



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

***IDENTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DE PERDAS DE
ÁGUA EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO ATRAVÉS
DO MONITORAMENTO E CONTROLE DE
PRESSÕES***

FABIANA REZENDE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia da Energia

Itajubá, 06 de Novembro de 2006



Ministério da Educação

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de Abril de 2002

**Pró-Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Engenharia da Energia**

***IDENTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DE PERDAS DE
ÁGUA EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO ATRAVÉS
DO MONITORAMENTO E CONTROLE DE
PRESSÕES***

FABIANA REZENDE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia da Energia

Orientador: Prof. EDSON DA COSTA BORTONI, D.Sc.

Itajubá, 06 de Novembro de 2006

“A Deus por me guiar sempre.
A Nossa Senhora da Agonia por me fazer forte,
Confiante e por estar sempre me protegendo.

Meu amor eterno aos meus pais Magno e Mary
Por serem meu porto seguro, por estarem sempre
Ao meu lado, me incentivando, dando o exemplo
De como ser uma pessoa digna e orgulhando-se
De minhas conquistas.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço, imensamente, ao meu orientador Prof. Dr. Edson da Costa Bortoni, que hoje se transformou em um amigo, por sempre estar disposto a me ensinar com sua enorme competência, dando total atenção, incentivo e me acrescentando um pouco de sua sabedoria, me tornando uma pessoa mais realizada. Obrigada pelo acompanhamento e interesse com o meu trabalho.

Agradeço aos professores Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana (UNIFEI) e Dra Yvone de Faria Lemos De Lucca (USP) pela atenção com minha dissertação.

Aos professores e funcionários da UNIFEI, em especial a Regina Salomon Storino do DRA, o meu muito obrigada.

Ao meu pai e amigo Engenheiro Magno Rezende pelo acompanhamento constante de meus estudos, de minha vida, me ajudando sempre com sua competência, com sua grande sabedoria e por se orgulhar da minha dedicação à minha profissão. Obrigada pelo incentivo em todas as minhas metas profissionais e pela ajuda na realização deste trabalho.

À minha mãe Mary por me ajudar sempre, com sua dedicação, presença, carinho e atenção comigo no dia-a-dia. Saiba que você é a pessoa mais importante da minha vida e que te amo mais que tudo.

Renata, Tobias e Theo, vocês também fazem parte desta conquista, completando minha total felicidade. Mesmo longe, vocês estão em meu coração.

Agradeço também as minhas amigas, em especial a Priscila, por sempre estarem ao meu lado, dividindo comigo momentos bons e ruins.

Agradeço muito a todos vocês que por, de alguma forma, me ajudaram a chegar até aqui e conquistar mais esta etapa tão importante na minha vida.

Por fim, agradeço mais uma vez a Deus e a Nossa Senhora da Agonia por ter me dado mais uma chance de viver e poder realizar este grande sonho.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE GRÁFICOS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS.....	14
LISTA DE SÍMBOLOS.....	16
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
Capítulo 1 – Introdução.....	20
1.1-Considerações iniciais.....	20
1.2- Definições.....	21
1.3-Objetivos.....	23
1.4-Motivação.....	24
1.5- Estrutura da Dissertação.....	24
Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica.....	26
2.1- O Produto Água.....	26
2.1.1- Como se distribui a água na Terra.....	26
2.1.2- Água: Um Recurso Estratégico.....	27
2.1.3- Considerações para o Saneamento Básico.....	28
2.1.4- Abastecimento de Água.....	29
2.1.5- Características do Saneamento Básico em Minas Gerais.....	32
2.1.6- O Ciclo do Uso da Água.....	35
2.2- Perdas e Desperdícios.....	36
2.2.1- Desperdício.....	38
2.2.2- Avaliação das Perdas.....	39
2.2.3- Perdas.....	40
2.2.3.1- Perdas Físicas ou Reais.....	40
2.2.3.2- Origem das Perdas no Sistema de Tratamento e Abastecimento de água	41
2.2.3.3- Classificação das Perdas Físicas.....	49
2.2.3.4- Causas das Perdas Físicas.....	51
2.2.3.5- Perdas Não Físicas.....	56

2.3- Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água.....	57
2.3.1- Diretrizes para o levantamento de informações e construção de indicadores	57
2.3.2- Perdas por parte do processo.....	58
2.3.3- Definição de Indicadores Básicos	62
2.3.3.1- Indicadores básicos de desempenho.....	63
2.3.4- Controle de perdas e dados operacionais.....	66
Capítulo 3 – Desenvolvimento Metodológico.....	69
3.1- Metodologia Proposta	72
3.1.1- Mapeamento das Pressões.....	73
3.1.2- Definição dos Setores de Abastecimento.....	73
3.1.3- Definição de trechos de rede a serem implantados ou substituídos.....	74
3.1.4- Cálculo para análise da Reservação.....	75
3.1.5- Implantação do Sistema de Redução e Controle de Pressões.....	76
3.1.6- Dimensionamento e Ajuste do Sistema.....	77
3.1.7- Avaliação da Definição do Sistema.....	77
3.1.8- Avaliação na Micromedição do Subsetor	78
Capítulo 4 – Estudo de Caso.....	79
4.1- Mapeamento de Pressões.....	79
4.1.1- Levantamento de Pressões em períodos de 48 horas.....	81
4.2- Setores de Abastecimento.....	99
4.2.1- Situação existente e atual.....	99
4.2.1.1- Sistema Produtor.....	99
4.2.1.2- Sistema Produtor Mandu.....	100
4.3 - Setorização proposta pela COPASA.....	105
4.4-Análise comparativa do projeto de setorização existente com o mapeamento de pressões realizado.....	106
4.5- Proposição da divisão em Zonas de Pressão.....	106
4.5.1- Sistema Produtor Mandu.....	106
4.5.1.1- Setor de Abastecimento São João.....	108
4.5.1.2- Setor de Abastecimento Mandu.....	108
4.5.1.3- Setor de Abastecimento Colinas de Santa Bárbara.....	109

4.5.2- Comprovação prática da Setorização proposta pela COPASA.....	112
4.6- Definição de trechos de rede a serem implantados ou substituídos.....	114
4.6.1- Modelo Matemático no setor Colinas de Santa Bárbara – Zona de Pressão de Baixa Saúde – SBZB1.....	115
4.6.2- Conclusão da Simulação Hidráulica realizada para a Zona Baixa Saúde – SBZB1.....	117
4.7- Análise da Reservação presente no SAA Pouso Alegre.....	117
4.7.1- Cálculos para análise da Reservação.....	118
4.7.2- Conclusão com relação a Reservação.....	120
4.8- Implantação do Sistema de Redução e Controle de Pressões VRP Yara.....	121
4.8.1- Dados Característicos do Subsetor.....	122
4.8.2- Estimativa da Vazão Macromedida e Medições de Pressões.....	123
4.8.2.1- Estimativa da Vazão Macromedida.....	123
4.8.2.2- Medição da Pressão.....	125
4.8.3- Modelagem do Retorno do Investimento.....	128
4.8.3.1- Redução do Volume Aduzido.....	128
4.8.3.2- Redução de Consertos de Manutenção.....	129
4.8.4- Dimensionamento do Sistema.....	130
4.8.5- Projeto da Instalação do Sistema de Redução de Pressão.....	131
4.8.6- Calibração e Regulação do Sistema.....	136
4.8.7- Avaliação do Sistema.....	143
4.8.7.1- Avaliação da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos.....	143
4.8.7.2- Avaliação da VRP utilizando calibração com saída fixa de pressão.....	145
4.8.8- Avaliação final das duas calibrações.....	147
Capítulo 5 – Conclusões.....	149
Bibliografias e Referências Bibliográficas.....	153
Anexos.....	155

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1-** Ciclo do uso da água
- Figura 2.2-** Pontos freqüentes de vazamentos em redes de distribuição
- Figura 2.3-** Pontos freqüentes de vazamentos em ramais
- Figura 3.1-** Exemplo do Sistema de Oito Nós
- Figura 4.1-** Fachada do imóvel da Rua Antônio Mariosa, nº 2145
- Figura 4.2-** Data-Logger de pressão instalado na Rua Antônio Mariosa, nº 2145
- Figura 4.3-** Fachada do imóvel da Rua Cláudio Manuel da Costa, nº 162
- Figura 4.4-** Data-Logger de pressão instalado na Rua Manuel da Costa, nº 162
- Figura 4.5-** Fachada do imóvel da Rua Geraldo Francisco, nº 41 – Bairro Faisqueira
- Figura 4.6-** Data-Logger de pressão instalado na Rua Geraldo Francisco, nº 41
– Bairro Faisqueira
- Figura 4.7-** ETA Mandu
- Figura 4.8-** ETA Chapadão
- Figura 4.9-** RAP Colinas de Santa Bárbara
- Figura 4.10-** REN São João
- Figura 4.11-** REL São João
- Figura 4.12-** RAP Alto Colinas de Santa Bárbara
- Figura 4.13-** REN Saúde
- Figura 4.14-** REL Esplanada
- Figura 4.15-** RAP 3 Poderes
- Figura 4.16-** REN Dorotéia
- Figura 4.17-** Booster Bela Itália
- Figura 4.18-** REL Bela Itália
- Figura 4.19-** Booster Cristal
- Figura 4.20-** REL Cristal
- Figura 4.21-** Esquema hidráulico do Sistema de Distribuição de Água de Pouso Alegre
- Figura 4.22-** Modelo Matemático da Rede
- Figura 4.23-** Zonas de Pressão
- Figura 4.24-** Subsetor da VRP Yara delimitado
- Figura 4.25-** Foto da Rua Coronel Pradel em direção a Rua das Violetas
- Figura 4.26-** Fachada do imóvel da Rua das Rosas, nº 15

Figura 4.27- Data-Logger instalado na Rua das Rosas, nº 15

Figura 4.28- Sistema de controle e redução de pressão instalado

Figura 4.29- Filtro, hidrômetro e VRP de DN 50 mm

Figura 4.30- VRP e hidrômetro de DN 50 mm

Figura 4.31- VRP e hidrômetro de DN 50 mm

Figura 4.32- VRP montada com circuito de pilotagem para regular a pressão com saída fixa
– Piloto da VRP com parafuso original para reduzir a pressão

Figura 4.33- VRP montada com circuito de pilotagem permitindo a utilização de controlador
modelo descontínuo – Piloto da VRP utilizando o atuador

Figura 4.34- Caixa de abrigo da VRP finalizada

Figura 4.35- Detalhe da laje superior da caixa de abrigo

Figura A.1- Programa PIPE 2000

Figura A.2- Esquema de interfaces do Programa PIPE 2000

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 4.1-** Comportamento da pressão - Rua Marechal Castelo Branco, nº 15
- Gráfico 4.2-** Comportamento da pressão - Rua República da Venezuela, nº 297
- Gráfico 4.3-** Comportamento da pressão - Rua Notel Teixeira, nº 414
- Gráfico 4.4-** Comportamento da pressão - Rua Tupinambás, nº 179
- Gráfico 4.5-** Comportamento da pressão - Rua São Pedro, nº 762
- Gráfico 4.6-** Comportamento da pressão -Rua Cláudio Manuel da Costa, nº 162
- Gráfico 4.7-** Comportamento da pressão - Rua São Paulo, nº 32
- Gráfico 4.8-** Comportamento da pressão - Rua Notel Teixeira, nº 351
- Gráfico 4.9-** Comportamento da pressão -Rua Vereador Alcântara Costa, nº 973
- Gráfico 4.10-** Comportamento da pressão - Rua Antônio Mariosa, nº 2145
- Gráfico 4.11-** Comportamento da pressão -Rua Prefeito Olavo Oliveira, nº 1780
- Gráfico 4.12-** Comportamento da pressão -Rua Prefeito Olavo Oliveira, nº 1793
- Gráfico 4.13-** Comportamento da pressão - Rua Geraldo Francisco, nº 41-Faisqueira
- Gráfico 4.14-** Comportamento da pressão - Rua “ C ”, nº 21 – Solar dos Quitos
- Gráfico 4.15-** Comportamento da pressão - Rua “ D ”, nº 70 – JK
- Gráfico 4.16-** Comprovação da setorização proposta pela COPASA – Medições de pressão após o fechamento do registro localizado na Rua Notel Teixeira (17/03 a 21/03 – 12:00h) e com registro aberto (após 21/03- 12:00h)
- Gráfico 4.17-** Gráfico de pressão do Subsetor da VRP YARA – Pouso Alegre
Ponto de Máxima Pressão e Ponto Crítico de Pressão
- Gráfico 4.18-** Fator de Vazamentos x Pressão Média da Área
- Gráfico 4.19-** Pressão Média x reparos em ramais
- Gráfico 4.20-** Pressão Média x reparos em redes
- Gráfico 4.21-** Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão antes da calibração da VRP
- Gráfico 4.22-** Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão antes e após a calibração da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos
- Gráfico 4.23-** Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão após a calibração da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos
- Gráfico 4.24-** Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão após a calibração da VRP de modo saída fixa de pressão

Gráfico 4.25- Gráfico comparativo do volume consumido antes e após a calibração da VRP YARA com a utilização de Controlador de 2 Pontos

Gráfico 4.26- Gráfico comparativo do volume consumido antes e após a calibração da VRP YARA utilizando saída fixa de pressão

Gráfico 4.27- Gráfico comparativo do volume consumido antes e após a calibração da VRP YARA

Gráfico 4.28- Volume micromedido do Subsetor da VRP YARA

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1-** Distribuição de água na biosfera e tempo de renovação
- Tabela 2.2-** Consumo de água anual em km³ no Planeta
- Tabela 2.3-** Dados do Saneamento no Brasil
- Tabela 2.4-** Abastecimento de água da COPASA-MG
- Tabela 2.5-** Indicadores Operacionais
- Tabela 2.6-** Tarifas em reais/m³- em 01/03/2006
- Tabela 2.7-** Origem e magnitude das perdas
- Tabela 2.8-** Reduções de perdas para tubos de ferro fundido e aço
- Tabela 2.9-** Perdas na Distribuição de Água - PDIA
- Tabela 2.10-** Causas prováveis de falhas e rupturas em tubulações
- Tabela 2.11-** Perdas Não Físicas: Origem e Magnitude
- Tabela 4.1-** Endereços dos locais de instalação dos Data-Loggers de pressão
- Tabela 4.2-** Setores de abastecimento, zonas de pressão e cotas limites para abastecimento
- Tabela 4.3-** Cálculo da Reservação necessária para a Zona Baixa (Setor Mandu)
- Tabela 4.4-** Cálculo da Reservação necessária para a Zona Média (Setor São João)
- Tabela 4.5-** Cálculo da Reservação necessária para a Zona Alta (Setor Colinas de Santa Bárbara)
- Tabela 4.6-** Dados físicos e técnicos do Subsetor da VRP YARA
- Tabela 4.7-** Micromedição relativa ao Subsetor da VRP YARA
- Tabela 4.8-** Dimensionamento do conjunto hidráulico da VRP YARA
- Tabela 4.9-** Parâmetro de regulação da VRP YARA utilizando Controlador 2 Pontos
- Tabela 4.10-** Parâmetro de regulação da VRP YARA utilizando saída fixa de pressão
- Tabela 4.11-** Resultados obtidos com a calibração da VRP YARA
- Tabela 4.12-** Resultados obtidos com a calibração da VRP YARA

LISTA DE ABREVIATURAS

14° GAC- 14° Grupo de Artilharia de Campanha
COMAG- Companhia Mineira de Água e Esgoto
COPASA-MG- Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DEMAE- Departamento Municipal de Águas e Esgoto
DRA- Departamento de Registro Acadêmico
DRCN- Diretoria de Operação Centro Norte
DRLE- Diretoria de Operação Leste
DRMT- Diretoria de Operação da Metropolitana
DRSO- Diretoria de Operação Sudoeste
ETA- Estação de Tratamento de Água
GIS- Sistema de Informação Geográfica
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAZB- Zona Baixa Mandu
OMS- Organização Mundial de Saúde
OPS- Organização Pan-Americana de Saúde
PDIA- Perdas na Distribuição de Água
PLANASA- Plano Nacional de Saneamento
PNCDA- Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
RAP- Reservatório Apoiado
REL- Reservatório Elevado
REN- Reservatório Enterrado
RES- Reservatório Semi-Enterrado
SAA- Sistema de Abastecimento de Água
SBZA1- Zona Alta Esplanada de Santa Bárbara
SBZA2- Zona Alta Colinas de Santa Bárbara
SBZB1- Zona Baixa Saúde de Santa Bárbara
SBZB2- Zona Baixa 3 Poderes de Santa Bárbara
SBZB3- Zona Baixa Dorotéia de Santa Bárbara
SCADA- Sistema de Aquisição e Controle de Dados Operacionais
SJZA- Zona Alta São João
SJZB- Zona Baixa São João

UNICAMP- Universidade de Campinas

UNIFEI- Universidade Federal de Itajubá

VRP- Válvula Redutora de Pressão

LISTA DE SÍMBOLOS

AFRa [ramal/km x ano]- Índice futuro de reparos em ramal

AFRe [rede/km x ano]- Índice futuro de reparos em rede

ANC- Água Não Contabilizada

ANF- Água Não Faturada

ARRa [ramal/km x ano]- Índice atual de reparos em ramal

ARRe [rede/km x ano]- Índice atual de reparos em rede

b- número de ramos

[C]- Matriz ramo-nó (b x n)

DN[mm]- Diâmetro Nominal

EP- Extensão Parcial da Rede

ET- Extensão Total da Rede

FP- Fator de Pesquisa

FvA- Fator de vazamentos atual

FvF- Fator de vazamentos futuro

g- gravidade

IH- Índice de Hidrometração

ILB- Índice Linear Bruto de Perda

IP%- Indicador Percentual de Perda Medida

IPD- Índice de Perda na Distribuição

IPF- Índice de Perda de Faturamento

IPL- Índice de Perda por Ligação

k- constante

K₁- Coeficiente do dia de maior consumo

K₂- Coeficiente da hora de maior consumo

k_m- micromedição

k_M- macromedição

LA- Ligações Ativas

Lm- Ligações Ativas Micromedidas

mca- metros de coluna d'água

n- número de nós – número do nó de referência

ND- Número de Dias

N_L- Número de Ligações existentes do Subsetor

PFA- Índice de Perda Física na Adução

PFD- Índice de Perda Física na Distribuição
PFP- Índice de Perda Física na Produção
PmA [kgf/cm²]- Pressão média anual no Subsetor
PmF [kgf/cm²]- Estimativa da pressão futura
PTR- Índice de Perda Física no Tratamento
[q²]- matriz das vazões ao quadrado
Q_L [l/s. lig]- Vazão média por ligação
QLF [l/s. lig]- Vazão média por ligação futura
QmA [l/s]- Vazão média anual estimada do Subsetor
QmF [l/s]- Vazão média futura no Subsetor
Q máxmacro [l/s]- Vazão Máxima Macromedida
Q máxmicro [l/s]- Vazão Máxima Micromedida
Q mínmacro [l/s]- Vazão Mínima Macromedida
Q mínmicro [l/s]- Vazão Mínima Micromedida
TPF- Índice Total de Perda Física
V²- Velocidade ao quadrado
VA- Volume Aduzido
VC- Volume Captado
VD- Volume Disponibilizado
VE- Volume Estimado
VEs- Volume Especial
VEx- Volume Exportado
VF- Volume Faturado
VFU- Volume Fisicamente Utilizado
VIm- Volume Importado
Vm- Volume micromedido
VO- Volume Operacional
VP- Volume Produzido
VR- Volume Recuperado
VU- Volume Utilizado
[λ]- Matriz ramo-ramo (b x b)
Δ h- Perda de Carga

RESUMO

Estuda-se a Identificação e Mitigação de Perdas de Água em Rede de Distribuição através do Monitoramento e Controle de Pressões. Para completar o estudo, apresentam-se alguns fundamentos teóricos iniciais caracterizando a água como um recurso estratégico. Apresentam-se, ainda, as perdas e os desperdícios, bem como as perdas físicas e não-físicas da água no Sistema de Distribuição, a avaliação destas perdas, sua origem, classificação e possíveis causas de ocorrências destas. Indicadores de perdas no Sistema de Abastecimento de Água também são estudados para uma melhor compreensão do assunto abordado. Logo, utiliza-se a metodologia desenvolvida para caracterizar o Sistema. Faz-se o mapeamento das pressões, definição dos setores de abastecimento, definição dos pontos críticos com relação à pressão, para posterior substituição dos trechos ou implantação de válvulas redutoras de pressão nestes pontos. Realiza-se o cálculo da reservação para a implantação do Sistema de Redução e Controle de Pressões. Após realizado o dimensionamento do Sistema, faz-se a avaliação da micromedição e assim, detectam-se as perdas de água. Aplica-se a metodologia no estudo de caso, que foi desenvolvido no município de Pouso Alegre-MG, aproveitando um levantamento executado pela Residência de Obra da COPASA-MG. Calculam-se os índices e valores necessários para a conclusão do trabalho, com a implantação das válvulas redutoras de pressão em um subsetor do município, que é o subsetor VRP YARA. Aplicados os passos necessários para finalizar o estudo, são listados os resultados obtidos e as conclusões alcançadas.

ABSTRACT

The topic of this study is the Identification and Mitigation of Water Losses in a Distribution network through the Monitoring and Control of Pressures. In order to complete the study, some initial theoretical fundamentals characterizing the water as a strategic resource were presented. Also, the losses and wastes, as well as the physical and non-physical losses of water in the Distribution System, the evaluation of these losses, their origins, classification and their possible causes of occurrence were showed. Losses indicators in the Water Supplying System have also been studied for a better understanding of the target subject. Therefore, the methodology developed to characterize the System is used. The mapping of the pressures, the definition of the supplying sectors, the definition of the critical points related to the pressure at these points, is performed aiming a later substitution of these points or the implementation of reduction pressure valves at them. The calculation of the reservation in order to implement the Pressure Control and Reduction System is also performed. After the dimensioning of the System is done and the evaluation of the micromasurement is performed it is possible to detected the water losses. The case study methodology applied was developed in the city of Pouso Alegre-MG, making use of the data collected by COPASA-MG. The needed rates and values to conclude this study are also calculated, with the implementation of pressure reduction valves in a subsector of the municipality, subsector VRP YARA. After all the necessary steps to finalize the study have been applied, the obtained results and conclusions reached are listed.

Capítulo 1 - Introdução

1.1- Considerações iniciais

A presente Declaração Universal dos Direitos da Água foi proclamada tendo como objetivo atingir todos os indivíduos, todos os povos e todas as nações, para que todos os homens, tendo esta Declaração constantemente no espírito, se esforcem, através da educação e do ensino, em desenvolver o respeito aos direitos e obrigações anunciados e assumam, com medidas progressivas de ordem nacional e internacional, o seu reconhecimento e a sua aplicação efetiva.

- A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, povo, nação, região, cidade é plenamente responsável aos olhos de todos.

- A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.

- Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade e precaução.

- O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

- A água não é somente herança de nossos antecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

- A água não é uma doação gratuita da natureza, ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode escassear em qualquer região do mundo.

- A água não deve ser desperdiçada, poluída ou envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se esgote ou deteriore a qualidade das reservas atualmente disponíveis.

- A utilização da água implica em respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou sociedade que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

- A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.

- O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

1.2- Definições

As soluções para redução das perdas reais foram ordenadas em quatro subgrupos onde:

- Controle de Pressão na Rede (o conjunto de soluções afeta a frequência de novos vazamentos e a taxa de vazão de todos os vazamentos e rompimentos);

- Rapidez e Qualidade dos Reparos (o conjunto de soluções afeta a média de duração e a frequência do ressurgimento do vazamento);

- Gerenciamento: seleção, instalação, manutenção, recuperação e substituição de redes (o conjunto de soluções afeta diretamente o desempenho da infra-estrutura);

- Controle ativo de vazamentos e fugas (o conjunto de soluções afeta a identificação dos vazamentos não-visíveis e das fugas);

Existem outras atividades secundárias e/ou conseqüentes da implementação das atividades básicas que permitem análise e avaliação das perdas reais através do estudo de vazões noturnas, baseadas nos dados de medição de vazão dos setores, na análise da quantidade, da

vazão média e da duração dos vazamentos e rompimentos, e também, de cálculos empregando-se modelos matemáticos que incluem registros de vazamentos invisíveis e pressões.

A prática de atividades de redução das perdas reais, as quais são basicamente ações de caráter de engenharia, possibilitam a redução dos custos operacionais e o aumento da oferta sem que seja necessário expandir o sistema de produção de água.

- Gerenciar as pressões nas redes

O conjunto de soluções está voltado para o gerenciamento do controle de pressão na rede e tem por objetivo minimizar as pressões no sistema distribuidor, o limite da pressão máxima (70mca), assegurando os padrões mínimos de pressão de serviço para os consumidores (15mca).

Portanto, as ações estão definidas para a setorização dos sistemas distribuidores pela introdução de válvulas redutoras de pressão ou pelo controle de bombeamento direto na rede (boosters), estando assim definidas:

- a) Atualização do cadastro de válvulas de controle;
- b) Aquisição e instalação de válvulas redutoras de pressão incluindo a adequação das malhas de redes distribuidoras;
- c) Substituição de válvulas redutoras de pressão obsoletas;
- d) Construção de caixas de abrigo para instalação de VRP já adquiridas;
- e) Criação ou contratação de equipes para operação e manutenção de válvulas redutoras de pressão
- f) Contratação de serviços especializados;
- g) Capacitação e treinamento pessoal;
- h) Elaboração dos projetos específicos de setorização de pressões.

Benefícios

- Redução de custos operacionais;
- A redução das perdas aumenta a oferta, sem expansão do sistema produtor;
- Redução dos volumes de água perdidos em vazamentos no sistema de distribuição;
- Minimização do índice de vazamento na infra-estrutura e nas instalações prediais;
- Redução do tempo de intermitência no abastecimento devido à minimização do número de vazamentos;
- Melhoria no estado de controle do sistema de abastecimento, com a conseqüente melhoria na sua confiabilidade e disponibilidade;
- Melhoria na qualidade do serviço prestado refletindo na satisfação dos usuários.

1.3- Objetivos

O objetivo básico é mostrar que com ações simples há possibilidade de reduzir os índices de perdas, com atividades realizadas de forma correta e contínua.

Um grande desafio no enfoque de perdas na distribuição de água é a escolha de índices representativos para o valor da perda de um sistema, que proporcionem a tomada de decisões que reduzam as perdas de forma eficiente. Esses índices devem permitir a comparação de desempenho quanto a perdas de água em sistemas com diferentes características e mesmo entre companhias.

Enfim, estudar a rede de distribuição de água do município de Pouso Alegre-MG, bem como avaliar as condições do saneamento básico, destacar a importância do uso eficiente da água, definir os tipos de perdas existentes na rede, sua localização e quantificação, serão alguns dos objetivos deste trabalho de dissertação.

1.4- Motivação

A informação sobre recursos hídricos disponíveis ganha dimensão e importância na otimização dos processos decisórios relacionados ao melhor aproveitamento dos recursos naturais, nas ações de planejamento e gestão, instrumentos cada vez mais utilizados pela sociedade moderna. Por isso, é preciso destacar a importância do uso correto da água.

O estudo de setores típicos de abastecimento tem-se constituído no momento numa estratégia muito adotada para o conhecimento com profundidade dos aspectos que condicionam o funcionamento de um setor da rede de distribuição de água. Desta forma, com o conhecimento da situação real que operam as redes de distribuição de água podem ser estabelecidas políticas que permitam otimizar a operação em termos técnicos e comerciais, de forma a facilitar a viabilidade econômica e financeira. É comum no Brasil, empresas de saneamento básico operando com índices de perdas entre 40 e 50% e se considerar que estas são indústrias de beneficiamento de água, é inaceitável, principalmente considerando a crise econômica mundial hoje vivida. Estes índices na COPASA variam de 20 a 30%.

Apesar destes elevados índices de ineficiência, pouco tem-se feito, em termos de pesquisas, para investigar quais as causas deste elevado índice e procurar sanar os problemas na sua origem.

1.5- Estrutura da Dissertação

No **Capítulo 2** é feita a Revisão Bibliográfica, onde são abordados assuntos como o Produto Água, como se distribui na Terra, aspectos gerais e informativos, considerações sobre o saneamento básico, com ênfase no abastecimento de água. São abordados, ainda, as perdas e desperdícios, bem como avaliação destas perdas, conceitos, causas e classificação. São estudados os indicadores de perdas no sistema de abastecimento de água, o que representa o enfoque do trabalho, ou seja, que são as perdas na rede de distribuição de água.

O **Capítulo 3** apresenta o desenvolvimento metodológico, assim como a metodologia proposta para a realização de todas as etapas do trabalho, desde o mapeamento das pressões, implantação de válvulas redutoras de pressão na rede até a avaliação na micromedição do subsetor a ser estudado, que é o subsetor Yara.

No **Capítulo 4** será feito o estudo de caso, que foi realizado no município de Pouso Alegre-MG, com a colaboração do Engenheiro da Residência de Obras da COPASA, aplicando a metodologia desenvolvida para cada etapa do trabalho. Primeiro, realiza-se o mapeamento das pressões de toda rede. Assim feito, realiza-se a setorização do município e, posteriormente, fez-se a análise comparativa do projeto realizado com o projeto existente. Realizou-se a divisão do município em zonas de pressão para possível definição dos trechos a serem implantadas as válvulas redutoras de pressão. É preciso também ressaltar a importância da análise da reservação presente no sistema. Implantadas as válvulas redutoras no subsetor VRP YARA, são realizados todos os estudos necessários para detectar as perdas na rede de distribuição de água, que é feito através do monitoramento das pressões.

O **Capítulo 5**, por fim, apresenta os resultados obtidos no estudo realizado na rede de distribuição, conclusões alcançadas e as possíveis recomendações feitas para a melhoria do sistema e, conseqüente, redução das perdas.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

2.1-O Produto Água

2.1.1- Como se distribui a água na Terra

O Planeta Terra é formado por muita água, mas 97% dessa água toda está nos oceanos e mares, e é salgada; 2% estão armazenadas nas geleiras, em lugares quase inacessíveis. Apenas 1% de toda a água do Planeta está disponível para uso, armazenada nos lençóis subterrâneos, lagos, rios e na atmosfera.

