALIZADOR**, *como Ferramenta de Interface entre os Gerenciadores Hidráulico e Cadastral, atualizou informações entre eles através de consultas.*

Resumindo, conseguiu-se realizar neste trabalho, as **pesquisas** dos Aplicativos (Softwares) a serem utilizados nos **Sistemas de Gerenciamento Hidráulico e Cadastral**; **desenvolver o processo de interface** entre o **MS** e o **SIG**, que facilitará os procedimentos de **Otimização** na Operação de Adução e Distribuição, **Controle dos Índices de Qualidade da Água**, **Controle de Variáveis** (vazão, pressão, demanda, etc.), **Setorização** (PARS - Processo de Análise de Redes Setoriais), **Controle das Perdas e da Água não Faturada** (PRP - Processo de Recuperação de Perdas) e a implantação da **Instrumentação e Controle** dos Sistemas de Adução e Distribuição, totalmente integrados em um **único aplicativo gerenciador**,

Concluimos ainda que, a implantação do **GIOF** nos Módulos propostos (**Ações Imediatas, Interfaces, Setorização, Automação e Controle**), proporciona às empresas prestadoras de serviço de água, uma **programação** e a **distribuição** adequada de **recursos** obedecendo um cronograma de atividades, correlatas em cada Módulo, nas quais, se agrega valor à empresa com o **Treinamento dos Recursos Humanos** na aplicação das novas tecnologias informatizadas introduzidas.

Cumpre salientar, e **recomendar**, que o **GIOF**, conforme proposto, poderá (*e seria desejável que assim fosse*) ser implantado em todos os municípios do Estado de São Paulo, ou mesmo em Nível Nacional, onde as **ES**, quer sejam administradas de forma *autônoma, estatal* ou *privada* (terceirizada), pudessem ser integradas em nível de **Comitês de Bacias**, pois os trabalhos se desenvolveriam concomitantemente nas várias **ES** (municípios) e o treinamento dos recursos humanos, acessórias e outros investimentos, seriam nele (**Comitê**) centralizados, onde possibilitaria que os custos sofressem sensíveis reduções, além de poder integrar os dados das empresas a uma **Central de Informações**, que concentraria os valores relevantes dos **Recursos Hídricos** pertinentes a cada **Bacia Hidrográfica**.

Do ponto de vista de empresas estaduais, os **programas** (softwares), as **interfaces**, a **setorização**, o **controle da qualidade da água** e o **controle das perdas**, seriam conceituados e desenvolvidos genericamente e deverão ser implantados em todos os municípios pertencentes ao órgão gestor, facilitando os procedimentos gerenciais e possibilitando a fácil auditoria nas várias unidades da empresa. A integração gerencial global será implantada através de uma rede privada (**LP**) de telecomunicação locada para uso exclusivo, comunicação por ondas de rádio, ou ainda via internet.

Recomenda-se sempre que alguma informação for acrescentada, corrigida ou atualizada quer no ambiente **SIG** ou no **MS**, ambos os Bancos de Dados devam ser atualizados com os cálculos hidráulicos refeitos. Recomenda-se que este procedimento seja feito uma vez ao dia para que as informações possam estar corretas e atualizadas, conforme procedimento a ser estabelecido pelo órgão gestor, até que o Sistema de **Instrumentação e Controle** esteja implantado e as informações atualizadas “on line” pelo Sistema SCADA.

A expectativa compreende também que os avanços tecnológicos obtidos com a implantação do **GIOF**, conforme proposta neste trabalho, proporcione às **ES** destaque gerencial entre as empresas de saneamento no **BRASIL**.

Os procedimentos gerenciais e o esquema desenvolvido poderá ser adaptado para o gerenciamento das redes de coleta e afastamento de esgotos sanitários, em trabalhos complementares a serem sugeridos, possibilitando às **ES** total controle dos Recursos Hídricos de uma bacia hidrográfica.

Referências Bibliografias

- ABBOT, M. – LINDEMBERG, S.: “The fourth generation of numerical modelling in hydraulics”, Journal of hidraulic reserch – vol. 29, no. 186, pp. 581 – 600, 1991.
- BHAVE, P. R.: “Calibrating Water Distribution Network Models”, Journal of Enviromental Engineering, ASCE, USA, 1988.
- CABRERA, E. – GARCÍA-SERRA, J. – IGLESIAS, P.: “Modelización de Redes de Distribución. Desde el Régimen Permanente Hasta el Golpe de Ariete, Mejora del Rendimiento y de la Fiabilidad en Sistemas de Distribución de Agua”, Universidad Politécnica de Valencia, España, 1994.
- CESARIO, A. L. – DAVIS, J. O.: “Calibrating water systems models”, Am. Water Works Assoc., 76(7), 66-69, 1984.
- EGGNER, C. L. – POLKOWSKI, L. B.: “Network Models and Impact of Modeling Assumptions”, Journal of the American Water Works Association, 68(4), 189-196, 1976.
- INPE: “Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais”, Manual de Consulta e Procedimentos do Programa SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas), 2001
- KOELLE, E.: “Análise de Transientes Hidráulicos em Sistemas de Conduitos Forçados”, Intercâmbio Internacional Sobre Transientes e Cavitação, CTH/DAEE/ABES, São Paulo,

Brasil, 1982.

- LUVIZOTTO, E.: “Controle Operacional de Redes de Abastecimento de Água auxiliado por Computador”, Tese de Doutorado Apresentado à Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 1995.
- MEDEL, JOSEFINA O. - ALEJO, LEONEL H. OCHOA: “Hidráulica Básica en Redes Hidráulicas”, Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua.
- MOURA, ANDRÉ NEGRÃO DE: “Sistema de Informações Geográficas Aplicado à Sistemas de Abastecimento de Água”, Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 2001.
- ORMSBEE, L. E. – WOOD, D. J.: “Explicit Pipe Network Calibration”, Water Resource Planning and Mgmt., ASCE, 112(2), 166-182, 1986.
- ORTÍZ, VÍCTOR J. BOURGUETT(*) – MONTES, MARTÍN FERNNÁNDEZ (**) – ALACANTAR, JUAN MANUEL TOVAR (**): “Modelos de Simulación Hidráulica y uso del Modelo Estático”, (*) Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua, (**) Universidad Autónoma de Guanajuato.
- ORTÍZ, VÍCTOR J. BOURGUETT - ALEJO, LEONEL H. OCHOA – VARELA, J. MANUEL RODRÍGUEZ - MEDEL, JOSEFINA O.: “Calibración de Modelos de Simulación de Redes de Distribución de Agua Potable”, Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua.
- ORTÍZ, VÍCTOR J. BOURGUETT - VARELA, J. MANUEL RODRÍGUEZ: “Sectorización de Redes de Distribución de Agua”, Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua.
- RAHAL, C. M. – STERLING, M. J. H. – COULBECK, B. : “Parameter T. for Simulation Models of Water Distribution Networks”, Proc., Inst. C. Engrs., 69(2), London, England,

751-762, 1980.

- SHAMIR, U. – HOWARD, C. D. D.: “Engineering analysis of water distribution systems”, J. Am. Water assoc., 69(9), 510-514, 1977.
- WALSKI, T.: “Technique for calibrating network models, Journal Water Resources Planning and Management”, ASCE, USA, 1983.
- WALSKI, T.: “Case study: pipe network model calibration issues, Journal Water Resources Planning and Management”, ASCE, USA, 1986.

Catálogos de produtos:

- BERMAD CONTROL VALVES: “Bermad Interactive Catalog”, Version 2.3D.
- CONFAB: “Catálogo Eletrônico CONFAB”, V 1.0.
- CMB Plus: “FEBCO Backflow Prevention & Bailey Valves Software”, V 2.1.
- HAESTAD METHODS: “Computer Applications Hydraulic Engineering”, Academic CD.
- TICRE: “Tigre Catálogo Eletrônico de Produtos”, 2.0.
- TUPY UTILITY: “Catálogo Eletrônico”, TupyCad (2.0), TupyWin (1.1), TupyGás (2.0).
- WEG: “WEG Eletronic Catalogue”, Version 3.0.

Bibliografias Recomendadas

- ANDRADE, JOSÉ G. P. de: “Análise e Otimização da Operação de Usinas Hidrelétricas”, Tese de Livre Docente apresentada à Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.
- CITRON, S.J.: “Elements of Optimal Control” – Hole, Rinehart And Winston, Inc., 1969.
- GAMBALE, SÉRGIO RICARDO: “Aplicação de algoritmo genético na calibração de redes de água”, Dissertação de Mestrado - EPUSP - São Paulo, 2000.
- KOELLE, E.: “Control Valves Inducing Oscillatory Flow in Hydraulic Networks”, Balkema Rotterdam, 1992.
- POLL, H. G.: “Comportamento Dinâmico de Válvulas de Controle em Redes Hidráulicas”, Tese de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- RALSTON, A. & WILF, H.S.: “Mathematical Methods for Digital Computers”, New York/London, Wiley and Sons, 1960.
- TULLIS, J.P.: “Control of Flow in Closed Conduits”, Colorado State University, 1970.

Apêndices

Apêndice A: Tabelas Comparativas de Atualização entre o MS e SIG
“Estudo de Caso”

Tab.: 2 – Banco de Dados WaterCad (Pressure Junction) - condição inicial

LABEL	DEMAND_M³/MIN	ELEVATION_M	PATTERN	CALCULATED_HYDRAULIC_GRADE_M	PRESSURE_HEAD_M
J-11	0	0	Fixed		
J-9	0	0	Fixed		
J-12	0	0	Fixed		
J-6	0	0	Fixed		
J-3	0	0	Fixed		
J-8	0	0	Fixed		
J-13	0	0	Fixed		
J-5	0	0	Fixed		
J-2	0	0	Fixed		
J-7	0	0	Fixed		
J-10	0	0	Fixed		
J-4	0	0	Fixed		

Tab.: 3 – Banco de Dados WaterCad (Pressure Pipe) - condição inicial

LABEL	DIAMETER_MM	LENGTH_M	MATERIAL	DARCY-_WEISBACH_E_MHAZEN-_WILLIAMS_C	DISCHARGE_M³/MIN	VELOC_M/S
P-2	50	73.7	Ductile Iron		130	
P-9	50	323.4	Ductile Iron		130	
P-15	50	15.2	Ductile Iron		130	
P-7	50	74.9	Ductile Iron		130	
P-11	50	323.1	Ductile Iron		130	
P-1	50	74.7	Ductile Iron		130	
P-12	50	163.9	Ductile Iron		130	
P-6	50	73.1	Ductile Iron		130	
P-4	50	71.6	Ductile Iron		130	
P-14	50	73.4	Ductile Iron		130	
P-10	50	323.1	Ductile Iron		130	
P-5	50	73.1	Ductile Iron		130	
P-3	50	74.7	Ductile Iron		130	
P-8	50	323.4	Ductile Iron		130	
P-13	50	74.9	Ductile Iron		130	

Tab.: 4 – Banco de Dados SPRING (Lotes) - condição inicial

Juncao	Setor	Zona	Bloco	Lado	Uso	Propriet	Ligacao	Economia	Consumo (m3/mes)	Demanda (l/s)	Cota (m)	Pressão (mca)	Fatura
J-8	1	B	1	P	Resid	Paulo 6	1	1	49	0	644		
J-4	1	B	1	I	Resid	Paulo 7	1	1	35	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 23	1	1	42	0	642		
J-3	1	B	1	I	Resid	Paulo 38	1	1	24	0	637		
J-8	1	B	1	P	Resid	Paulo 2	1	1	45	0	644		
J-8	1	B	1	P	Resid	Paulo 1	1	1	50	0	644		
J-8	1	B	1	P	Resid	Paulo 3	1	1	35	0	644		
J-8	1	B	1	P	Resid	Paulo 4	1	1	68	0	644		
J-8	1	B	1	P	Resid	Paulo 5	1	1	54	0	644		
J-4	1	B	1	I	Resid	Paulo 8	1	1	24	0	642		
J-4	1	B	1	I	Resid	Paulo 9	1	1	65	0	642		
J-4	1	B	1	I	Resid	Paulo 10	1	1	24	0	642		
J-4	1	B	1	I	Resid	Paulo 11	1	1	59	0	642		
J-4	1	B	1	I	Resid	Paulo 12	1	1	85	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 13	1	1	45	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 14	1	1	68	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 15	1	1	96	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 16	1	1	35	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 17	1	1	47	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 18	1	1	52	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 19	1	1	43	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 20	1	2	65	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 21	1	1	58	0	642		
J-4	1	B	1	P	Resid	Paulo 22	1	1	65	0	642		

Juncao	Setor	Zona	Bloco	Lado	Uso	Propriet	Ligacao	Economia	Consumo (m3/mes)	Demanda (l/s)	Cota (m)	Pressão (mca)	Fatura
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 24	1	1	53	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 25	1	1	65	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 26	1	1	35	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 27	1	1	56	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 28	1	1	50	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 29	1	1	62	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 30	1	1	35	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 31	1	1	45	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 32	1	1	24	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 33	1	1	63	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 34	1	1	25	0	637		
J-3	1	B	1	P	Resid	Paulo 35	1	1	54	0	637		
J-3	1	B	1	I	Resid	Paulo 36	1	1	58	0	637		
J-3	1	B	1	I	Resid	Paulo 37	1	1	63	0	637		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 39	1	1	15	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 40	1	1	25	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 41	1	1	63	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 42	1	1	35	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 43	1	1	24	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 44	1	1	53	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 45	1	1	65	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 46	1	1	75	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 47	1	1	24	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 48	1	1	63	0	633		
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 49	1	1	58	0	633		

Juncao	Setor	Zona	Bloco	Lado	Uso	Propriet	Ligacao	Economia	Consumo (m3/mes)	Demanda (l/s)	Cota (m)	Pressão (mca)	Fatura
J-7	1	B	1	I	Resid	Paulo 50	1	1	63	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 52	1	1	41	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 51	1	1	24	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 53	1	1	51	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 54	1	1	40	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 55	1	1	60	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 56	1	1	35	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 57	1	1	52	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 58	1	1	41	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 59	1	1	40	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 60	1	1	23	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 61	1	1	35	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 62	1	1	65	0	633		
J-7	1	B	1	P	Resid	Paulo 63	1	1	35	0	633		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 64	1	1	24	0	633.5		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 65	1	1	52	0	633.5		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 66	1	1	45	0	633.5		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 67	1	1	60	0	633.5		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 68	1	1	54	0	633.5		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 69	1	1	53	0	633.5		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 70	1	1	51	0	633.5		
J-10	1	B	1	I	Resid	Paulo 71	1	1	53	0	633.5		

Tab.: 5 – Banco de Dados SPRING (Redes) - condição inicial

Tubo	MATERIAL	DIAM (mm)	C	K	Extensão (m)	Vazão (l/s)	DATA	ROMPMES	ROMPANO
P-15	PVC	200	130				25/12/95	1	3
P-12	PVC	200	131				25/12/95	0	0
P-4	PVC	150	129				25/12/95	0	0
P-2	PVC	100	132				25/12/95	0	2
P-1	PVC	75	128				25/12/95	0	0
P-6	PVC	50	131				25/12/95	0	0
P-13	PVC	50	130				25/12/95	1	3
P-11	PVC	100	130				25/12/95	0	0
P-10	PVC	50	129				25/12/95	0	0
P-9	PVC	50	130				25/12/95	0	0
P-8	PVC	50	128				25/12/95	2	4
P-14	PVC	75	130				25/12/95	0	0
P-3	FoFo	75	110				25/12/95	0	2
P-5	FoFo	50	110				25/12/95	5	6
P-7	PVC	50	130				25/12/95	0	0

Tab.: 6 – Banco de Dados WaterCad (Pressure Junction) - condição final

LABEL	DEMAND_M³/MIN	ELEVATION_M	PATTERN	CALCULATED_HYDRAULIC_GRADE_M	PRESSURE_HEAD_M
J-9	0.027	628.5	Fixed	668.88	40.3
J-11	0.0298	624	Fixed	668.78	44.8
J-12	0.0298	625	Fixed	668.71	43.7
J-6	0.0295	634	Fixed	669.56	35.5
J-3	0.0165	637	Fixed	669.7	32.7
J-8	0.007	644	Fixed	669.97	25.9
J-13	0.0329	618	Fixed	668.59	50.6
J-5	0.028	628	Fixed	669.42	41.4
J-2		651	Fixed	669.99	18.9
J-7	0.0256	633	Fixed	669.82	36.8
J-10	0.0315	633.5	Fixed	669.56	36.1
J-4	0.021	642	Fixed	669.92	27.9