A Tabela 2.1 apresenta a distribuição de água na biosfera e tempo de renovação:

Tabela 2.1- Distribuição de água na biosfera e tempo de renovação (UNICAMP, 2005)

LOCAL	VOLUME km ³	PERCENTUAL DO TOTAL (%)	TEMPO DE RENOVAÇÃO
Oceanos	1.370.000	97,61	3.100 anos
Calotas polares e geleiras	29.000	2,08	16.000 anos
Água subterrânea	4.000	0,29	300 anos
Água doce de lagos	125	0,009	1-100 anos
Água salgada dos lagos	104	0,008	10-1.000 anos
Água misturada no solo	67	0,005	280 dias
Rios	1,2	0,00009	12-20 dias
Vapor d'água na atmosfera	14	0,0009	9 dias

Na Tabela 2.2 é apresentado o consumo de água no Planeta desde o ano de 1900, por setor consumidor:

Tabela 2.2- Consumo de água anual em km³ no Planeta (UNICAMP, 2005)

Setor	1900	1950	1970	1980	2000
Agricultura	409	859	1.400	1.730	2.500
Indústria	4	15	38	62	117
Municipal	4	14	29	41	65
Reservatório	-	7	66	120	220
Total	417	894	1.540	1.950	2.900

O homem tem utilizado, em suas atividades, aproximadamente 2,5 vezes mais água do que a quantidade disponível em todos os rios do Planeta, o que tem obrigado crescente utilização da água existente nos lagos e lençóis subterrâneos.

2.1.2- Água: Um Recurso Estratégico

Em todo o mundo, o pensamento científico e as correntes políticas vêm elevando os recursos hídricos à condição de matéria de primeira importância. Atualmente, a maioria dos governos e grande número de agências internacionais chegam mesmo a destacar a prioridade da água dentro do conjunto dos recursos naturais estratégicos.

De fato, há, hoje, uma percepção clara de que os recursos hídricos, quando disponíveis em quantidade e qualidade, contribuem, fortemente, para o desenvolvimento econômico e social. De outro lado, em regiões onde as disponibilidades hídricas são escassas ou mal utilizadas, essa deficiência compromete, freqüentemente, o bem-estar e a segurança das sociedades.

O acaso geográfico que situou o Continente Sul-Americano no interior da maior concentração de águas oceânicas do Planeta e, simultaneamente, frente a um sistema de circulação atmosférica favorável, produziu, em consequência, disponibilidades hídricas superficiais bastante elevadas, nesta região. Essa situação privilegiada é especialmente notável no caso brasileiro que apresenta áreas de escassez relativamente limitadas e pouco significativas, quando confrontadas com os padrões mundiais. (COPASA-MG, 2005)

Embora indubitavelmente benéfica para o país, essa coincidência prolongou aqui a falsa idéia de fartura e o equívoco de considerar a água como um recurso ilimitado e de baixo valor econômico. Apenas recentemente, o desenvolvimento da economia e o crescimento demográfico começaram a evidenciar a exata dimensão do conflito entre demandas crescentes e disponibilidades constantes. Com efeito, nas bacias hidrográficas mais desenvolvidas do País, onde já se fazem presentes conflitos significativos entre usos concorrentes, a água passou a se constituir em um fator limitante ao crescimento econômico.

2.1.3- Considerações para o Saneamento Básico

Como usuário da água, o setor de saneamento básico apresenta algumas peculiaridades que fazem com que ele se ressinta mais fortemente das deficiências no conhecimento hidrológico. Com efeito, a água constitui-se na matéria-prima básica desse setor, que a utiliza de duas formas relativamente conflitantes. De um lado, na extração para os sistemas de abastecimento público, onde a qualidade da água assume características tão importantes quanto a sua disponibilidade em quantidade. De outro lado, para lançamento, veiculação e depuração dos efluentes sanitários provenientes dos mesmos sistemas de abastecimento público que, se praticados de forma inconveniente, podem contribuir fortemente para a degradação do estado de qualidade dos corpos d'água. Essa peculiaridade impõe, a um só tempo, o planejamento cuidadoso das utilizações e o emprego de tecnologias de tratamento que exigem precisão, no conhecimento da realidade física. Para o saneamento, a água é, essencialmente, um recurso ambiental e, nesta condição, deve ser investigada e interpretada de forma abrangente.

As condições de saneamento- água, esgoto, resíduos sólidos- da população brasileira ainda são deficientes. Cerca de 3,7 milhões de residências no Brasil- onde moram mais de 16 milhões de pessoas- não têm sanitários (vaso, fossa, etc.). Do total da população, 137 milhões (81%) vivem nas cidades e 31,3 milhões (19%) na zona rural. Dos 44,7 milhões de residências, 77% estão ligadas à rede geral de abastecimento de água, mas 6,9 milhões -28 milhões de pessoas – se abastecem de poços ou fontes. Restam ainda 2,3 milhões de domicílios ou mais de 10 milhões de brasileiros sem abastecimento de água, sendo 6,9 milhões nas zonas rurais. (IBGE, 2005)

A Tabela 2.3 mostra alguns dados do Saneamento no Brasil.

Tabela 2.3- Dados do Saneamento no Brasil (IBGE, 2005)

Características do domicílio	Domicílios			Moradores		
	Total	Situação do domicílio		Total	Situação do domicílio	
		Urbana	Rural		Urbana	Rural
Total	44.795.101	37.334.866	7.460.235	168.370.893	137.015.685	31.355.208
Abastecimento de Água						
Rede Geral	34.859.393	33.512.266	1.347.127	127.682.948	122.102.799	5.580.149
Canalizada	32.666.044	31.696.176	969.868	118.432.944	114.559.080	3.873.864
Sem rede interna	2.193.349	1.816.090	377.259	9.250.004	7.543.719	1.706.285
Poço ou Nascente	6.976.877	2.663.255	4.313.622	28.074.483	10.399.507	17.674.976
Não canalizada	2.434.429	671.065	1.763.364	10.817.965	2.841.306	7.976.659
Outra	2.958.831	1.159.345	1.799.486	12.613.462	4.513.379	8.100.083
Canalizada	493.842	287.081	206.761	1.887.131	1.085.154	801.977
Sem rede interna	145.073	68.259	76.814	610.696	277.605	333.091
Não canalizada	2.319.916	804.005	1.515.911	10.115.635	3.150.620	6.965.015

2.1.4- Abastecimento de Água

Uma das aventuras mais fascinantes é acompanhar o ciclo das águas na Natureza. Suas reservas no planeta são constantes, mas isso não é motivo para desperdiçá-la ou mesmo poluí-la. A água usada para os mais variados fins é sempre a mesma, ou seja, ela é responsável pelo funcionamento da grande máquina que é a vida na Terra; sendo tudo isto movido pela energia solar (Hidrored, 2006).

A água nunca é pura na Natureza, pois nela estão dissolvidos gases, sais sólidos e íons. Dentro dessa complexa mistura, há uma coleção variada de vida vegetal e animal, desde o fitoplâncton e o zooplâncton até a baleia azul (maior mamífero do planeta). Dentro dessa gama de variadas formas de vida, há organismos que dependem dela inclusive para completar seu ciclo de vida (como ocorre com os insetos). Enfim, a água é componente vital no sistema de sustentação da vida na Terra e por isso deve ser preservada, mas nem sempre isso acontece. A sua poluição impede a sobrevivência daqueles seres, causando também graves consequências aos seres humanos (Hidrored, 2006).

A poluição da água indica que um ou mais de seus usos foram prejudicados, podendo atingir o homem de forma direta, pois ela é usada por este para ser bebida, para tomar banho, para lavar roupas e utensílios e, principalmente, para sua alimentação e dos animais domésticos. Além disso, abastece as cidades, sendo também utilizada nas indústrias e na irrigação de plantações. Por isso, a água deve ter aspecto limpo, pureza de gosto e estar isenta de microorganismos patogênicos, o que é conseguido através do seu tratamento, desde a retirada dos rios até a chegada nas residências urbanas ou rurais. A água de um rio é considerada de boa qualidade quando apresenta menos de mil coliformes fecais e menos de dez microorganismos patogênicos por litro (como aqueles causadores de verminoses, cólera, esquistossomose, febre tifóide, hepatite, leptospirose, poliomielite etc.). Portanto, para a água se manter nessas condições, deve-se evitar sua contaminação por resíduos, sejam eles agrícolas (de natureza química ou orgânica), esgotos, resíduos industriais, lixo ou sedimentos vindos da erosão.

Os resíduos gerados pelas indústrias, cidades e atividades agrícolas são sólidos ou líquidos, tendo um potencial de poluição muito grande. Os resíduos gerados pelas cidades, como lixo, entulhos e produtos tóxicos são carregados para os rios com a ajuda das chuvas. Os resíduos líquidos carregam poluentes orgânicos (que são mais fáceis de serem controlados do que os inorgânicos, quando em pequena quantidade). As indústrias produzem grande quantidade de resíduos em seus processos, sendo uma parte retida pelas instalações de tratamento da própria indústria, que retêm tanto resíduos sólidos quanto líquidos, e a outra parte despejada no ambiente. No processo de tratamento dos resíduos também é produzido outro resíduo chamado "*chorume*", líquido que precisa novamente de tratamento e controle. As cidades podem ser ainda poluídas pelas enxurradas, pelo lixo e pelo esgoto (Hidrored, 2006).

Enfim, a poluição das águas pode aparecer de vários modos, incluindo a poluição térmica, que é a descarga de efluentes a altas temperaturas, poluição física, que é a descarga de material em suspensão, poluição biológica, que é a descarga de bactérias patogênicas e vírus, e poluição química, que pode ocorrer por deficiência de oxigênio, toxidez e eutrofização.

A eutrofização é causada por processos de erosão e decomposição que fazem aumentar o conteúdo de nutrientes, aumentando a produtividade biológica, permitindo periódicas proliferações de algas, que tornam a água turva e com isso podem causar deficiência de oxigênio pelo seu apodrecimento, aumentando sua toxidez para os organismos que nela vivem (como os peixes, que aparecem mortos junto a espumas tóxicas).

A poluição de águas nos países ricos é resultado da maneira como a sociedade consumista está organizada para produzir e desfrutar de sua riqueza, progresso material e bem-estar. Já nos países pobres, a poluição é resultado da pobreza e da ausência de educação de seus habitantes, que, assim, não têm base para exigir os seus direitos de cidadãos, o que só tende a prejudicá-los, pois esta omissão na reivindicação de seus direitos leva à impunidade às indústrias, que poluem cada vez mais, e aos governantes, que também se aproveitam da ausência da educação do povo e, em geral, fecham os olhos para a questão, como se tal poluição não atingisse também a eles. A Educação Ambiental vem justamente resgatar a cidadania para que o povo tome consciência da necessidade da preservação do meio ambiente, que influi diretamente na manutenção da sua qualidade de vida (Hidrored, 2006).

Dentro desse contexto, uma grande parcela da contenção da "saúde das águas" cabe a nós, brasileiros, pois se a Terra parece o Planeta Água, o Brasil poderia ser considerado sua capital, já que é dotado de uma extensa rede de rios, e privilegiado por um clima excepcional, que asseguram chuvas abundantes e regulares em quase todo seu território.

O Brasil dispõe de 15% de toda a água doce existente no mundo, ou seja, dos 113 trilhões de m³ disponíveis para a vida terrestre, 17 trilhões foram reservados ao nosso país. No processo de reciclagem, quase a totalidade dessa água é recolhida pelas [nove grandes Bacias Hidrográficas](#) aqui existentes. Como a água é necessária para dar continuidade ao crescimento econômico, as Bacias Hidrográficas passam a ser áreas geográficas de preocupação de todos os agentes e interesses públicos e privados, pois elas passam por várias cidades, propriedades agrícolas e indústrias. No entanto, a presença de alguns produtos químicos industriais e agrícolas (agrotóxicos) pode impedir a purificação natural da água (reciclagem) e, nesse caso, só a construção de sofisticados sistemas de tratamento permitiriam a retenção de compostos químicos nocivos à saúde humana, aos peixes e à vegetação (Saneamento Básico, 2006).

Quanto melhor é a água de um rio, ou seja, quanto mais esforços forem feitos no sentido de que ela seja preservada (tendo como instrumento principal de conscientização da população a Educação Ambiental), melhor e mais barato será o tratamento desta e, com isso, a população só terá a ganhar. Mas parece que a preocupação dos técnicos em geral é sofisticar cada vez mais os tratamentos de água, ao invés de se aterem mais à preservação dos mananciais, de onde é retirada água pura. Este é o raciocínio - mais irracional - de que a técnica pode fazer tudo. Técnicas sofisticadíssimas estão sendo desenvolvidas para permitir a reutilização da água no

abastecimento público, não percebendo que a ingestão de um líquido tratado com tal grau de sofisticação pode ser tudo, menos o alimento vital do qual o ser humano necessita. Ou seja, de que adianta o progresso se não há qualidade de vida? A única medida mitigadora possível para este problema, na situação grave em que o consumo da água se encontra, foi misturar e fornecer à população uma água de boa procedência com outra de procedência pior, cuidadosamente tratada e controlada

A água pode ser saudável ou nociva. Na natureza não existe água pura, devido à sua capacidade de dissolver quase todos os elementos e compostos químicos. A água que são encontradas nos rios ou em poços profundos contém várias substâncias dissolvidas, como o zinco, o magnésio, o cálcio e elementos radioativos. Dependendo do grau de concentração desses elementos, a água pode ou não ser nociva. Para ser saudável, a água não pode conter substâncias tóxicas, vírus, bactérias, parasitas.

2.1.5- Características do Saneamento Básico em Minas Gerais

Até o ano de 1963, Minas Gerais não tinha uma política de saneamento. As condições dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário estavam longe do ideal. Foi nessa época, com a finalidade de definir e executar essa política, que o Governo do Estado criou a Companhia Mineira de Água e Esgoto – COMAG (COPASA, 2006).

Em 1971, mais um importante passo foi dado Política de cobrança nessa história: o Governo Federal criou o Plano Nacional de Saneamento - PLANASA. Esse plano definia metas a serem alcançadas pelo País na área de saneamento, destinando, inclusive, recursos financeiros para a implantação dessa política. O Departamento Municipal de Águas e Esgoto - DEMAÉ, que na época cuidava do saneamento em Belo Horizonte, aderiu à COMAG, beneficiando-se dos recursos federais a serem repassados através do PLANASA. Com a adesão do DEMAÉ e as modificações introduzidas pelo PLANASA, além do incremento do suporte técnico-financeiro ao trabalho desenvolvido pelas empresas estaduais de saneamento, a COMAG teve um grande impulso. A partir daí, a empresa passaria por uma série de modificações de forma a ajustar-se aos novos tempos. Sua denominação foi, inclusive, alterada para Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA-MG, através da Lei 6.475, de 14 de novembro de 1974 (COPASA, 2006).

A água tratada é um produto industrial que exige altos investimentos para a sua produção, reservação, distribuição e controle de qualidade. Para garantir sua quantidade e qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde - OMS, a empresa exerce um rigoroso controle e investe em programas de preservação dos mananciais de onde a água é retirada para abastecimento público. O quadro a seguir registra os indicadores do atendimento da companhia, no Estado, no que diz respeito ao abastecimento de água (COPASA, 2006).

A Tabela 2.4 apresenta dados de abastecimento de água no Estado de Minas Gerais:

Tabela 2.4- Abastecimento de água da COPASA-MG (COPASA, 2006)

Abastecimento de Água	Número
Localidades com concessões	1.018
Localidades Operadas	820
População abastecida (1.000 habitantes)	11.092
Cobertura em Relação à População Total do Estado (%)	57,2
Unidades Abastecidas (economias)	3.594.807
Extensão de Redes (km)	37.275

A Tabela 2.5 apresenta os indicadores operacionais:

Tabela 2.5- Indicadores Operacionais (COPASA, 2006)

Número de empregados	10.828
Empregados/mil Ligações	2,55
Volume produzido de água por ano (1.000m ³)	67.075
Volume faturado por ano (1.000 m ³)	
Água	51.447
Esgoto	26.535
TOTAL	77.982
Perda faturada (%)	23,31
Perda na Distribuição de Água (m ³ /eco/mês)	6,47
Índice de Macromedição (%)	94,69
Índice de Hidromedição (%)	99,75

A Tabela 2.6 apresenta as tarifas em reais/m³, de acordo com as categorias e as faixas de consumo.

Tabela 2.6- Tarifas em reais/m³- em 01/03/2006 (COPASA, 2006)

Categorias	Faixas de Consumo em (m ³)	Tarifas/Valores em R\$/m ³	
		ÁGUA	ESGOTO
Item I Residencial normal	0-6	Valor da Conta:13,8000	Valor da Conta:12,4200
	>6-10	0,4140	0,3726
	>10-15	2,8470	2,5623
	>15-20	2,8638	2,5774
	>20-40	2,8887	2,5998
	>40	5,3308	4,7977
Item II Comercial	0-6	Valor da Conta:19,0002	Valor da Conta:17,1000
	>6-10	0,4056	0,3650
	>10-40	3,9422	3,5480
	>40-100	3,9592	3,5633
	>100	3,9941	3,5947
Item III Pública	0-6	Valor da Conta:18,9504	Valor da Conta:17,0556
	>6-10	0,4453	0,4008
	>10-20	3,5759	3,2183
	>20-40	4,5050	4,0545
	>40-100	4,5508	4,0957
	>100-300	4,5674	4,1107
	>300	4,6096	4,1486
Item IV Industrial	0-6	Valor da Conta:21,2100	Valor da Conta:19,0890
	>6-10	0,3841	0,3457
	>10-20	3,9948	3,5953
	>20-40	4,0123	3,6111
	>40-100	4,0378	3,6340
	>100-600	4,2381	3,8143
	>600	4,2933	3,8640

2.1.6- O Ciclo do Uso da Água

A água percorre um ciclo no globo terrestre, ao qual é denominado ciclo hidrológico. Além do ciclo hidrológico, existem ciclos internos em que a água permanece na sua forma líquida, mas tem as suas características alteradas em virtude da sua utilização. A Figura 2.1 mostra um exemplo típico de um ciclo da água, cujas características são alteradas em cada etapa do seu percurso (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para Municípios, 1996).

Água bruta: é a água retirada do rio, lago ou lençol subterrâneo, possuindo uma determinada qualidade.

Água tratada: após a captação, a água sofre transformações durante o seu tratamento para se adequar aos usos previstos (ex.: abastecimento público ou industrial).

Esgoto bruto (água usada): com a utilização da água, a mesma sofre novas transformações na sua qualidade, vindo a constituir um despejo líquido.

Esgoto tratado: visando a remover os seus principais poluentes, os despejos sofrem um tratamento antes de serem lançados ao corpo receptor. O tratamento dos esgotos é responsável por uma nova alteração na qualidade do líquido.

Corpo receptor: os esgotos tratados, ou efluentes do tratamento dos esgotos, são lançados no corpo receptor, transformando novamente a qualidade da água, face à diluição e mecanismos de autodepuração.

Autodepuração: o corpo d'água, ao receber o lançamento dos esgotos, sofre uma deterioração da sua qualidade. No entanto, através de mecanismos puramente naturais, a qualidade do corpo receptor volta a melhorar, trazendo de volta um equilíbrio ao meio aquático. No entanto, este processo pode necessitar de dezenas de quilômetros, dependendo das características do corpo receptor.

O gerenciamento do ciclo do uso da água é um papel importante da Engenharia, incluindo o planejamento, projeto, execução e controle das obras necessárias para a manutenção da qualidade da água desejada em função dos seus diversos usos.

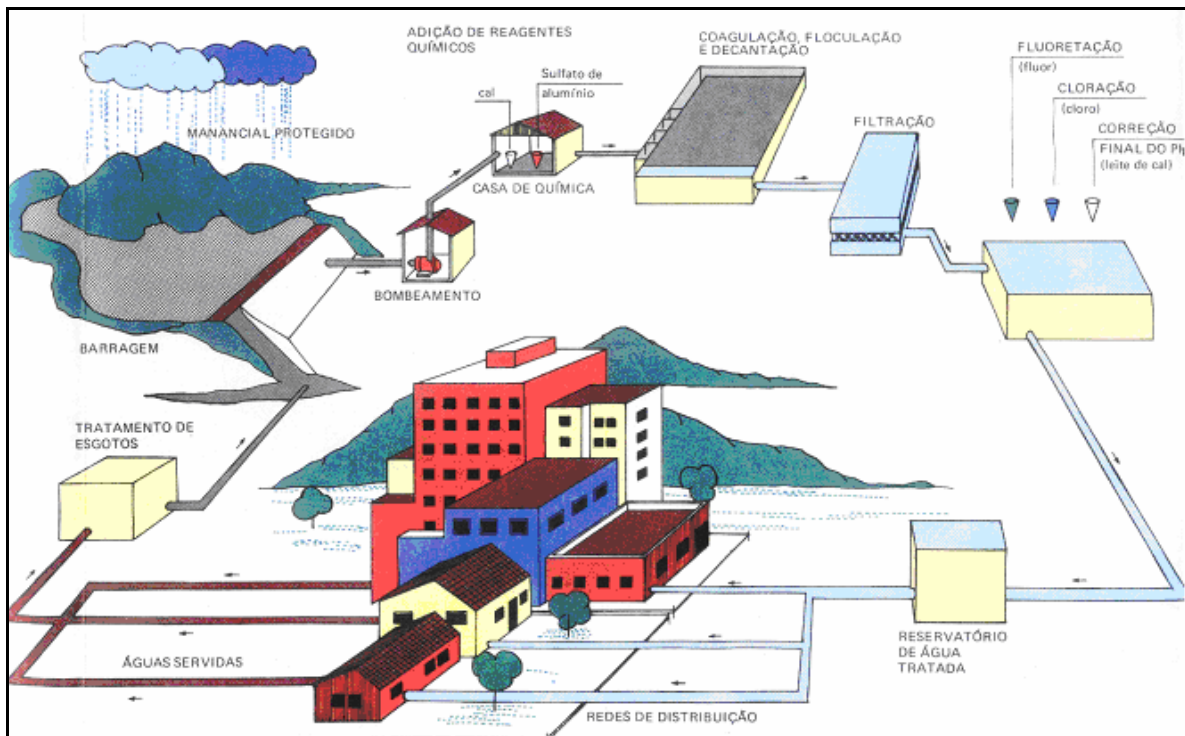


Figura 2.1 – Ciclo do uso da água (COPASA, 2006)

2.2-Perdas e Desperdícios

A conservação da *Água*, riqueza natural mais preciosa deste novo milênio, exige o desenvolvimento e o emprego de técnicas e instrumentos cada vez mais sensíveis e precisos para que seja possível a *Medição* do seu consumo e do seu uso (industrial, comercial, residencial e agrícola). Com isso, evitam-se os desperdícios de *Água*, propiciando a sua utilização dentro do estritamente necessário para a sobrevivência humana e, desta maneira, garantindo-se a disponibilidade do valioso líquido (fonte da vida) para todas as espécies vivas deste Planeta Terra, a partir do conceito e dos fundamentos do desenvolvimento sustentável. (Elton J. Mello, 2004)

Em sistemas públicos de abastecimento, do ponto de vista operacional, as perdas de água são consideradas correspondentes aos volumes não contabilizados. Esses englobam tanto as perdas físicas, que representam a parcela não consumida, como as perdas não físicas, que correspondem à água consumida e não registrada (Programa de Redução de Perdas, 2003).

As perdas físicas originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água, o tratamento, a reservação, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes provocam consumos superiores ao estritamente necessários para operação.

As perdas não físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou que submedem, fraudes em hidrômetros e outras. São também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado.

A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de produção - mediante redução do consumo de energia, de produtos químicos e outros - e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor.

A redução das perdas não físicas permite aumentar a receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços. Contribui indiretamente para a ampliação da oferta efetiva, uma vez que induz à redução de desperdícios por força da aplicação da tarifa aos volumes efetivamente consumidos.

O combate a perdas e aos desperdícios implica, portanto, redução do volume de água não contabilizado, exigindo a adoção de medidas que permitam reduzir as perdas físicas e não físicas, e mantê-las permanentemente em nível adequado, considerando a viabilidade técnico-econômica das ações de combate a perdas em relação ao processo operacional de todo o sistema.

O desenvolvimento de medidas de natureza preventiva de controle de perdas nas fases de projeto e construção do sistema envolve a necessidade de passos iniciais de organização anteriores a operação. Aquelas medidas devem contemplar, dentre outras:

- boa concepção do sistema de abastecimento de água, considerando os dispositivos de controle operacional do processo;
- qualidade adequada de instalações das tubulações, equipamentos e demais dispositivos utilizados;
- implantação dos mecanismos de controle operacional (medidores e outros);
- elaboração de cadastros;
- execução de testes pré-operacionais de ajuste do sistema.

Enfim, perda de água em redes de distribuição é um problema de todos, exigindo uma administração estratégica focada no aumento da receita, na melhoria da eficiência dos serviços prestados, no desempenho financeiro, na redução dos custos operacionais e no aumento da oferta sem que seja prioritário expandir os sistemas de produção de água.

2.2.1- Desperdício

Desperdício é aquela ação pela qual se usa mal, se desaproveita ou se perde uma coisa. Portanto, quando se refere ao desperdício da água indica-se um conjunto de ações e processos pelos quais os seres humanos usam mal a água, a desaproveitam ou a perdem. Esta quantidade de água gasta, mas não utilizada pelo consumidor doméstico, se eliminada não traria redução de conforto ou de hábitos higiênicos, nem diminuição da qualidade e características de produtos e serviços por parte do consumidor industrial, comercial e de órgãos públicos. Quando as pessoas desperdiçam algo, negam não só seu valor, mas também expressam uma falta de visão do futuro, já que não se está conservando o que se necessita para viver. Portanto, desperdiçar água indica falta de clareza sobre a importância fundamental deste valioso recurso para a sobrevivência. Entre 1970 e 1995, a quantidade de água disponível para cada habitante caiu 37%.

No Brasil, o desperdício de água chega a 70% e nas residências tem-se até 78% do consumo de água sendo gasto no banheiro. Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPS), a quantidade de água que o ser humano necessita a cada dia é de 189 litros. Essa quantidade é suficiente para atender às necessidades de consumo, higiene e para o preparo dos

alimentos. Estima-se que a distribuição do consumo médio diário de água, por pessoa, é aproximadamente a seguinte: 36% na descarga do banheiro; 31% em higiene corporal; 14% na lavagem de roupas; 8% na rega de jardins, lavagem de automóveis, limpeza de casa, atividades de diluição e outras; 7% na lavagem de utensílios de cozinha, e 4% para beber e alimentação.

Hoje, a disponibilidade de água, aproveitada de diferentes formas, é de 3.500 quilômetros cúbicos por ano, com seu maior uso na agricultura (70%), principalmente nos países do terceiro mundo. Em ocasiões, os sistemas de rega desperdiçam grandes quantidades de água. Calcula-se que só chegam à zona de cultivos entre 15% e 50% da água que é extraída para a irrigação. Perde-se água por evaporação, por absorção e por fugas.

A atividade industrial também é uma grande consumidora, especialmente nos países desenvolvidos. O cálculo é de que as indústrias chegam a utilizar entre a metade e $\frac{3}{4}$ de toda a água extraída, em comparação com a média mundial que chega somente a $\frac{1}{4}$.

Além da necessidade de economia, a reciclagem e a reutilização aparecem como alternativas para o uso eficiente da água. A reciclagem pode ser definida como o reaproveitamento de uma água utilizada para determinada função, apesar da alteração de suas qualidades físico-químicas e microbiológicas em função do uso. O reaproveitamento pode ser feito em alguns casos antes que a água atinja a rede de esgotos, por exemplo, em nossa casa a água do banho poderia ser utilizada sem qualquer tratamento, para descarga do vaso sanitário ou para lavagem de um quintal.

A nível industrial a reciclagem já é uma realidade, pois é economicamente viável em função da redução dos custos envolvidos com a própria água e atualmente por reduzir o volume dos efluentes lançados em um recurso hídrico.

2.2.2-Avaliação das Perdas

A estimativa das perdas em um sistema de abastecimento se dá por meio da comparação entre o volume de água transferido de um ponto do sistema e o volume de água recebido em um ou mais pontos do sistema, situados na área de influência do ponto de transferência (Programa de Redução de Perdas, 2003).

Em sistemas de abastecimento de água em que o índice de micromedição aproxime-se de 100%, as ligações clandestinas tenham pouca importância e exista eficaz programação permanente de adequação e manutenção preventiva de hidrômetros, combate às fraudes nos micromedidores e ramais clandestinos, as perdas mensuráveis tendem a refletir as perdas físicas de água.

Em relação às perdas físicas na rede distribuidora, nos ramais prediais registra-se a maior quantidade de ocorrência (vazamentos). Isso nem sempre significa, porém, que esta seja a maior perda em termos de volume. As maiores perdas físicas na distribuição, em volume, ocorrem por extravasamento de reservatórios ou em vazamentos nas adutoras de água tratada e nas tubulações da rede de distribuição.

2.2.3-Perdas

Em sistemas de abastecimento, perdas de água é toda perda física, não física ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional. (COPASA-MG, 2006)

$$\text{Perdas} = \text{Volume total de água bombeado} - \text{Volume total de água medido}$$

Onde:

Volume total de água bombeado é volume de água que entra em um sistema de transporte ou distribuição e o **Volume total de água medido** é volume de água medido e/ou não medido, faturado e/ou não faturado utilizado pelos consumidores domésticos, comerciais, industriais ou por quem está autorizado pelo prestador do serviço de água. (COPASA-MG, 2006)

2.2.3.1- Perdas Físicas ou Reais

São as perdas de água que ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor. Estas incluem as perdas na captação e adução de água bruta; no tratamento; nos reservatórios (vazamentos e extravasamentos); nas adutoras, subadutoras de água tratada e

instalações de recalque; e nas redes de distribuição e ramais prediais, até o cavalete (Programa de Redução de Perdas, 2003).

São constituídas pelos vazamentos e rompimentos, visíveis ou não, nas tubulações (recalques, adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais) e instalações (estação de tratamento, reservatórios e elevatórias); pelas descargas excedentes para limpeza ou esvaziamento de redes e adutoras; pelos extravasamentos em reservatórios; e pelas perdas no tratamento para limpeza de floculadores e decantadores e lavagem de filtros, quando empregados volumes superiores ao estritamente necessário para a correta operação do sistema.

A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de operação e manutenção do sistema, e otimizar a utilização das instalações existentes, propiciando o aumento da oferta de água tratada sem que haja expansão do sistema produtor.

2.2.3.2- Origem das perdas no sistema de tratamento e abastecimento de água

A Tabela 2.7 mostra a origem e a magnitude das perdas:

Tabela 2.7- Origem e magnitude das perdas (PNCDA, 2006)

SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
Adução de Água Bruta	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões

A) Perdas na captação ou adução de água bruta

As perdas físicas na captação e na adução de água bruta correspondem à água utilizada para a limpeza geral, incluindo o poço de sucção, sendo em geral pequena e função das características hidráulicas do projeto e da qualidade da água bruta (PNCDA, 2006)

O componente que merece mais atenção são os vazamentos na adução, função do estado da tubulação e do material utilizado; sua idade; pressão; adequada execução da obra; elementos de proteção contra golpes e conseqüentes rompimentos em casos de interrupção do fornecimento de energia.

Trata-se de um componente crítico do sistema de abastecimento, merecendo especial atenção no que diz respeito à manutenção sistemática de caráter preventivo. Ressalte-se que a manutenção preventiva, elétrica ou hidráulica, como o conserto da tubulação obstruída por incrustações ou reparos de vazamentos, muitas vezes não é feita ou é adiada para se evitar o desgaste político junto à população, pois paradas no sistema produtor provocam interrupções no fornecimento de água por muitas horas. Tal procedimento, no entanto, acaba comprometendo o comportamento do sistema, aumentando muitas vezes as perdas de carga e o consumo de energia, bem como as perdas e os riscos de interrupções mais demoradas por falhas e rompimentos (PNCDA, 2006).

A magnitude das perdas na adução de água bruta é variável, função do estado das instalações e das práticas operacionais e de manutenção preventiva, sendo normalmente pouco expressivas no contexto geral, a não ser em adutoras de grande extensão e/ou deterioradas.

B) Perdas no Tratamento

A principal característica das perdas físicas nas ETA (Estação de Tratamento de Água) é que, mesmo que sejam percentualmente pequenas, em termos de vazão são significativas.

Deve-se lembrar que parte das vazões retidas nas ETA é inerente ao processo de tratamento, não sendo possível eliminá-las totalmente, mas sim reduzi-las até o ponto em que se eliminem os desperdícios (PNCDA, 2006).

A recuperação da qualidade da água de lavagem mediante tratamento de lodo é benéfica ao meio ambiente e indiretamente à conservação da água, mesmo que não haja reciclagem para abastecimento público. O lançamento de efluentes tratados representa, do ponto de vista dos recursos hídricos, uma ação conservadora, no que diz respeito às disponibilidades de água bruta no sistema hídrico.

As perdas na ETA podem estar associadas ao processo ou a vazamentos.

As perdas por vazamentos podem se dar, entre outros motivos, por falhas na estrutura (trincas), na impermeabilização e na estanqueidade insuficiente de comportas.

As perdas de processo correspondem às águas descartadas na lavagem e limpeza de floculadores, decantadores, filtros e nas descargas de lodo, em quantidades excedentes à estritamente necessárias para a correta operação da ETA.

A magnitude das perdas é significativa, podendo variar entre 2% e 10%, função do estado das instalações e da eficiência operacional (PNCDA, 2006).

Assim sendo, melhorias operacionais ou reparos estruturais podem propiciar retornos rápidos em termos de redução de perdas e de custos de produção.

C) Perdas na Reservação

Podem ter origem em procedimentos operacionais, por exemplo, na limpeza programada de reservatórios; em operações inadequadas, provocando extravasamentos; ou, ainda, em deficiências estruturais da obra, como trincas ou impermeabilização mal feita.

No caso de extravasamentos, a introdução de alarmes ou controle automático de níveis e vazões pode corrigir esse problema operacional (PNCDA, 2006).

No caso de deficiências estruturais, a correção do problema passa pela avaliação econômica e de retorno do investimento.

É importante ressaltar que os problemas estruturais devem ser avaliados por especialistas que atestem a estabilidade da obra.

A magnitude das perdas em reservatórios é variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional, mas, em geral, tem pouca importância no contexto geral do sistema.

No entanto, sob o aspecto de recuperação de perdas, não se deve menosprezá-las, devendo-se ter a perspectiva de que se trata de um trabalho permanente, no qual os resultados positivos são frutos da somatória de pequenos sucessos.

D) Perdas na Adução de Água Tratada

São as perdas por vazamentos e rompimentos nas tubulações das adutoras e subadutoras, que transportam vazões elevadas para serem distribuídas pela rede de distribuição (PNCDA, 2006).

Outra forma de perda física na adução de água tratada é o caso das descargas, seja para esvaziar a tubulação para reparos, seja para melhorar a qualidade da água. Nesses casos, apenas serão consideradas perdidas - em sentido estrito - as vazões excedentes ao necessário para a correta operação do sistema.

No caso de vazamentos, pelo fato de as vazões veiculadas serem elevadas, estes são geralmente localizados e prontamente reparados. Ressalte-se que se tais rompimentos não forem detectados e controlados em curto prazo, grandes danos materiais podem ocorrer, decorrentes do seu alto poder erosivo e destrutivo.

A manutenção preventiva e a adoção de procedimentos operacionais e treinamento de pessoal para a realização de manobras adequadas é vital para que se evitem rompimentos causados por aumentos súbitos de pressão, que podem ocorrer em cascata, refletindo-se por meio de múltiplos rompimentos, principalmente nas redes de distribuição.

A falta de instalação ou manutenção de ventosas pode ser um importante fator que propicia a ocorrência de transientes de pressão e conseqüente rompimento de adutoras, devendo merecer especial atenção.

Em sistemas pressurizados por bombeamento, também deve-se prestar especial atenção à instalação de elementos redutores de pressões, em casos de paradas de funcionamento da bomba.

A magnitude das perdas pode variar significativamente, função do estado das tubulações, das pressões e da eficiência operacional.

E) Perdas na Distribuição

São as perdas decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais e de descargas (PNCDA, 2006).

As perdas físicas que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são muitas vezes elevadas, mas estão dispersas, fazendo com que as ações corretivas sejam complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos. Nesse sentido, é necessário que operações de controle de perdas sejam precedidas por criteriosa análise técnica e econômica.

Nesse caso também, se encaixam as perdas decorrentes de descargas para melhoria da qualidade da água ou esvaziamento da tubulação para reparos.

A magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas.

As experiências de técnicos do ramo indicam que a maior quantidade de ocorrências de vazamentos está nos ramais prediais. Em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações da rede distribuidora.

As Figuras 2.2 e 2.3 a seguir ilustram os pontos onde geralmente ocorrem vazamentos nas redes e ramais prediais, respectivamente.

O uso de materiais adequados, associados à execução da obra com pessoal treinado e equipado com ferramentas compatíveis com os materiais utilizados, incluindo a realização de testes de estanqueidade, são pré-requisitos para a existência de baixos níveis de perdas.

A Figura 2.2 mostra os pontos freqüentes de vazamentos em redes de distribuição.

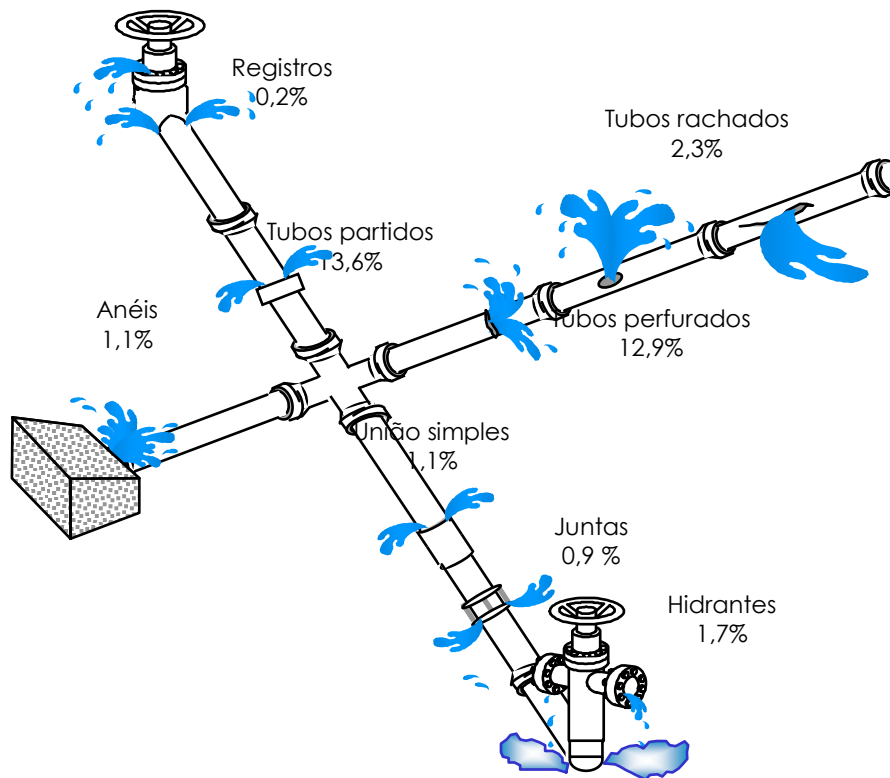


Figura 2.2- Pontos frequentes de vazamentos em redes de distribuição (PNCDA, 2006)

Esse fato, com certeza, se repete em todo o país, onde novas redes são recebidas consciente ou inconscientemente pelos prestadores de serviços, com altos níveis de perdas.

A solução para esse círculo vicioso é adotar maior rigor na aprovação de projetos, e no controle e fiscalização durante a fase de execução da obra, estabelecendo critérios e procedimentos para recebimento de redes, incluindo testes de estanqueidade.

Para os sistemas já implantados, os aspectos considerados a seguir apontam para a priorização da redução de pressões na rede de distribuição, para que haja redução de perdas.

As perdas por vazamentos na rede de distribuição, sejam decorrentes de falhas construtivas, defeitos em peças especiais e conexões, rupturas, materiais inadequados, etc., aproximam-se ao escoamento em orifícios e fendas

A Figura 2.3 mostra os pontos freqüentes de vazamentos em ramais.

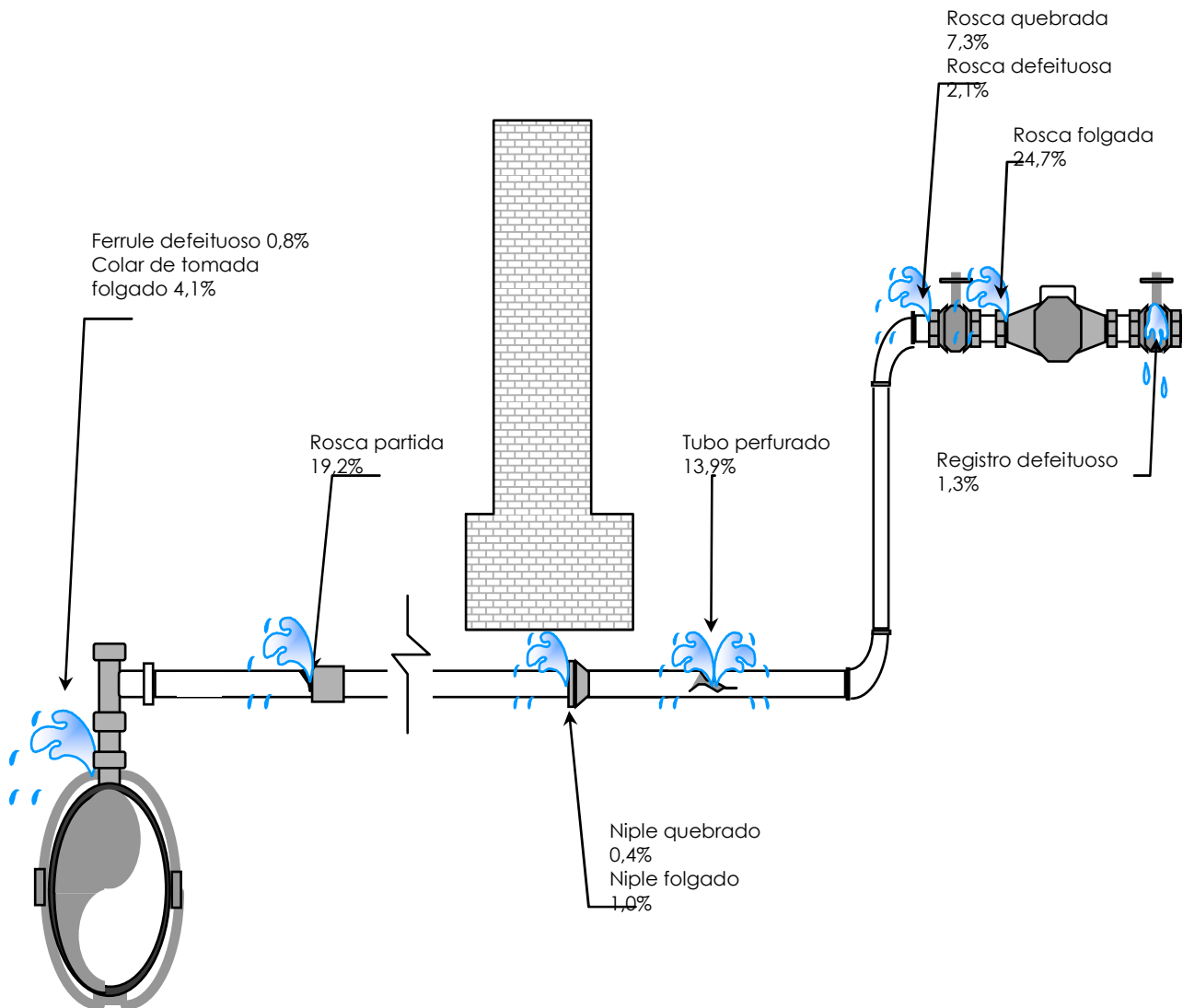


Figura 2.3 - Pontos freqüentes de vazamentos em ramais (PNCDA,2006)

Para tubos metálicos em geral, a vazão perdida (Q) é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica (H), ou seja, $Q = f (H^{1/2})$.

Dessa forma, especial atenção deve ser dada ao controle de cargas hidráulicas na rede, pois sua simples redução leva a substanciais reduções nas perdas nos vazamentos existentes, além de restringir o risco de novas rupturas.

A Tabela 2.8 ilustra as reduções de perdas que podem ser conseguidas por intermédio de diferentes percentuais de redução de cargas na rede de distribuição.

Tabela 2.8 - Reduções de perdas para tubos de ferro fundido e aço (PNCD, 2006)

Redução da Carga (%)	Redução da Perda (%)
20	10
30	15
40	23
50	29
60	37

Exemplificando, a instalação de uma válvula redutora de pressão, dimensionada para reduzir as cargas em 60% (por exemplo, de 100 mca para 40 mca), em um setor com perdas físicas conhecidas de 50%, acarretará uma redução de 37% nas perdas existentes, as quais passarão de 50% para 31,5%, com uma redução efetiva de 18,5%.

Portanto, é possível quantificar previamente as reduções de perdas esperadas por meio de reduções de pressões e, com isso, avaliar economicamente o retorno dos investimentos a realizar para atingir os objetivos.

De acordo com dados da COPASA-MG, as menores perdas na distribuição ocorrem na Região Sudoeste de Minas Gerais. Tais dados são apresentados na Tabela 2.9 a seguir:

Sendo:

DRCN- Diretoria de Operação Centro Norte

DRLE- Diretoria de Operação Leste

DRMT- Diretoria de Operação da Metropolitana

DRSO- Diretoria de Operação Sudoeste

Tabela 2.9 - Perdas na Distribuição de Água-PDIA (Fonte: COPASA, 2005)

Diretoria	Volume Distribuído (m ³ /ano)	Quantidade		Volume de Água Perdida (m ³ /ano)	Índices de Perdas		
		Ligações	Economias		Medida (%)	Faturada (%)	Distribuição PDIA (m ³ /mês/eco)
DRCN	132.433.401	544.928	617.501	45.535.320	34,4	22,5	6,26
DRLE	147.366.425	589.009	659.419	53.472.845	36,3	24,5	6,86
DRMT	399.435.856	989.467	1.437.476	149.575.450	37,4	29,7	8,6
DRSO	147.500.098	624.765	716.733	40.223.031	27,3	14,9	4,73
Total	826.735.780	2.748.169	3.431.129	288.806.646	34,9	24,9	7,1

2.2.3.3- Classificação das Perdas Físicas

As perdas físicas, em sentido amplo, podem ser classificadas em perdas operacionais e vazamentos. Não se considera perda operacional, em sentido restrito, o uso necessário de água para desinfecção e teste de estanqueidade de rede. As perdas são associadas às vazões excedentes ao uso útil, inclusive operacional (PNCDA, 2006).

A) Perdas operacionais

As perdas operacionais, como o próprio nome diz, são associadas à operação do sistema. Estas podem estar disfarçadas sob a forma de usos úteis no processo produtivo (como água de lavagem de filtros) e nos procedimentos operacionais (como descargas para melhoria da qualidade da água em redes, e água usada para limpeza de reservatórios), ou mostrarem-se na forma de falhas evidentes (como extravasamento de reservatórios) (PNCDA, 2006).

A importância dessas perdas é que podem ser significativas em termos volumétricos, e sua redução, em alguns casos, envolve apenas mudanças de procedimentos e melhorias operacionais com pequenos ou nenhum investimento.

A implementação de melhorias na operação e do controle operacional, associado ao treinamento de pessoal, à instalação de alarmes ou à automação, podem reduzir sensivelmente as perdas.

Deve-se lembrar, ainda, que, de uma maneira geral, não existem manuais com regras e procedimentos operacionais claramente definidos nos serviços de saneamento. Em geral, os procedimentos são empíricos e subjetivos, e a responsabilidade da operação do sistema recai sobre poucas pessoas, com grande experiência no serviço.

Mesmo onde há procedimentos estabelecidos, por escrito ou não, nem sempre há o devido treinamento do pessoal de campo, necessário para que se pratique o que foi planejado.

Pode-se dizer, por exemplo, que muitos rompimentos que ocorrem na adução e distribuição de água tratada de um serviço de saneamento são decorrentes de falhas operacionais dos próprios funcionários dos setores de operação e manutenção.

Manobras inadequadas são comuns, como o fechamento ou abertura de válvulas sem controle de tempo, o enchimento ou esvaziamento de redes e adutoras sem controle de velocidades, etc.

Estudos de simulação com modelos matemáticos disponíveis podem e devem ser mais explorados e utilizados pelos prestadores de serviços para definição de regras e procedimentos operacionais, em situações normais de escoamento ou em casos de transientes. A ausência de um cadastro confiável não justifica a não utilização desse recurso adicional.

De nada adianta, no entanto, realizar esses estudos sem a participação da operação e sem o treinamento necessário.

De todas as deficiências apontadas, há que se valorizar os funcionários da operação, que recebem as redes e estruturas geralmente sem nenhuma recomendação ou relatório com procedimentos operacionais. São pessoas de grande sensibilidade e capacidade, que geralmente acabam descobrindo, na prática, o que fazer e como operar.

Os projetos, mesmo no nível dos subsistemas de adução, carecem de simulações da operação em condições normais e em transientes, incorporando regras e recomendações ao operador, em linguagem acessível.

Essa barreira entre o plano e projeto e a operação precisa ser vencida a qualquer custo, por meio do estreitamento do relacionamento entre as áreas e do treinamento de pessoal, sem o que a eficiência operacional do prestador de serviços ficará sempre limitada.

B) Perdas por vazamentos

As perdas por vazamentos são decorrentes de rupturas em adutoras, subadutoras, redes e ramais prediais, falhas em conexões e peças especiais, trincas nas estruturas e falhas na impermeabilização das ETA e reservatórios (PNCDA, 2006).

Nos casos de vazamentos decorrentes de problemas estruturais, deve-se avaliar a magnitude das perdas para definição se é vantajosa à intervenção corretiva. Desde que os vazamentos estruturais não impliquem na segurança da obra, a decisão de repará-lo deve ser acompanhada de estimativa de custos para a solução do problema, da avaliação das vazões perdidas e do tempo de retorno do investimento.

No caso de vazamentos por rupturas em adutoras, a instalação de ventosas, cuidados operacionais e manutenção preventiva, podem reduzir o risco de acidentes, com conseqüente redução de perdas.

2.2.3.4- Causas das Perdas Físicas

Como ficaram evidenciadas anteriormente, as perdas por vazamentos nas tubulações são causadas por rompimentos ou falhas que têm origens múltiplas, as mais diversas e dispersas possíveis.

A Tabela 2.10 a seguir apresenta as causas prováveis de falhas e rupturas nas tubulações em função da fase de desenvolvimento do sistema de abastecimento.

Tabela 2.10 – Causas prováveis de falhas e rupturas em tubulações (PNCDA, 2006)

FASE DA FALHA	CAUSA DA FALHA	CAUSA DA RUPTURA
Planejamento e Projeto	subdimensionamento ausência de ventosas cálculo transientes regras de operação setorização treinamento	sobrepessão subpressão sub e sobrepessão sub e sobrepessão sobrepessão sub e sobrepessão
Construção	construtivas materiais peças equipamentos treinamento	
Operação	enchimento esvaziamento manobras ausência de regras treinamento	sub e sobrepessão subpressão sub e sobrepessão sub e sobrepessão sub e sobrepessão
Manutenção	sem prevenção mal-feita treinamento interação operação/usuário tempo de resposta	
Expansão	sem projeto sem visão conjunta	sub e sobrepessão sub e sobrepessão

A) Planejamento e projeto

Uma obra mal planejada, mal concebida e mal projetada obviamente terá problemas de *performance* durante sua vida útil (PNCDA, 2006).

A subestimativa das demandas, baseadas em projeções populacionais ou utilização de consumos *per capita* inadequados irá reduzir a vida útil do sistema. Se o inverso ocorrer, está-se investindo mais recursos que o necessário, e as obras estarão superdimensionadas. O cálculo de transientes nos subsistemas de adução e a previsão de uso de ventosas é outro ponto crítico a ser considerado no dimensionamento, incluindo-se ainda, a necessidade de se instruir o operador quanto a procedimentos operacionais, por intermédio da elaboração de manuais de operação e treinamento de recursos humanos.

Ressalta-se que essa prática de desenvolver regras operacionais quando da elaboração de projetos e discuti-las com o pessoal de operação não é usual no setor, o que traz dificuldades para os operadores quando do recebimento de novos sistemas.

As incorreções ou ausência de informações disponíveis nessa fase de desenvolvimento do sistema trarão como decorrência o aumento da possibilidade de ocorrerem sobre ou subpressões, tornando-o vulnerável a rompimentos no macro e micro-sistema de distribuição, e a conseqüente perda de água.

B) Construção

Uma boa construção depende de um bom projeto, para que se obtenham os resultados esperados. A fase de construção é crítica. São milhares de conexões ou soldas, que se não executadas perfeitamente, tornam-se pontos vulneráveis de vazamentos. Na realidade, antes do início da obra, vem a fase de inspeção do material a ser utilizado na construção (PNCDA, 2006).

A qualidade, nesse caso, é vital, e depende, desde a fase de especificação dos materiais no edital até a instalação, da inspeção do fornecedor, do transporte, e do armazenamento e manuseio adequado. O uso de ferramentas e equipamentos adequados durante a obra, além do treinamento e credenciamento de pessoal operacional, é outro aspecto ligado à qualidade e longevidade da obra.

A fiscalização, nesses casos fica facilitada, lembrando-se, no entanto, que não se pode prescindir nunca de testes de estanqueidade para o recebimento da obra.

Deve-se lembrar, ainda, que nessa fase deve ser realizado o cadastro da obra, no qual as alterações de campo devem ser incorporadas ao projeto, que deve ser tratado e guardado como um patrimônio do serviço, sendo fonte fidedigna de informações durante a vida útil da obra.

C) Operação, manutenção e expansão do sistema

Conforme afirmada anteriormente, a boa operação e manutenção permitem que o sistema de abastecimento atenda satisfatoriamente ao cliente ou consumidor. A boa operação reduz o risco de rompimentos e das conseqüentes perdas, propiciando uma menor freqüência de interrupções e desabastecimentos de água. Além disso, permite o deslocamento de quadros do prestador de serviços para que a manutenção preventiva possa ocorrer, em contraposição à manutenção tipicamente corretiva (PNCDA, 2006).

O desenvolvimento e registro de procedimentos e manuais de operação, já comentado, também é uma prática pouco comum no Setor Saneamento, em contraposição ao que ocorre em indústrias. Tal prática traz como decorrência uma operação geralmente subjetiva e pessoal, em que as decisões são tomadas mais em função da experiência adquirida por tentativas e exercícios práticos, do que em embasamento técnico e conhecimento adquirido pelo estudo do sistema.

Em função dessas características, a qualidade e o controle operacional tendem a ser nivelados por baixo, e o desenvolvimento operacional e o treinamento são relegados a segundo plano. Por outro lado, há que se reconhecer que os sistemas de abastecimento em operação são geralmente muito diferentes daqueles planejados e construídos inicialmente.

O crescimento acelerado e desordenado dos núcleos urbanos, principalmente nas décadas de 70 e 80, associado muitas vezes ao baixo nível de atendimento da população com serviços de saneamento forçaram os prestadores de serviços a atenderem ao maior número de usuários possível com obras improvisadas.

Com isso, os sistemas de abastecimento de água, se originalmente planejados, foram distorcidos e seu desconhecimento, incluindo-se aí o cadastro de redes, levou à prevalência da improvisação e do empirismo na operação.

Pode-se dizer, novamente, que essa característica é observada em quase todos os serviços de saneamento do país, por conta dessa explosão populacional e desordem urbana. A ausência de setorização, com múltiplas zonas de mistura, é uma das conseqüências desse processo histórico.

Contudo, se tal panorama não for alterado, a tendência é que cada vez mais o Setor Saneamento se afastará da técnica e se apoiará no empirismo e improvisação.

A reversão observada no ritmo de crescimento populacional no país nos últimos anos é um ponto relevante para que mudanças de comportamento possam ocorrer no setor. Pode-se afirmar que as obras de saneamento que foram, estão sendo e serão construídas com projetos desenvolvidos até aproximadamente o início da década de 90 estão superdimensionadas, salvo raras exceções. A vida útil das obras construídas nos últimos dez anos será, nesses termos, muito superior ao planejado.

Como decorrência, os investimentos em expansões deverão ser menores, requerendo-se, contudo, aumentar a qualidade do sistema.

Como muitas vezes os sistemas não são operados conforme as condições previstas nas fases de planejamento e projeto (devido a expansões e adaptações não planejadas do sistema existente, ou, ainda, à inexistência de procedimentos operacionais documentados), os rompimentos e perdas físicas podem ser causados por essas adaptações ou manobras inadequadas.

Assim, a manutenção preventiva de adutoras, peças especiais, instalação de ventosas e o desenvolvimento de procedimentos operacionais são essenciais para reduzir rompimentos e desperdícios. Os materiais, os equipamentos utilizados e os procedimentos adotados na implementação de um sistema de abastecimento estão continuamente evoluindo, do ponto de vista tecnológico.

Portanto, a seleção de materiais e equipamentos, a inspeção, os procedimentos construtivos, a fiscalização e o recebimento da obra têm um peso considerável sobre a qualidade do sistema e sua vida útil, devendo ser valorizados para que as perdas sejam desprezíveis em novos sistemas a implementar. Destaque-se aqui a exigência de teste hidrostático para recebimento de redes novas.

A automação é outro item relevante, podendo ser implementada gradual e setorialmente, reduzindo a possibilidade de manobras e operações inadequadas praticadas pelos operadores.

2.2.3.5- Perdas Não Físicas

As perdas não físicas correspondem aos volumes não faturados, ou seja, a água que é consumida pelo usuário e não faturada pelo serviço.

A Tabela 2.11 sintetiza os principais itens causadores de perdas de faturamento, indicando qualitativamente suas magnitudes em função das características do serviço.

Tabela 2.11-Perdas Não Físicas: Origem e Magnitude (UNICAMP, 2006)

	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDAS DE FATURAMENTO	Ligações clandestinas/irregulares	Podem ser significativas, dependendo de: procedimentos cadastrais e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetros e monitoramento do sistema.
	Ligações não hidrometradas	
	Hidrômetros parados	
	Hidrômetros que submedem	
	Ligações inativas reabertas	
	Erro de leitura	
	Número de economias errado	

As perdas não físicas são normalmente expressivas e podem representar 50% ou mais do percentual de água não faturada, dependendo de aspectos técnicos como critérios de dimensionamento, manutenção preventiva de hidrômetros e de procedimentos comerciais e de faturamento que necessitam de um gerenciamento integrado. A grande dificuldade para o controle e redução das perdas não físicas, assim como no caso das perdas físicas, reside exatamente na questão do gerenciamento integrado.

É freqüente encontrar serviços de saneamento que operam sob uma estrutura administrativa com alto grau de setorização, na qual os objetivos e orientações são próprios e acontecem de forma subjetiva e em função da experiência e percepção de cada gerente do setor. A integração, nesses casos, é deficiente, casuística e em função de afinidades pessoais.

Como a redução de perdas requer ampla integração, definição clara de objetivos e grande participação de todo o serviço, muitos programas de controle não são bem-sucedidos ou têm os resultados positivos anulados em curto espaço, se as transformações forem de caráter temporário.

O grande desafio é a integração dos setores técnico, comercial (atendimento ao usuário) e de faturamento do serviço de saneamento, envolvendo:

- o dimensionamento do hidrômetro e o acompanhamento de sua adequação aos consumos observados (geralmente não realizado);
- a leitura e emissão de contas, associada a uma política de cortes de inadimplentes (nem sempre existente); e
- a manutenção preventiva de hidrômetros, por intermédio de acompanhamento de sua performance no tempo, feito por análises de consumo, de idade e dos volumes totais medidos (freqüentemente não realizada).

2.3- Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água

2.3.1-Diretrizes para o levantamento de informações e construção de indicadores

Há consenso entre todas as abordagens relativas aos indicadores de perdas e outros indicadores de desempenho dos serviços de saneamento que, tão importante quanto o correto enunciado conceitual do indicador, é a confiabilidade da informação primária que lhe dá origem. Nesses termos, de pouco adiantaria estabelecer um elenco completo de indicadores que teoricamente dariam conta da exata situação operacional dos serviços, se a capacidade de coleta de informações primárias não corresponder ao nível de precisão necessário (Saneamento Básico, 2005).