Tab.: 7 – Banco de Dados WaterCad (Pressure Pipe) - condição final

LABEL	DIAMETER_MM	LENGTH_M	MATERIAL	DARCY-_WEISBACH_E_MHAZEN-_WILLIAMS_C	DISCHARGE_M³/MIN	VELOC_M/S
P-2	100	73.7	Ductile Iron	132	-0.1513	0.32
P-9	50	323.4	Ductile Iron	130	-0.0127	0.11
P-15	200	15.2	Ductile Iron	130	0.2782	0.15
P-7	50	74.9	Ductile Iron	130	0.0328	0.28
P-11	100	323.1	Ductile Iron	130	-0.0988	0.21
P-1	75	74.7	Ductile Iron	128	-0.1085	0.41
P-12	200	163.9	Ductile Iron	131	-0.2782	0.15
P-6	50	73.1	Ductile Iron	131	-0.0663	0.56
P-4	150	71.6	Ductile Iron	129	-0.2712	0.26
P-14	75	73.4	Ductile Iron	130	0.0823	0.31
P-10	50	323.1	Ductile Iron	129	-0.0172	0.15
P-5	50	73.1	Ductile Iron	110	0.0531	0.45
P-3	75	74.7	Ductile Iron	110	0.0681	0.26
P-8	50	323.4	Ductile Iron	128	-0.0096	0.08
P-13	50	74.9	Ductile Iron	130	-0.0297	0.25

Tab.: 8 – Banco de Dados SPRING (Lotes) - condição final

Juncao	Setor	Zona	Bloco	Lado	Uso	Propriet	Ligacao	Economia	Consumo (m3/mes)	Demanda (l/s)	Cota (m)	Pressão (mca)	Fatura
J-8	1	B	1	P	Reside	Paulo 6	1	1	49	0.1161	644	25.97	
J-4	1	B	1	I	Reside	Paulo 7	1	1	35	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 23	1	1	42	0.3503	642	27.92	
J-3	1	B	1	I	Reside	Paulo 38	1	1	24	0.2746	637	32.7	
J-8	1	B	1	P	Reside	Paulo 2	1	1	45	0.1161	644	25.97	
J-8	1	B	1	P	Reside	Paulo 1	1	1	50	0.1161	644	25.97	
J-8	1	B	1	P	Reside	Paulo 3	1	1	35	0.1161	644	25.97	
J-8	1	B	1	P	Reside	Paulo 4	1	1	68	0.1161	644	25.97	
J-8	1	B	1	P	Reside	Paulo 5	1	1	54	0.1161	644	25.97	
J-4	1	B	1	I	Reside	Paulo 8	1	1	24	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	I	Reside	Paulo 9	1	1	65	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	I	Reside	Paulo 10	1	1	24	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	I	Reside	Paulo 11	1	1	59	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	I	Reside	Paulo 12	1	1	85	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 13	1	1	45	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 14	1	1	68	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 15	1	1	96	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 16	1	1	35	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 17	1	1	47	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 18	1	1	52	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 19	1	1	43	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 20	1	2	65	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 21	1	1	58	0.3503	642	27.92	
J-4	1	B	1	P	Reside	Paulo 22	1	1	65	0.3503	642	27.92	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 24	1	1	53	0.2746	637	32.7	

Juncao	Setor	Zona	Bloco	Lado	Uso	Propriet	Ligacao	Economia	Consumo (m3/mes)	Demanda (l/s)	Cota (m)	Pressão (mca)	Fatura
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 25	1	1	65	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 26	1	1	35	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 27	1	1	56	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 28	1	1	50	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 29	1	1	62	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 30	1	1	35	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 31	1	1	45	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 32	1	1	24	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 33	1	1	63	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 34	1	1	25	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	P	Reside	Paulo 35	1	1	54	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	I	Reside	Paulo 36	1	1	58	0.2746	637	32.7	
J-3	1	B	1	I	Reside	Paulo 37	1	1	63	0.2746	637	32.7	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 39	1	1	15	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 40	1	1	25	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 41	1	1	63	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 42	1	1	35	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 43	1	1	24	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 44	1	1	53	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 45	1	1	65	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 46	1	1	75	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 47	1	1	24	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 48	1	1	63	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 49	1	1	58	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	I	Reside	Paulo 50	1	1	63	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 52	1	1	41	0.4263	633	36.81	

Juncao	Setor	Zona	Bloco	Lado	Uso	Propriet	Ligacao	Economia	Consumo (m3/mes)	Demanda (l/s)	Cota (m)	Pressão (mca)	Fatura
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 51	1	1	24	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 53	1	1	51	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 54	1	1	40	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 55	1	1	60	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 56	1	1	35	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 57	1	1	52	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 58	1	1	41	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 59	1	1	40	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 60	1	1	23	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 61	1	1	35	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 62	1	1	65	0.4263	633	36.81	
J-7	1	B	1	P	Reside	Paulo 63	1	1	35	0.4263	633	36.81	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 64	1	1	24	0.5246	633.5	36.06	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 65	1	1	52	0.5246	633.5	36.06	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 66	1	1	45	0.5246	633.5	36.06	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 67	1	1	60	0.5246	633.5	36.06	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 68	1	1	54	0.5246	633.5	36.06	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 69	1	1	53	0.5246	633.5	36.06	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 70	1	1	51	0.5246	633.5	36.06	
J-10	1	B	1	I	Reside	Paulo 71	1	1	53	0.5246	633.5	36.06	

Tab.: 9 – Banco de Dados SPRING (Redes) - condição final

Tubo	MATERIAL	DIAM (mm)	C	K	Extensão (m)	Vazão (l/s)	DATA	ROMPMES	ROMPANO
P-15	PVC	200	130		15.2	4.63	25/12/95	1	3
P-12	PVC	200	131		163.9	-4.63	25/12/95	0	0
P-4	PVC	150	129		71.6	-4.52	25/12/95	0	0
P-2	PVC	100	132		73.7	-2.52	25/12/95	0	2
P-1	PVC	75	128		74.6	-1.81	25/12/95	0	0
P-6	PVC	50	131		73.1	-1.10	25/12/95	0	0
P-13	PVC	50	130		74.9	-0.49	25/12/95	1	3
P-11	PVC	100	130		323.1	-1.64	25/12/95	0	0
P-10	PVC	50	129		323.1	-0.28	25/12/95	0	0
P-9	PVC	50	130		323.3	-0.21	25/12/95	0	0
P-8	PVC	50	128		323.3	-0.16	25/12/95	2	4
P-14	PVC	75	130		73.4	1.37	25/12/95	0	0
P-3	FoFo	75	110		74.6	1.13	25/12/95	0	2
P-5	FoFo	50	110		73.1	0.88	25/12/95	5	6
P-7	PVC	50	130		74.9	0.55	25/12/95	0	0

Apêndice B: (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água)

Definição de Indicadores Básicos de Perdas – DTA / A2

1.1 Definição de Indicadores Básicos

1.1.1 Informações-Chave

Na formação de um indicador de desempenho, são consideradas informações-chave aquelas que compõem diretamente o indicador, sem as quais este não pode ser definido. São considerados indicadores de controle ou contabilidade aqueles que permitem avaliar a confiabilidade das informações-chave mas que não figuram diretamente na composição do indicador estudado.

As Informações-chave que como o volume utilizado envolvem múltiplos indicadores de controle e confiabilidade, dificilmente serão, na prática, correspondidas por todos os controles indicados. Mas a existência ou não desses controles, e em que nível de conhecimento, dará subsídios para aferir a confiabilidade da informação-chave, em uma escala objetiva.

Nesta subseção e na seção 1.1.3 são sugeridas, respectivamente, as informações-chave e os indicadores de controle e confiabilidade que compõem o elenco mínimo de informações técnicas e gerenciais necessárias para se obter indicadores básicos de perdas nos sistemas de abastecimento de água.

São Informações-chave:

- **Volume disponibilizado (VD).** Soma algébrica dos volumes produzido, exportado e importado, disponibilizados pela **distribuição** no sistema de abastecimento considerado;
- **Volume produzido (VP).** Volumes efluentes da(s) ETA(s) ou unidade(s) de tratamento simplificado no sistema de abastecimento considerado;
- **Volume importado (VIm).** Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidos de outras áreas de serviço e/ou de outros agentes produtores; e
- **Volume exportado (VEx).** Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, transferidos para outras áreas de serviço e/ou para outros agentes distribuidores;
- **Volume utilizado (VU).** Soma dos volumes micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial;
- **Volume micromedido (Vm).** Volumes registrados nas ligações providas de medidores;
- **Volume estimado (VE).** Correspondente à projeção de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;
- **Volume recuperado (VR).** Correspondente à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;

- **Volume operacional (VO).** Volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutoras, subadutoras e distribuição); e
- **Volume especial (VEs).** Volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços;
- **Volume faturado (VF).** Todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturados pelo sistema comercial do prestador de serviços;
- **Número de ligações ativas (LA).** Providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento mensal;
- **Número de ligações ativas micromedidas (Lm).** Ligações ativas providas de medidores;
- **Extensão parcial da rede (EP).** Extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição, não contabilizados os ramais prediais;
- **Extensão total da rede (ET).** Extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais; e
- **Número de dias (ND).** Quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.

1.1.2 Indicadores Básicos de Desempenho

Derivados das informações-chave são determinados em diferentes níveis de

confiabilidade segundo a disponibilidade e a precisão dos indicadores de controle e confiabilidade definidos na subseção 1.1.3 - os seguintes indicadores básicos:

- **Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC);**
- **Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF);**
- **Índice Linear Bruto de Perda (ILB); e**
- **Índice de Perda por Ligação (IPL);**

A-) Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água não Contabilizada (ANC)

Relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado. A água que é disponibilizada e não utilizada constitui uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto das perdas físicas e não físicas no subsistema de distribuição. Estas últimas são em grande parte associadas aos desvios de medição (macro e micro), que poderão ser devidamente contabilizados quando forem normalizados os critérios de fixação dos fatores k, definidos na seção 1.1.3. Enquanto isso não acontece, os valores obtidos - mesmo para os casos de serviços com 100% de macro e micromedição - incorporam perdas não físicas, diferentemente de alguns indicadores análogos estrangeiros, que só consideram as perdas físicas (ver Capítulo 3 – DTA2/PNCDA “Estudos Nacionais e Estrangeiros sobre Indicadores de Perdas”).

$$\text{IPD} = \frac{\text{VD} - \text{VU}}{\text{VD}} \times 100$$

A contabilidade do indicador corresponderá à menor entre C(VD) e C(VU), fixadas conforme critérios definidos na seção 1.1.3.

B-) Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)

Expressa a relação entre volume disponibilizado e volume faturado. É claramente uma composição de perdas físicas e não físicas que, além daquelas atribuídas a desvios de medição, incorporam volumes utilizados não cobrados, como o volume especial e o volume operacional.

Por isso, mesmo na perspectiva de 100% de macro e micromedição com ajuste dos respectivos fatores k de desvios sistemáticos, este indicador sempre estará expressando uma parcela de volumes que não são fisicamente perdidos.

$$\text{IPF} = \frac{\text{VD} - \text{VF}}{\text{VD}} \times 100$$

A confiabilidade do indicador corresponderá a menor entre C(VD) e C(VF), fixadas conforme critérios definidos na subseção 1.1.3.

C-) Índice Linear Bruto de Perda (ILB)

Relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado à extensão parcial da rede. É um indicador válido para a comparação de desempenho entre serviços, desde que envolva fatores de confiabilidade compatíveis. As perdas expressas nesse indicador incorporam perdas físicas e não físicas, uma vez que não se controlam os desvios sistemáticos de medição.

Ao se aplicar como denominador a extensão parcial das redes de adução, subadução e distribuição - pois não foram incluídos os ramais prediais -, obtém-se um valor mais conservador do que o índice linear de perdas geralmente calculado no exterior, que incorpora as extensões de ramais prediais à rede. As diferenças tendem a ser muito grandes, uma vez que as extensões dos ramais prediais, somadas, podem ser maiores que a magnitude da soma das adutoras, subadutoras e rede de distribuição. Outro agravante com respeito aos indicadores estrangeiros deve-se a incorporação de perdas não físicas no numerador. Por isso, recomenda-se

extrema cautela na divulgação desse indicador, com expressa advertência quanto a não ser comparável aos índices lineares de perdas físicas estrangeiros.

$$ILB = \frac{VD - VU}{EP \times ND} \times 100$$

A confiabilidade do indicador corresponderá à menor entre C(VD), C(VU) e C(EP), fixadas conforme critérios definidos na subseção 1.1.3.

D-) Índice de Perda por Ligação (IPL)

Como o anterior, é também um indicador volumétrico de desempenho, mais preciso que os percentuais. Relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas. As magnitude obtidas na apuração desse indicador serão próximas às que seriam obtidas em indicadores análogos usados no exterior, a não ser pelo fato de que a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado expressa ainda uma parcela não desprezível de perdas não físicas. Por isso, ainda que com menos distorções que o Índice Linear Bruto de Perda (ILB), este também não deve ser utilizado na comparação com serviços estrangeiros sobre os quais se contam apenas as perdas físicas.

$$IPL = \frac{VD - VU}{LA \times ND}$$

A confiabilidade do indicador corresponderá à menor entre C(VD) e C(VU), fixadas conforme critérios definidos na subseção 1.1.3.

1.1.3 Indicadores de Controle e Confiabilidade

A confiabilidade das informações operacionais depende do nível de controle efetivo que se tenha em suas origens. Em princípio, é possível fixar-se para cada controle uma escala de variação de 0 a 1 (ou de 0 a 100%), segundo a qual se estabeleceria a confiabilidade relativa da informação com respeito àquele controle. Para cada informação, a ponderação dos indicadores relativos aos diferentes controles resultará em um indicador de confiabilidade médio, que poderá servir de base para a validação ou não daquela informação para fins de comparação com outros serviços.

Preliminarmente, pode-se estabelecer 4 faixas de validade de informações associadas ao conhecimento estatístico corrente, conforme tabela a seguir.

Tab.: 10 - Aplicação da Escala de Confiabilidade no Gerenciamento de Informações

Faixa de variação	Condições de validade da informação
0,80 a 1,00	Informação plenamente confiável para fins de previsão de demanda, planejamento de oferta e comparação entre serviços.
0,60 a 0,79	Informação parcialmente confiável, com restrições sobre o uso para comparação entre serviços.
0,30 a 0,59	Aproximação de tendências, utilizável apenas para a fixação imediata de prioridades internas, sem segurança sobre comportamentos futuro se inválidas para fins de comparação entre serviços.
0 a 0,29	Informação não utilizável, é o mesmo.

A confiabilidade de uma informação-chave obviamente condiciona a contabilidade de indicadores compostos que venham a ser construídos a partir dela. No caso de controles associados a uma mesma Informação-chave, admite-se uma aplicação de estatística de médias, segundo a qual a confiabilidade daquela informação reflete a média ponderada das confiabilidades parciais. Isso é o que se faz para as ponderações desta subseção. Quando, porém, a informação é transposta para a composição de um indicador que associa mais de uma informação-chave (subseção 1.1.2), aplica-se o critério de estatística de extremos, segundo o qual

prevalece como parâmetro de qualidade do indicador composto a menor confiabilidade entre as informações empregadas.

Nesta subseção são propostos indicadores de confiabilidade associados a diferentes controles, aplicáveis a cada uma das informações-chave definidas na subseção 1.1.1.

A-) Confiabilidade do Volume Disponibilizado C(VD)

A confiabilidade da informação volume disponibilizado dependerá dos indicadores de controle descritos a seguir:

- Macromedição na saída das ETA ou unidades de tratamento simplificado, de acordo com a proporção entre o volume produzido macromedido (VPN) e o volume produzido (VP), que inclui estimativas não macromedidas;
- Macromedição de volumes importados nas adutoras de água tratada, na chegada à área de serviço considerada. de acordo com a proporção entre volumes importados macromedidos (VImM) e o total de volumes contabilizados como importados pelo serviço (VIm);
- Macromedição de volumes exportados nas adutoras de água tratada, na saída da área de serviço considerada, de acordo com a proporção entre volumes exportados macromedidos (VExN) e o total de volumes contabilizados como exportados pelo serviço (Vex); e
- Controle sobre desvios sistemáticos de macromedição. Este parâmetro diz respeito a um multiplicador (kM) a ser aplicado sobre a confiabilidade da macromedição, sendo $0 < kM < 1$. O valor 1 seria atribuído aos casos de máximo controle sobre a macromedição, no sentido de que os volumes macromedidos sejam efetivamente correspondentes à realidade. O valor mínimo a ser fixado corresponderia ao fator a ser

aplicado para sistemas de macromedição mal calibrados e sobre os quais não se disponha de controles adequados. Esse valor mínimo, porém, não seria zero nem próximo de zero. Isso porque a existência de macromedição, mesmo que mal calibrada, é uma condição de confiabilidade melhor do que a sua inexistência. Os desvios sistemáticos de macromedição, para efeito de medida de confiabilidade da informação, serão sempre tomados em módulo, pois para essa finalidade não é relevante o sinal positivo ou negativo da flutuação. Enquanto não se fixam os critérios para a sua determinação, recomenda-se adotar $kM = 1$ para todos os serviços.