Para o desenvolvimento de programas de redução de perdas de água é necessário o nivelamento conceitual dos parâmetros e indicadores de desempenho técnico que permitam

identificar a causa fundamental da perda de água, bem como as respectivas atividades básicas necessárias para a quantificação precisa da perda e a para a sua efetiva redução.

2.3.2- Perdas por parte do processo

No sistema de abastecimento, as perdas de água deverão ser avaliadas levando-se em consideração os subsistemas integrantes do processo de produção, no que se refere à comparação das quantidades de matéria-prima (água bruta) com o produto (água tratada), e distribuição, no que tange ao produto (água tratada ofertada) cotejado com o consumo, conforme mostrado a seguir:

- Índice de Perda Física na Produção (PFP)

Leva em conta as perdas na adução de água bruta e na estação de tratamento ou unidade de tratamento simplificado. Relaciona os dados observados de volume captado (VC) e volume produzido (VP).

- Índice de Perda Física na Adução (PFA)

É um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção, e resulta da relação entre o volume captado (VC) e o volume aduzido (VA) afluente a ETA ou unidade de tratamento simplificado.

-Índice de Perda Física no Tratamento (PTR)

É também um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção, e relaciona os dados observados de volume aduzido (VA) e volume produzido (VP).

-Índice de Perda Física na Distribuição (PFD)

Relaciona o volume fisicamente utilizado (VFU) com o volume disponibilizado (VD). A informação mais estrita de volume fisicamente utilizado vai incorporar os fatores

efetivamente apurados de desvios sistemáticos de micromedição (k_m) e macromedição (k_M), inicialmente igualados a 1, assim como os fatores estatísticos de confiabilidade aplicados sobre os consumos estimados.

- Índice Total de Perda Física (TPF)

Será indiretamente composto pelas perdas físicas parcialmente apuradas nos sistemas de produção e de distribuição. A perda física total será uma função do volume captado (VC), mais o volume importado (VIm), menos o exportado (VEx), em relação ao volume fisicamente utilizado (VFU) no sistema.

Os indicadores apontados são razoavelmente representativos da realidade no aspecto operacional (balanço de água) do sistema, mas dependem da confiabilidade dos dados obtidos.

Nos casos do volume captado (VC), volume aduzido (VA) e volume disponibilizado (VD), a precisão da informação depende da existência ou não de estruturas como medidores Parshall, comumente encontrados, ou equipamentos de medição como macromedidores diferenciais ou medidores eletromagnéticos (menos comuns), para controle de vazões ou volumes nas captações, entradas e saídas das ETA. O medidor deverá ser instalado em ponto com condições hidráulicas de fluxo e ter seu desempenho mantido mediante avaliações periódicas. Por exemplo, uma calha Parshall bem projetada e instalada tem precisão entre 2% e 5% na estimativa da vazão, mas caso contrário, a imprecisão pode ser elevada. Outro exemplo pode ser a instalação de um macromedidor eletromagnético ou outro de alta precisão em uma tubulação onde exista, em função de condições hidráulicas inadequadas, entrada de ar. Nesse caso, de nada adianta a instalação desse equipamento sofisticado.

Os indicadores básicos, em especial o Índice de Perda na Distribuição (IPD), conforme já comentado, englobam as perdas físicas e não físicas.

Do ponto de vista comercial e financeiro, outro indicador importante de avaliação do processo de comercialização na distribuição é o Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água

Não Faturada (ANF), que corresponde à diferença entre o volume disponibilizado (VD) e o volume faturado (VF) sobre o volume disponibilizado (VD).

Como é comum em nosso país a adoção, para fins de faturamento e emissão da conta de água, de um consumo mínimo (da ordem de $10 \text{ m}^3/\text{mês}$), mesmo que o consumidor use menos água do que o valor mínimo estabelecido, ele pagará tal valor. Em alguns casos, portanto, o volume faturado poderá ser maior que o utilizado.

O Índice de Perda de Faturamento pode, por isso, resultar em valor menor que o anteriormente discutido e o impacto dessa redução será tanto maior quanto maior for o percentual de consumidores que não atingem esse nível mínimo de consumo.

Todos os indicadores apresentados são baseados em volumes macromedidos no sistema produtor e utilizados no nível do consumidor.

Portanto, para obtenção de estimativas fiéis dos indicadores, representativas da realidade, não só é necessária a representatividade dos dados macromedidos como também a dos micromedidos e estimados.

No caso do volume utilizado (VU), é preciso identificar claramente que proporção das ligações é medida e que proporção é estimada. Um indicador importante, nesse aspecto, é o Índice de Hidrometração (IH), que relaciona o número de ligações ativas micromedidas (Lm) ao número de ligações ativas (LA).

Deve-se ressaltar que sempre que IH for menor que 1, incluirá necessariamente parcela de consumo estimado, podendo envolver imprecisões significativas.

Uma possível estimativa das perdas poderá ser feita com o uso da média dos consumos micromedidos por categoria de economia, aplicada sobre as economias não medidas de mesma categoria.

Esse procedimento é razoável se o padrão de consumo da área micromedida for similar ao da área não medida. Caso contrário, novos indicadores para correção deverão ser introduzidos.

Em casos nos quais haja dificuldades de se obter dados de macromedições e micromedições, seja por imprecisão dos medidores seja por sua inexistência, pode-se usar o critério anterior para estimar perdas. Nesse caso, procurar-se-ia, dentro da área de abastecimento, selecionar e isolar uma região representativa da cidade ou núcleo urbano, em termos de padrões de demanda e de pressões na rede.

Trata-se, portanto, de um procedimento por amostragem, no qual um determinado setor selecionado teria todas as ligações hidrometradas, assim como, na entrada de água (ou entradas) as vazões estariam sendo macromedidas.

A aplicação dos indicadores apresentados permitiria, assim, avaliar por amostragem o nível de perdas do serviço. A adequação dos resultados obtidos nessa situação será função do acerto nos critérios adotados para selecionar a área-piloto para estudo das perdas, e conseqüentemente, de sua representatividade em relação a todo o sistema de distribuição. Outras formas de obtenção de indicadores para análise das perdas de um sistema podem ser:

- o uso de indicador volumétrico como vazões perdidas (volume perdido em um intervalo de tempo em l/s; m³/h), o qual tem a vantagem de propiciar uma avaliação quantitativa direta e possibilitar sua imediata associação com o número de habitantes beneficiados, se recuperadas essas vazões perdidas;
- outro indicador de grande interesse é a obtenção de perdas por quilômetro de rede. A dificuldade, nesse caso, reside na obtenção confiável da extensão de redes de distribuição do sistema; e
- outro indicador usado é a perda estimada em litros por hora, por habitante (l/h.hab).

2.3.3-Definição de Indicadores Básicos

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 confiabilidade aqueles que permitem avaliar a confiabilidade das informações-chave, mas que não figuram diretamente na composição do indicador estudado (Saneamento Básico, 2005).

As informações-chaves 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.

São Informações-chave:

- **Volume disponibilizado (VD)**. Soma algébrica dos volumes produzidos, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado;
- **Volume produzido (VP)**. Volumes efluentes da(s) ETA 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;
- **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.

2.3.3.1- Indicadores básicos de desempenho

São os seguintes os 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 .

$$IPD = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \cdot 100$$

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.

$$IPF = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume faturado (VF)}}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \cdot 100$$

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.

$$ILB = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Extensão parcial da rede (EP)} \times \text{Número de dias (ND)}}$$

D) Índice de Perda por Ligação (IPL)

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.

$$IPL = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Número de ligações ativas (LA)} \times \text{Número de dias (ND)}}$$

Na COPASA utiliza-se habitualmente, para controle de perdas de água o Indicador Percentual de Perda Medida expresso segundo a fórmula a seguir:

$$IP\% = \frac{\text{Volume Produzido} - \text{Volume Consumido}}{\text{Volume Produzido}} \times 100$$

Sendo esses volumes em m³/mês.

O volume consumido corresponde à soma dos volumes micromedido e básico, que corresponde ao volume definido para as economias não hidrometradas. A área comercial considera o valor de 10 m³, volume mínimo faturado, para as economias residências, comerciais

e industriais, todas não hidrometradas. Para as economias públicas não hidrometradas, o volume mínimo faturado é de 15 m³.

A grande desvantagem deste indicador percentual é não permitir a comparação de desempenho quanto a perdas de água entre sistemas/ localidades e/ou com outros prestadores de serviços.

Além disto, não se levam em consideração as variações das características de um sistema para outro e, é profundamente afetado pelo consumo per capita.

2.3.4- Controle de perdas e dados operacionais

A ação voltada à conservação e ao combate ao desperdício de água vincula-se simultaneamente ao planejamento, ao projeto, à construção, à operação e à manutenção dos sistemas, e seria incorreto associá-la alternativamente ao planejamento ou à operação. Nesse sentido, a convergência de sistemas de informação para planejamento e operação vem em benefício da conservação e amplia consideravelmente a perspectiva de melhora nos padrões de monitoramento dos serviços.

Enquanto as diferentes áreas de planejamento e gestão dos serviços trabalharam sobre bases de informações estanques, as restrições econômicas sempre obrigaram que o planejamento fosse feito a partir de um conhecimento bastante limitado da realidade. Seria pouco racional, do ponto de vista da gestão econômica dos serviços, montar bases de informação cujos custos aparentemente superassem os benefícios (em muitos casos não tangíveis) de um planejamento sofisticado. Essa situação leva, logicamente, ao caso da *profecia que se auto-realiza*, uma vez que o planejamento feito sobre bases precárias tende a mostrar-se pouco eficaz e, assim sendo, cada vez menos se habilitaria como atividade merecedora de atenção na escala de prioridades dos serviços de saneamento.

Com a utilização comum de bases informatizadas mais sofisticadas e completas, o planejamento e a operação podem compartilhar um nível de conhecimento da realidade muito

mais avançado do que anteriormente. Especificamente quanto à conservação de água, a ampliação de capacidade de informação no conjunto do serviço abre perspectivas antes impensáveis de domínio sobre a demanda. Em termos econômicos, os custos dos controles e, em última análise, das vazões recuperadas, são sensivelmente reduzidos, ampliando as margens de benefício líquido da recuperação.

Os elementos mais conhecidos desse conjunto ampliado de informações de interesse para o controle da demanda de água, são os sistemas de informação geográfica - *GIS* -, relativos às áreas de operação dos serviços; os sistemas de aquisição e controle de dados operacionais - *SCADA* -, que permitem avaliar as condições de serviço em tempo real e em diferentes pontos do sistema; e os dispositivos de telecomando - e de auto-comando (dispositivos *inteligentes*) -, destinados a corrigir as condições de serviço sempre que necessário. Juntam-se a esses elementos uma preocupação em servir - e, portanto, conhecer - melhor os usuários, o que reforça o papel dos sistemas de informação, que passam também a integrar dados mais detalhados sobre os usuários.

Em relação à auditoria dos serviços em termos de eficiência no uso da água, as experiências internacionais mais recentes têm sido em sua maioria baseadas em manejo integrado de informações operacionais e conhecimento da demanda.

Em que pese essa tendência e o indiscutível benefício de se trabalhar com sistemas mais precisos e completos de monitoramento, é preciso considerar que esses meios mais sofisticados não dão conta, sozinhos, da melhoria de condições básicas de operação. A tendência registrada internacionalmente diz respeito, em geral, a serviços que já atingiram patamares satisfatórios de setorização, de macromedição e de conhecimento de consumo real - mediante micromedição e/ou estimativas controladas de consumos permitidos - onde os benefícios da informação mais sofisticada vêm somar-se aos advindos daquelas medidas básicas, e não substituí-las.

Os serviços de abastecimento de água, no Brasil, tiveram, de maneira geral, ganhos substantivos de eficiência ao longo das décadas de 70 e 80. No entanto, a crise de investimentos que se abateu sobre a maioria deles a partir da década de 90 determinou uma paralisação ou uma drástica desaceleração desse processo. Alguns serviços conseguiram, apesar dessas restrições, continuar em uma trajetória de melhoria, enquanto outros sofreram grandes perdas de uma capacidade técnica que ainda não havia amadurecido o suficiente.

Nessas condições, não seria razoável adotar-se uma política generalizada de incentivos à aquisição de instrumentos sofisticados de informação. Antes de se definir uma política específica nessa linha, é preciso definir o real estágio de desenvolvimento dos serviços no que se refere ao conhecimento de demanda, e só a partir daí traçar uma linha de ação que atenda às necessidades detectadas.

Capítulo 3 – Desenvolvimento Metodológico

É de grande importância o estudo do Sistema de Distribuição, pois analisa o vínculo existente entre o tratamento de água pela concessionária e a sua chegada nas residências, ou seja, todo o caminho que a água percorre até chegar ao cliente. Um circuito de distribuição normalmente possui ramos principais e ramos laterais. Muitos dos sistemas de distribuição possuem um caminho único de fluxo nos principais ramos e podem ser definidos como sistema de distribuição radial. Sistemas radiais são populares, devido a sua simplicidade na concepção do projeto e, geralmente, baixo custo.

Recentemente, um método de fluxo tem sido proposto por Menéndez, Biscarri e Gómez em *“Balance equations estimation with bad measurements detection in a water supply net”*. Usando variáveis dos ramos laterais ao invés de variáveis dos nós, este método se torna mais eficiente para determinadas topologias do sistema, procurando solucionar equações quadráticas para todos os ramos.

As principais características deste método são:

- A pressão inicial de todos os nós é assumida como sendo a pressão estipulada pelo nó de origem.
- A matriz ramo-nó é formada. Usando esta matriz, as vazões em todos os nós são encontradas, para um determinado dado de pressão, pelo processo iterativo sem inverter qualquer das matrizes.
- Os cálculos necessários são de fácil desenvolvimento.
- Possui características favoráveis de velocidade, convergência e recursos de memória computacional.

Neste método, as nomenclaturas dos ramos e dos nós são adotadas. A nomenclatura dada para cada ramo é um número que coincide com o número do nó final do mesmo. O sistema de oito nós, exemplificado na Figura 3.1, ilustra o método. De acordo com este método, os valores

iniciais das pressões dos nós são pré-definidos. A vazão de cada ramo é obtida por medição, através de contas de água.

No exemplo mostrado na Figura 3.1, as vazões dos ramos podem ser escritas em termos de vazão corrente de todos os nós como a seguir:

$$q_1 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

$$q_2 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

$$q_3 = Q_3$$

$$q_4 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

$$q_5 = Q_5 + Q_6 + Q_7$$

$$q_6 = Q_6$$

$$q_7 = Q_7$$

As equações acima podem ser escritas sob forma de matriz como:

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \\ q_6 \\ q_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \\ Q_6 \\ Q_7 \end{bmatrix}$$

Onde:

$$[q_b] = [C] \cdot [Q_i] \quad (\text{Equação 3.1})$$

A perda de carga de todos os ramos pode ser computada com a relação:

$$[\Delta P] = [\lambda] \cdot [q^2] \quad (\text{Equação 3.2})$$

Onde:

[C]= matriz ramo-nó (b x n)

b= número de ramos

n= número de nós – número do nó de referência

[λ]= matriz ramo-ramo (b x b)

[q²]= matriz das vazões ao quadrado

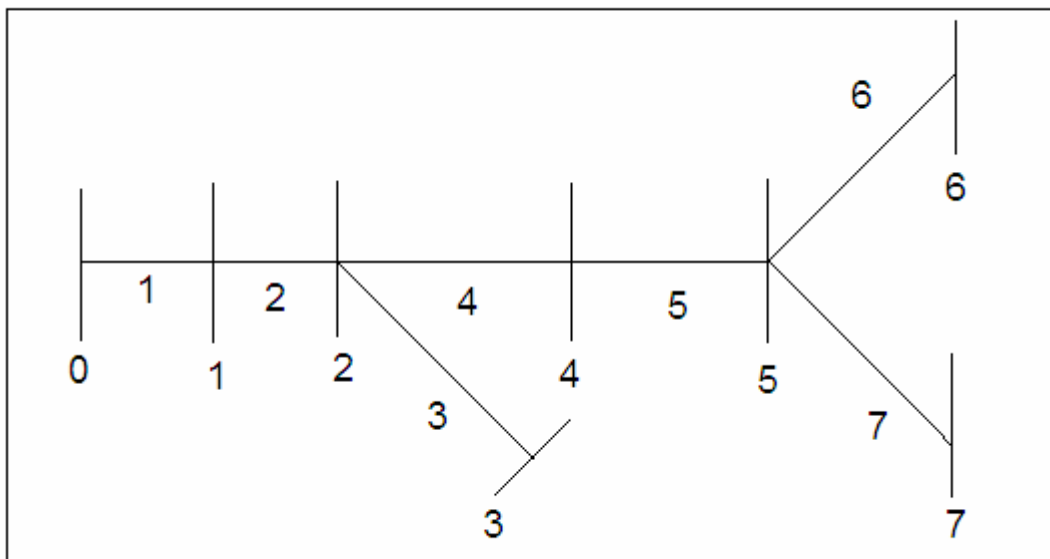


Figura 3.1- Exemplo do Sistema de Oito Nós

Similar para a Equação (3.3), as pressões nos nós podem ser escritas em termos de vazão dos ramos pela relação:

$$P_i = P_0 - \sum_{j=1}^b C_{ji} \cdot \lambda \cdot q^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{Equação 3.3})$$

A matriz ramo-nó [C] é formada pela descrição da topologia de um determinado sistema. As vazões nos ramos, as pressões iniciais nos ramos, as pressões finais nos ramos e as pressões nos nós são calculadas sucessivamente para um determinado jogo de dados, usando as Equações 3.1,3.2,3.3, respectivamente, pelo processo iterativo. A convergência é obtida quando a

diferença entre as pressões dos nós de duas interações subseqüentes é menor que alguns valores de tolerância.

O algoritmo proposto pode ser descrito como a seguir:

- 1- Ler a descrição da topologia da rede, os dados da rede e os dados de carga.
- 2- Formar a matriz ramo-nó, [C].
- 3- Assumir que todas as pressões dos nós são iguais para a pressão especificada no nó 0 ou iniciar todos os nós com pressões previamente calculadas.
- 4- Calcular as vazões de todos os ramos usando a Equação (3.1).
- 5- Calcular a perda de carga de todos os ramos usando a Equação (3.2).
- 6- Calcular todas as pressões dos nós usando a Equação (3.3).
- 7- Checar a convergência baseada na diferença das pressões nos nós e interações consecutivas. Se não for convergido, ir para o passo (4) com as novas pressões nos nós e repetir o processo até a solução.

Este método é baseado na formulação de uma matriz constante baseada na topologia da rede, no qual é necessário ser formada apenas uma vez. Este método não envolve qualquer matemática complexa, nem requer qualquer inversão de matriz. É considerado que outras aplicações podem ser encontradas baseadas no método proposto, abrindo novas possibilidades de pesquisa em um campo - distribuição - que, talvez, não tenha recebido a devida atenção no passado.

Uma metodologia semelhante é desenvolvida para a realização deste trabalho de dissertação.

3.1- Metodologia Proposta

É importante ressaltar que, para a aplicação da metodologia proposta, foi aproveitado um levantamento realizado pela Residência de Obra da COPASA-MG de Pouso Alegre-MG.

3.1.1- Mapeamento das Pressões

Inicialmente, deve-se analisar o sistema para definir a localização dos pontos para que haja a medição das pressões. Uma vez escolhidos os trechos aleatoriamente, deve-se instalar aparelhos registradores, ou Data-Loggers, de pressão nestes trechos, onde serão feitos levantamentos de pressões em períodos, por exemplo, de 48 horas.

Data-Loggers são instrumentos dotados de canais de entrada elétrica, aptos a receber sinais emitidos por sensores, medir sua intensidade e armazená-los, junto com hora e data. Assim, é possível construir gráficos deste levantamento, gerando um mapeamento de pressões dos trechos estudados. Logo, pode-se fazer uma análise comparativa entre os dados obtidos e os dados existentes.

Em uma rede de distribuição duas situações podem ser encontradas:

- Uma, teórica, que se refere à análise das plantas da rede com cotas e curvas de nível. Estes são dados de escritório e a análise desses dados indica condições de pressões esperadas na rede;
- Uma, prática, que leva em conta as reais condições da rede de distribuição, e que é obtida através do registro de pressões durante determinado intervalo de tempo.

As possíveis diferenças entre elas indicam que na rede existem condições de distribuição desfavoráveis na distribuição: possíveis vazamentos, tubulações incrustadas, obstruções, entre outras.

A análise dessas condições, sobrepostas com outros levantamentos de campo, permitem diagnosticar uma(s) condição(ões) de distribuição desfavorável(eis).

3.1.2- Definição dos Setores de Abastecimento

Setor de abastecimento é uma área perfeitamente conhecida e delimitada por meios de manobras e fechamentos de válvulas, acidentes geográficos, linhas férreas, canais, rios e etc., possuindo fonte de abastecimento identificada e preferencialmente monitorada (vazão e pressão).

O setor de abastecimento deve apresentar outras divisões em função da topografia. Essas novas divisões são chamadas de zonas de pressão e estão vinculadas a um centro de reservação, podendo ser um reservatório enterrado, semi-enterrado ou elevado. Isto irá caracterizar um plano piezométrico e criará as zonas denominadas de zona baixa, média ou alta. Zona alta é uma área dentro de um setor de abastecimento que também é perfeitamente conhecida e delimitada, em que o abastecimento é feito por um reservatório elevado, uma vez que apresenta cotas em que é impossível realizar o abastecimento por um reservatório enterrado, semi-enterrado ou apoiado. Zona baixa é uma área dentro de um setor de abastecimento que também é perfeitamente conhecida e delimitada, em que o abastecimento é feito por um reservatório apoiado, enterrado ou semi-enterrado. Zona média é uma área intermediária entre a zona alta e baixa.

Portanto, a setorização é uma ferramenta inicial adotada em um sistema de distribuição de água no objetivo de regular e reduzir as pressões na tubulação, uma vez que em um projeto de setorização é avaliada a diferença entre a cota do ponto de reservação (fundo do reservatório) e as cotas da área a ser abastecida. Essa diferença não deve proporcionar inicialmente pressões acima de 5,0 kgf/cm² e inferiores a 1,0 kgf/cm² (Azevedo Netto, 1988).

3.1.3- Definição de trechos de rede a serem implantados ou substituídos

Esses trechos de rede a serem implantados ou substituídos serão avaliados através da simulação hidráulica por modelos matemáticos em softwares específicos.

Optou-se por empregar o Programa PIPE 2000 (Anexo I), por permitir a elaboração de um layout preciso de redes de distribuição e analisar o comportamento hidráulico das redes. É um dos softwares mais utilizados para análises hidráulicas. Este programa pode ser obtido pelo site: www.kypipe.com, fazendo o download do programa.

A modelagem da rede hidráulica a ser analisada será efetuada com o objetivo de reproduzir no possível o seu comportamento, observando os parâmetros físicos existentes. Para tanto, as seguintes tarefas básicas serão necessárias para a elaboração física do sistema:

- Obtenção das informações de extensão, diâmetros e interligações, a partir dos dados cadastrais, verificando-se os pontos notáveis importantes, tais como: consumos especiais;
- Indica-se no esquema físico do sistema existente, os diâmetros das tubulações, o tipo de material, os valores dos coeficientes de rugosidade e reservatório enterrado;
- Deve-se obter modelos matemáticos simplificados, uma vez que o objetivo das simulações é verificar a operação atual do sistema;
- A partir da codificação física do modelo da rede hidráulica existente, são codificados os nós e os tramos da rede, e posteriormente carregados, nos tramos correspondentes, o número de hidrômetros e o consumo médio por hidrômetro para permitir a simulação em regime permanente.

3.1.4- Cálculo para análise da Reservação

A análise dos centros de reservação deve ser realizada com base no número e tipo de economias existentes segundo o projeto de setorização realizado.

Diante da quantidade e tipo de economias presentes em cada zona, define-se um valor de consumo “per capita” para cada economia citada, conforme Azevedo Netto (1988).

Com base nesse consumo deve-se estimar um número de habitantes para cada ocupação. Por exemplo, para as economias residenciais pode-se definir o número de habitantes igual a 4 ocupantes. Diante desses três números (número de economias, consumo “per capita”, número de habitantes para cada economia) mais o K_1 (coeficiente do dia de maior consumo) pode-se obter o consumo diário para cada economia (residencial, comercial, pública e industrial) e a somatória destes quatro consumos diários resulta na demanda diária do setor.

O cálculo da reservação para as três zonas será realizado seguindo dois critérios:

- Primeiro critério: Os volumes de reservação devem ter capacidade superior a 1/6 do volume consumido em 24 horas. Além deste volume, a reservação deve assegurar um volume entre 250 a 500 m³ para combate a incêndios. Esse valor corresponde ao funcionamento de uma mangueira ou de um carro bomba durante 5 horas. E por último a reservação deve prever uma reserva adicional em torno de 33% da soma das parcelas anteriores;
- Segundo critério: O volume de reservação deve ter capacidade suficiente para armazenar 1/3 do consumo diário da área a ser abastecida.

3.1.5- Implantação do Sistema de Redução e Controle de Pressões

A partir do volume total micromedido mensal, estima-se a vazão máxima macromedida,

$$Q \text{ médmicro} = \frac{\text{Volume mensal micromedido}}{\text{Número de dias do mês} \times \text{Número de horas do dia}}$$

Para transformar a vazão média micromedida ($Q \text{ médmicro}$) em vazão média macromedida ($Q \text{ médmacro}$), utiliza-se um Índice de Perdas.

$$Q \text{ médmacro} = \frac{Q \text{ médmicro}}{1 - \text{Índice de Perdas}}$$

Utilizaram-se os coeficientes K_1 (coeficiente do dia de maior consumo) e K_2 (coeficiente da hora de maior consumo) para estimar a vazão máxima macromedida para o subsetor em estudo.

$$Q \text{ máxmacro} = Q \text{ médmacro} \times K_1 \times K_2$$

Para calcular a vazão mínima macromedida ($Q_{\text{mínmacro}}$), será utilizado o parâmetro Fator de Pesquisa (FP).

$$Q_{\text{mínmacro}} = Q_{\text{médmacro}} \times \text{FP}$$

3.1.6- Dimensionamento e Ajuste do Sistema

A partir das medições de pressão e do cálculo da estimativa da vazão macromedida do subsetor, com base nas informações da micromedição desta área, dimensiona-se o Sistema de Redução de Pressão em função da equação da perda de carga localizada e pelos catálogos dos fabricantes de válvulas, hidrômetros e dos filtros.

O ajuste, ou calibração do sistema, tem início com a definição do ponto crítico do subsetor isolado e para tanto, realizam-se medições de pressão instantâneas e, como descrito anteriormente, localiza-se o ponto crítico.

3.1.7-Avaliação da Definição do Sistema

A avaliação é feita utilizando dois tipos de calibração:

- Calibração com controlador de 2 Pontos
- Calibração com saída fixa de pressão.

3.1.8-Avaliação na Micromedição do Subsetor da VRP YARA

Antes de se fazer a avaliação da micromedição, alguns conceitos sobre os benefícios da implantação de VRP são necessários. Esses benefícios serão descritos a seguir e somente um deles está ligado diretamente a micromedição. Os benefícios são os seguintes:

- Redução do volume perdido através dos vazamentos → Esse benefício está relacionado com o volume macromedido, uma vez que com a redução da pressão interna da tubulação, em função da VRP, o volume de água que é perdido através dos vazamentos é reduzido. Portanto, a implantação de uma VRP age diretamente na diminuição do volume macromedido;
- Redução de ocorrências de novos vazamentos → Esse benefício também está relacionado com a macromedição, uma vez que com a redução da pressão, estaríamos atacando o principal causador dos vazamentos que é a pressão interna em uma tubulação. Portanto, a implantação de uma VRP age de forma a não permitir novo aumento do volume macromedido;
- Redução do consumo relacionado diretamente com a pressão, ou seja, desperdício → Exemplo: lavagem de carros e calçadas e rega de jardim. É um benefício que está ligado ao volume micromedido. Por outro lado, deve-se considerar que há 2 (dois) tipos de desperdícios: um voluntário, que é provocado pelo próprio usuário e o outro, involuntário, provocado naturalmente em relação direta com a pressão. Assim, a implantação de VRP elimina o desperdício involuntário;
- Diminui a possibilidade de fadiga das tubulações inclusive às dos clientes → Benefício relacionado tanto com a micromedição, quanto com a macromedição. Entretanto, quando ocorre um vazamento interno ao imóvel do usuário, na maioria das vezes o cliente executa o reparo em um prazo curto de tempo não acarretando aumento na micromedição;
- Estabelece um abastecimento mais constante aos usuários → Benefício ligado à imagem da concessionária do abastecimento de água, não impactando nem no volume micromedido nem no volume macromedido;
- Permite regular a demanda em casos de racionamento → Benefício ligado à imagem da concessionária do abastecimento de água, não impactando nem no volume micromedido nem no volume macromedido.

Capítulo 4 – Estudo de Caso

Neste capítulo será apresentada a descrição dos levantamentos realizados, as análises dos resultados obtidos, decorrentes das atividades de Mapeamento de pressões e definição dos Setores e Implantação do Sistema de Redução de Pressão, incluindo:

- Definição dos pontos para medição de pressão
- Levantamento de pressões em períodos de 48 horas – Gráficos
- Mapeamento de pressões
- Análise comparativa do projeto de setorização existente com o mapeamento de pressões realizado
- Proposição da divisão em zonas de pressão
- Definição de trechos de rede a serem implantados ou substituídos
- Implantação das Válvulas Redutoras de Pressão.

4.1- Mapeamento de Pressões

O objetivo do mapeamento de pressões é verificar o comportamento das pressões no Sistema de Distribuição de Água do Município de Pouso Alegre, por um período contínuo de 48 horas.

Para a realização da definição dos pontos para medição das pressões, selecionou-se 15 pontos para medição de pressão, nos quais foram instalados Data-Loggers de pressão, durante um período contínuo de 48 horas.

Os critérios para a seleção desses 15 pontos de medição de pressão foram:

- Levantar a curva de pressão em pontos de pressão baixa, durante 48 horas consecutivas, ou seja, em pontos com tendência desfavorável ao abastecimento;
- Levantar a curva de pressão em pontos de pressão alta, durante 48 horas consecutivas, ou seja, em pontos com tendência a propiciar vazamentos;
- Levantar a curva de pressão em pontos com pressão intermediária entre as máximas e mínimas acima recomendadas.

Na Tabela 4.1, encontram-se os endereços que foram selecionados para instalação dos Data-Loggers de pressão.

Tabela 4.1- Endereços dos locais de instalação dos Data-Loggers de pressão

PONTO	ENDEREÇO DE INSTALAÇÃO	SISTEMA PRODUTOR
1	Rua Marechal Castelo Branco, nº 15	Mandu
2	Rua República da Venezuela, nº 297	Mandu
3	Rua Notel Teixeira, nº 414	Mandu
4	Rua Tupinambás, nº 179	Mandu
5	Rua São Pedro, nº 762	Mandu
6	Rua Cláudio Manuel da Costa, nº 162	Mandu
7	Rua São Paulo, nº 32	Mandu
8	Rua Notel Teixeira, nº 351	Mandu
9	Rua Vereador Alcântara Costa, nº 973	Mandu
10	Rua Antônio Mariosa, nº 2145	Mandu
11	Rua Prefeito Olavo Oliveira, nº 1780	Mandu
12	Rua Prefeito Olavo Oliveira, nº 1793	Chapadão
13	Rua Geraldo Francisco, nº 41- Faisqueira	Mandu
14	Rua C, nº 21 - Solar dos Quitos	Chapadão
15	Rua D, nº 70- JK	Chapadão

4.1.1- Levantamento de Pressões em períodos de 48 horas

Foram instalados 15 Data-Loggers de pressão em locais distintos e pertencentes ao Sistema de Distribuição de Água de Pouso Alegre, sendo 12 Data-Loggers de pressão instalados para monitorar o comportamento da pressão no Sistema Produtor Mandu e 3 Data-Loggers de pressão para monitorar o comportamento da pressão no Sistema produtor Chapadão.

Os Data-Loggers ficaram instalados por um período de 48 horas, armazenando um valor de pressão a cada 15 minutos. Esse valor de pressão é obtido através da média de 3 amostras de pressão coletadas pelo Data-Logger a cada 5 minutos.

A seguir, são mostradas algumas fotos dos Data-Loggers de pressão instalados nos imóveis e a fachada dos respectivos imóveis.



Figura 4.1- Fachada do imóvel da Rua Antônio Mariosa, nº 2145



Figura 4.2- Data-Logger de pressão instalado na Rua Antônio Mariosa, nº 2145



Figura 4.3- Fachada do imóvel da Rua Cláudio Manuel da Costa, nº 162



Figura 4.4- Data-Logger de pressão instalado na Rua Cláudio Manuel da Costa, nº 162



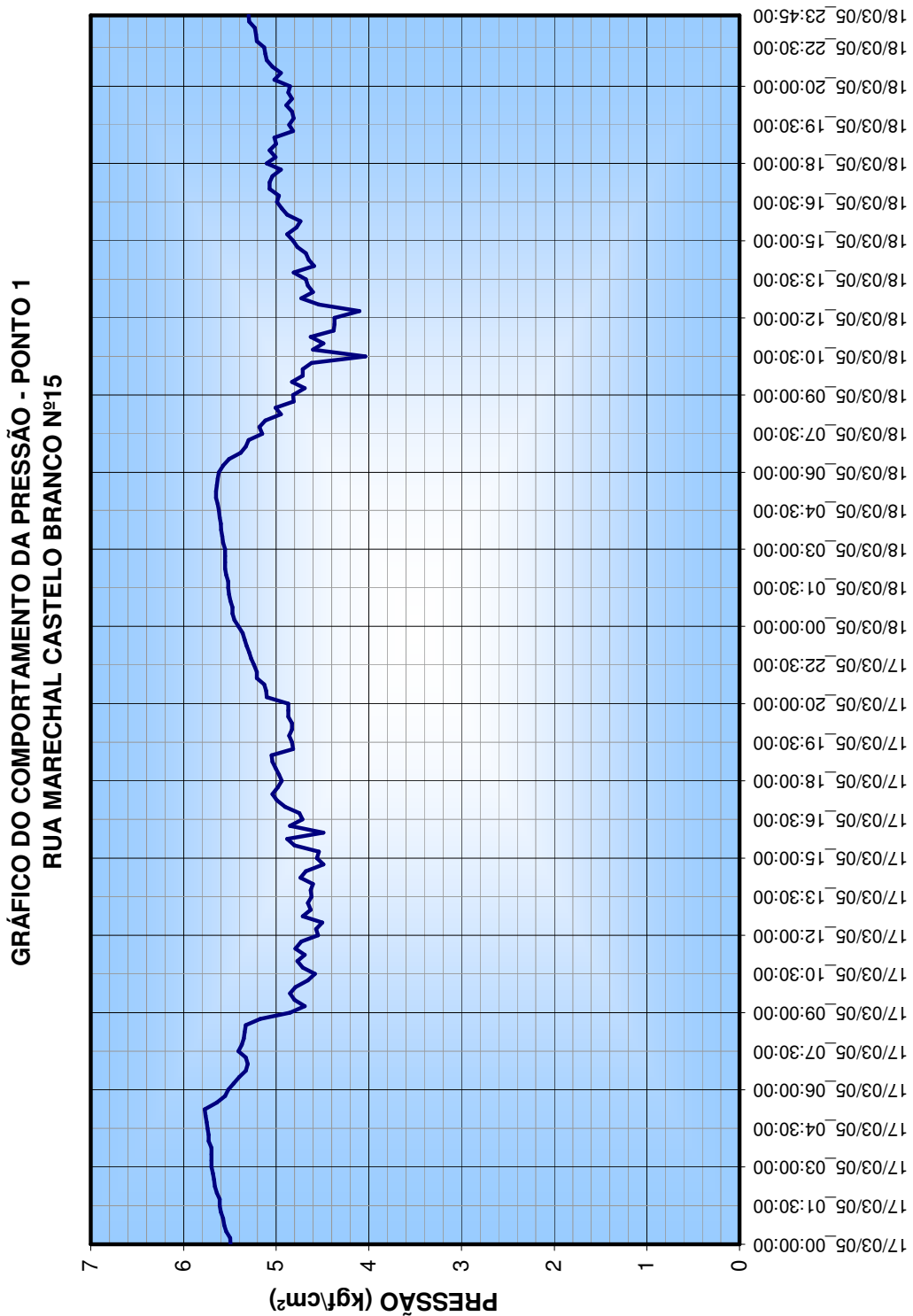
Figura 4.5- Fachada do imóvel da Rua Geraldo Francisco, nº 41-Bairro Faisqueira



Figura 4.6- Data-Logger de pressão instalado na Rua Geraldo Francisco, nº 41 Bairro Faisqueira

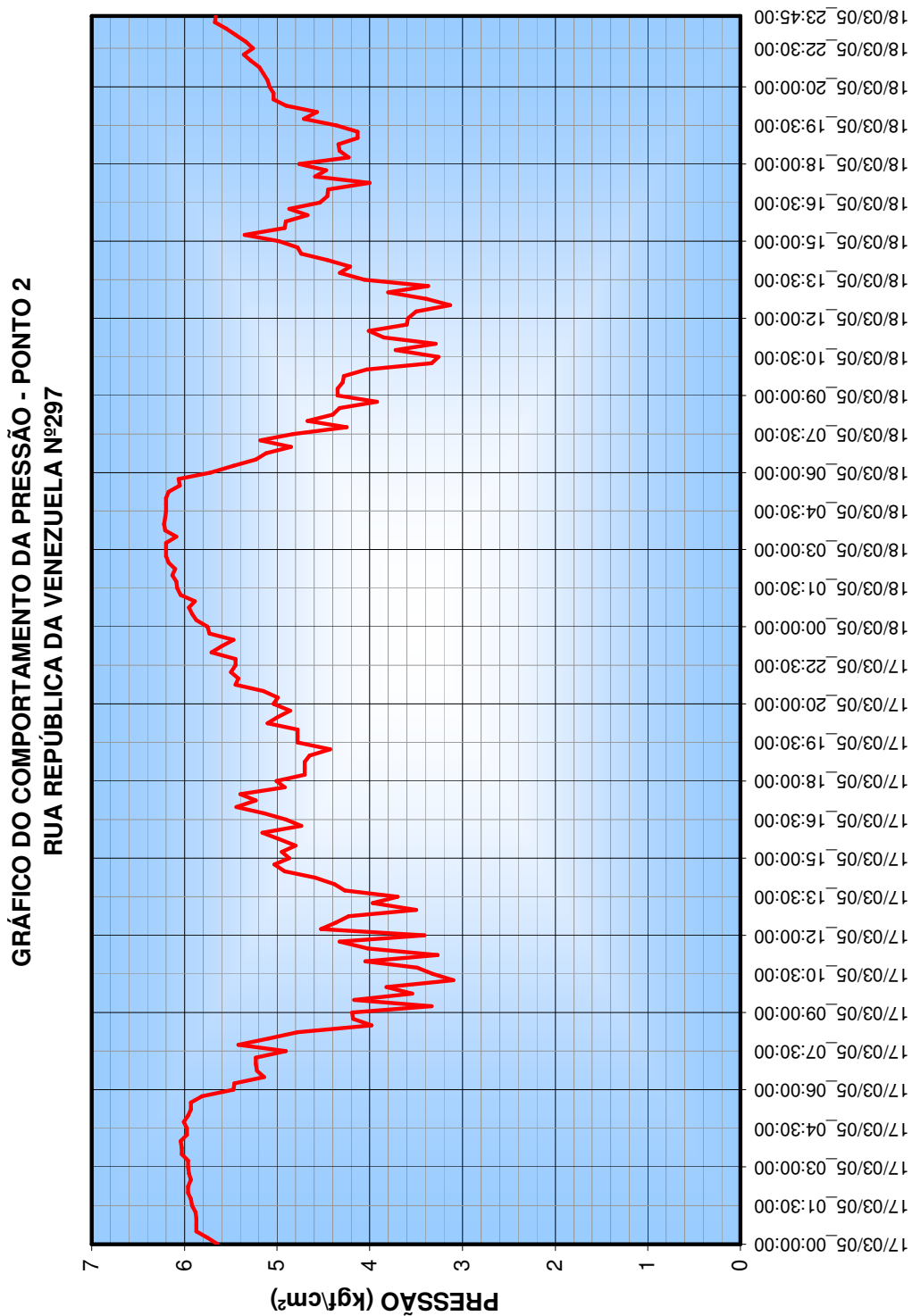
Os resultados das medições de pressão obtidas pelos 15 Data-Loggers instalados no Sistema de Distribuição de Água de Pouso Alegre podem ser visualizados a seguir.

Gráfico 4.1- Comportamento da pressão – Rua Marechal Castelo Branco, nº15

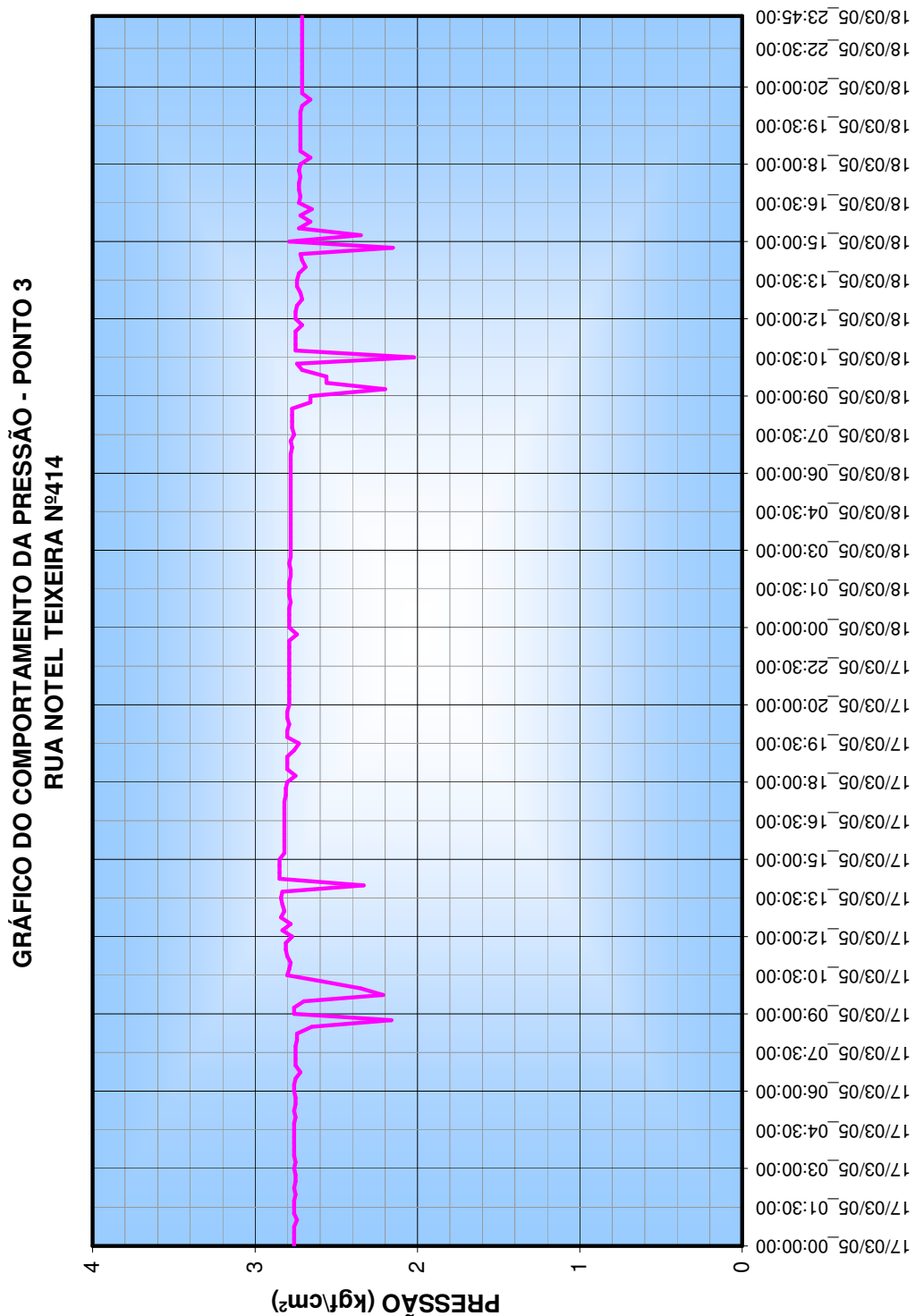


No Gráfico 4.1, as pressões variam entre 4 e 5,8 kgf/cm², o que não representa grandes variações nas pressões, porém os valores apresentam-se altos, considerando que o limite máximo é de 3,5 kgf/cm².

Gráfico 4.2 – Comportamento da pressão – Rua República da Venezuela, nº 297

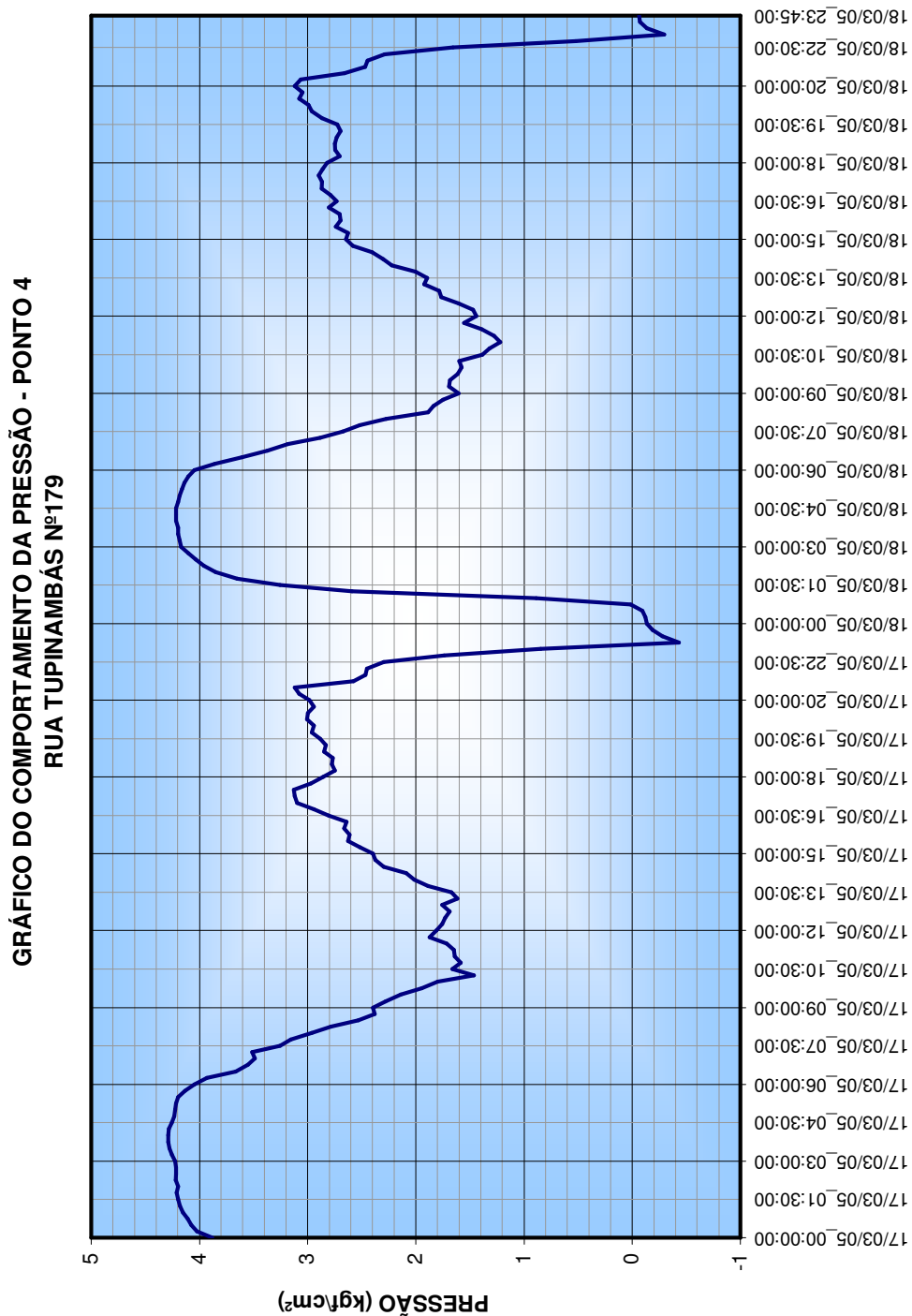


No Gráfico 4.2, as pressões variam entre 3,1 e 6,2 kgf/cm², o que representa grande variação e com altos valores de pressão, tornando-se um ponto crítico de pressão.

Gráfico 4.3 – Comportamento da pressão – Rua Notel Teixeira, nº 414

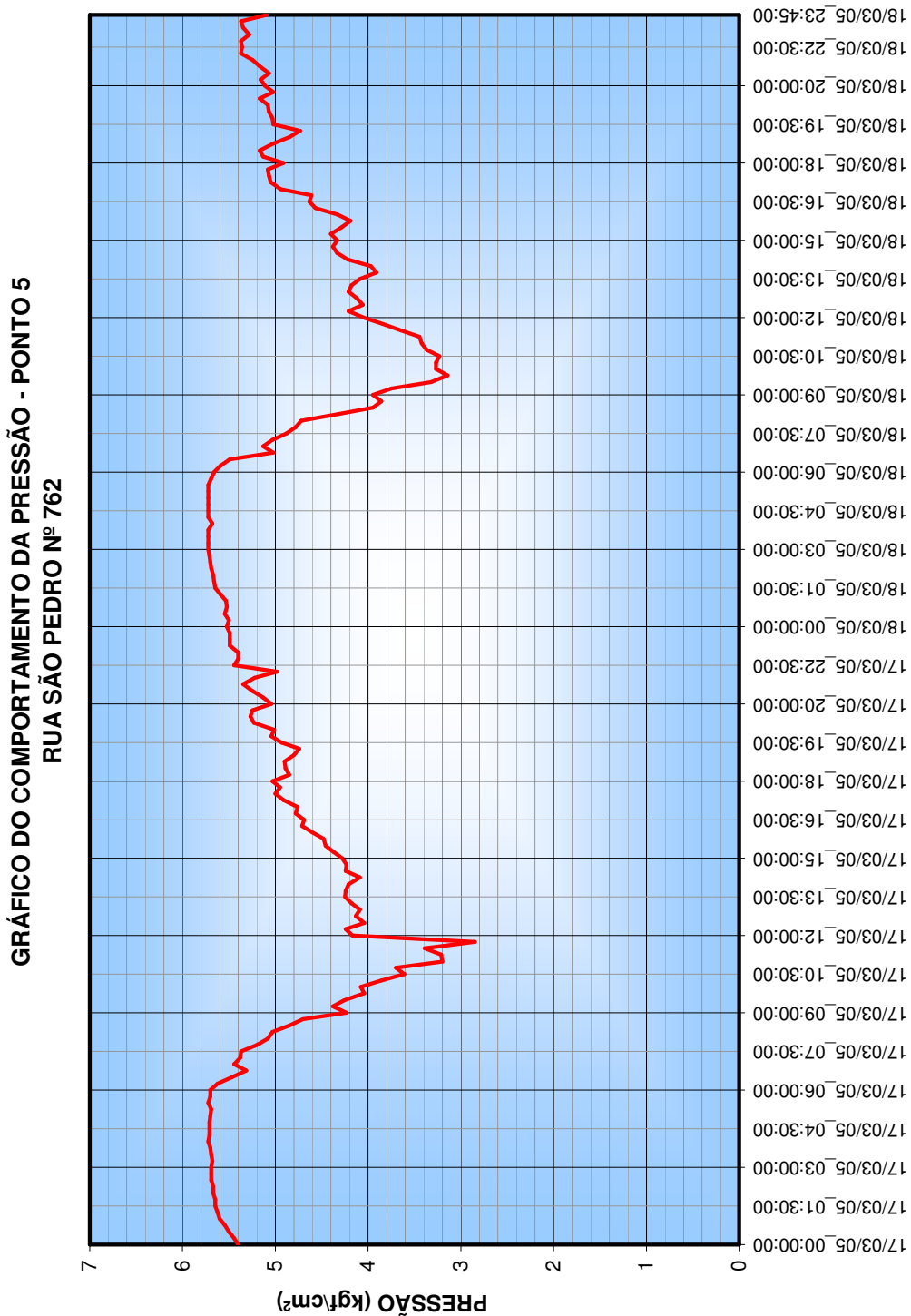
No Gráfico 4.3, as pressões se mantiveram praticamente constantes em 2,8 kgf/cm². Variam entre 2 e 2,8 kgf/cm² e das 09:00h as 15:00h, o que representa um excelente resultado, considerando que as pressões não devem ultrapassar de 3,5 kgf/cm².

Gráfico 4.4 – Comportamento da pressão – Rua Tupinambás, nº 179



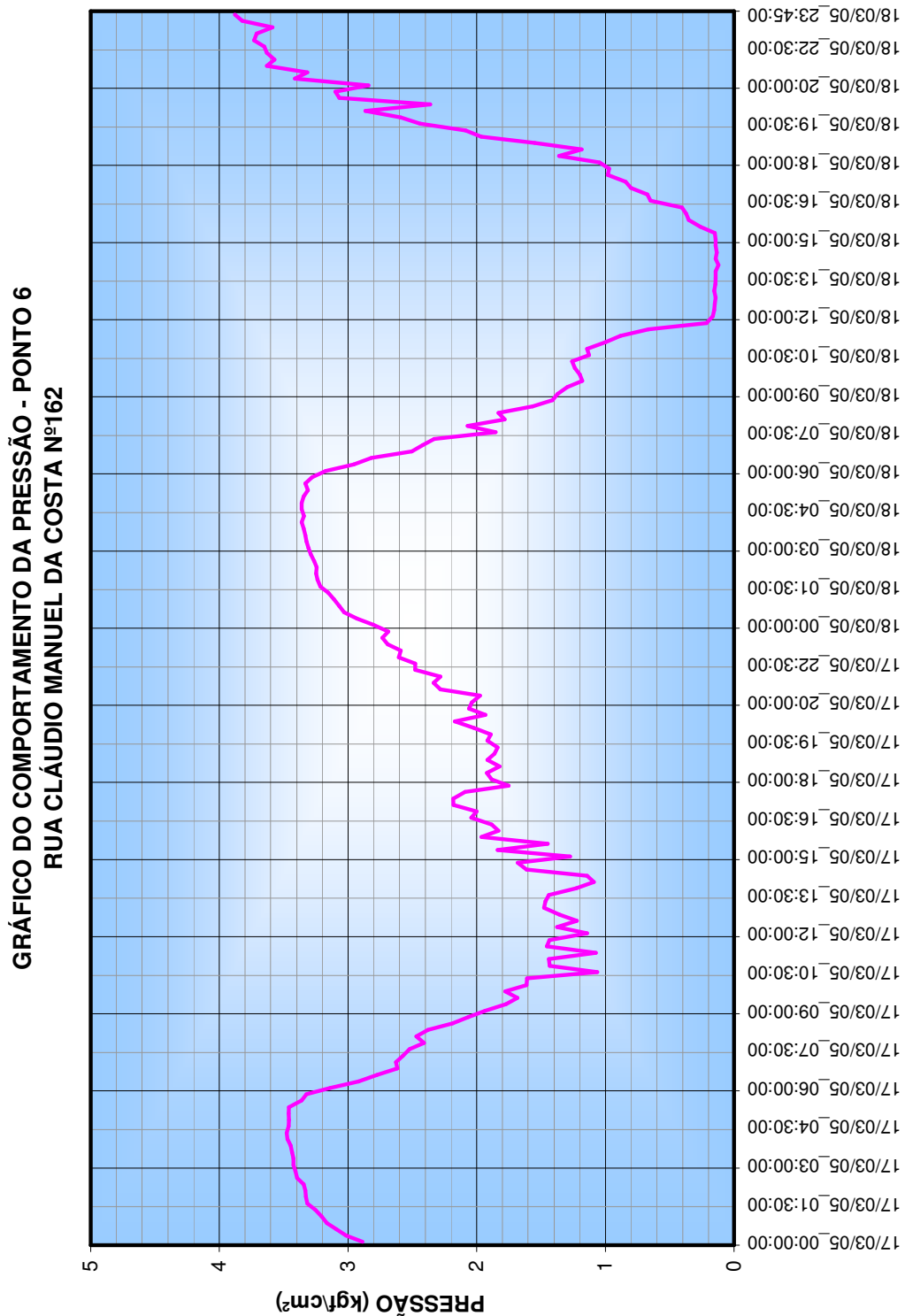
No Gráfico 4.4, as pressões se mostram extremamente variáveis, sendo que os valores variam entre $-0,4 \text{ kgf/cm}^2$ e $4,3 \text{ kgf/cm}^2$. Este imóvel possui pressões críticas, devido as grandes variações. O fato de registrar uma pressão negativa por volta de 0:00 h do dia 18/03/05, pode ser devido a um erro no equipamento de medição, danos na rede ou reparos.

Gráfico 4.5 – Comportamento da pressão – Rua São Pedro, nº 762



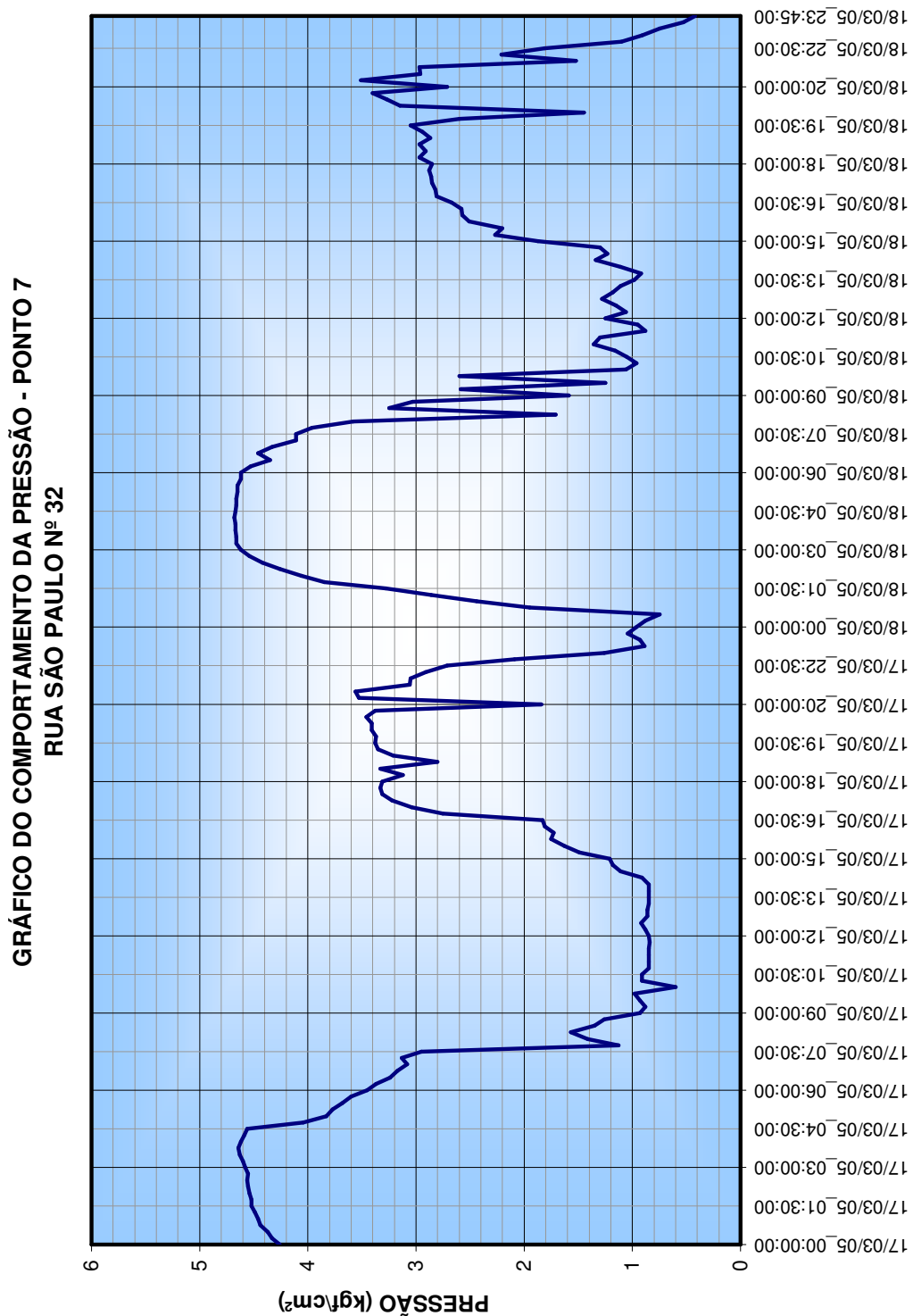
No Gráfico 4.5, as pressões variam entre 2,8 e 5,7 kgf/cm² e em grande parte das coletas, os valores se encontram acima de 3,5 kgf/cm², o que representa um índice desfavorável.