A confiabilidade do volume disponibilizado - $C(VD)$ - será expressa em função do indicador complementar Índice de macromedição na distribuição (IMD), que corresponde à média ponderada de volumes macromedidos sobre os subtotais de volume produzido (VP), volume importado (VIm) e volume exportado (VEx), como se segue:

$$IMD = \frac{VPM + VImM - VExM}{VP + VIm - VEx}$$

Uma vez apurado o IMD, a confiabilidade da informação referente ao volume disponibilizado será:

$$C(VD) = kM \times IMD$$

B-) Confiabilidade do Volume Utilizado $C(VU)$

A confiabilidade da informação volume utilizado dependerá dos indicadores de controle descrito a seguir:

- Índice de micromedição do volume utilizado (ImVU). Representado pela proporção entre volume micromedido (Vm) e volume utilizado (VU):

$$ImVU = V_m / V_U$$

- Controle sobre desvios sistemáticos de micromedicação. Analogamente ao caso da macromedicação, admite-se para a micromedicação a aplicação de um fator multiplicador (k_m) que expresse a confiabilidade específica do sistema de micromedicação, baseado no módulo das flutuações sistemáticas (para mais ou para menos) da micromedicação, sendo $0 < k_m < 1$, não se admitindo a atribuição de zero ou próximo de zero no limite inferior, tendo em vista ser melhor uma micromedicação com desvios do que nenhuma. Enquanto não se estabeleçam critérios padronizados para a sua determinação objetiva, recomenda-se adotar $k_m = 1$ para todos os serviços;
- Controle sobre volume estimado. A confiabilidade do volume estimado - $C(VE)$ - será considerada máxima (0,95) quando os consumos estimados forem fixados exclusivamente com base em monitoramento estatisticamente controlado de padrões de consumo por tipo de consumidor em áreas medidas análogas às não medidas, na mesma jurisdição do sistema considerado. Será fixada em 0,5 sempre que as estimativas se basearem em combinação de levantamentos de campo realizados sobre amostra pouco significativa estatisticamente, com resultados de levantamentos de outras localidades. Será fixada em (0,3) quando os procedimentos de estimativa forem baseados na simples analogia com casos de outra(s) localidade(s);
- Controle sobre volume recuperado. A confiabilidade do volume recuperado - $C(VR)$ - será função da proporção entre o volume recuperado micromedido (VR_m) e o volume recuperado estimado (VR_e). Tendo em vista que, como regra, o volume recuperado ocorre em situação na qual se conhece relativamente bem o comportamento de ligações semelhantes na mesma área, mas que constitui, por definição, situação atípica, atribui-se o valor de 0,5 à parcela estimada. Assim, a confiabilidade do volume recuperado é:

$$C(VR) = \frac{VR_m + 0.5 VR_e}{VR}$$

- Controle sobre volume operacional. O maior controle sobre esse volume corresponde à situação em que os usos são registrados individualmente e posteriormente consolidados. Nesse caso, aplica-se confiabilidade C(VO) igual a 1 à informação. Quando for estimado com base na rotina operacional, lhe será atribuído um fator de confiabilidade C(VO) de 0,5;
- Controle sobre volume especial. A confiabilidade do volume especial - C(VEs) está diretamente relacionada à proporção de volume especial macromedido. Assim, será dada pela relação entre o volume especial macromedido (VEsM) e o volume especial (Ves):

$$C(VEs) = VEsM / VEs$$

Dessa forma a confiabilidade do volume utilizado corresponderá à média ponderada das confiabilidades de cada volume relacionadas à soma dos volumes considerados, multiplicadas - quando cabível - pelos respectivos fatores de confiabilidade de medição:

$$C(VU) = \frac{ImVU \times km \times VU \times C(VE) \times VE + C(VO) \times VO + C(VEs) \times km \times VEs + C(VR) \times VR}{VU}$$

C-) Confiabilidade do Volume Faturado C(VF)

A confiabilidade do volume faturado relaciona-se à proporção de ligações ativas micromedidas sobre o total de ligações ativas, no conceito de Índice de Hidrometração (IH) do SNIS e da AESBE/ASSEMAE, qual seja:

$$IH = \frac{\text{Núm. de Lig. Ativas Micromedidas (LM)}}{\text{Núm. de Lig. Ativas (LA)}}$$

Essa relação corresponderá à confiabilidade do volume faturado C(VF).

D-) Confiabilidade da Extensão Parcial da Rede C(EP)

A confiabilidade da informação depende da existência e da abrangências dos cadastros das redes de adução, subadução e distribuição. A confiabilidade da extensão parcial da rede será 0,6 quando as extensões forem apenas estimadas com base nas testadas médias por ligação, sem o apoio de cadastros, ou a partir de extrapolação de projetos típicos, e variará entre 0,6 e 1 linearmente, de acordo com a extensão de rede cadastrada sobre o total da extensão de rede atribuída ao sistema.

1.2- Definição de Indicadores Intermediários e Avançados

São considerados indicadores intermediários aqueles que, para sua obtenção, necessitam de informações específicas mais refinadas do que as utilizadas na construção dos indicadores básicos. Eles dizem respeito a um isolamento das perdas físicas e refinamento de sua localização específica nos sistemas.

São considerados indicadores avançados aqueles que, adicionalmente aos atributos dos indicadores básicos, envolvem um considerável esforço de monitoramento e controle operacional dos sistemas. É importante que se criem condições para sua apuração entre os serviços brasileiros, mas reconhece-se que, de imediato, não seriam praticáveis para a maior parte deles.

Entre os principais indicadores intermediários destacam-se:

- **Indicadores específicos de perda física relacionados a condições operacionais**
- **Índice de Perda Física na Distribuição (PFD); e**
- **Índice Linear de Perda Física (ILF);**
- **Indicadores de desempenho hídrico do sistema**

- **Índice de Perda Física na Produção (PFP)**
- **Índice de Perda Física na Adução (PFA);**
- **Índice de Perda Física no Tratamento (PTR); e**
- **Índice Total de Perda Física (TPF).**

Com relação aos indicadores avançados destaca-se:

- **Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP).**

Há ainda uma série de indicadores intermediários que são importantes para o controle de confiabilidade dos anteriores, como, por exemplo, a eficiência de micromedição. Contudo, não há necessidade de classificar tais indicadores em categoria específica, porque sempre são utilizados para subsidiar uma das categorias antes descritas.

Nas definições a seguir optou-se por organizar os assuntos segundo sua pertinência a condições operacionais ou ao balanço hídrico, incluindo indicadores intermediários e avançados.

1.2.1 Indicadores Específicos de Perda Física Relacionados a Condições Operacionais

A-) Índice de Perda Física na Distribuição (PFD)

Relaciona o volume fisicamente utilizado (VFU) com o volume disponibilizado (VD), de forma análoga ao Índice de Perda na Distribuição (IPD), como se segue:

$$\text{PFD} = \frac{(\text{VD}) - (\text{VFU})}{(\text{VD})} \times 100$$

A informação mais estrita de volume fisicamente utilizado vai incorporar os fatores efetivamente apurados de desvios sistemáticos de micromedição (km) e macromedição (kM), inicialmente igualados a 1, assim como os fatores estatísticos de confiabilidade aplicados sobre os consumos estimados. Para este indicador, as flutuações de km e kM, assim como os desvios estatisticamente admissíveis nos intervalos de confiança de estimativas de consumo, devem ser registradas de forma algébrica e associadas a suas faixas positivas e negativas de variação, e não mais em módulo. Isso faz com que, aplicadas as variações cabíveis, o volume fisicamente utilizado seja uma função do volume utilizado da forma:

$$VFU = VU + \delta m + \delta M \pm \delta E$$

onde δm e δM são as resultantes positivas ou negativas de erros sistemáticos de micromedição e macromedição, e δE os desvios estatisticamente fixados de consumo estimado. Para o caso das flutuações de micromedição, os valores de desvios sistemáticos associados ao coeficiente k são associados à Eficiência da micromedição (Em) na forma $\delta m = f(km, Em)$, sendo (Em) definida pela relação:

$$Em = \frac{\text{Núm. de Hidrôm. Funcionando (NHf)}}{\text{Núm. de Hidrôm. Instalados (NH)}}$$

B. Índice Linear de Perda Física (ILF)

Reflete a diferença entre volume disponibilizado e volume fisicamente utilizado distribuída pela extensão total da rede. Trata-se de um indicador mais específico que o Índice Linear Bruto de Perda (ILB) relacionado entre os indicadores básicos. Sua expressão é:

$$ILF = \frac{(VD) - (VRU)}{(ET \times (ND))}$$

A extensão total da rede inclui adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais.

A inclusão das extensões de ramais prediais é indispensável para que o indicador seja comparável aos aplicados no exterior.

C-) Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP) / Indicador Avançado

A efetiva comparação de desempenho entre serviços, mediante indicadores de perda física por extensão de rede, como o ILF, apenas será equilibrada se levadas em consideração as diferentes pressões de serviço nas redes consideradas. De maneira geral não se deve comparar as perdas lineares entre dois sistemas com grandes diferenças de pressões e daí inferir-se qualquer indicação de eficiência operacional. Os serviços que trabalham em condições de maior pressão tendem a ter maiores perdas volumétricas por extensão de rede que os que trabalham em regime de pressões menores, sem que os primeiros sejam necessariamente menos eficientes. A consideração dos efeitos da pressão pode ser feita de duas maneiras, tendo em vista a comparação entre serviços: (i) mediante a fixação de parâmetros de ILF por faixas de pressão (referidos na literatura estrangeira como *benchmarkse*), ou (ii) pelo estabelecimento de fatores de ponderação que tornem o ILF relativo, na forma de um Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP).

O primeiro procedimento, para a fixação de parâmetros por faixa de pressão, consiste na montagem de uma tabela de referência normativa, da forma:

Faixa de pressão (Mpa)	ILP de referência (m ³ /km.dia)	ILP registrado (m ³ /km.dia)
---------------------------	---	--

O segundo procedimento consiste em aplicar para cada setor de pressão um fator de ponderação do Índice Linear de Perda Física, de maneira a se obter um índice Linear Ponderado de Perda Física, da forma:

$$ILP = \frac{ILF_a \cdot \varphi_a \cdot VD_a + ILF_b \cdot \varphi_b \cdot VD_b + \dots + ILF_n \cdot \varphi_n \cdot VD_n}{VD_a + VD_b + \dots + VD_n} \times 100$$

onde:

$ILF_{a \dots n}$	$\longrightarrow$	Índice Linear de Perda Física em cada setor;
$\varphi_{a \dots n}$	$\longrightarrow$	Fator de ponderação de pressão de cada setor; e
$VD_{a \dots n}$	$\longrightarrow$	Volume disponibilizado para distribuição em cada setor.

O estabelecimento de referências por faixa de pressão e eventuais fatores de ponderação ainda deve ser melhor discutido pelas entidades representativas dos prestadores de serviços, tendo em vista adotar parâmetros que efetivamente reflitam a realidade brasileira. Hoje não se dispõe, ainda, de um levantamento sistemático de pressões associadas a perdas físicas, que permita a construção dessas faixas e fatores. Por isso, este é considerado um indicador avançado a ser adotado como parâmetro de desempenho apenas quando se detenham informações operacionais suficientes. As experiências piloto do PNCDA terão, como um de seus objetivos, o estudo das correlações entre pressão e perdas físicas em condições de operação real.

A ponderação de pressões supõe um controle adequado em cada setor, o que envolve inicialmente uma setorização suficiente e, depois, o monitoramento de pressão em cada um deles. Para muitos serviços brasileiros, em especial de pequeno porte, essas condições são muito difíceis de ser atingidas a curto prazo. Nesses casos pode-se admitir trabalhar a princípio, com um único indicador de pressão média, para relacionamento às faixas de referência. Mas, se houver evidências de que os regimes de pressão são muito diferentes ao longo da área de serviço - como em cidades de topografia muito irregular - esse indicador médio será pouco confiável.

1.2.2 Indicadores de Desempenho Hídrico do Sistema

Os indicadores de desempenho hídrico do sistema são aqueles que dizem respeito ao aproveitamento de água bruta e à eficiência das estações de tratamento. Sua consolidação com

indicadores de desempenho na distribuição pode dar uma idéia do conjunto das perdas físicas de todo o sistema, em uma aproximação de seu desempenho hídrico geral. Estes indicadores são considerados intermediários não tanto pela complexidade de cada um, mas pela necessidade de que sejam associados a indicadores de perdas estritamente físicas. De nada adianta associar, para fins de estimativa de perda total, os indicadores físicos de perda na produção aos indicadores básicos definidos na subseção 1.1.2 - que não distinguem as perdas físicas das não físicas no subsistema de distribuição.

Nada impede, porém, que esses indicadores sejam utilizados de maneira isolada, com vistas a melhorias localizadas nos subsistemas de adução de água bruta e de tratamento. Para esse fim, os indicadores PFP, PFA e PTR, a seguir apresentados, são suficientes e sua apuração, relativamente simples

Inicialmente propõe-se um Índice de Perda Física na Produção que incorpora captação e adução de água bruta e tratamento, tendo em vista possíveis dificuldades em se estabelecer medições separadas nos diferentes subsistemas. Este indicador depende apenas de uma medição, na saída da captação, além daquela de volume produzido, na saída da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

A-) Índice de Perda Física na Produção (PFP)

Leva em conta, conjuntamente, as perdas físicas na adução de água bruta e no tratamento. Este indicador é construído a partir dos dados observados de:

Volume captado (VO): volume efluente da captação; e

Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$\text{PFP} = \frac{(\text{VC}) - (\text{VP})}{(\text{VC})} \times 100$$

B-) Índice de Perda Física na Adução (PFA)

É um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção e a este não pode ser somado. Resulta da relação entre o volume captado (VC) e o volume aduzido (VA) afluente a ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PFA = \frac{(VC) - (VA)}{(VC)} \times 100$$

C-) Índice de Perda Física no Tratamento (PTR)

A exemplo do anterior, é também um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção e por isso não pode ser somado àquele. Resulta de uma relação entre os dados observados de:

Volume aduzido (VA): volume afluente a ETA ou unidade de tratamento simplificado; e

Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PTR = \frac{(VA) - (VP)}{(VA)} \times 100$$

D-) Índice Total de Perdas Física (TPF)

Será indiretamente composto pelas perdas físicas parcialmente apuradas nos subsistemas de produção e distribuição. Contudo, como estas são calculadas a partir de diferentes parâmetros, não é possível simplesmente somá-las. Será uma função do volume captado (VC), mais o volume importado (VIm), menos o volume exportado (VEx), em relação ao volume fisicamente utilizado (VFU) no sistema.

$$TPF = \frac{(VC + VIm - VEx) - VFU}{VC + VIm - VEx} \times 100$$

1.3 Melhorias Operacionais e Aumento de Confiabilidade dos Indicadores

A confiabilidade dos indicadores básicos e a capacitação para produzir indicadores intermediários e avançados dependem de uma série de avanços operacionais que permitam ao gestor do serviço de saneamento avaliar com clareza para onde e em que quantidade é destinada a água, em, cada segmento do processo de produção e distribuição. As necessidades específicas de monitoramento já foram apontadas anteriormente. A seguir são reproduzidos itens recomendados pela AESBE e pela ASSEMAE, em documento conjunto de 1997, como medidas para a maior confiabilidade das informações operacionais, as quais se aplicam à realidade atual da maioria dos serviços brasileiros. Esses itens devem ser assumidos pelo PNCDA como linhas de ação para apoio e assistência técnica em seus planos regionais e locais:

- Buscar a qualidade da macro e micromedição como forma de proporcionar valores próximos da realidade;
- Implantar rotinas ágeis e precisas de cálculo e análise dos indicadores, com a informatização dos processos de trabalho;
- Compatibilizar períodos de macro e microleitura;
- Dispor de equipe dedicada, monitorando e analisando a situação, e acionando as demais áreas da empresa em atividades de redução de perdas de água/faturamento.
- Ter 100% de macromedição permanente dos volumes de água bruta e disponibilizada para distribuição; e garantir o isolamento das áreas de influência dos macromedidores;
- Dispor de medidores de boa qualidade e resolução, adequadamente dimensionados, instalados e aferidos, com manutenção preventiva e corretiva;
- Assegurar a confiabilidade nos processos de leitura dos macromedidores,

incluindo a consistência dos valores apurados;

- Buscar a hidrometração de toda a água consumida;
- Garantir a confiabilidade nos processos de leitura dos hidrômetros por meio de microcoletores, incluindo rotina de análise ao volume apurado com base no índice de variação de consumo dos períodos anteriores;
- Implementar política de combate à clandestinidade (furto de água e violação de medidores);
- Manter as informações dos bancos de dados sempre atualizadas e coerentes com a realidade;
- Estabelecer rotinas de manutenção corretiva e preventiva, englobando a troca de hidrômetros quebrados, violados, embaçados e parados, ou com idade vencida;
- Compatibilizar o uso de hidrômetros classes B e C, de acordo com a situação de consumo ou do tipo de ligação, ...”