Gráfico 4.6 – Comportamento da pressão – Rua Cláudio Manuel da Costa, nº 162



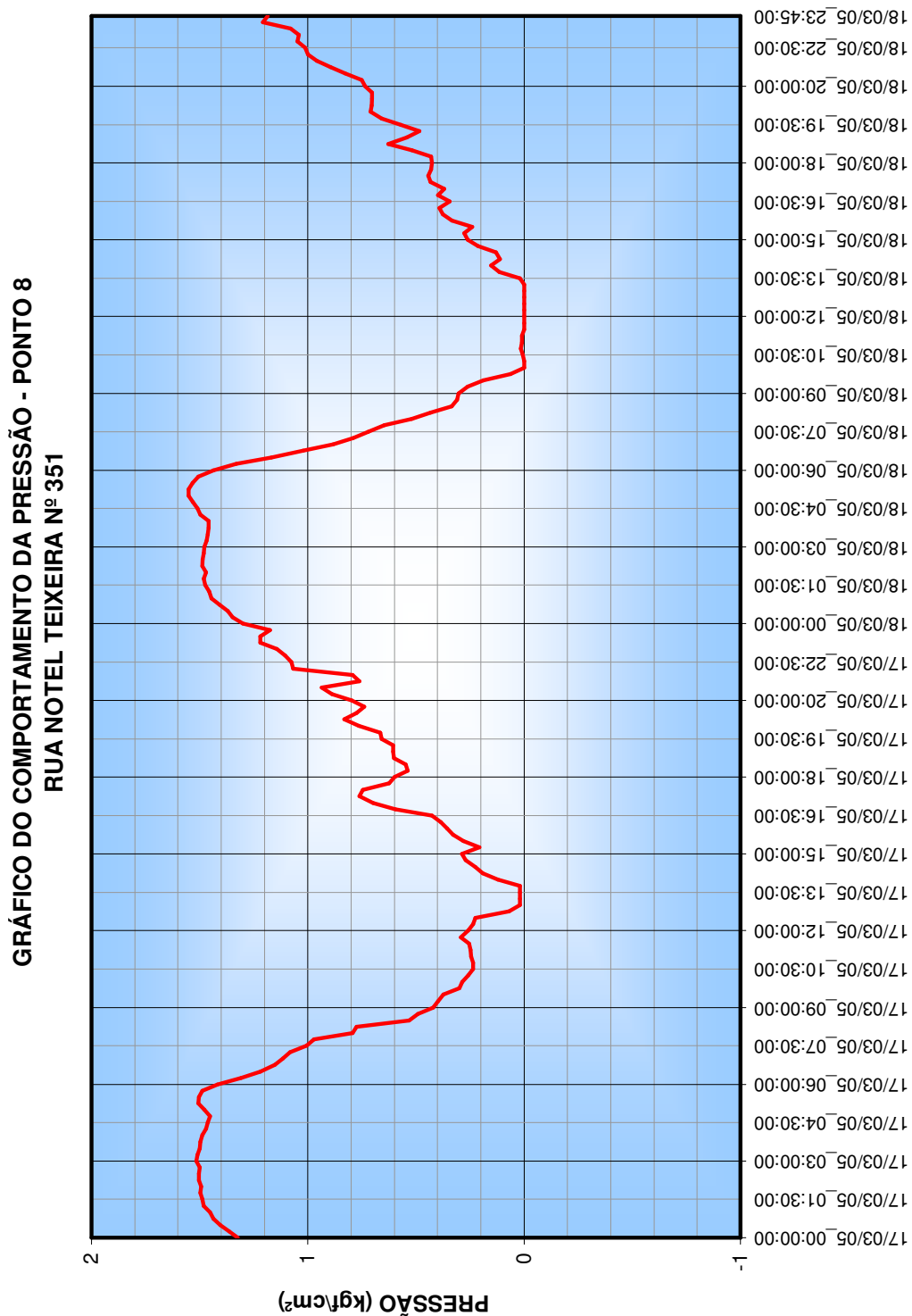
No Gráfico 4.6, as pressões encontram-se muito variadas entre 0,2 e 3,8 kgf/cm², porém não além do limite de 3,5 kgf/cm², considerado ideal.

Gráfico 4.7 – Comportamento da pressão – Rua São Paulo, nº 32



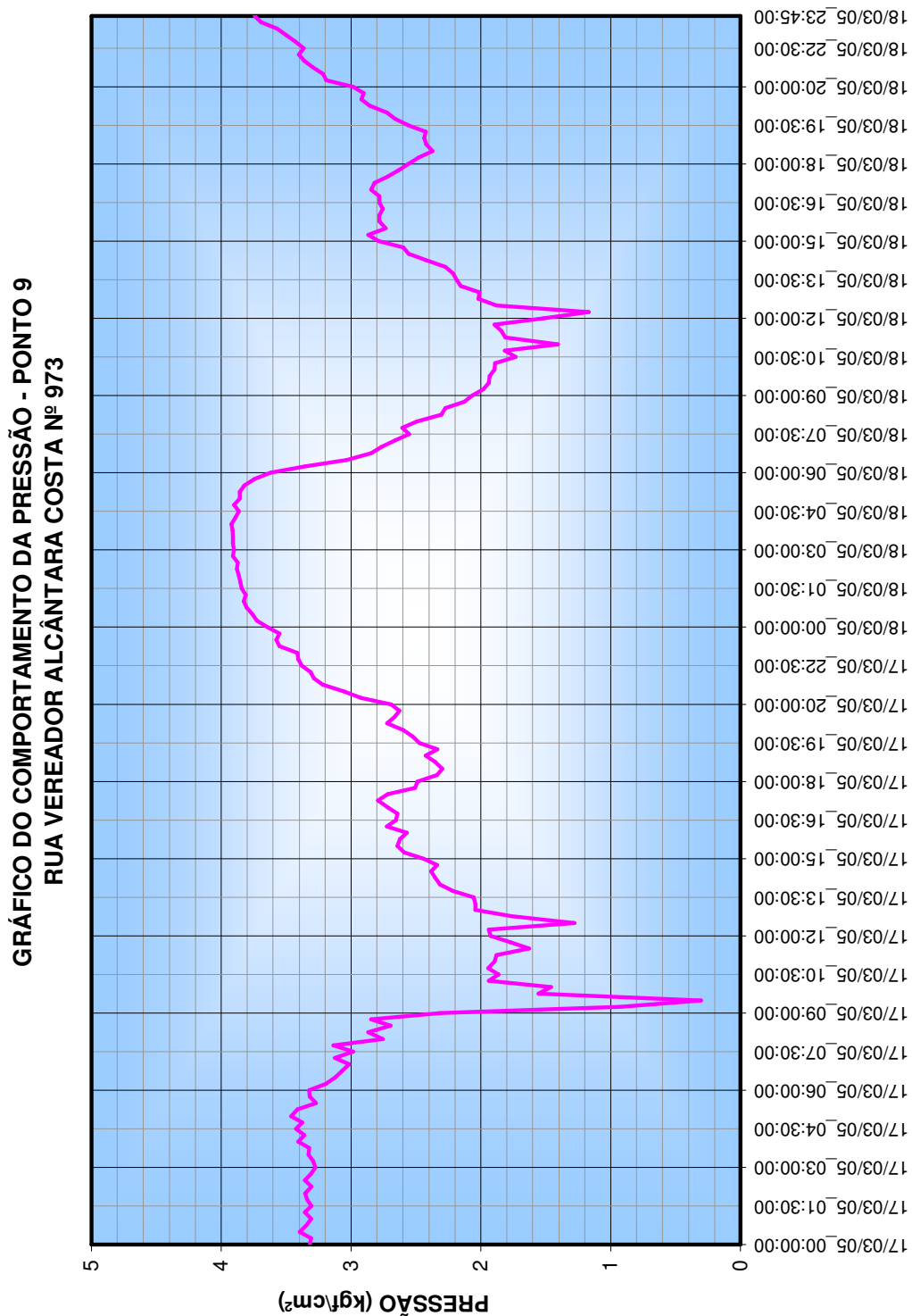
No Gráfico 4.7, as pressões são bem variadas e se concentram entre 0,6 e 4,6 kgf/cm², onde se concentram valores acima de 3,5 kgf/cm².

Gráfico 4.8 – Comportamento da pressão – Rua Notel Teixeira, nº 351



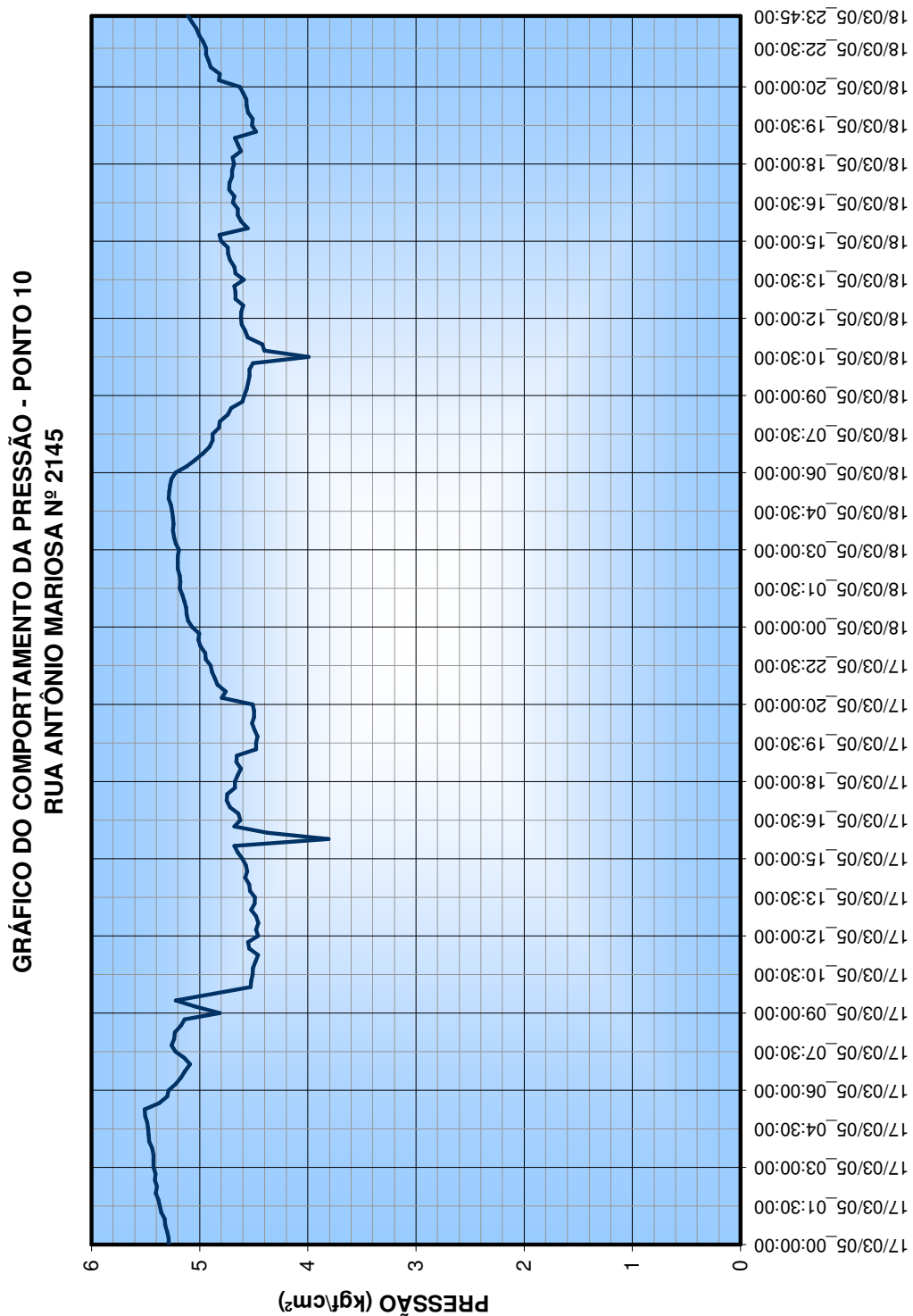
No Gráfico 4.8, as pressões são bem baixas e se concentram entre 0 e 1,6 kgf/cm². Os valores zerados representam possíveis reparos na rede, devido aos horários de 12:00h às 13:30h e de 10:30h às 13:30h.

Gráfico 4.9 – Comportamento da pressão – Rua Vereador Alcântara Costa, nº 973



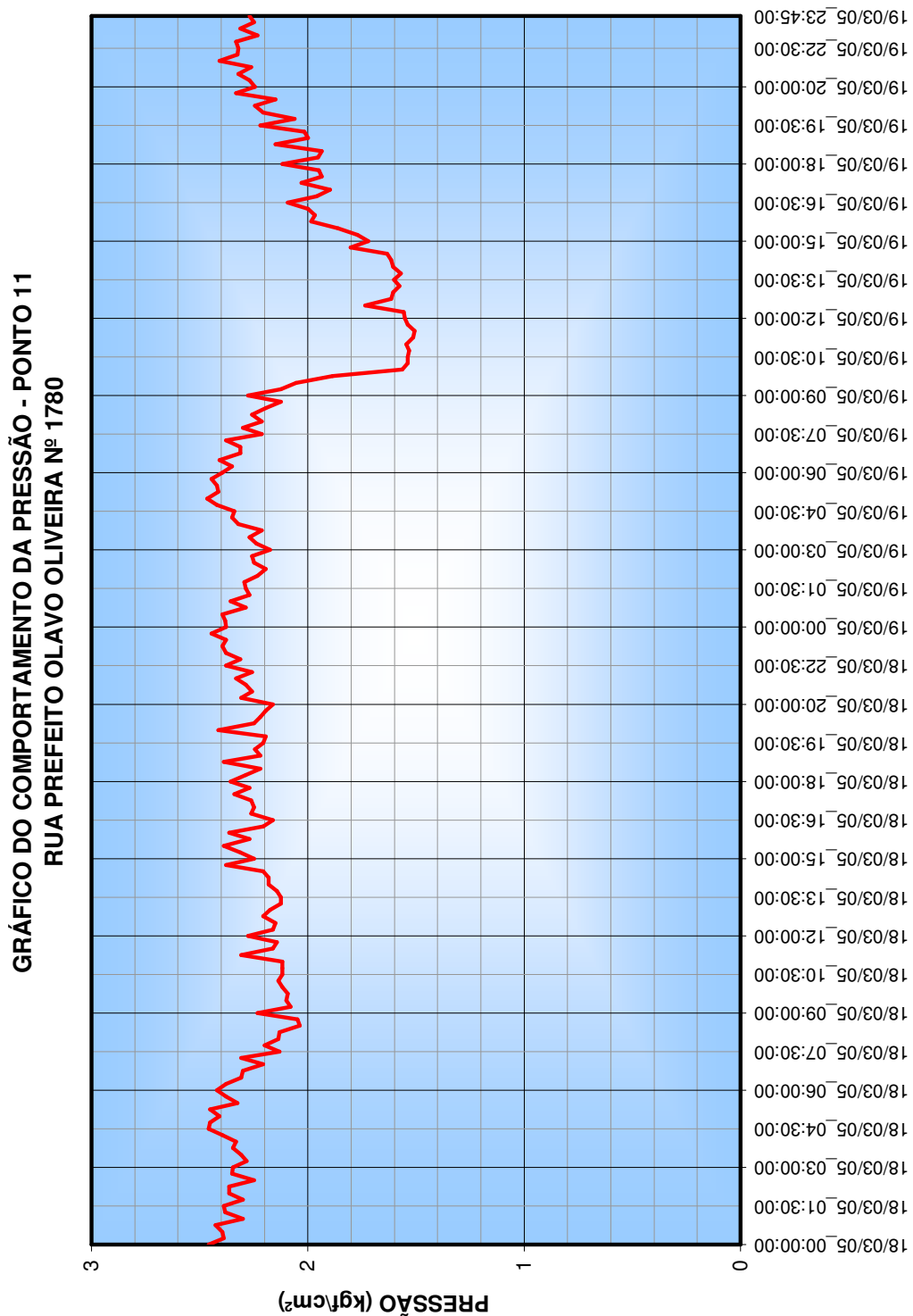
No Gráfico 4.9, as pressões são bem variáveis e se concentram entre 0,3 e 3,9 kgf/cm², o que não representa um valor muito além do limite que é de 3,5 kgf/cm². Houve uma grande queda na pressão às 09:00h do dia 17/03/05.

Gráfico 4.10 – Comportamento da pressão – Rua Antônio Mariosa, nº 2145



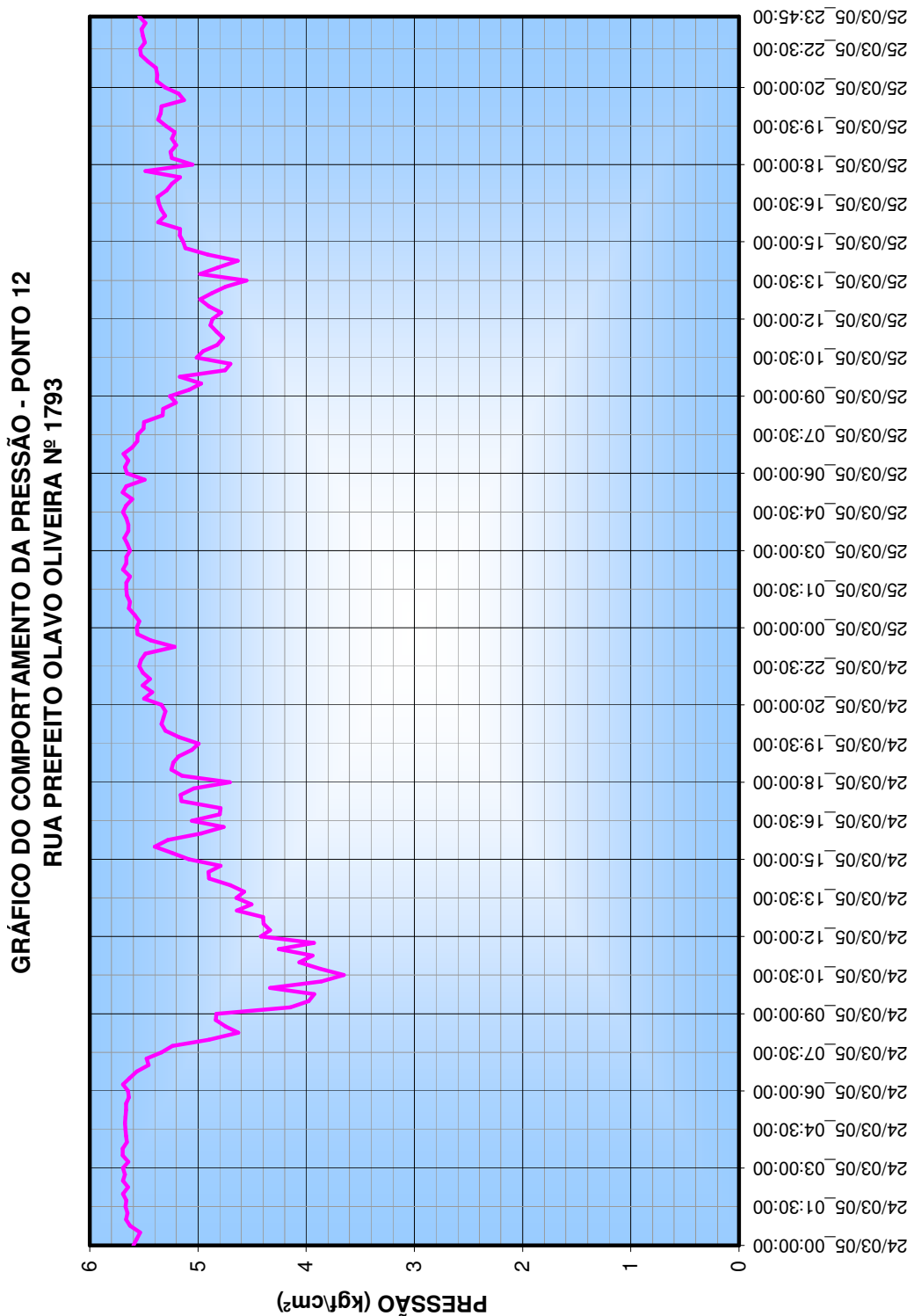
No Gráfico 4.10, as pressões são muito altas e variam entre 3,8 e 5,5 kgf/cm², o que representam valores muito além do limite máximo de 3,5 kgf/cm².

Gráfico 4.11 – Comportamento da pressão – Rua Prefeito Olavo Oliveira, nº 1780



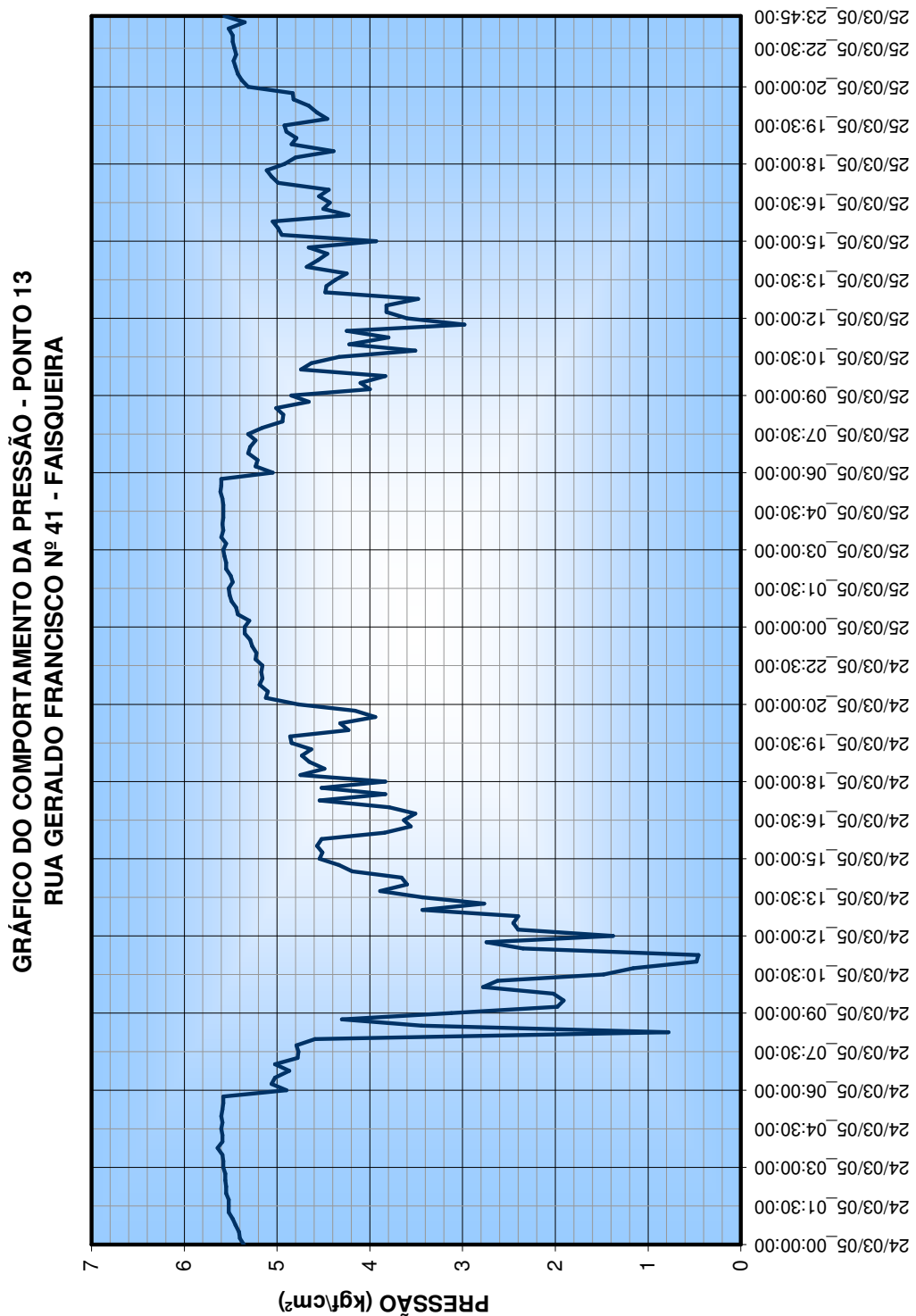
No Gráfico 4.11, as pressões não são muito variáveis e se encontram entre 1,5 e 2,5 kgf/cm². Os valores estão dentro do limite considerado ideal.

Gráfico 4.12 – Comportamento da pressão – Rua Prefeito Olavo Oliveira, nº 1793



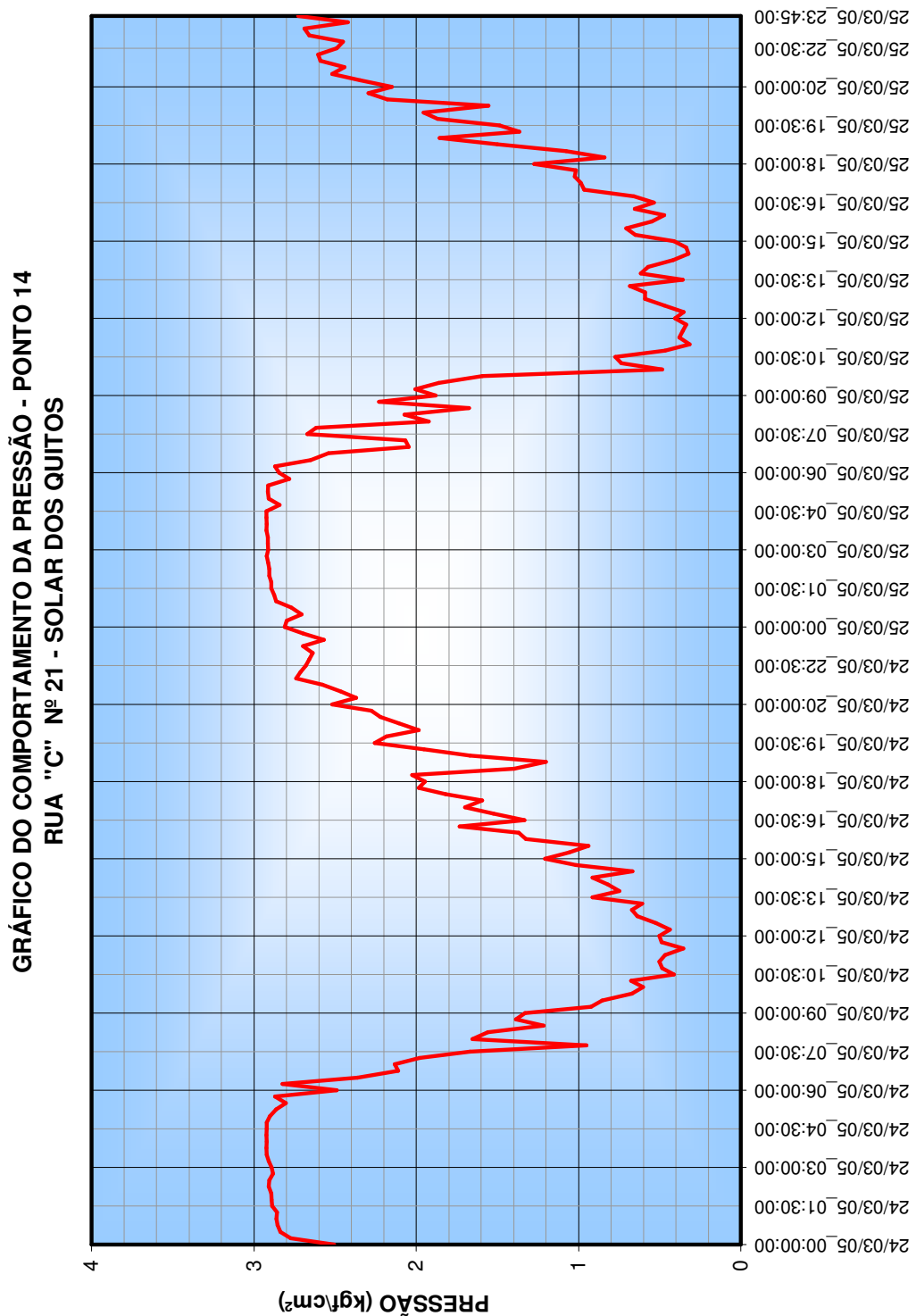
No Gráfico 4.12, as pressões variam entre 3,6 e 5,7 kgf/cm², as quais apresentam valores muito acima do ideal de 3,5 kgf/cm².