Observação: *Visualiza-se no Apêndice “C” uma Planilha Eletrônica (EXCEL) onde são calculados indicadores descritos neste Apêndice, cujo objetivo é auxiliar as decisões e ações que busquem atingir a Redução (recuperação) e Controle de Perdas. Esta Planilha é acessada através do Aplicativo GIOF-Utilitário.*

Apêndice C: Planilha para Cálculo de Indicadores de Perdas

Gerenciamento Integrado da Operação e do Faturamento em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água			Setor:	
			Data:	
			Zona	
			Pág.	Revisão:
PLANILHA DE INDICADORES DE PERDAS				
Solicitante				
Local				
Obs.				
Nomenclatura e Dados			Indicadores Básicos de Desempenho	
VD - Vol. Disponibilizado	(m3)		Índice de Perda na Distrib. ou Água não contabilizada	
VU - Vol. Utilizado	(m3)		IDP = #DIV/0! %	
VF - Vol. Faturado	(m3)		Índice de Perda de faturamento ou Água não faturada	
EP - Ext. Parcial de rede	(km)		IPF = #DIV/0! %	
ND - Núm. de Dias	(dia)		Índice Linear Bruto de Perda	
LA - Núm. Ligações Ativas	(lig)		ILB = #DIV/0! m3/km.dia	
VPM - Vol. Prod. Macromedido	(m3)		Índice de Perda por Ligação	
VP - Vol. Produzido	(m3)		IPL = #DIV/0! m3/lig.dia	
VImM - Vol. Import. Macromedido	(m3)		Indicadores de Confiabilidade e Confiância	
VIm - Vol. Total contab. Import.	(m3)		Confiabilidade do Volume Disponibilizado - C(VD)	
VExM - Vol. Export. Macromedido	(m3)		Índice de Macromedidação na Distribuição - IMD	
VEx - Vol. Total contab. Exportado	(m3)		IMD = #DIV/0!	
kM - Desvio Sistemático Macromedido		1	C(VD) = #DIV/0!	
Vm - Vol. Micromedido	(m3)		Plenamente Confiável	
VR - Vol. Recuperado	(m3)		Confiabilidade do Volume Utilizado - C(VU)	
VE - Vol. Estimado	(m3)		Índice de micromedidação do vol. Utilizado - ImVU	
VRm - Vol. Recuperado micromedido	(m3)		ImVU = #DIV/0!	
VRe - Vol. Recuperado estimado	(m3)		Confiabilidade do Volume Estimado - C(VE)	
VO - Vol. Operacional (1 ou 0.6)	(m3)	1	C(VE) máx. 0.95	
VEsM - Vol. Especial Macromedido	(m3)		C(VE) méd. 0.5 C(VE) considerado	
VEs - Vol. Especial	(m3)		C(VE) mín. 0.3	
Lm - Núm. Ligações ativas micromedidas	(lig)		Confiabilidade do Volume Recuperado - C(VR)	
LA - Núm. Ligações Ativas	(lig)		C(VR) = #DIV/0!	
VFU - Vol. Fisicamente Utilizado	(m3)	0	Confiabilidade do Volume Operacional - C(VO)	
δm - Erro Sistemático de micromedidação			C(VO) = 1	
δM - Erro Sistemático de Macromedidação			C(VO) = 0.6 C(VO) considerado	
δE - Desvio estat. Fixado cons. estimado			Confiabilidade do Volume Especial - C(VEs)	
NHF - Núm. de Hidrômetros Funcionando	(hidro)		C(VEs) = #DIV/0!	
NH - Núm. de Hidrômetros Instalados	(hidro)		C(VU) = #DIV/0!	
ET - Extensão Total da rede	(km)		Parcialmente Confiável	
ILF - Índice Linear Perda Física em cada Setor			Confiabilidade do Volume Faturado - C(VF)	
φ _{a...n} - Vol. Disponibilizado p/ distrib. no Setor	(m3)		IH = #DIV/0!	
VC - Vol. Captado	(m3)		Plenamente Confiável	
VA - Vol. Aduzido	(m3)		Confiabilidade da Extensão Parcial da Rede - C(EP)	
			C(EP) = 0.6 (extensões estimadas)	
			C(EP) = 0.7 a 1.0 (redes cadastradas)	
			C(EP) considerado	
			Utilizável	
Ind. Especif. de Perda Física Relacionado a Cond. Operac.			Indicadores de Desempenho Hídrico do Sistema	
Índice de Perda Física na Distribuição - (PFD)			Índice de Perda Física na Produção - PFP	
PFD = #DIV/0!			PFP = #DIV/0!	
Índice Linear de Perda Física (ILF)			Índice de Perda Física na Adução - (PFA)	
ILF = #DIV/0!			PFA = #DIV/0!	
Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP) - indicador avançado			Índice de Perda Física no Tratamento - PTR	
			PTR = #DIV/0!	
Este índice, em virtude da quantidade de informação necessária deverá ser calculado a parte conforme descrito na parte textual			Índice Total de Perda Física - TPF	
			TPF = #DIV/0!	
Dados utilizados do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD (DTA 2)				

Apêndice D: Planilha para Cálculo de Consumo

G I O F Gerenciamento Integrado da Operação e do Faturamento em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água		Setor:																																					
		Data:																																					
		Zona																																					
		Pág.		Revisão:																																			
PLANILHA PARA DETERMINAÇÃO DE CONSUMO																																							
Solicitante																																							
Local																																							
Obs.																																							
RESUMO DAS CONDIÇÕES DE ABASTECIMENTO Setor de Medição (bloco) Centro de Reservação Linha de Alimentação Estação de Tratamento Vol. de Reserv. Existente (m3) Área Ocupada (ha) Área Total (ha) Comprimento das redes (m)		COEFICIENTES ADOTADOS 5 = Habitantes/ Economia 65 = Índice de Perdas atual (%) 30 = Índice de Perdas futura (%) 200 = Consumo Percapita mín. (l/hab. dia) 1.2 = K1 - coef. do dia de maior cons. 1.5 = K2 - coef. da hora de maior cons. 0.5 = K3 - coef. da hora de menor cons. 2002 = Ano base do Estudo																																					
ÍNDICES DE CRESCIMENTO Horizonte de Projeto (anos) 10 Cresc. RESIDENCIAL (% a.a.) Cresc. COMERCIAL (% a.a.) Cresc. PÚBLICO (% a.a.) Cresc. INDUSTRIAL (% a.a.) Cresc. ESPECIAL (% a.a.)		DADOS DE CONSUMO OU FATURAMENTO ATUAL <table border="1"> <thead> <tr> <th>categoria</th> <th>lig.</th> <th>econ.</th> <th>(m3/mes)</th> <th>(l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1) - RESIDENCIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>(2) - COMERCIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>(3) - PÚBLICO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>(4) - INDUSTRIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>(5) - ESPECIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>total</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>			categoria	lig.	econ.	(m3/mes)	(l/s)	(1) - RESIDENCIAL				0.00	(2) - COMERCIAL				0.00	(3) - PÚBLICO				0.00	(4) - INDUSTRIAL				0.00	(5) - ESPECIAL				0.00	total	0	0	0	0.00
categoria	lig.	econ.	(m3/mes)	(l/s)																																			
(1) - RESIDENCIAL				0.00																																			
(2) - COMERCIAL				0.00																																			
(3) - PÚBLICO				0.00																																			
(4) - INDUSTRIAL				0.00																																			
(5) - ESPECIAL				0.00																																			
total	0	0	0	0.00																																			
PARAMETROS ATUAIS ESTIMADOS - 2002 Pop. Resid. Estimada 0 (hab.) Densidade Populacional #DIV/0! (hab. / ha) Consumo Perc. Médio (Resid.) #DIV/0! (l/hab. dia) Demanda Mínima 0.0 (l/s) Demanda Média 0.0 (l/s) Demanda Máx. Diária 0.0 (l/s) Demanda Máx. Horária 0.0 (l/s) Reservação Existente 0 (m3) Perdas (%)		PARAMETROS FUTUROS PREVISTOS - 2012 População Esperada 0 (hab.) Densidade Esperada #DIV/0! (hab. / ha) Consumo Percapita Adotado #DIV/0! (l/hab. dia) Demanda Mínima Necessária #DIV/0! (l/s) Demanda Média Necessária #DIV/0! (l/s) Demanda Máxima Diária Neces. #DIV/0! (l/s) Demanda Máxima Horária Neces. #DIV/0! (l/s) Reservação Necessária #DIV/0! (m3) Deficit de Reservação Futura #DIV/0! (m3)																																					
PROJEÇÕES DURANTE HORIZONTE DE PROJETO - 2002 2012				MEDIDORES																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2002</th> <th colspan="2">2007</th> <th colspan="2">2012</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Máxima Horária</td> <td>0.0</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> <tr> <td>Reservação</td> <td>0</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> </tbody> </table>				2002		2007		2012		População	0	População	0	População	0	Máxima Horária	0.0	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Reservação	0	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Consumos Atual Cons. Mín. (m3/mês) 0 Cons. Máx. (m3/mês) 0											
2002		2007		2012																																			
População	0	População	0	População	0																																		
Máxima Horária	0.0	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!																																		
Reservação	0	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2003</th> <th colspan="2">2008</th> <th colspan="2">2013</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> <tr> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> </tbody> </table>				2003		2008		2013		População	0	População	0	População	0	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Consumos Futuro Cons. Mín. (m3/mês) #DIV/0! Cons. Máx. (m3/mês) #DIV/0!											
2003		2008		2013																																			
População	0	População	0	População	0																																		
Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!																																		
Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2004</th> <th colspan="2">2009</th> <th colspan="2">2014</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> <tr> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> </tbody> </table>				2004		2009		2014		População	0	População	0	População	0	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Medidor selecionado 3/4" FALSO #DIV/0! 1" FALSO #DIV/0! 1 1/2" FALSO #DIV/0! 2" FALSO #DIV/0! 3" FALSO #DIV/0! 4" FALSO #DIV/0! 6" FALSO #DIV/0!											
2004		2009		2014																																			
População	0	População	0	População	0																																		
Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!																																		
Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2005</th> <th colspan="2">2010</th> <th colspan="2">2015</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> <tr> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> </tbody> </table>				2005		2010		2015		População	0	População	0	População	0	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	1-) Identificar consumidores com consumo mensal >= a 2.500 m3. 2-) Foram utilizados os maiores consumos mensais apresentados nos meses de Set. - Out. - Nov., respectivamente para cada quadra											
2005		2010		2015																																			
População	0	População	0	População	0																																		
Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!																																		
Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2006</th> <th colspan="2">2011</th> <th colspan="2">2016</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> <td>População</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Máxima Horária</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> <tr> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> <td>Reservação</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> </tbody> </table>				2006		2011		2016		População	0	População	0	População	0	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!												
2006		2011		2016																																			
População	0	População	0	População	0																																		
Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!	Máxima Horária	#DIV/0!																																		
Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!	Reservação	#DIV/0!																																		

Apêndice E: Planilha para Cálculo de Demandas Nodais

GI OF Gerenciamento Integrado da Operação e do Faturamento em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água					Setor:			
					Data:			
					Zona:			
					Página		1.1	Revisão:
PLANILHA PARA DEFINIÇÃO DAS DEMANDAS NODAIS								
m3/mês	Média (l/s)	Máx. Dia (l/s)	Máx. Hora (l/s)		Com Perdas		Vazão Específica (l/s .m)	Ext. / Diâm.
	0.00	0.00	0.00		Máx. Dia (l/s)	Máx. Hora (l/s)		(mm) (m)
					0.00	0.00	#DIV/0!	50 0
							#DIV/0!	75 0
							#DIV/0!	100 0
							#DIV/0!	150 0
							#DIV/0!	200 0
							#DIV/0!	250 0
							#DIV/0!	300 0
							#DIV/0!	350 0
							#DIV/0!	400 0
							#DIV/0!	500 0
							#DIV/0!	Total 0
							#DIV/0!	Extensão Total de Redes 0 mts
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	Extensão Total de Influência 0 mts
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	Vazão Total nos Nós #DIV/0! L/S
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	Núm de Lig. ligações
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	Núm de Econ. econo- mias
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	Pop. Estimada 0
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	Percentual de Perdas Assumida 40 %
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	Hab. Por Econ. hab/econ
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	OBS: DESCONSIDERAR ECONOMIA COM CONSU- MO IGUAL OU MAIOR A 1000 m3/mês (*)
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
							#DIV/0!	
Tot. Pg 1			0		0		#DIV/0!	
Tot. Ger			0		0		#DIV/0!	

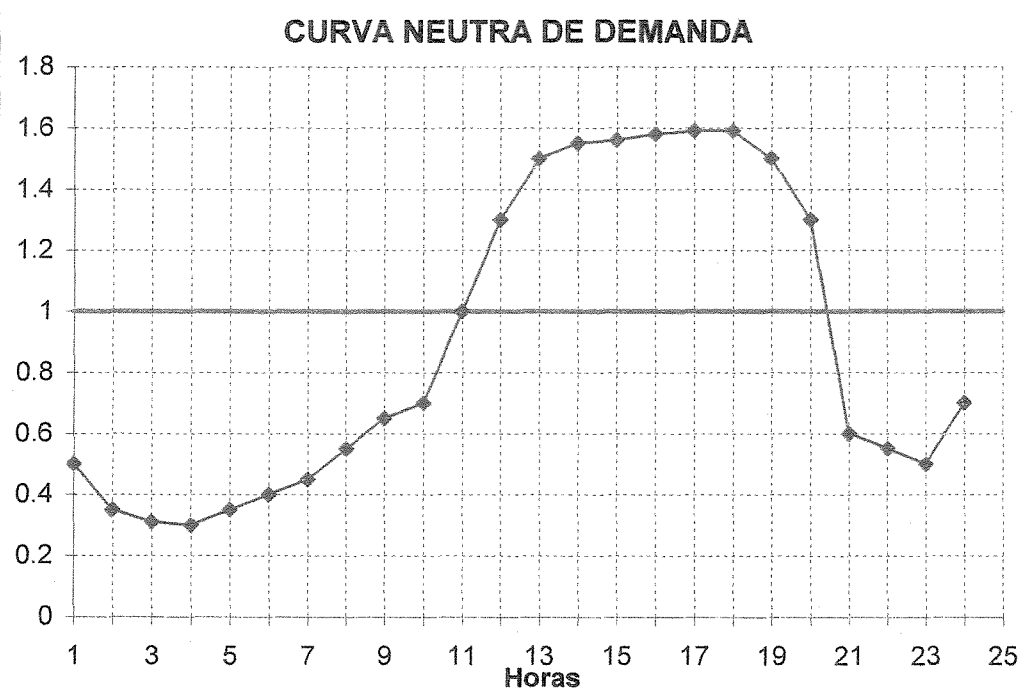
(*) TRATAR ESTE(S) CONSUMIDOR(ES) DE FORMA DIFERENCIADA, ISTO É, CONSIDERAR "CONSUMO PONTUAL"

Apêndice F: Planilha para Obtenção da Curva Neutra de Demanda

PLANILHA PARA OBTENÇÃO DE CURVA NEUTRA DE DEMANDA

Curva Neutra de Demanda $Q_n = \frac{Q_{hor}}{Q_{med}}$		Área para Cálculo do Volume de Reservação		Área T	20.78
				Área < 1	6.31
				Área >=1	14.47
Hora	Q_n	Hora	$Q_n \geq 1$	Qmin.	5.0 l/s
1	0.5	1	0	Qmed.	10.0 l/s
2	0.35	2	0	Qmax dia	12.0 l/s
3	0.31	3	0	Qmax hor	18.0 l/s
4	0.3	4	0		
5	0.35	5	0		
6	0.4	6	0		
7	0.45	7	0		
8	0.55	8	0		
9	0.65	9	0		
10	0.7	10	0		
11	1	11	1		
12	1.3	12	1.3		
13	1.5	13	1.5		
14	1.55	14	1.55		
15	1.56	15	1.56		
16	1.58	16	1.58		
17	1.59	17	1.59		
18	1.59	18	1.59		
19	1.5	19	1.5		
20	1.3	20	1.3		
21	0.6	21	0		
22	0.55	22	0		
23	0.5	23	0		
24	0.7	24	0		
Tot =	21.38	Tot =	14.47		

Volume de Reservação	
litros	m3
Vol. Estimado	
345600	346
Vol. Conforme Curva Neutra	
145	0



Observações:

Apêndice G: Planilha para Cálculo de Variações de Rotação de Bomba

Rotações - r.p.m.					
Inicial (n)	1 (95%)	2 (90%)	3 (85%)	4 (80%)	5 (70%)
1760	1672	1584	1496	1408	1232

G I O F

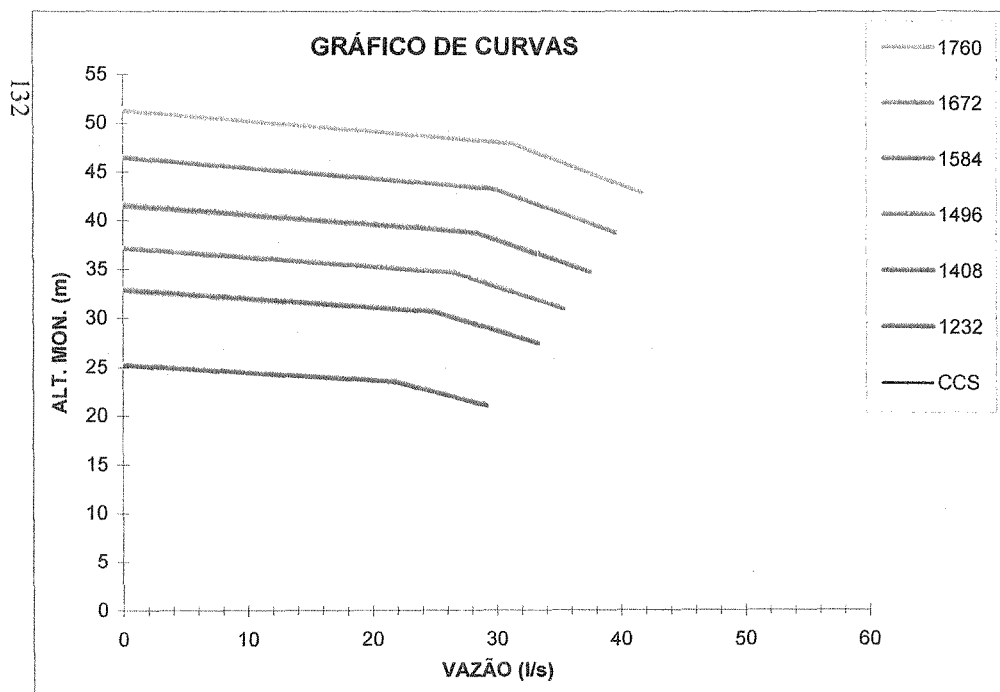
Vazões (l/s) e Alt. Manométricas (m), Iniciais e corrigidas						
	Q1	Q2	Q3	h1	h2	h3
Inicial	0	31.25	41.6	51.5	48	43
Rot. - 1	0	29.7	39.5	46.5	43.3	38.8
Rot. - 2	0	28.1	37.4	41.7	38.9	34.8
Rot. - 3	0	26.6	35.4	37.2	34.7	31.1
Rot. - 4	0	25.0	33.3	33.0	30.7	27.5
Rot. - 5	0	21.9	29.1	25.2	23.5	21.1

Potências (Cv)						
Inicial		Corrigidas (Cv)				
HP	Cv	P1	P2	P3	P4	P5
54	54	47	40	33	28	19

Altura Manométrica	
Mínima (m)	
h =	

Cálculo da Potência		
γ	1000	Potência
Q (l/s)	38	Cv
Hman. (m)	45	54
nB (%)	70	HP
nM (%)	60	53.5

Curva Característica do Sistema - CCS						
Q (l/s)	0	215	430	645	860	1075
H (m)						



INFORMAÇÕES DO EQUIP. DO FABRICANTE SIMULADO			
Fluido.....	Água		
Temperatura - °C.....	30		
Condições.....	Normais		
Fabricante.....	WORTHINGTON		
Tipo.....	in-line		
Modelo.....	4x3x13		
Ø Rotor (mm).....	12.20		
Vazão - (l/s).....	38	(m3/h)	136.8
Altura Man. - (m).....	45		
r.p.m.....	1760		
Pot. - (HP).....	30		
OBS.:			

Apêndice H: Planilha para Cálculo da Quantidade de Válvulas a Utilizar

G I O F Gerenciamento Integrado da Operação e do Faturamento em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água						Setor:			
						Data:			
						Zona			
						Pág.		Revisão:	

PLANILHA PARA DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE DE VÁLVULAS									
Solicitante									
Local									
Obs.									
		Área solicitante:							
DADOS	Centro de reservação ou Nó de Derivação		Reservatório		(Nível máx.)		cota geom.		
			Nó de derivação				cota geom.		
	Histogramas		Parte		Mín. =		m.c.a.		
			Alta		Máx. =		m.c.a.		
			Parte		Mín. =		m.c.a.		
			Média		Máx. =		m.c.a.		
	Consumo		Parte		Mín. =		m.c.a.		
			Baixa		Máx. =		m.c.a.		
			Residencial =		m3\mes				
			Comercial =		m3\mes				
	Demandas		Industrial =		m3\mes				
			Especial =		m3\mes				
Caminhão Pipa =			m3\sem.						
Atual			Q máx. =		l/s				
Variação de Demandas		Q mín. =		0.0		l/s			
		Q máx. =		0.0		l/s			
DADOS PARA ESPECIFICAÇÃO DA VÁLVULA REDUTORA		Q mín. =		0.0		l/s		0.0 m3/h 0.0 GPM	
		Q máx. =		0.0		l/s		0.0 m3/h 0.0 GPM	
		Pressão de entrada (mont.) =		m.c.a.		0.0		PSI	
		Pressão de saída (jus.) =		m.c.a.		0.0		PSI	
		Pressão Diferencial =		0		m.c.a.		0.0 PSI	
		Quantidade de válvulas		Adotar válvula única					

Obs.:

Primeira válvula - pressão de entrada	0.00	m.c.a. - pressão de saída	0.00	m.c.a.
Segunda válvula - pressão de ntrada	não existe	m.c.a. - pressão de saída	#VALOR!	m.c.a.
Terceira válvula - pressão de ntrada	#VALOR!	m.c.a. - pressão de saída	#VALOR!	m.c.a.

Responsável

Apêndice I: Dados de Micro-Medição

A seguir serão apresentadas planilhas (Tabelas) de consumo e seus respectivos gráficos de Micro-medição coletados da SANASA – Campinas, no período de Dez/96 à Jun/97, com objetivo de levantar intervalos de consumos e propor mediante nossa experiência uma caracterização por faixa de consumo.

Definimos assim, as faixas Características de Consumo, mediante os dados observados,

- **Pequeno Consumidor** **até 100** **[m³/mês]**
- **Consumidor Intermediário I** **de 101 à 500** **[m³/mês]**
- **Consumidor Intermediário II** **de 501à 1000** **[m³/mês]**
- **Grande Consumidor** **acima de 1001** **[m³/mês]**

RESUMO

Tab.: 11 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO - Dez/96	137
Tab.: 12 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO - Jan/97	138
Tab.: 13 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO - Fev/97	139
Tab.: 14 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO - Mar/97	140
Tab.: 15 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO - Abr/97	141
Tab.: 16 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO - Mai/97	142
Tab.: 17 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO - Jun/97	143
Gráfico 1 Residencial - Ligações	144
Gráfico 2 Residencial - Economias	144
Gráfico 3 Residencial - Consumo Mercado	144
Gráfico 4 Residencial - Consumo Cobrado	144
Gráfico 5 Público - Ligações	145
Gráfico 6 Público - Economias	145
Gráfico 7 Público - Consumo Mercado	145
Gráfico 8 Público - Consumo Cobrado	145
Gráfico 9 Comercial - Ligações	146
Gráfico 10 Comercial - Economias	146
Gráfico 11 Comercial - Consumo Mercado	146
Gráfico 12 Comercial - Consumo Cobrado	146
Gráfico 13 Industrial - Ligações	147
Gráfico 14 Industrial - Economias	147
Gráfico 15 Industrial - Consumo Mercado	147
Gráfico 16 Industrial - Consumo Cobrado	147
Gráfico 17 LIGAÇÕES E ECONOMIAS	148
Gráfico 18 CONSUMO	148

Tab.: 11 - ÍNDICES DE MICROMEDIDAÇÃO E FATURAMENTO
Dez/96

Categoria	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cons. Marcado p/ Economia (m3/econ)	Cons. Cobrado p/ Economia (m3/econ)
Residencial										
Faixa										
até 10 m3/mês	51146	31.47	84307	32.73	587088	11.33	838720	15.19	6.96	9.9
11 a 20 m3/mês	40390	24.85	76280	29.62	1262776	24.36	1262776	22.88	16.55	16.5
21 a 30 m3/mês	30292	18.63	45418	17.63	1074490	20.73	1074490	19.47	23.66	23.6
31 a 40 m3/mês	12186	7.50	15693	6.09	505805	9.76	505805	9.16	32.23	32.2
41 a 50 m3/mês	4718	2.90	5685	2.21	277067	5.35	277067	5.02	48.74	48.7
51 a 80 m3/mês	3423	2.11	4038	1.57	242308	4.68	242308	4.39	60.01	60.0
> 80 m3/mês	974	0.60	1200	0.47	250318	4.83	250318	4.53	208.60	208.6
Sub-Total	143129	88.06	232621	90.32	4199852	81.04	4451484	80.64	18.05	19.1
Pública										
Faixa										
até 10 m3/mês	804	0.49	818	0.31	586	0.01	24772	0.45	0.72	30.2
11 a 20 m3/mês	37	0.02	38	0.01	633	0.01	633	0.01	16.66	16.6
21 a 30 m3/mês	42	0.03	286	0.11	6694	0.13	6694	0.12	23.41	23.4
31 a 40 m3/mês	30	0.02	30	0.01	1060	0.02	1060	0.02	35.33	35.3
41 a 50 m3/mês	31	0.02	34	0.01	1545	0.03	1545	0.03	45.44	45.4
51 a 80 m3/mês	61	0.04	61	0.02	4046	0.08	4046	0.07	66.33	66.3
> 80 m3/mês	319	0.20	322	0.13	194184	3.75	194184	3.52	603.06	603.0
Sub-Total	1324	0.82	1589	0.60	208748	4.03	232934	4.22	131.37	146.5
Comercial										
Faixa										
até 10 m3/mês	10016	6.16	13846	5.38	60584	1.17	121214	2.20	4.38	8.7
11 a 20 m3/mês	3383	2.08	4430	1.72	66094	1.28	66094	1.20	14.92	14.9
21 a 30 m3/mês	1422	0.87	1658	0.64	41534	0.80	41534	0.75	25.05	25.0
31 a 40 m3/mês	741	0.46	792	0.31	27888	0.54	27888	0.51	35.21	35.2
41 a 50 m3/mês	478	0.29	497	0.19	22561	0.44	22561	0.41	45.39	45.3
51 a 80 m3/mês	593	0.36	620	0.24	39247	0.76	39247	0.71	63.30	63.3
> 80 m3/mês	750	0.46	760	0.30	268911	5.19	268911	4.87	353.83	353.8
Sub-Total	17383	10.68	22603	8.78	526819	10.18	587449	10.65	23.31	25.9
Industrial										
Faixa										
até 10 m3/mês	257	0.16	274	0.11	941	0.02	2820	0.05	3.43	10.2
11 a 20 m3/mês	116	0.07	126	0.05	1884	0.04	1884	0.03	14.95	14.9
21 a 30 m3/mês	64	0.04	73	0.03	1917	0.04	1917	0.03	26.26	26.2
31 a 40 m3/mês	34	0.02	34	0.01	1220	0.02	1220	0.02	35.88	35.8
41 a 50 m3/mês	17	0.01	19	0.01	880	0.02	880	0.02	46.32	46.3
51 a 80 m3/mês	56	0.03	57	0.02	3853	0.07	3853	0.07	67.60	67.6
> 80 m3/mês	176	0.11	176	0.07	235478	4.54	235478	4.27	1337.94	1337.9
Sub-Total	720	0.44	759	0.30	246173	4.75	248052	4.49	324.34	326.8
Total Geral	162556	100	257572	100	5181592	100	5519919	100	20.12	21.43

Tab.: 12 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO
Jan/97

Categoria	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cons. Marcado p/ Economia (m3/econ)	Cons. Cobrado p/ Economia (m3/econ)
Residencial										
Faixa										
até 10 m3/mês	48541	29.74	83153	32.18	572946	10.93	822119	14.75	6.89	9.89
11 a 20 m3/mês	37216	22.81	73062	28.28	1214316	23.17	1214316	21.78	16.62	16.62
21 a 30 m3/mês	32550	19.95	46774	18.10	1163820	22.21	1163820	20.88	24.88	24.88
31 a 40 m3/mês	14528	8.90	17843	6.91	620591	11.84	620591	11.13	34.78	34.78
41 a 50 m3/mês	5811	3.56	6776	2.62	303166	5.79	303166	5.44	44.74	44.74
51 a 80 m3/mês	3985	2.44	4603	1.78	279059	5.33	279059	5.00	60.63	60.63
> 80 m3/mês	1068	0.65	1227	0.47	197050	3.76	197050	3.53	160.59	160.59
Sub-Total	143699	88.05	233438	90.34	4350948	83.03	4600121	82.51	18.64	19.71
Pública										
Faixa										
até 10 m3/mês	843	0.52	851	0.33	844	0.02	25146	0.45	0.99	29.55
11 a 20 m3/mês	47	0.03	296	0.11	5198	0.10	5198	0.09	17.56	17.56
21 a 30 m3/mês	54	0.03	56	0.02	1443	0.03	1443	0.03	25.77	25.77
31 a 40 m3/mês	38	0.02	38	0.01	1313	0.03	1313	0.02	34.55	34.55
41 a 50 m3/mês	25	0.02	25	0.01	1129	0.02	1129	0.02	45.16	45.16
51 a 80 m3/mês	70	0.04	70	0.03	4546	0.09	4546	0.08	64.94	64.94
> 80 m3/mês	257	0.16	261	0.10	161109	3.08	161061	2.89	617.28	617.09
Sub-Total	1334	0.82	1597	0.61	175582	3.37	199836	3.58	109.94	125.13
Comercial										
Faixa										
até 10 m3/mês	10233	6.27	14031	5.43	61246	1.17	123242	2.21	4.37	8.78
11 a 20 m3/mês	3272	2.01	4245	1.64	63837	1.22	63837	1.14	15.04	15.04
21 a 30 m3/mês	1497	0.92	1772	0.69	45437	0.87	45437	0.81	25.64	25.64
31 a 40 m3/mês	705	0.43	742	0.29	26972	0.51	26972	0.48	36.35	36.35
41 a 50 m3/mês	416	0.25	432	0.17	19756	0.38	19756	0.35	45.73	45.73
51 a 80 m3/mês	624	0.38	659	0.26	42077	0.80	42077	0.75	63.85	63.85
> 80 m3/mês	695	0.43	704	0.27	242936	4.64	244121	4.38	345.08	346.76
Sub-Total	17442	10.69	22585	8.75	502261	9.59	565442	10.12	22.24	25.04
Industrial										
Faixa										
até 10 m3/mês	269	0.16	297	0.11	1040	0.02	2967	0.05	3.50	9.99
11 a 20 m3/mês	102	0.06	105	0.04	1621	0.03	1621	0.03	15.44	15.44
21 a 30 m3/mês	61	0.04	65	0.03	1636	0.03	1636	0.03	25.17	25.17
31 a 40 m3/mês	42	0.03	42	0.02	1498	0.03	1498	0.03	35.67	35.67
41 a 50 m3/mês	27	0.02	29	0.01	1330	0.03	1330	0.02	45.86	45.86
51 a 80 m3/mês	45	0.03	45	0.02	2940	0.06	2940	0.05	65.33	65.33
> 80 m3/mês	166	0.10	168	0.07	199798	3.81	199798	3.58	1189.27	1189.27
Sub-Total	712	0.44	751	0.30	209863	4.01	211790	3.79	279.44	282.01
Total Geral	163187	100	258371	100	5238654	100	5577189	100	20.28	21.59