Gráfico 4.13 – Comportamento da pressão – Rua Geraldo Francisco, nº 41 - Faisqueira



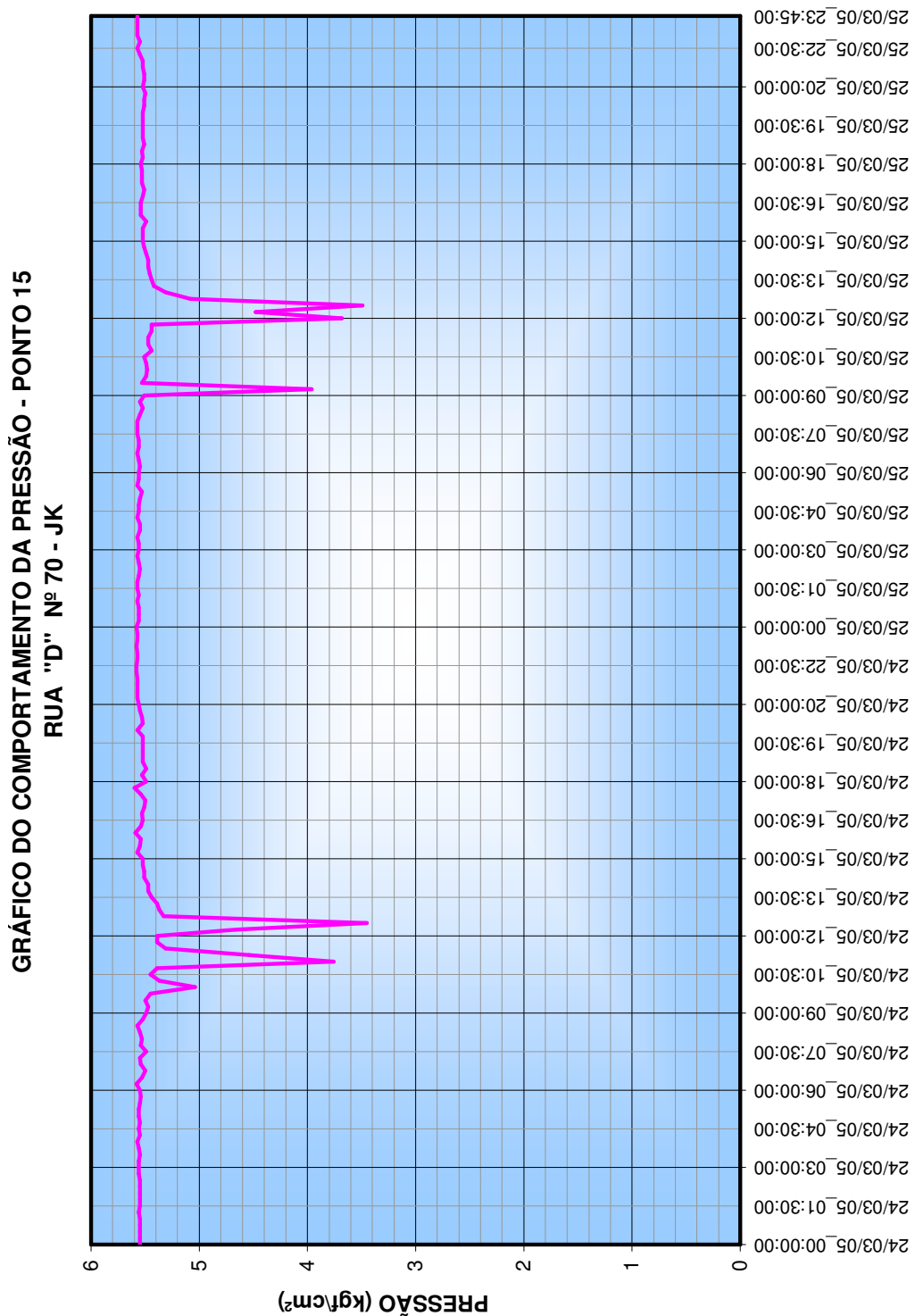
No Gráfico 4.13, as pressões são muito variáveis e se concentram entre 0,5 e 5,6 kgf/cm². O Gráfico apresenta uma queda considerável entre 07:30h e 11:00h do dia 24/03/05.

Gráfico 4.14 – Comportamento da pressão – Rua “C”, nº 21 – Solar dos Quitos



No Gráfico 4.14, as pressões variam entre 0,3 e 2,9 kgf/cm², limites destes considerados satisfatórios, levando em consideração que a pressão limite é de 3,5 kgf/cm².

Gráfico 4.15 – Comportamento da pressão – Rua “D”, nº 70 – JK



No Gráfico 4.15, as pressões não variam muito e se concentram entre 3,4 e 5,6 kgf/cm², porém representam pressões críticas, ou seja, valores acima do limite máximo.

4.2- Setores de Abastecimento

4.3.1- Objetivo

Neste ponto fez-se uma análise do projeto de setorização existente, elaborado pela COPASA, comparativamente às medições de pressão realizadas.

4.2.1- Situação existente e atual

4.2.1.1- Sistema Produtor

O Sistema de Distribuição de Água de Pouso Alegre é composto por dois Sistemas Produtores, denominados de Mandu e Chapadão. O Sistema Produtor Mandu é composto pela ETA Mandu com vazão da ordem de 350 l/s. O Sistema Produtor Chapadão é composto pela ETA Chapadão com vazão da ordem de 130 l/s. Os dois Sistemas Produtores estão projetados para trabalhar de forma independente, ou seja, não deverá haver mistura de água entre os dois Sistemas Produtores através da manobra de um registro localizado na Avenida Vereador Antônio da Costa com a Rua Antônio Mariosa.



Figura 4.7- ETA Mandu



Figura 4.8- ETA Chapadão

O Sistema Produtor escolhido para estudo foi o Sistema Produtor Mandu, devido às pressões medidas. Por isso, o trabalho se limitará apenas em descrever este Sistema Produtor.

4.2.1.2- Sistema Produtor Mandu

Na ETA Mandu existem duas Elevatórias de Água Tratada. A primeira delas, denominada EAT 1 (3 x 150 cv) é responsável pelo recalque até o RAP Colinas (2 x 2000 m³) e também pelo abastecimento de modo pressurizado da parte localizada em cotas baixas da cidade e também do Bairro Faisqueira, chegando até o Booster São Pedro que irá abastecer o REL Bela Itália e posteriormente o bairro de mesmo nome e também chegando até o Booster Cristal que irá abastecer o RES Cristal e o Bairro N. S. Aparecida. A tubulação de chegada no RAP Colinas está localizada por baixo do reservatório, portanto, quando o bombeamento é interrompido o abastecimento das áreas citadas acima é feito por gravidade por este reservatório.



Figura 4.9- RAP Colinas de Santa Bárbara

A outra elevatória, denominada EAT 2 (2 x 200 cv) é responsável pelo recalque até o REN São João (800 m³). Este reservatório abastece a parte localizada em cotas médias da cidade. Neste centro de reservação existe também uma elevatória (2 x 10 cv) responsável pelo recalque

até o REL São João (200 m³). Este reservatório abastece a parte localizada em cotas altas perto deste centro de reservação.



Figura 4.10- REN São João



Figura 4.11- REL São João

No centro de reservação onde se localiza o RAP Colinas existe uma elevatória (3 x 75 cv) responsável pelo recalque até o RAP Alto Colinas (600 m³).



Figura 4.12- RAP Alto Colinas de Santa Bárbara

Este reservatório abastece, por gravidade, o Bairro Colinas de Santa Bárbara e Belo Horizonte e os seguintes reservatórios: REN Saúde (160 m³), REL Esplanada (120 m³), RAP 3 Poderes (200 m³) e REN Dorotéia (250 m³). Estes quatro reservatórios abastecem, por gravidade, a parte localizada em cotas altas da cidade.



Figura 4.13- REN Saúde



Figura 4.14- REL Esplanada



Figura 4.15- RAP 3 Poderes



Figura 4.16- REN Dorotéia

Quando se fala que determinado reservatório abastece por gravidade ou por bombeamento a parte alta, média ou baixa da cidade, esta informação deve ser interpretada de modo teórico, uma vez que todo o Sistema Produtor Mandu, ou melhor, toda a distribuição

integrante deste sistema está interligada, não existindo separação nas contribuições de cada reservatório.

Portanto, atualmente não existe nenhuma setorização.



Figura 4.17- Booster Bela Itália



Figura 4.18- REL Bela Itália



Figura 4.19- Booster Cristal



Figura 4.20- REL Cristal

Figura 4.21- Esquema hidráulico do Sistema de Distribuição de Água de Pouso Alegre

4.3- Setorização proposta pela COPASA

A setorização proposta pela COPASA prevê a divisão efetiva dos dois Sistemas Produtores, Mandu e Chapadão. Em compensação o projeto de setorização contempla apenas o Sistema Produtor Mandu.

O Sistema Produtor Mandu será dividido em três partes, uma zona baixa, uma zona média e por fim uma zona alta.

A **zona baixa** deverá ser abastecida pela EAT 1, por bombeamento. O limite será feito nas seguintes ruas e avenidas: Rua Coronel Pradel, Rua Francisco Sales, Avenida Getúlio Vargas, Rua Olegário Maciel, Rua Monsenhor Dutra, Rua São Pedro, Rua Manoel Matias, Avenida Belo Horizontes, Rua Pernambuco, Avenida Alfredo Custódio, Rua Cássio Coutinho, Rua Augusto Ribeiro, Rua Comendador José Garcia, Avenida Brasília, Rua Antônio Mariosa, Rua Fernando Franco, Rua Doraci Teixeira e Rua Caldas Rebello. Dentro desta parte baixa está projetado abastecer também o Bairro Bela Itália e Bairro Faisqueira.

A **zona média** deverá ser abastecida pelo REN e REL São João. O limite será feito nas seguintes ruas e avenidas: Rua Coronel Pradel, Rua Francisco Sales, Avenida Getúlio Vargas, Rua Olegário Maciel, Rua Monsenhor Dutra, Rua São Pedro, Avenida Getúlio Vargas, Rua Amadeu de Queiroz, Rua Saturnino de Alcântara, Rua Joaquim Camargo, e algumas ruas sem denominação do Bairro Colinas de Santa Bárbara.

A **zona alta** deverá ser abastecida por gravidade através dos seguintes reservatórios: RAP Alto Colinas (abastecerá os quatro reservatórios citados a seguir e também o Bairro Colinas de Santa Bárbara e o Bairro Belo Horizonte), REN Saúde, REL Esplanada, RAP 3 Poderes e REN Dorotéia.

4.4-Análise comparativa do projeto de setorização existente com o mapeamento de pressões realizado

Diante da setorização proposta para o Sistema Produtor Mandu, analisou-se o projeto existente através de dois aspectos:

- As medições de pressão realizadas na atividade anterior, Mapeamento de pressões;
- Cotas dos centros de reservação presentes no Município de Pouso Alegre comparando com as cotas das áreas previstas a serem abastecidas. Na análise das cotas foi definido que:
 - . Os setores de abastecimento, com as respectivas zonas de pressão (alta e baixa), deverão ter preferencialmente pressões mínimas de 1,0 kgf/cm² e máxima de 5,5 kgf/cm²;
 - . Internamente aos setores, com as respectivas zonas de pressão delimitadas, serão criados os subsetores de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP). Esses subsetores serão definidos a partir de áreas com pressões estáticas acima de 3,0 kgf/cm².

Portanto, seguindo a condição acima os limites de influência de cada reservação foram avaliados em função da diferença de cota de fundo do reservatório e a cota que resulte em uma pressão máxima de 5,5 kgf/cm².

No item a seguir será mostrado para a divisão do Sistema de Distribuição de Água em setores de abastecimento, zonas de pressão, subsetores de VRP e boosters.

4.5- Proposição da divisão em Zonas de Pressão

4.5.1- Sistema Produtor Mandu

Dessa forma, o Sistema Produtor Mandu ficou dividido em:

- Três Setores de Abastecimento: São João, Mandu e Colinas de Santa Bárbara;

- Estabelecida esta setorização, cada um desses Setores foi dividido em respectivas zonas de pressão;

Para o **Setor de Abastecimento São João** foram criadas as zonas de pressão:

- Zona Alta São João – SJZA – zona de pressão criada a partir do abastecimento por gravidade do Reservatório Elevado (REL) São João;
- Zona Baixa São João – SJZB – zona de pressão criada a partir do abastecimento por gravidade do Reservatório Enterrado (REN) São João;

Para o **Setor de Abastecimento Mandu** foi criada uma única zona de pressão:

- Zona Baixa Mandu – MAZB – zona de pressão criada a partir do abastecimento por bombeamento da Estação Elevatória presente na ETA Mandu e conseqüentemente por gravidade através do Reservatório Colinas de Santa Bárbara no momento em que o bombeamento cessa;

Para o **Setor de Abastecimento Colinas de Santa Bárbara** foram criadas as seguintes zonas de pressão:

- Zona Baixa Saúde – SBZB1 – zona de pressão criada a partir do abastecimento por gravidade do Reservatório Enterrado (REN) Saúde;
- Zona Baixa 3 Poderes – SBZB2 – zona de pressão criada a partir do abastecimento por gravidade do Reservatório Apoiado (RAP) 3 Poderes;
- Zona Baixa Dorotéia – SBZB3 – zona de pressão criada a partir do abastecimento por gravidade do Reservatório Enterrado (REN) Dorotéia;
- Zona Alta Esplanada – SBZA1 – zona de pressão criada a partir do abastecimento por gravidade do Reservatório Elevado (REL) Esplanada;

- Zona Alta Colinas de Santa Bárbara – SBZA2 – zona de pressão criada a partir do abastecimento por gravidade do Reservatório Apoiado (RAP) Alto Colinas de Santa Bárbara.

As divisões dos setores de abastecimento, das zonas de pressão, bem como os limites de VRP futuras e de boosters são explicadas com maiores detalhes no item a seguir.

4.5.1.1- Setor de Abastecimento São João

Para o Setor de Abastecimento São João tem-se a seguinte situação:

- Zona Alta São João – SJZA – Abastecimento pelo REL São João. Este reservatório está localizado na cota 900. Como se trata de um reservatório elevado a cota de fundo está localizada na cota 915 aproximadamente. Portanto, o limite de abrangência deste reservatório deverá ser da cota 900 até a cota 870, que resultaria em uma faixa de pressão estática que ficará entre 1,5 kgf/cm² até 4,5 kgf/cm². As áreas sujeitas a instalação de VRP estarão inseridas entre as cotas 885 a 870;
- Zona Baixa São João – SJZB – Abastecimento pelo REN São João. Este reservatório está localizado na cota 900. Como se trata de um reservatório enterrado a cota de fundo está localizada na cota 895, supondo 5 m (metros) de profundidade aproximadamente. Portanto, o limite de abrangência deste reservatório deverá ser da cota 870 até a cota 840, que resultaria em uma faixa de pressão estática que ficará entre 2,5 kgf/cm² até 5,5 kgf/cm². As áreas sujeitas a instalação de VRP estarão inseridas entre as cotas 865 a 840;

4.5.1.2- Setor de Abastecimento Mandu

Para o Setor de Abastecimento Mandu tem-se a seguinte situação:

- Zona Baixa Mandu – MAZB – Abastecimento feito através do bombeamento da Estação Elevatória presente na ETA Mandu e conseqüentemente por gravidade através do RAP Colinas de Santa Bárbara no momento em que o bombeamento cessa. Essa zona ficará compreendida entre as cotas 840 a 810. Continuará existindo dois Subsetores, Faisqueira e

Bela Itália, através de boosters. O RAP Colinas de Santa Bárbara está situado na cota 865. O ideal é que todo abastecimento seja feito por gravidade através de um reservatório. Por esta condição no futuro esta zona de pressão poderá ser abastecida por gravidade por este RAP, resultando em pressões da ordem de 2,5 a 5,5 kgf/cm². A utilização deste RAP deverá ter um projeto específico para este fim, uma vez que será necessário avaliar se o volume de reservação deste RAP é ideal, dimensionar as redes para a distribuição a partir do RAP e outras avaliações. Neste caso as áreas sujeitas a instalação de VRP estarão inseridas entre as cotas 835 a 810;

4.5.1.3- Setor de Abastecimento Colinas de Santa Bárbara

- Zona Baixa Saúde – SBZB1 – Abastecimento pelo REN Saúde. Este reservatório está localizado na cota 905. Como se trata de um reservatório enterrado a cota de fundo está localizada na cota 900, supondo 5 m (metros) de profundidade aproximadamente. Portanto, o limite de abrangência deste reservatório deverá ser da cota 890 até a cota 835, que resultaria em uma faixa de pressão estática que ficará entre 1,0 kgf/cm² até 6,5 kgf/cm². As áreas sujeitas a instalação de VRP estarão inseridas entre as cotas 870 a 835;
- Zona Baixa 3 Poderes – SBZB2 – Abastecimento pelo RAP 3 Poderes. Este reservatório está localizado na cota 895. Como se trata de um reservatório apoiado a cota de fundo está localizada na cota 895. Portanto, o limite de abrangência deste reservatório deverá ser da cota 880 até a cota 845, que resultaria em uma faixa de pressão estática que ficará entre 1,0 kgf/cm² até 5,0 kgf/cm²;
- Zona Baixa Dorotéia – SBZB3 – Abastecimento pelo REN Dorotéia. Este reservatório está localizado na cota 890. Como se trata de um reservatório enterrado a cota de fundo está localizada na cota 895, supondo 5 m (metros) de profundidade aproximadamente. Portanto, o limite de abrangência deste reservatório deverá ser da cota 870 até a cota 835, que resultaria em uma faixa de pressão estática que ficará entre 1,5 kgf/cm² até 5,0 kgf/cm²;
- Zona Alta Esplanada – SBZA1 – Abastecimento pelo REL Esplanada. Este reservatório está localizado na cota 910. Como se trata de um reservatório elevado a cota de fundo está

localizada na cota 910 aproximadamente. Portanto, o limite de abrangência deste reservatório deverá ser da cota 910 até a cota 870, que resultaria em uma faixa de pressão estática que ficará entre 1,0 kgf/cm² até 5,0 kgf/cm²;

- Zona Alta Colinas de Santa Bárbara – SBZA2 – Abastecimento pelo RAP Alto Colinas de Santa Bárbara. Este reservatório está localizado na cota 930 apresentando a mesma cota de fundo. Este reservatório continua abastecendo por gravidade os reservatórios Saúde, Esplanada, 3 Poderes e Dorotéia, além de distribuir por gravidade para algumas partes altas, cotas acima de 900, caso da área próxima do Reservatório Dorotéia e do Bairro Belo Horizonte. Portanto os limites de abrangência deste reservatório deverá ser da cota 915 até a cota 835, que resultaria em uma faixa de pressão estática que ficará entre 1,5 kgf/cm² até 9,5 kgf/cm². As áreas sujeitas a instalação de VRP estarão inseridas entre as cotas 900 a 835. Próximo a este reservatório existem áreas que deverão ser ampliadas no futuro, implicando na criação de um reservatório elevado ou uma área abastecida por um booster;

Tabela 4.2 a seguir, mostra as divisões dos setores de abastecimento bem como as zonas de pressão.

Tabela 4.2- Setores de abastecimento, zonas de pressão e cotas limites para abastecimento

SETORES DE ABASTECIMENTO DO SISTEMA MANDU - POUSO ALEGRE							
SETOR	RESERVATÓRIO	ZONA	COTA (m)			FAIXA DE PRESSÃO ESTÁTICA (Kg/cm ²)	COTAS SUJEITAS A INSTALAÇÃO DAS VRP'S
			TERRENO	FUNDO DO RESERVATÓRIO	LIMITE DE ABRANGÊNCIA PARA ABASTECIMENTO		
SÃO JOÃO	REL SÃO JOÃO	ALTA	900	915	900 - 870	1,5 - 4,5	885 - 870
	REN SÃO JOÃO	BAIXA	900	895	870 - 840	2,5 - 5,5	865 - 840
MANDU	RAP COLINAS DE SANTA BARBARA	BAIXA	865	865	840 - 810	2,5 - 5,5	835 - 810
	RAP ALTO COLINAS DE SANTA BARBARA	ALTA	930	930	915 - 835	1,5 - 9,5	900 - 835
COLINAS DE SANTA BARBARA	REN SAÚDE	ALTA	905	900	890 - 835	1,0 - 6,5	870 - 835
	REL ESPLANADA	ALTA	910	920	910 - 870	1,0 - 5,0	890 - 870
	RAP 3 PODERES	ALTA	895	895	880 - 845	1,5 - 5,0	865 - 845
	REN DOROTÉIA	ALTA	890	885	870 - 835	1,5 - 5,0	855 - 835

4.5.2- Comprovação prática da Setorização proposta pela COPASA

Para a realização deste serviço foi feita uma simulação no abastecimento que reproduziu a distribuição de água durante o período de 48 horas.

Uma delas foi o isolamento total dos dois Sistemas Produtores existentes no Município de Pouso Alegre (Sistema produtor Mandu e Sistema Produtor Chapadão). Para o isolamento total foi feito o fechamento do registro gaveta localizado na Avenida Vereador Antônio da Costa com a Rua Antonio Mariosa.

Uma outra ação foi a instalação de um registro do tipo gaveta (DN 150mm) em um ponto que seria a divisa entre a Zona Alta e a Zona Média. Com a instalação do registro ficou implantado este limite e as áreas próximas deste registro ficaram sendo abastecidas seguindo esta divisão de setores (Zona Alta e Zona Média). Portanto, a instalação deste registro teve como objetivo testar na prática se o limite era viável de ser implantado, já que foram instalados dois Data-Loggers que monitoraram o comportamento da pressão após o fechamento deste registro. Um dos Data-Loggers ficou monitorando a pressão desta Zona Alta recentemente implantada e um outro Data-Logger ficou monitorando a pressão da Zona Média recentemente implantada.

A partir das medições de pressão foi verificada que a região abastecida pela Zona Média ficou desabastecida no período diurno após o fechamento deste registro. Os pontos que ficaram sem abastecimento estão localizados na cota 885. A Zona Média deverá ser abastecida pelo REN São João cuja cota de fundo está na cota 895.

Portanto no período diurno esta diferença de cota não foi suficiente para vencer esta distância, a perda de carga para chegar a este ponto foi muito maior. Pela setorização, esta área que ficou desabastecida estaria sendo abastecida pelo REN Saúde.

Portanto, conclui-se que, o projeto de setorização deverá sofrer algumas modificações e a melhor maneira de avaliar se estes limites projetados irão atender ao especificado é realizar simulações hidráulicas através de modelos matemáticos.

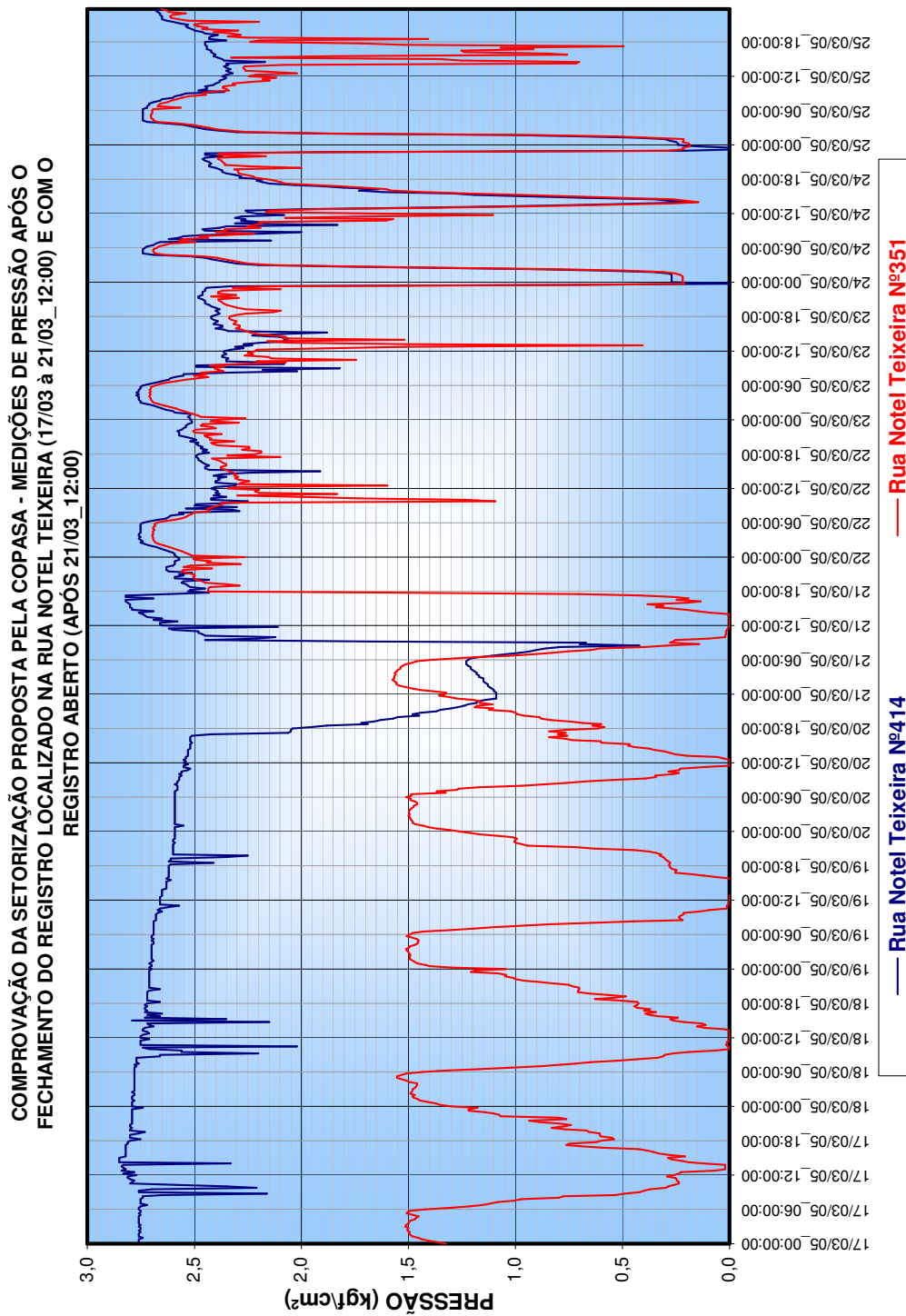


Gráfico 4.16- Comprovação da setorização proposta pela COPASA – Medições de pressão após o fechamento do registro localizado na Rua Notel Teixeira (17/03 a 21/03-12:00h) e com o registro aberto (após 21/03-12:00h)

4.6- Definição de trechos de rede a serem implantados ou substituídos

O presente trabalho prevê a definição de trechos de rede a serem implantados ou substituídos no SAA de Pouso Alegre. Esses trechos de rede a serem implantados ou substituídos serão avaliados através da simulação hidráulica por modelos matemáticos em softwares próprios.

O Setor escolhido foi o Setor Colinas de Santa Bárbara, na zona de pressão Zona Baixa Saúde – SBZB1.

4.6.1- Modelo Matemático no Setor Colinas de Santa Bárbara- Zona de Pressão de Baixa Saúde-SBZB1

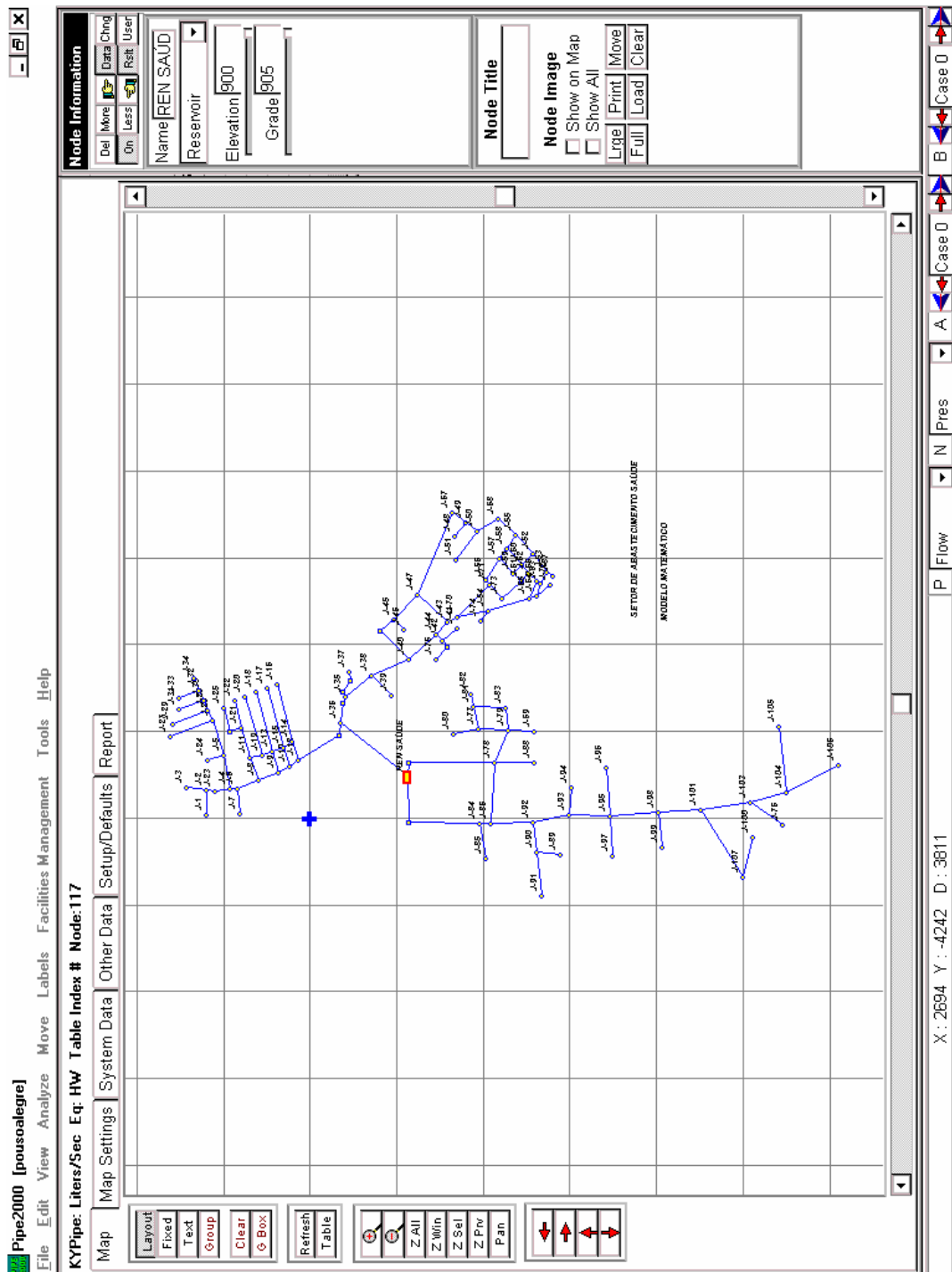


Figura 4.22- Modelo Matemático da Rede

A Figura 4.23 apresentada a seguir, mostra as zonas de pressões obtidas na simulação hidráulica.