Tab.: 13 - ÍNDICES DE MICROMEDIDAÇÃO E FATURAMENTO
Fev/97

Categoria	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cons. Marcado p/ Economia (m3/econ)	Cons. Cobrado p/ Economia (m3/econ)
Residencial										
Faixa										
até 10 m3/mês	51110	31.25	82701	31.94	580415	11.24	835851	15.18	7.02	10.1
11 a 20 m3/mês	39769	24.32	75302	29.08	1253638	24.28	1253638	22.75	16.65	16.6
21 a 30 m3/mês	30869	18.87	46855	18.10	1160960	22.48	1160960	21.08	24.78	24.7
31 a 40 m3/mês	13110	8.02	17546	6.78	610335	11.82	610335	11.08	34.78	34.7
41 a 50 m3/mês	5015	3.07	6317	2.44	282436	5.47	282436	5.13	44.71	44.7
51 a 80 m3/mês	3406	2.08	4197	1.62	254890	4.94	254890	4.63	60.73	60.7
> 80 m3/mês	733	0.45	978	0.38	137472	2.66	137472	2.5	140.56	140.5
Sub-Total	144012	88.06	233896	90.34	4280146	82.89	4535582	82.35	18.30	19.3
Pública										
Faixa										
até 10 m3/mês	818	0.50	839	0.32	865	0.02	24858	0.45	1.03	29.6
11 a 20 m3/mês	46	0.03	46	0.02	743	0.01	743	0.01	16.15	16.1
21 a 30 m3/mês	46	0.03	288	0.11	7598	0.15	7598	0.14	26.38	26.3
31 a 40 m3/mês	39	0.02	39	0.02	1365	0.02	1365	0.02	35.00	35.0
41 a 50 m3/mês	31	0.02	33	0.01	1492	0.03	1492	0.03	45.21	45.2
51 a 80 m3/mês	73	0.04	73	0.03	4724	0.09	4724	0.09	64.71	64.7
> 80 m3/mês	285	0.17	289	0.11	186182	3.61	186182	3.38	644.23	644.2
Sub-Total	1338	0.81	1607	0.62	202969	3.94	226962	4.12	126.30	141.2
Comercial										
Faixa										
até 10 m3/mês	10064	6.15	13846	5.35	55902	1.08	117944	2.14	4.04	8.5
11 a 20 m3/mês	3438	2.10	4530	1.75	66816	1.29	66816	1.21	14.75	14.7
21 a 30 m3/mês	1530	0.94	1735	0.67	43460	0.84	43460	0.79	25.05	25.0
31 a 40 m3/mês	756	0.46	785	0.30	27424	0.53	27424	0.50	34.94	34.9
41 a 50 m3/mês	435	0.27	450	0.17	20270	0.39	20270	0.37	45.04	45.0
51 a 80 m3/mês	628	0.38	656	0.25	41225	0.80	41225	0.75	62.84	62.8
> 80 m3/mês	649	0.40	659	0.25	231941	4.49	231941	4.21	351.96	351.9
Sub-Total	17500	10.7	22661	8.74	487038	9.42	549080	9.97	21.49	24.2
Industrial										
Faixa										
até 10 m3/mês	258	0.16	277	0.11	952	0.02	2750	0.05	3.44	9.9
11 a 20 m3/mês	105	0.06	107	0.04	1574	0.03	1574	0.03	14.71	14.7
21 a 30 m3/mês	57	0.03	66	0.03	1660	0.03	1660	0.03	25.15	25.1
31 a 40 m3/mês	43	0.03	47	0.02	1630	0.03	1630	0.03	34.68	34.6
41 a 50 m3/mês	22	0.01	24	0.01	1102	0.02	1102	0.02	45.92	45.9
51 a 80 m3/mês	45	0.03	46	0.02	3063	0.06	3063	0.06	66.59	66.5
> 80 m3/mês	175	0.11	176	0.07	184041	3.56	184041	3.34	1045.69	1045.6
Sub-Total	705	0.43	743	0.30	194022	3.75	195820	3.56	261.13	263.5
Total Geral	163555	100	258907	100	5164175	100	5507444	100	19.95	21.2

Tab.: 14 - ÍNDICES DE MICROMEDIDAÇÃO E FATURAMENTO
Mar/97

Categoria	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cons. Marcado p/ Economia (m3/econ)	Cons. Cobrado p/ Economia (m3/econ)
Residencial										
Faixa										
até 10 m3/mês	46867	28.59	76348	29.41	533520	9.75	774464	13.36	6.99	10.14
11 a 20 m3/mês	38048	23.21	73727	28.40	1233248	22.53	1233248	21.27	16.73	16.73
21 a 30 m3/mês	33218	20.27	51600	19.87	1274976	23.29	1274976	21.98	24.71	24.71
31 a 40 m3/mês	15043	9.18	19795	7.62	688328	12.58	688328	11.87	34.77	34.77
41 a 50 m3/mês	5975	3.65	7245	2.79	324926	5.94	324926	5.60	44.85	44.85
51 a 80 m3/mês	4210	2.57	4816	1.85	292258	5.34	292258	5.04	60.68	60.68
> 80 m3/mês	973	0.59	1147	0.44	155158	2.84	155158	2.68	135.27	135.27
Sub-Total	144334	88.06	234678	90.38	4502414	82.27	4743358	81.80	19.19	20.21
Pública										
Faixa										
até 10 m3/mês	806	0.49	814	0.31	720	0.01	24648	0.43	0.88	30.28
11 a 20 m3/mês	31	0.02	38	0.01	599	0.01	599	0.01	15.76	15.76
21 a 30 m3/mês	34	0.02	36	0.01	896	0.02	896	0.02	24.89	24.89
31 a 40 m3/mês	39	0.02	279	0.11	8957	0.16	8957	0.15	32.10	32.10
41 a 50 m3/mês	40	0.02	40	0.02	1827	0.03	1827	0.03	45.68	45.68
51 a 80 m3/mês	55	0.03	57	0.02	3669	0.07	3669	0.06	64.37	64.37
> 80 m3/mês	321	0.20	325	0.13	208833	3.82	208833	3.6	642.56	642.56
Sub-Total	1326	0.80	1589	0.61	225501	4.12	249429	4.3	141.91	156.97
Comercial										
Faixa										
até 10 m3/mês	9805	5.98	13352	5.14	56125	1.03	116386	2.01	4.20	8.72
11 a 20 m3/mês	3486	2.13	4740	1.83	71566	1.31	71566	1.23	15.10	15.10
21 a 30 m3/mês	1529	0.93	1730	0.67	43385	0.79	43485	0.75	25.08	25.14
31 a 40 m3/mês	841	0.51	935	0.36	32619	0.60	32619	0.56	34.89	34.89
41 a 50 m3/mês	463	0.28	479	0.18	21682	0.40	21682	0.37	45.27	45.27
51 a 80 m3/mês	668	0.41	683	0.26	42962	0.79	42962	0.74	62.90	62.90
> 80 m3/mês	764	0.47	791	0.30	258241	4.72	258241	4.45	326.47	326.47
Sub-Total	17556	10.71	22710	8.74	526580	9.64	586941	10.11	23.19	25.85
Industrial										
Faixa										
até 10 m3/mês	240	0.15	277	0.10	729	0.01	2535	0.04	2.63	9.15
11 a 20 m3/mês	103	0.06	114	0.04	1660	0.03	1660	0.03	14.56	14.56
21 a 30 m3/mês	54	0.03	60	0.02	1534	0.03	1534	0.03	25.57	25.57
31 a 40 m3/mês	46	0.03	46	0.02	1613	0.03	1613	0.03	35.07	35.07
41 a 50 m3/mês	34	0.02	34	0.01	1546	0.03	1546	0.03	45.47	45.47
51 a 80 m3/mês	57	0.03	59	0.02	3855	0.07	3855	0.07	65.34	65.34
> 80 m3/mês	165	0.11	167	0.06	206233	3.77	206233	3.56	1234.93	1234.93
Sub-Total	699	0.43	757	0.27	217170	3.97	218976	3.79	286.88	289.27
Total Geral	163915	100	259734	100	5471665	100	5798704	100	21.07	22.33

Tab.: 15 - ÍNDICES DE MICROMEDIDAÇÃO E FATURAMENTO
Abr/97

Categoria	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cons. Marcado p/ Economia (m3/econ)	Cons. Cobrado p/ Economia (m3/econ)
Residencial										
Faixa										
até 10 m3/mês	48511	29.54	76517	29.38	522410	9.43	776110	13.2	6.83	10.14
11 a 20 m3/mês	38237	23.29	73501	28.22	1227737	22.18	1227737	20.88	16.70	16.70
21 a 30 m3/mês	32649	19.88	53115	20.39	1320117	23.84	1320117	22.44	24.85	24.85
31 a 40 m3/mês	14254	8.68	19074	7.33	664513	12.01	664513	11.3	34.84	34.84
41 a 50 m3/mês	5764	3.51	7022	2.70	315451	5.70	315451	5.37	44.92	44.92
51 a 80 m3/mês	3922	2.39	4621	1.77	278734	5.03	278734	4.74	60.32	60.32
> 80 m3/mês	1199	0.73	1401	0.54	230129	4.15	230129	3.91	164.26	164.26
Sub-Total	144536	88.02	235251	90.33	4559091	82.34	4812791	81.84	19.38	20.46
Pública										
Faixa										
até 10 m3/mês	791	0.49	799	0.31	484	0.01	24522	0.44	0.61	30.69
11 a 20 m3/mês	33	0.02	40	0.02	622	0.01	622	0.01	15.55	15.55
21 a 30 m3/mês	34	0.02	276	0.11	7306	0.14	7306	0.13	26.47	26.47
31 a 40 m3/mês	45	0.03	45	0.02	1597	0.03	1597	0.03	35.49	35.49
41 a 50 m3/mês	29	0.02	29	0.01	1313	0.03	1313	0.02	45.28	45.28
51 a 80 m3/mês	62	0.04	64	0.02	4031	0.08	4031	0.07	62.98	62.98
> 80 m3/mês	335	0.21	339	0.13	212605	4.10	212605	3.85	627.15	627.15
Sub-Total	1329	0.81	1592	0.62	227958	4.11	251996	4.57	143.19	158.29
Comercial										
Faixa										
até 10 m3/mês	9952	6.12	13667	5.31	57856	1.12	119208	2.16	4.23	8.72
11 a 20 m3/mês	3416	2.10	4493	1.74	67280	1.30	67280	1.22	14.97	14.97
21 a 30 m3/mês	1541	0.95	1786	0.69	44453	0.86	44453	0.81	24.89	24.89
31 a 40 m3/mês	811	0.50	866	0.34	30325	0.59	30325	0.55	35.02	35.02
41 a 50 m3/mês	469	0.29	488	0.19	22122	0.43	22122	0.40	45.33	45.33
51 a 80 m3/mês	647	0.40	677	0.26	42822	0.83	42822	0.78	63.25	63.25
> 80 m3/mês	806	0.50	814	0.32	280821	5.42	280821	5.09	344.99	344.99
Sub-Total	17642	10.74	22791	8.76	545679	9.84	607031	10.34	23.94	26.63
Industrial										
Faixa										
até 10 m3/mês	249	0.15	277	0.11	802	0.02	2649	0.05	2.90	9.56
11 a 20 m3/mês	92	0.06	94	0.04	1448	0.03	1448	0.03	15.40	15.40
21 a 30 m3/mês	56	0.03	56	0.02	1366	0.03	1366	0.02	24.39	24.39
31 a 40 m3/mês	34	0.02	40	0.02	1384	0.03	1384	0.03	34.60	34.60
41 a 50 m3/mês	24	0.01	24	0.01	1105	0.02	1105	0.02	46.04	46.04
51 a 80 m3/mês	58	0.04	58	0.02	3793	0.07	3793	0.07	65.40	65.40
> 80 m3/mês	177	0.11	179	0.07	196103	3.78	196103	3.55	1095.55	1095.55
Sub-Total	690	0.43	728	0.29	206001	3.71	207848	3.53	282.97	285.51
Total Geral	164197	100	260362	100	5538729	100	5879666	100	21.27	22.58

Tab.: 16 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO
Mai/97

Categoria	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cons. Marcado p/ Economia (m3/econ)	Cons. Cobrado p/ Economia (m3/econ)
Residencial										
Faixa										
até 10 m3/mês	51718	31.40	83594	31.98	578760	11.02	841163	15	6.92	10.06
11 a 20 m3/mês	39710	24.12	76426	29.24	1269870	24.18	1269870	22.63	16.62	16.62
21 a 30 m3/mês	31304	19.01	48710	18.63	1206021	22.97	1206021	21.5	24.76	24.76
31 a 40 m3/mês	12816	7.78	16478	6.30	573968	10.94	573968	10.23	34.83	34.83
41 a 50 m3/mês	4878	2.96	5847	2.24	262369	4.99	262369	4.68	44.87	44.87
51 a 80 m3/mês	3454	2.10	3930	1.50	237076	4.51	237076	4.23	60.32	60.32
> 80 m3/mês	957	0.58	1126	0.43	156658	2.98	156658	2.79	139.13	139.13
Sub-Total	144837	87.95	236111	90.32	4284722	81.59	4547125	81.06	18.15	19.26
Pública										
Faixa										
até 10 m3/mês	802	0.49	810	0.31	624	0.01	24648	0.45	0.77	30.43
11 a 20 m3/mês	26	0.02	26	0.01	444	0.01	444	0.01	17.08	17.08
21 a 30 m3/mês	32	0.02	271	0.11	8121	0.16	8121	0.15	29.97	29.97
31 a 40 m3/mês	34	0.02	35	0.01	1213	0.02	1213	0.02	34.66	34.66
41 a 50 m3/mês	32	0.02	39	0.02	1764	0.03	1764	0.03	45.23	45.23
51 a 80 m3/mês	72	0.04	76	0.03	4902	0.09	4902	0.09	64.50	64.50
> 80 m3/mês	337	0.21	341	0.13	232405	4.49	232405	4.21	681.54	681.54
Sub-Total	1335	0.81	1598	0.60	249473	4.74	273497	4.87	156.12	171.15
Comercial										
Faixa										
até 10 m3/mês	9902	6.09	13689	5.31	60133	1.16	120534	2.18	4.39	8.81
11 a 20 m3/mês	3447	2.12	4528	1.76	64555	1.25	64555	1.17	14.26	14.26
21 a 30 m3/mês	1640	1.01	1904	0.74	47482	0.92	47482	0.86	24.94	24.94
31 a 40 m3/mês	854	0.53	858	0.33	31000	0.60	31000	0.56	36.13	36.13
41 a 50 m3/mês	455	0.28	470	0.18	21122	0.41	21122	0.38	44.94	44.94
51 a 80 m3/mês	697	0.43	714	0.28	44736	0.86	44736	0.81	62.66	62.66
> 80 m3/mês	806	0.50	818	0.32	257506	4.97	257506	4.67	314.80	314.80
Sub-Total	17801	10.81	22981	8.79	526534	10.01	586935	10.46	22.91	25.54
Industrial										
Faixa										
até 10 m3/mês	247	0.15	277	0.11	786	0.02	10385	0.19	2.84	37.49
11 a 20 m3/mês	89	0.05	94	0.04	1415	0.03	1415	0.03	15.05	15.05
21 a 30 m3/mês	58	0.04	58	0.02	1447	0.03	1447	0.03	24.95	24.95
31 a 40 m3/mês	41	0.03	43	0.02	1490	0.03	1490	0.03	34.65	34.65
41 a 50 m3/mês	28	0.02	28	0.01	1280	0.02	1280	0.02	45.71	45.71
51 a 80 m3/mês	46	0.03	47	0.02	3022	0.06	3022	0.05	64.30	64.30
> 80 m3/mês	176	0.11	176	0.07	183013	3.53	183013	3.32	1039.85	1039.85
Sub-Total	685	0.43	723	0.29	192453	3.66	202052	3.61	266.19	279.46
Total Geral	164658	100	261413	100	5253182	100	5609609	100.00	20.10	21.46

Tab.: 17 - ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO
Jun/97

Categoria	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cons. Marcado p/ Economia (m3/econ)	Cons. Cobrado p/ Economia (m3/econ)
Residencial										
Faixa										
até 10 m3/mês	49873	30.68	82045	31.85	539398	10.41	820691	14.868	6.57	10.01
11 a 20 m3/mês	41390	25.46	80919	31.42	1340178	25.86	1340178	24.279	16.56	16.51
21 a 30 m3/mês	32209	19.81	48097	18.67	1194407	23.05	1194407	21.638	24.83	24.81
31 a 40 m3/mês	12842	7.90	15948	6.19	554463	10.70	554463	10.045	34.77	34.71
41 a 50 m3/mês	4896	3.01	5852	2.27	262201	5.06	262201	4.7501	44.81	44.81
51 a 80 m3/mês	3312	2.04	3751	1.46	225149	4.35	225149	4.0788	60.02	60.01
> 80 m3/mês	977	0.60	1163	0.45	169925	3.28	169925	3.0784	146.11	146.11
Sub-Total	145499	87.95	237775	90.33	4285721	82.64	4567014	82.08	18.02	19.21
Pública										
Faixa										
até 10 m3/mês	816	0.50	825	0.32	454	0.01	25128	0.46	0.55	30.41
11 a 20 m3/mês	37	0.02	274	0.11	4399	0.08	4399	0.08	16.05	16.01
21 a 30 m3/mês	49	0.03	57	0.02	1465	0.03	1465	0.03	25.70	25.71
31 a 40 m3/mês	35	0.02	33	0.01	1165	0.02	1165	0.02	35.30	35.31
41 a 50 m3/mês	40	0.02	46	0.02	2080	0.04	2080	0.04	45.22	45.21
51 a 80 m3/mês	75	0.05	73	0.03	4846	0.09	4846	0.09	66.38	66.31
> 80 m3/mês	318	0.20	325	0.13	199959	3.86	199959	3.62	615.26	615.21
Sub-Total	1370	0.83	1633	0.62	214368	4.13	239042	4.30	131.27	146.31
Comercial										
Faixa										
até 10 m3/mês	10092	6.21	13945	5.41	57280	1.11	120916	2.19	4.11	8.61
11 a 20 m3/mês	3506	2.16	4686	1.82	69539	1.34	69539	1.26	14.84	14.81
21 a 30 m3/mês	1572	0.97	1793	0.70	44884	0.87	44884	0.81	25.03	25.01
31 a 40 m3/mês	823	0.51	764	0.30	30181	0.58	30181	0.55	39.50	39.51
41 a 50 m3/mês	441	0.27	476	0.18	20445	0.39	20445	0.37	42.95	42.91
51 a 80 m3/mês	640	0.39	664	0.26	40906	0.79	40906	0.74	61.61	61.61
> 80 m3/mês	771	0.47	807	0.31	242118	4.67	241662	4.38	300.02	299.41
Sub-Total	17845	10.79	23135	8.79	505353	9.75	568533	10.22	21.84	24.51
Industrial										
Faixa										
até 10 m3/mês	239	0.15	272	0.11	794	0.02	19083	0.35	2.92	70.11
11 a 20 m3/mês	79	0.05	79	0.03	1299	0.03	1264	0.02	16.44	16.01
21 a 30 m3/mês	49	0.03	49	0.02	1286	0.02	1396	0.03	26.24	28.41
31 a 40 m3/mês	43	0.03	43	0.02	1492	0.03	1378	0.02	34.70	32.01
41 a 50 m3/mês	29	0.02	29	0.01	1384	0.03	1188	0.02	47.72	40.91
51 a 80 m3/mês	46	0.03	46	0.02	2987	0.06	3276	0.06	64.93	71.21
> 80 m3/mês	177	0.11	177	0.07	171060	3.30	162188	2.94	966.44	916.31
Sub-Total	662	0.43	695	0.26	180302	3.48	189773	3.41	259.43	273.01
Total Geral	165376	100	263238	100	5185744	100	5564362	100	19.70	21.11

RESIDENCIAL

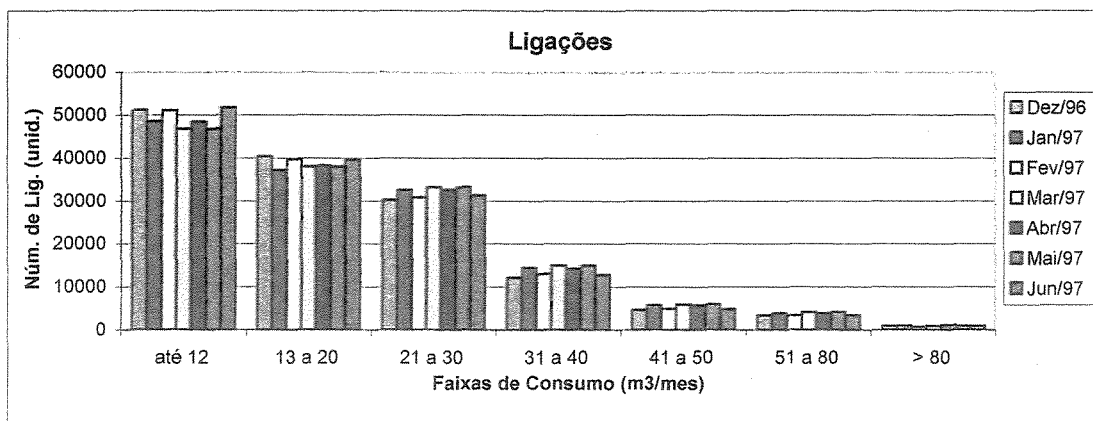


Gráfico 1

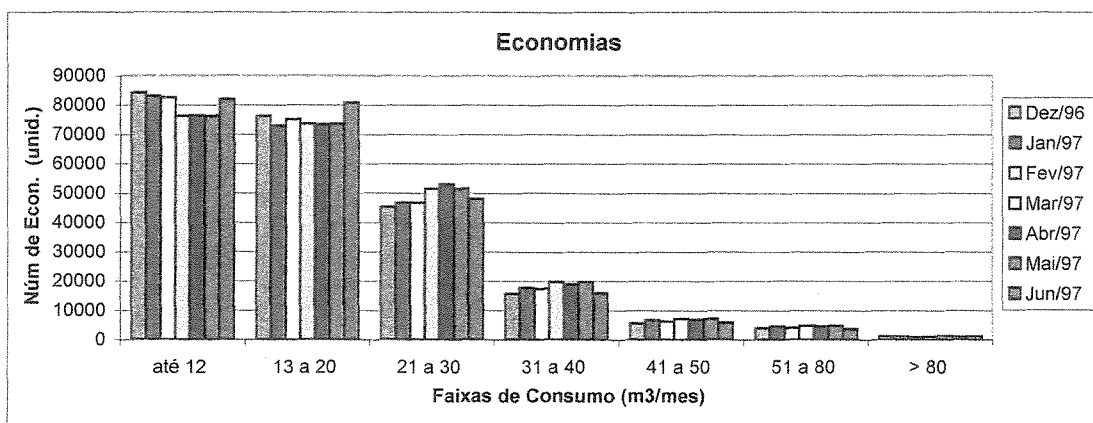


Gráfico 2

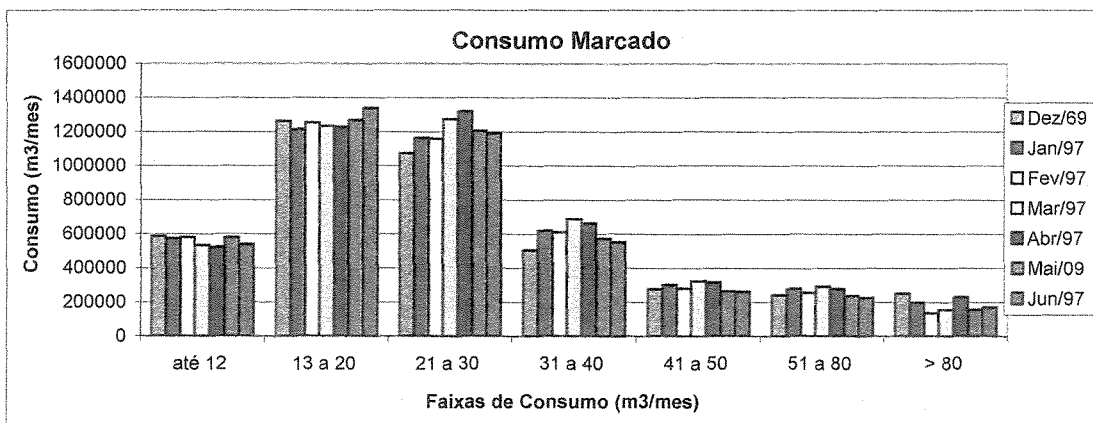


Gráfico 3

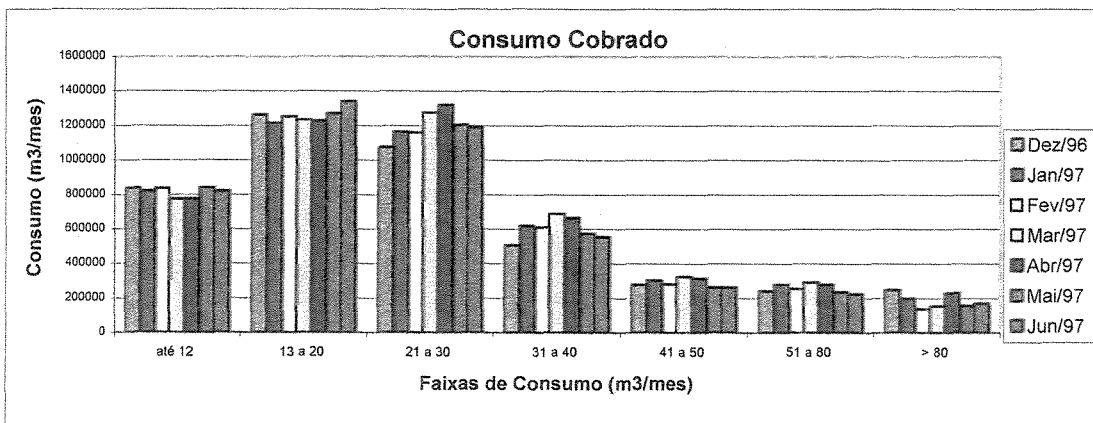


Gráfico 4

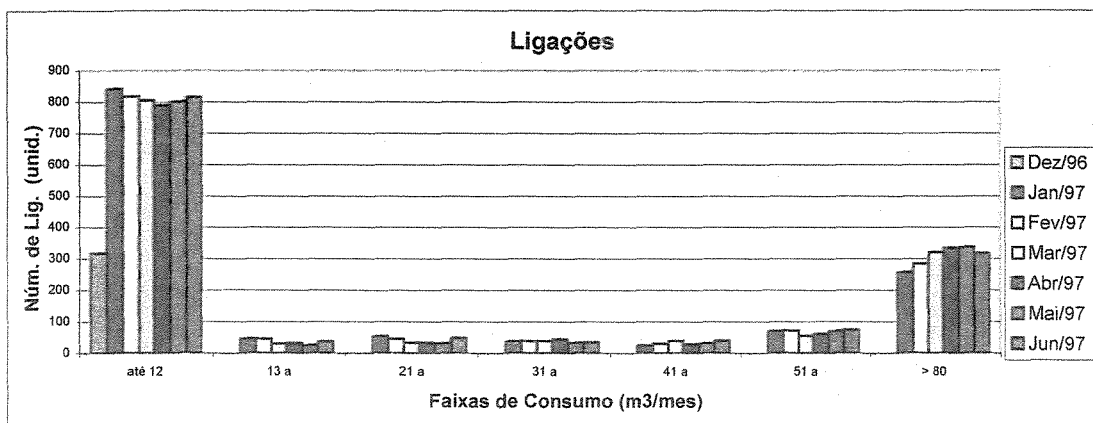


Gráfico 5

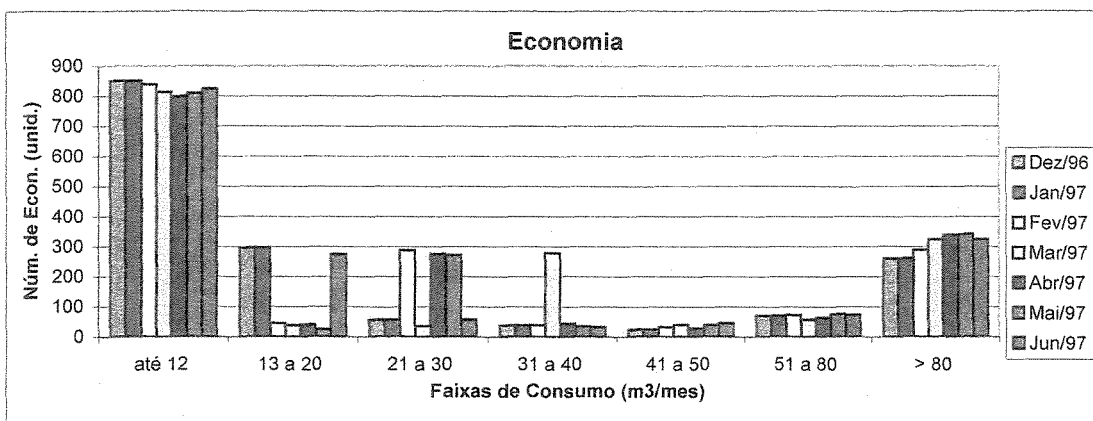


Gráfico 6

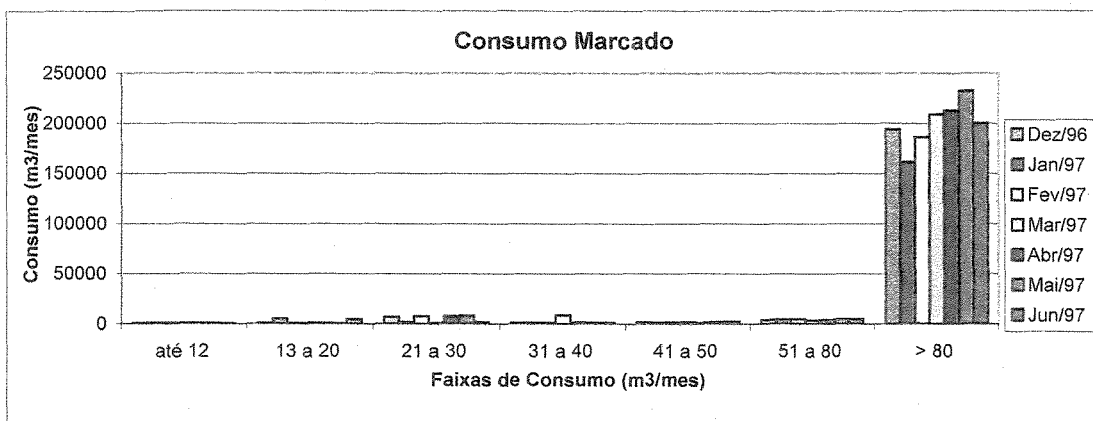


Gráfico 7

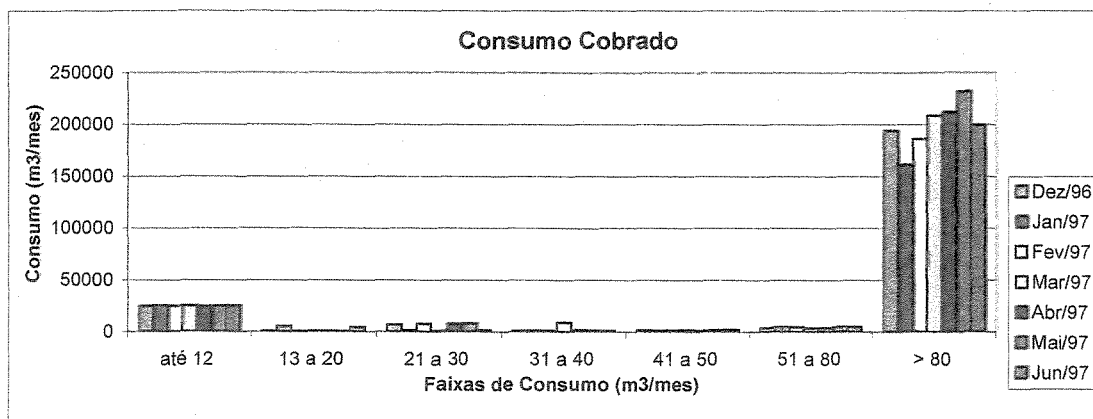


Gráfico 8

COMERCIAL

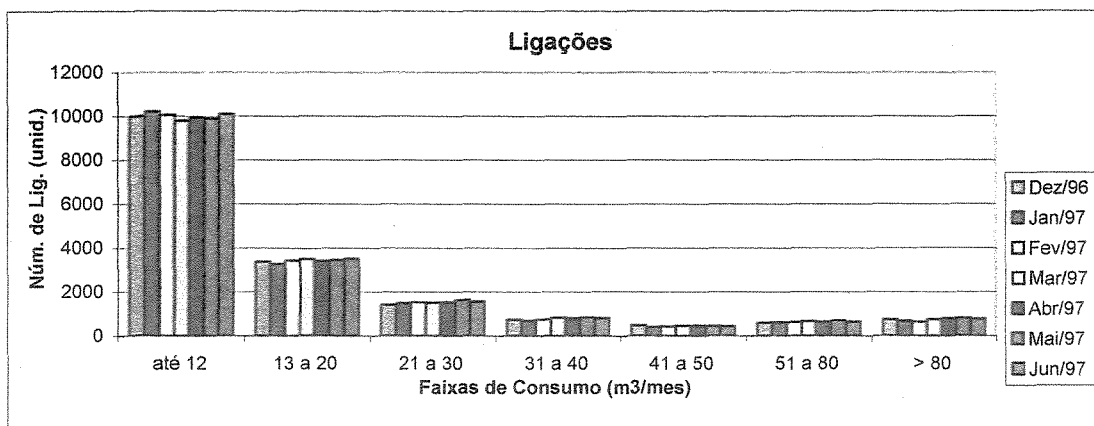


Gráfico 9

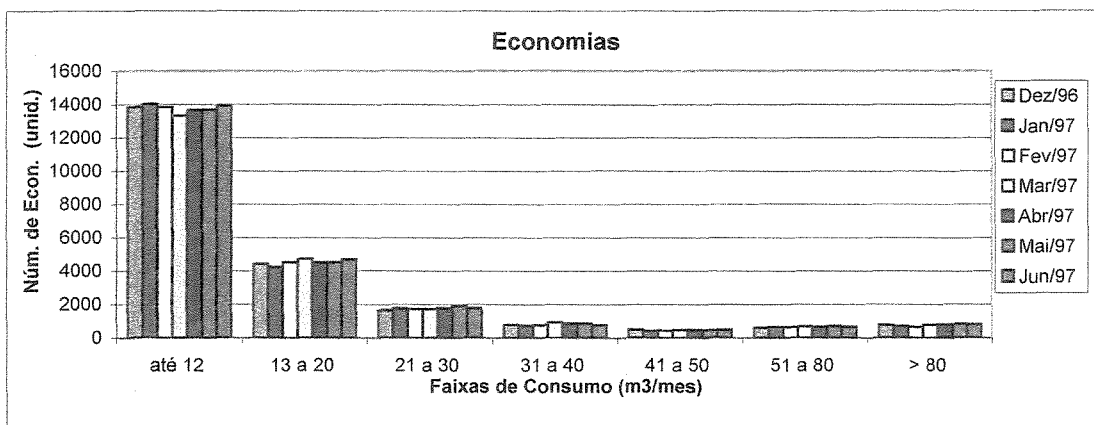


Gráfico 10

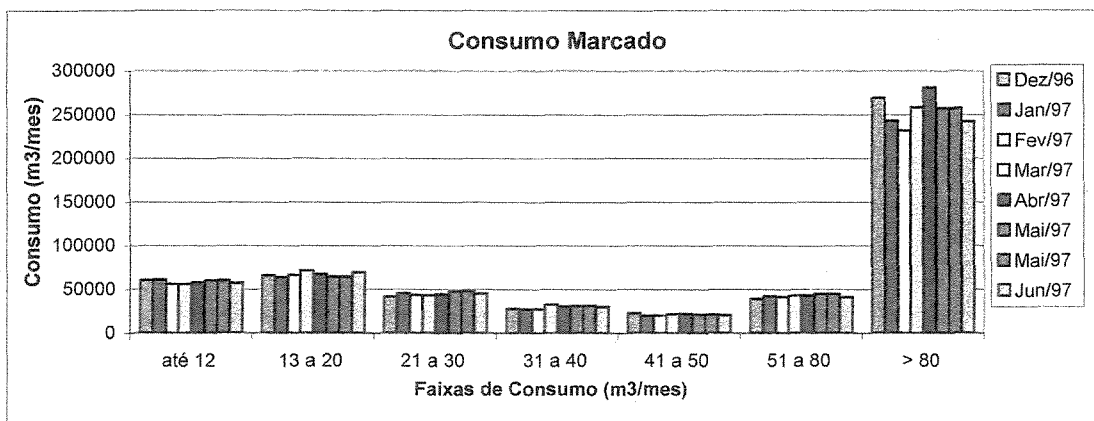


Gráfico 11

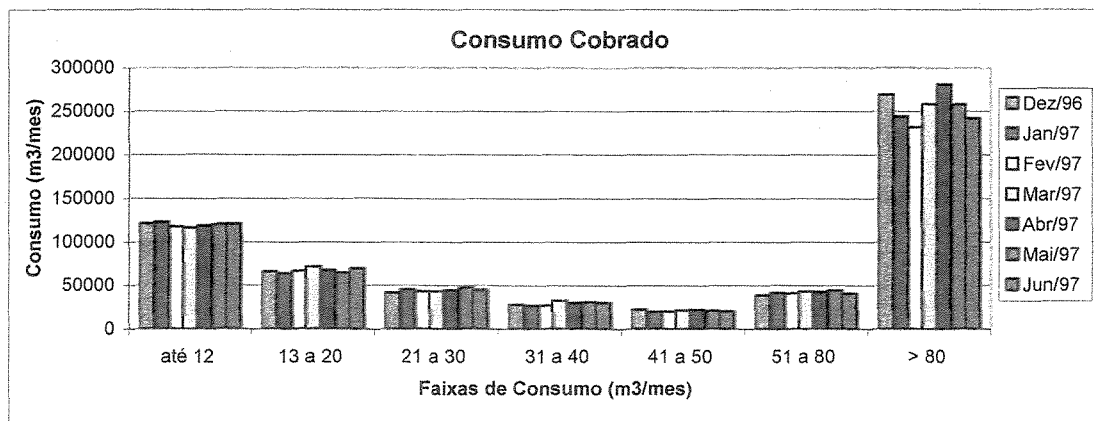


Gráfico 12

INDUSTRIAL

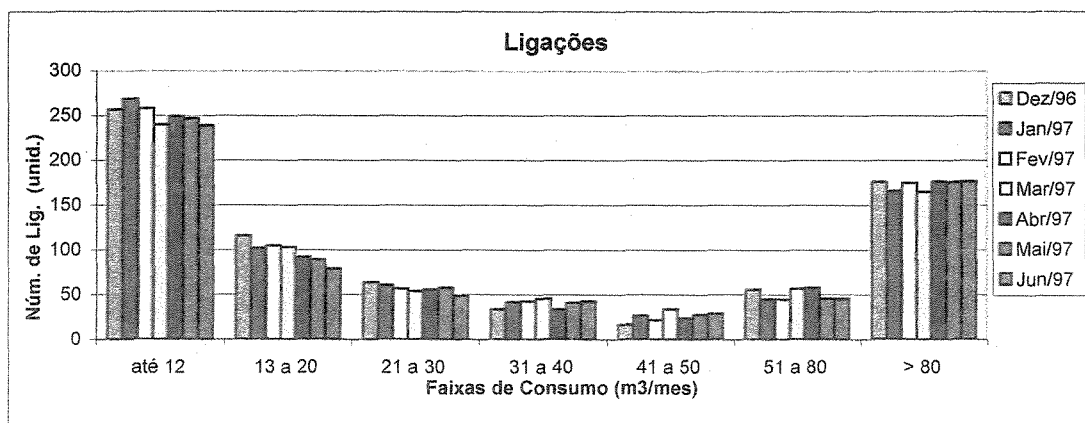


Gráfico 13

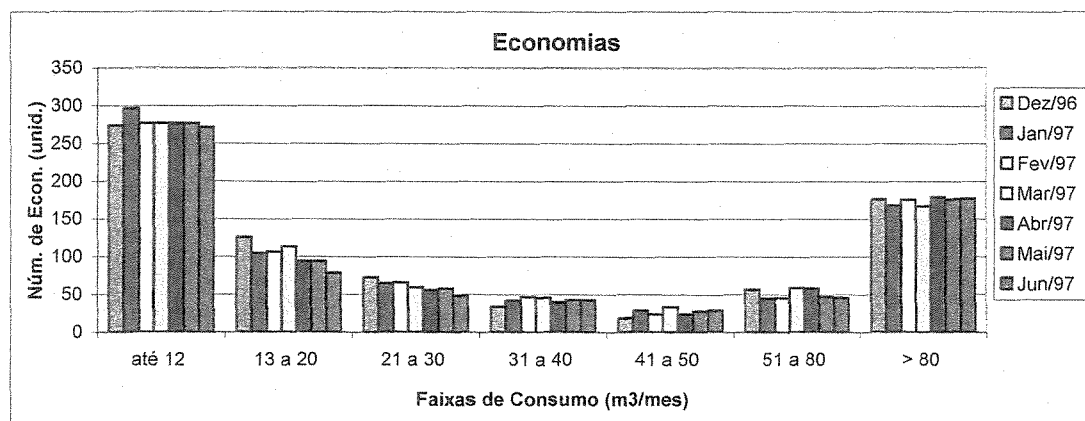


Gráfico 14

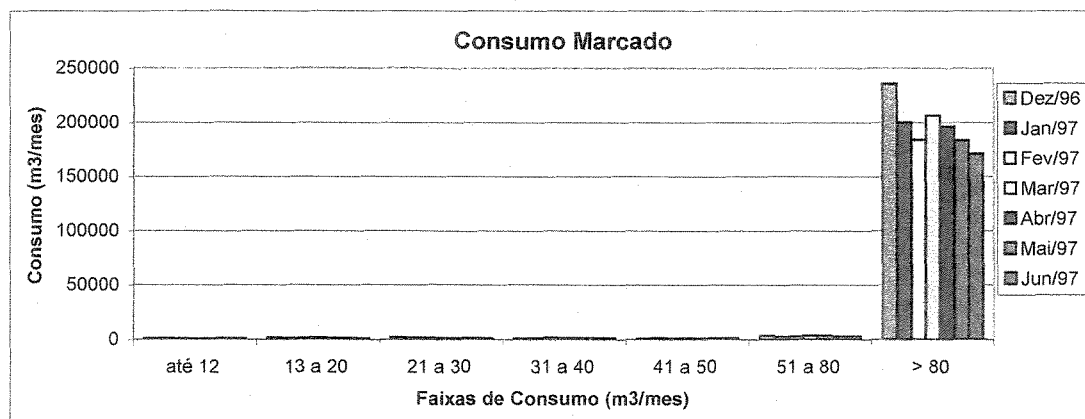


Gráfico 15

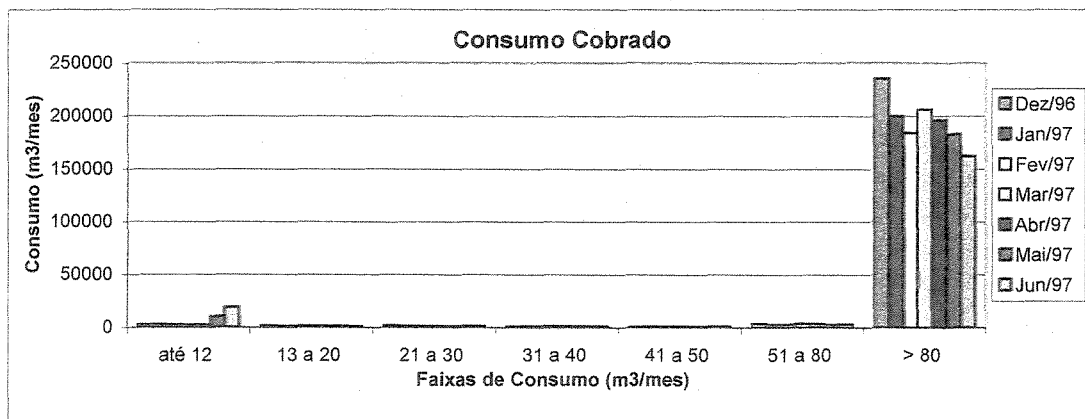


Gráfico 16

ÍNDICES DE MICROMEDIÇÃO E FATURAMENTO

VALORES TOTAIS

Período	Núm. de Lig. (unid.)	% no Total	Núm. de Econ. (unid.)	% no Total	Consumo Marcado (m3)	% no Total	Consumo Cobrado (m3)	% no Total	Cns Mar p/ Econ (m3/ecn)	Cns Cbr p/ Econ (m3/ecn)
---------	----------------------	------------	-----------------------	------------	----------------------	------------	----------------------	------------	--------------------------	--------------------------

Dez/96	162556	100	257572	100	5181592	100	5519919	100	20.12	21.43
Jan/97	163187	100	258371	100	5238654	100	5577189	100	20.28	21.59
Fev/97	163555	100	258907	100	5164175	100	5507444	100	19.95	21.27
Mar/97	163915	100	259734	100	5471765	100	5798704	100	21.07	22.33
Abr/97	164197	100	260362	100	5538729	100	5879666	100	21.27	22.58
Mai/97	164658	100	261416	100	5253182	100	5609609	100	20.1	21.46
Jun/97	165376	100	263238	100	5185744	100	5564362	100	19.7	21.14

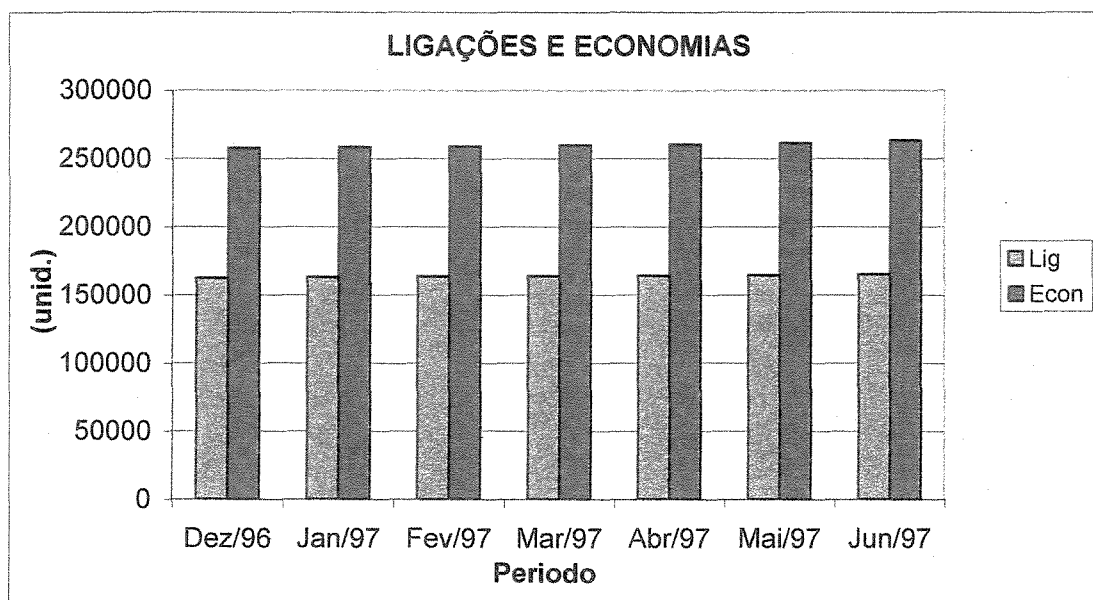


Gráfico 17

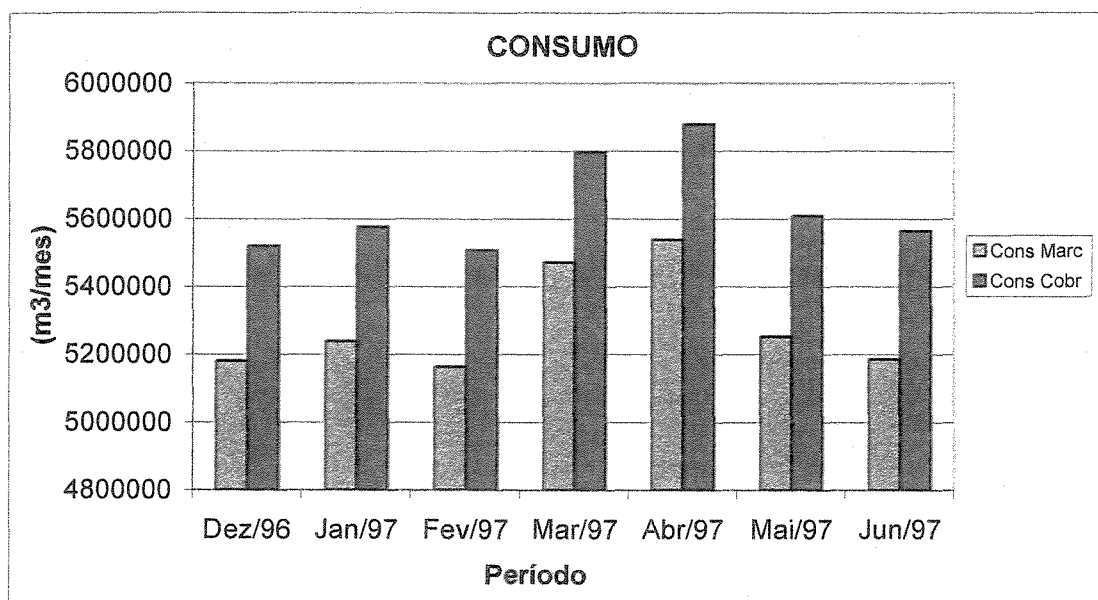


Gráfico 18

Apêndice J: CD-ROM (GIOF – utilitário)

Instalação do aplicativo GIOF-usuário.

- Os seguintes Softwares devem estar instalados no micro-computador
 - MS Office
 - WaterCad
 - SPRING e módulos complementares (Scarta, Impima e Iplot)
 - AutoCad ou similar
 - EPANET (Opcional)

- Copiar o Diretório “Giof” para o disco rígido mantendo o caminho
 - C:\Giof

- Para os aplicativos com obrigatoriedade de licença (WaterCad, SPRING, AutoCad), criar arquivo de atalho dos seus executáveis de partida para o sub-diretório [c:\Giof\Aplic] e renomea-los conforme segue:
C:\Giof\Aplic\.....
 - Carrega WaterCad
 - Carrega Spring – Carrega Scarta – Carrega Impima
 - Carrega AutoCad