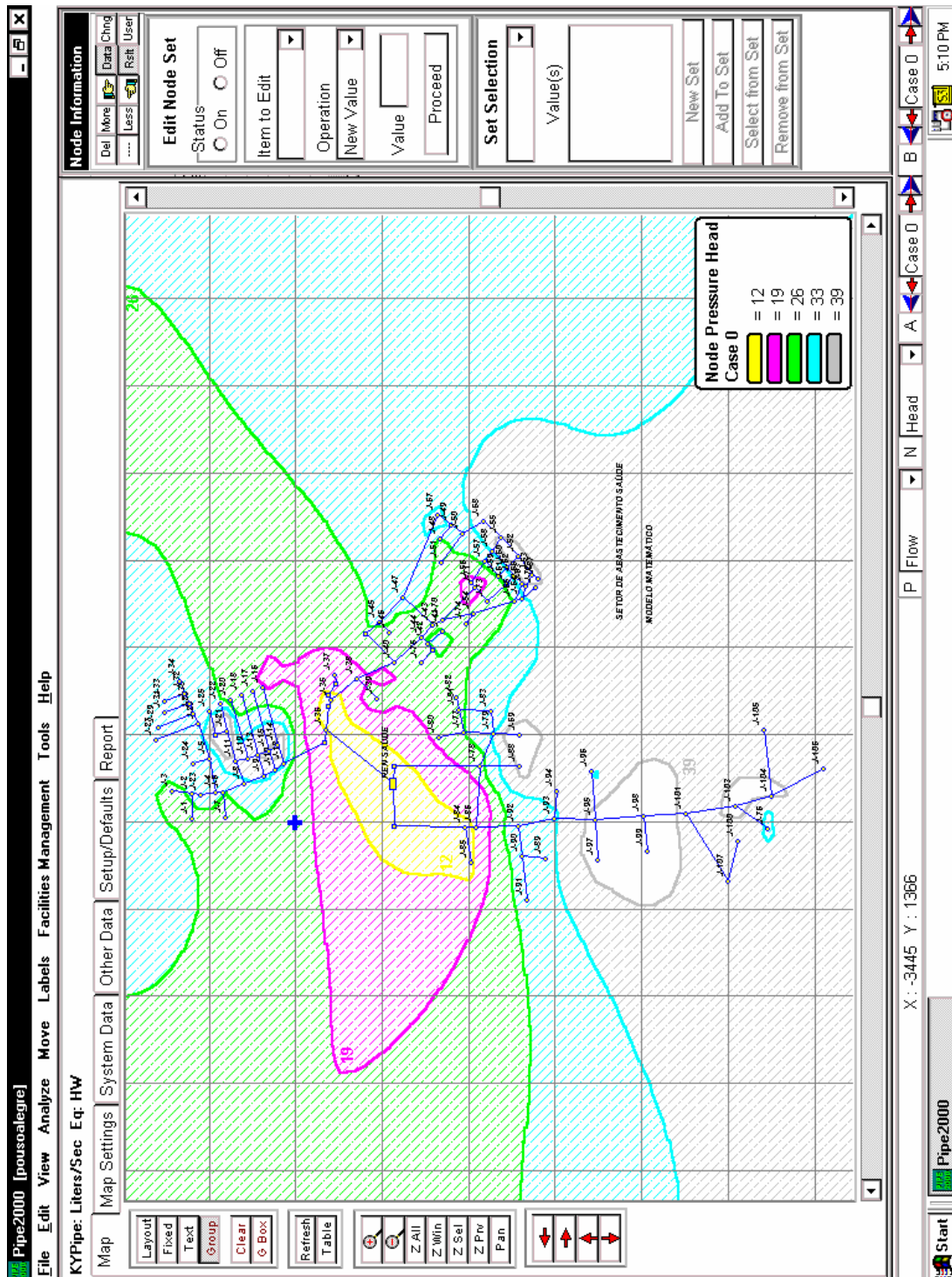


Figura 4.23- Zonas de Pressão

4.6.2- Conclusão da Simulação Hidráulica realizada para a Zona Baixa Saúde – SBZB1

Conforme foi visto na simulação realizada nos itens anteriores e nas pressões resultantes de acordo com a Figura 4.23, foi comprovado que o Setor de Abastecimento Colinas de Santa Bárbara, Zona Baixa Saúde – SBZB1, é viável, uma vez que não há desabastecimentos ou ocorrências de baixa pressão.

Antes de se realizar as obras de setorização conforme o projeto existente, é recomendado que realize as simulações hidráulicas através de modelos matemáticos de modo a identificar quais áreas são necessárias serem revistas antes de realizar as obras de setorização.

4.7- Análise da Reservação presente no SAA de Pouso Alegre

Os reservatórios são unidades destinadas a garantir a alimentação da rede de abastecimento de água, compensando as variações horárias da demanda e as interrupções de emergências, além de manter os níveis adequados de pressão na rede.

Os reservatórios são dimensionados para atender as seguintes situações:

- Atender as variações horárias da demanda de consumo;
- Assegurar uma reserva para o combate a incêndios;
- Manter uma reserva para atender algumas condições de emergência como: reparo nas tubulações, interrupções no abastecimento devido a manutenções ou panes e outras);
- Assegurar uma pressão na rede de distribuição de água.

4.7.1- Cálculo para análise da Reservação

Foram levantados os números de economias residenciais, comerciais, industriais e públicas para as três zonas do Sistema Produtor Mandu, zona baixa, média e alta.

As tabelas a seguir mostram os resultados dos cálculos dos consumos diários e da reservação segundo os dois critérios para as três zonas projetadas.

Tabela 4.3- Cálculo da Reservação necessária para a Zona Baixa (Setor Mandu)

ZONA BAIXA					
Tipo economias	Nº de economias (1)	Nº Habitantes (2)	Per Capta (ℓ/hab x dia) (3)	K ₁	Q (ℓ/dia)
Residenciais	5555	4	120	1,2	3199680
Comerciais	562	4	90	1,2	242784
Públicas	80	100	20	1,2	192000
Industriais	82	30	90	1,2	265680
					3900144

Primeiro critério		Segundo critério	
Volume (1/6) - m ³	650,02	Volume (1/3) - m ³	1300,048
Combate a incêndios - m ³	250	VOLUME FINAL (m³)	1300
Emergência (1/3) - m ³	300,01		
VOLUME FINAL (m³)	1200		

(1) - Valores informados pelos colaboradores da COPASA
 (2) - Valores estimados para realização do cálculo
 (3) - Valores retirados de bibliografia - Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, 8ª edição

Tabela 4.4- Cálculo da Reserva necessária para a Zona Média (Setor São João)

ZONA MÉDIA					
Tipo economias	Nº de economias (1)	Nº Habitantes (2)	Per Capta (l/hab x dia) (3)	K ₁	Q (l/dia)
Residenciais	8742	4	120	1,2	5035392
Comerciais	2110	4	90	1,2	911520
Públicas	184	100	20	1,2	441600
Industriais	164	30	90	1,2	531360
					6919872
Primeiro critério			Segundo critério		
Volume (1/6) - m ³	1153,31	Volume (1/3) - m ³		2306,624	
Combate a incêndios - m ³	250	VOLUME FINAL (m³)		2307	
Emergência (1/3) - m ³	467,77				
VOLUME FINAL (m³)	1871				

(1) - Valores informados pelos colaboradores da COPASA
 (2) - Valores estimados para realização do cálculo
 (3) - Valores retirados de bibliografia - Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, 8ª edição

Tabela 4.5- Cálculo da reserva necessária para a Zona Alta (Setor Colinas de Santa Bárbara)

ZONA ALTA					
Tipo economias	Nº de economias (1)	Nº Habitantes (2)	Per Capta (l/hab x dia) (3)	K ₁	Q (l/dia)
Residenciais	8266	4	120	1,2	4761216
Comerciais	482	4	90	1,2	208224
Públicas	57	100	20	1,2	136800
Industriais	111	30	90	1,2	359640
					5465880
Primeiro critério			Segundo critério		
Volume (1/6) - m ³	910,98	Volume (1/3) - m ³		1821,96	
Combate a incêndios - m ³	250	VOLUME FINAL (m³)		1822	
Emergência (1/3) - m ³	386,99				
VOLUME FINAL (m³)	1548				

(1) - Valores informados pelos colaboradores da COPASA
 (2) - Valores estimados para realização do cálculo
 (3) - Valores retirados de bibliografia - Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, 8ª edição

4.7.2- Conclusão com relação a Reservação

Diante dos cálculos mostrados acima pode-se concluir o seguinte:

- Zona Baixa (Setor Mandu) – De acordo com o cálculo mostrado acima a reservação necessária para este setor é de aproximadamente 1300 m³. Este setor está projetado para ser abastecido pelo bombeamento da ETA Mandu e por gravidade pelo RAP Colinas de Santa Bárbara, que tem capacidade total de 4000 m³. Portanto para este setor, a reservação é suficiente;
- Zona Média (Setor São João) – De acordo com o cálculo mostrado acima a reservação necessária para este setor é de aproximadamente de 2300 m³. Este setor está projetado para ser abastecido por gravidade pelos reservatórios REL São João e REN São João, que tem capacidade total de 1000 m³. Portanto para este setor, a reservação indica que é insuficiente;
- Zona Alta (Setor Colinas de Santa Bárbara) – De acordo com o cálculo mostrado acima a reservação necessária para este setor é de aproximadamente de 1800 m³. Este setor está projetado para ser abastecido por gravidade pelos reservatórios REN Saúde, REL Esplanada, RAP 3 Poderes e REN Dorotéia e também pelo RAP Alto Colinas, que abastecerá os quatro reservatórios citados e alguns bairros. A capacidade total destas reservações é de 1330 m³. Como o RAP Alto Colinas é abastecido pelo RAP Colinas de 4000 m³, essa diferença pode ser compensada por este reservatório, desde que a estação elevatória permita esta condição e a rede de distribuição do RAP Alto Colinas para os quatro reservatórios de jusante também. Vale salientar que uma estação elevatória deve ligar e desligar em no máximo 5 vezes (ideal 3 vezes) durante uma hora e portanto, a estação elevatória poderá até compensar este volume reprimido desde que respeite a condição acima.

Portanto pelos cálculos mostrados anteriormente a zona média ou Setor São João é o que apresenta o maior déficit quanto a reservação. Segundo informações, existe um projeto para construir um reservatório de 2000 m³ dentro do SAA de Pouso Alegre no Sistema Produtor Mandu. A partir desta condição o melhor local para a instalação deste reservatório seria no Setor São João.

4.8-Implantação do Sistema de Redução e Controle de Pressões VRP YARA

A área isolada da VRP YARA está compreendida no Bairro Yara, dentro do Sistema Produtor Mandu com entrada pela Avenida Levino Ribeiro Couto, onde tem-se uma derivação de DN 50 mm da rede de DN 450 mm – linha bombeada da EAT 1 que vai em direção ao abastecimento da Zona Baixa do Sistema Mandu. A área está delimitada pela Rua Coronel Pradel, Rua das Rosas, Rua das Margaridas, Rua das Papoulas, Avenida Levino Ribeiro Couto, Rua das Saudades, Rua dos Crisântemos, Rua dos Giraneos, Rua das Saudades. O Subsetor da VRP YARA apresenta extensão de rede de 4,8 km.

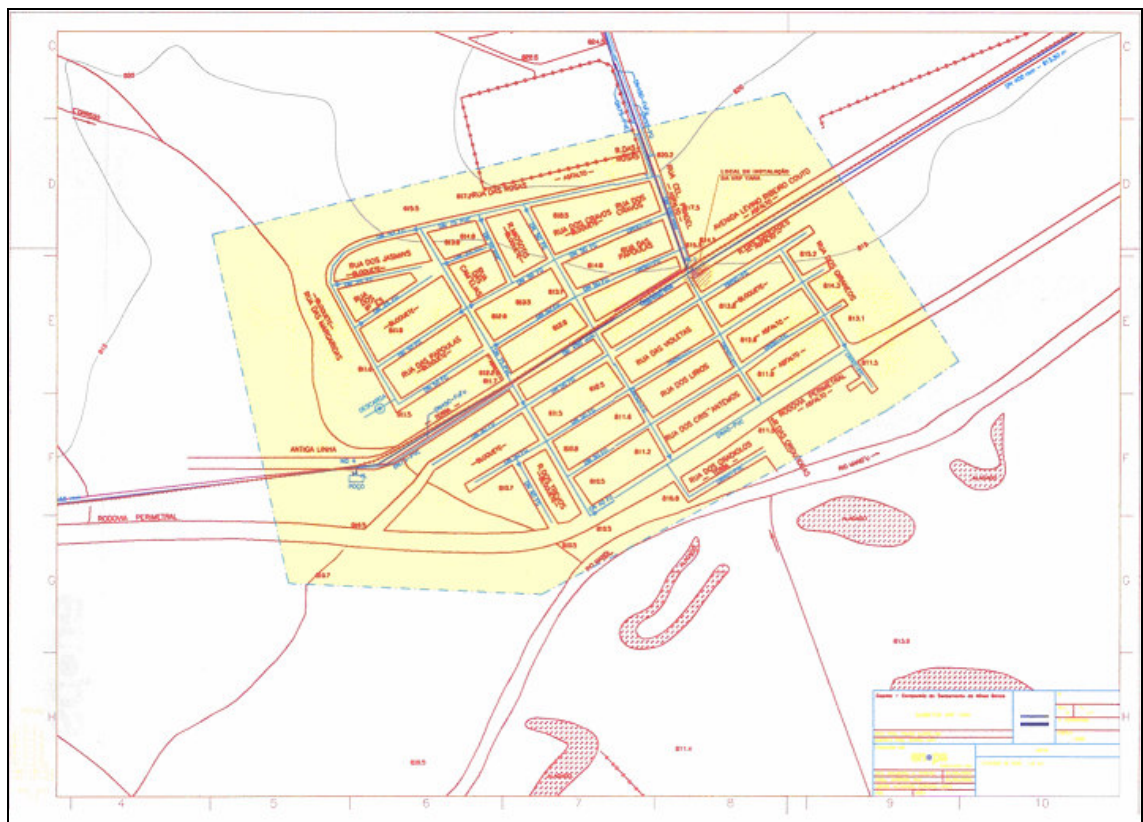


Figura 4.24- Subsetor da VRP YARA delimitado

4.8.1- Dados Característicos do Subsetor

O subsetor da VRP YARA está compreendido dentro do Bairro Yara e está localizado em uma parte baixa do Município de Pouso Alegre, apresentando cotas que variam de 820 na parte mais alta do subsetor a 810 na parte mais baixa.

Este subsetor é predominantemente residencial, com residências de baixo e médio poder aquisitivo e apresenta pequenos comércios em algumas ruas como a Rua Coronel Pradel e na Avenida Levino Ribeiro Couto.

O subsetor é responsável também por abastecer um reservatório do 14º Grupo de Artilharia de Campanha (14º GAC), pertencente ao Exército brasileiro, apesar da entrada deste local estar na Avenida Marechal Castelo Branco.



Figura 4.25- Foto da Rua Coronel Pradel em direção à Rua das Violetas

Tabela 4.6- Dados físicos e técnicos do Subsetor da VRP YARA

DADOS FÍSICOS	
Setor de Abastecimento	Sistema Produtor Mandu - futura Zona Baixa abastecida pela ETA 1
Localização	Avenida Levino Ribeiro Couto x Rua Coronel Pradel
Diâmetro da tubulação de entrada (mm)	50
Material da tubulação de entrada	PVC
Extensão da rede (km)	4,8
Número de Ligações	658
Número de Economias	798
Consumo (m³/mês)	9240

DADOS TÉCNICOS	
Ponto de Máxima - Rua dos Gradiolos, nº 10	Pressão máxima - 5,6 kgf/cm ²
	Pressão mínima - 1,7 kgf/cm ²
	Pressão média - 4,5 kgf/cm ²
Entrada do Subsetor	Vazão máxima estimada - 7,12 l/s
	Vazão mínima estimada - 3,95 l/s
	Vazão média estimada - 2,76 l/s
Ponto Crítico - Rua das Rosas, nº 15	Pressão máxima - 4,8 kgf/cm ²
	Pressão mínima - 2,5 kgf/cm ²
	Pressão média - 4,1 kgf/cm ²

4.8.2- Estimativa da Vazão Macromedida e Medições de Pressão

4.8.2.1- Estimativa da Vazão Macromedida

Como no presente trabalho não estava prevista a medição de vazão na entrada do subsetor, a vazão para cálculo do dimensionamento das peças componentes do sistema redutor de pressão foi estimada através da micromedição.

Os colaboradores da COPASA disponibilizaram os dados da micromedição do subsetor da VRP YARA. As informações da micromedição estão constadas no quadro abaixo. Essas informações foram obtidas em 31/03/05 e referem-se a média de consumo nos 6 meses anteriores a esta data.

Tabela 4.7- Micromedição relativa ao Subsetor da VRP YARA

MICROMEDIÇÃO DO SUBSETOR DA VRP ROSAS							
Nº	LOGRADOURO	DE Nº	ATÉ Nº	Nº DE LIGAÇÕES	Nº DE ECONOMIAS	CONSUMO/MÊS	
1	RUA DOS JASMINS	11	192	20	21	252	m ³
2	RUA DOS IPÊS	7	80	18	19	188	m ³
3	RUA DAS MARGARIDAS	4	353	25	31	378	m ³
4	RUA DAS CAMÉLIAS	12	340	40	47	608	m ³
5	RUA DOS CRAVOS	3	336	52	64	670	m ³
6	RUA DAS PAPOULAS	s/n	316	48	61	661	m ³
7	RUA DOS MIOSOTIS	15	100	16	16	213	m ³
8	RUA DOS CRISÂNTEMOS	10	340	37	41	402	m ³
9	RUA DOS LÍRIOS	1	287	66	76	905	m ³
10	RUA DAS VIOLETAS	3	418	105	128	1382	m ³
11	RUA DOS GIRASSÓIS	não existe	-	-	-	-	m ³
12	DAS SAUDADES	1	449	111	127	1282	m ³
13	RUA DOS TREVOS	13	67	14	16	196	m ³
14	RUA DOS GRADIOLOS	4	144	16	17	146	m ³
15	RUA DAS ORQUÍDEAS	2	155	25	29	230	m ³
16	RUA DAS ROSAS	10	362	55	61	713	m ³
17	RUA CORONEL PRADEL	23	93	8	8	75	m ³
18	RUA LEVINO RIBEIRO COUTO	2	114	2	36	939	m ³
TOTAL				658	798	9240 m³/mês	

Obs: Dados de micromedição do Subsetor da VRP YARA obtidos em 31/03/05 e referente a média do consumo micromedido dos seis meses anteriores a esta data

A partir do volume total micromedido mensal (9240 m³/mês), realizou-se o seguinte cálculo para estimar a vazão máxima macromedida, que será utilizada no dimensionamento do sistema redutor de pressão:

$$\text{Volume mensal micromedido} = 9240,00 \text{ m}^3$$

Vazão média micromedida (Q médmicro):

$$Q \text{ médmicro} = \frac{9240,00}{30 \times 24} = 12,83 \text{ m}^3/\text{h} = 3,56 \text{ l/s}$$

Como dito no Capítulo 3, para transformar a vazão média micromedida (Q médmicro) em vazão média macromedida (Q médmacro) utiliza-se um Índice de Perdas. O Índice de Perdas que foi adotado para o Subsetor da VRP YARA é de 10%, assim tem-se:

$$Q_{\text{médmacro}} = \frac{Q_{\text{médmicro}}}{1 - \text{Índice de Perdas}} = \frac{12,83}{1 - 0,10} = 14,25 \text{ m}^3/\text{h} = 3,95 \text{ l/s}$$

A partir da vazão média macromedida, utilizaram-se os coeficientes K_1 (coeficiente do dia de maior consumo) e K_2 (coeficiente da hora de maior consumo) para estimar a vazão máxima macromedida para o subsetor da VRP YARA. Assim tem-se:

$$Q_{\text{máxmacro}} = Q_{\text{médmacro}} \times K_1 \times K_2$$

$$Q_{\text{máxmacro}} = 14,25 \times 1,2 \times 1,5 = 25,65 \text{ m}^3/\text{h} = 7,12 \text{ l/s}$$

Para calcular a vazão mínima macromedida ($Q_{\text{mínmacro}}$), utiliza-se o parâmetro Fator de Pesquisa. O Fator de Pesquisa é a relação entre a vazão mínima noturna de uma área pela sua vazão média expresso em porcentagem e é um parâmetro que dá indicações fortes se uma determinada área tem incidência ou não de vazamentos. Quanto maior o valor do fator de pesquisa maior a possibilidade de a pesquisa de vazamentos trazer bom retorno. Será utilizado um fator de Pesquisa igual a 40% para estimar a vazão mínima. Assim tem-se:

$$Q_{\text{mínmacro}} = Q_{\text{médmacro}} \times \text{FP}$$

$$Q_{\text{mínmacro}} = 14,25 \times 0,4 = 5,7 \text{ m}^3/\text{h} = 1,58 \text{ l/s}$$

4.8.2.2- Medição da Pressão

Os resultados das medições de pressão realizadas dentro do subsetor são apresentados com objetivo de avaliar o comportamento das pressões e a viabilidade da instalação da VRP. As pressões medidas foram realizadas em dois pontos distintos, sendo:

- Ponto crítico de pressão: é aquele ponto pertencente ao Subsetor que apresenta a pior pressão por estar situado em uma cota mais alta que os demais pontos ou por estar mais afastado

da entrada do Subsetor. No caso do Subsetor da VRP YARA o ponto crítico de pressão foi o imóvel localizado na Rua das Rosas, nº15;

- Ponto máximo de pressão: é aquele ponto que apresenta a melhor pressão dentro do Subsetor por estar situado em uma cota mais baixa quando comparado com os demais pontos. No caso do Subsetor da VRP Yara foi o imóvel localizado na Rua dos Gradiolos, nº10;

A seguir, tem-se uma figura do Data-Logger instalado na Rua das Rosas, nº15.



Figura 4.26- Fachada do imóvel da Rua das Rosas, nº 15



Figura 4.27- Data-Logger instalado na Rua das Rosas, nº 15

Assim, será mostrado o gráfico resultante das medições de pressão no ponto de máxima e no ponto crítico.

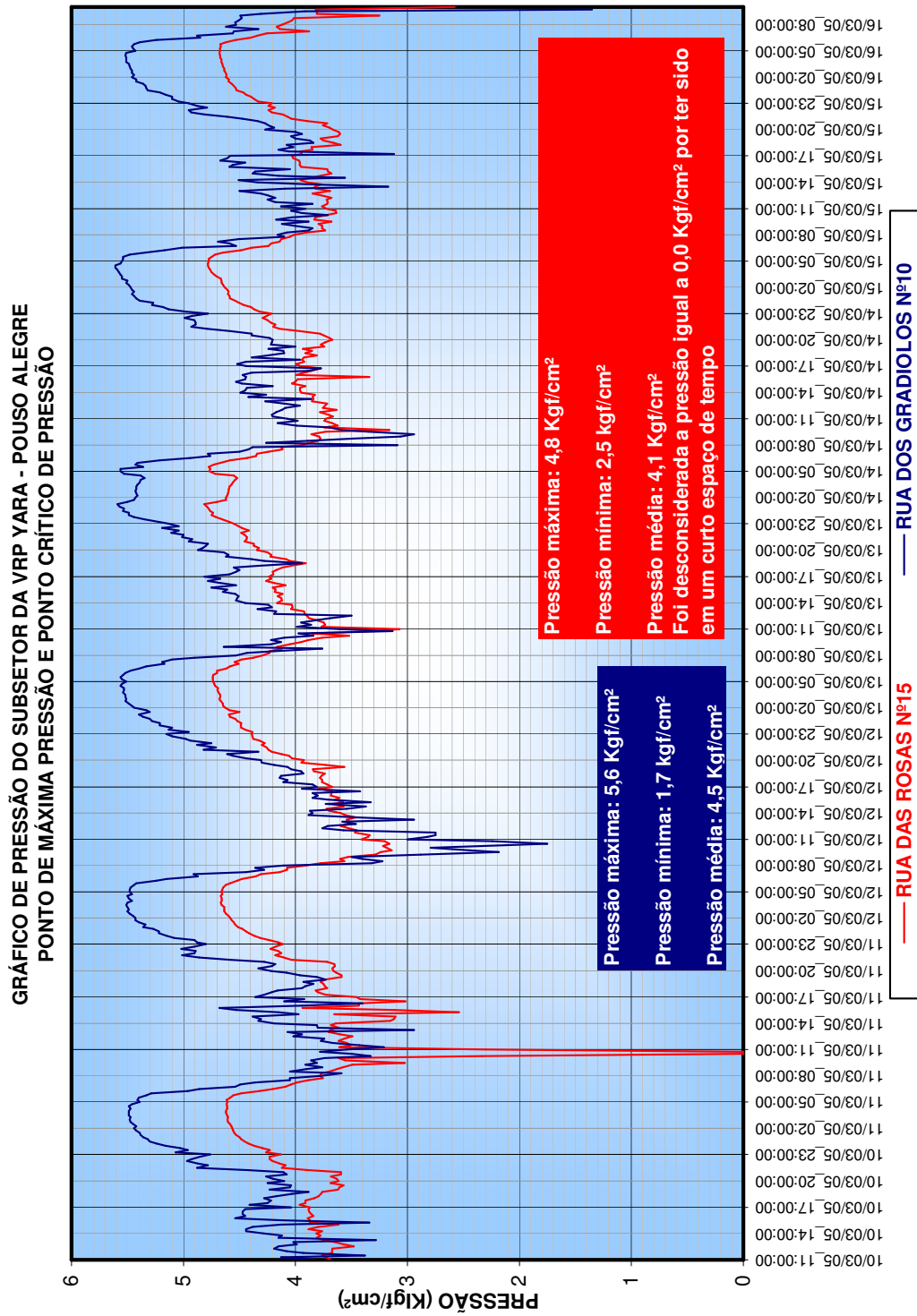


Gráfico 4.17- Gráfico de pressão do subsetor da VRP YARA – Pouso Alegre
 Ponto de Máxima Pressão e Ponto Crítico de Pressão

4.8.3- Modelagem do Retorno do Investimento

4.8.3.1- Redução do Volume Aduzido

Dados do Subsetor:

- Número de ligações existentes no Subsetor (N_L) = 658
- Pressão média atual do Subsetor (P_{mA}) = 4,25 kgf/cm²
- Vazão média atual estimada do Subsetor (Q_{mA}) = 3,95 l/s
- Estimativa da pressão futura (P_{mF}) = 3,00 kgf/cm²

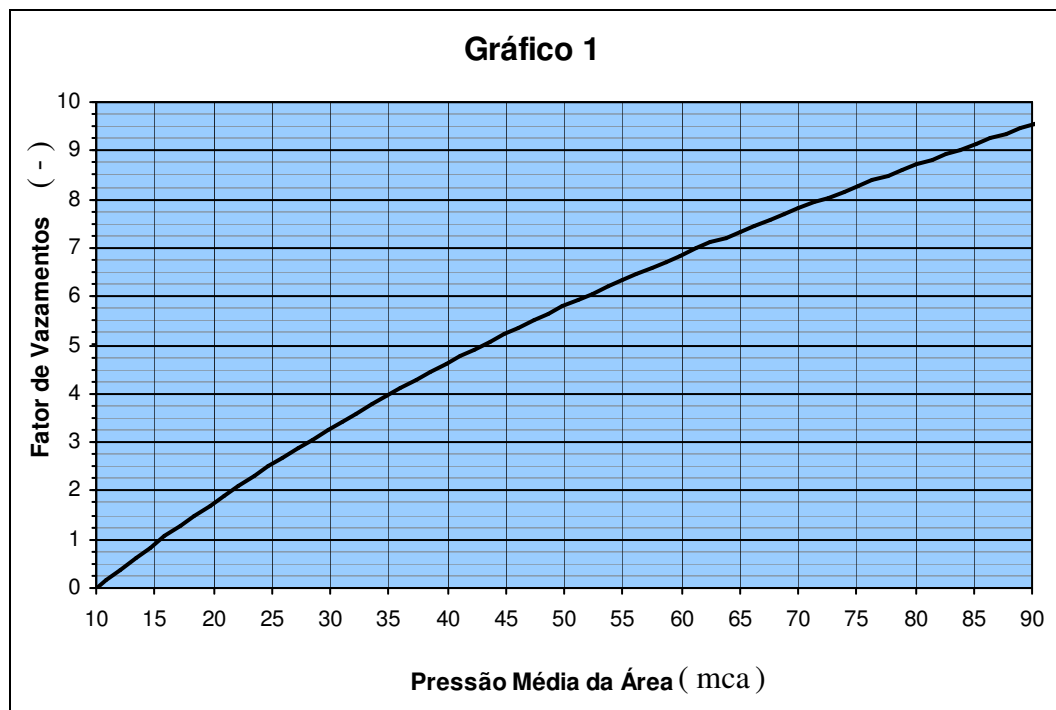


Gráfico 4.18- Fator de Vazamentos x Pressão Média da Área

Cálculos:

- Vazão média por ligação (Q_L) = $Q_{mA} \div N_L = 3,95 \div 658 = 0,006 \text{ l/s} \cdot \text{lig}$
- Fator de vazamentos atual (FvA) – Gráfico 1 = 4,9
- Fator de vazamentos futuro (FvF) – Gráfico 1 = 3,2
- Vazão média por ligação futura (Q_{LF}) = $Q_L \div FvA \times FvF = 0,00392 \text{ l/s} \cdot \text{lig}$
- Vazão média futura do Subsetor (Q_{mF}) = $Q_{LF} \times N_L = 0,00392 \times 658 = 2,57 \text{ l/s}$
- Benefício = $Q_{mA} - Q_{mF} = 3,95 - 2,57 = 1,38 \text{ l/s}$
- Volume mensal reduzido = $3.576,96 \text{ m}^3/\text{mês}$

4.8.3.2- Redução de Consertos de Manutenção

- Pressão média atual do Subsetor (P_{mA}) = $4,25 \text{ kgf/cm}^2$
- Vazão média atual estimada do Subsetor (Q_{mA}) = $3,95 \text{ l/s}$
- Estimativa da pressão futura (P_{mF}) = $3,00 \text{ kgf/cm}^2$

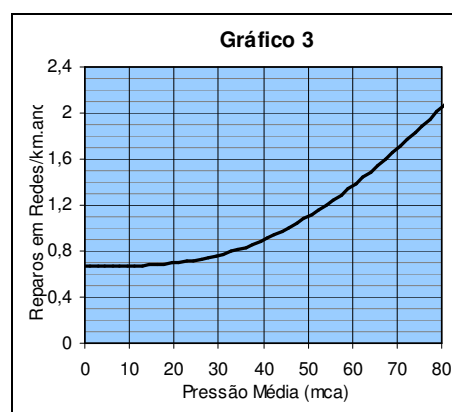
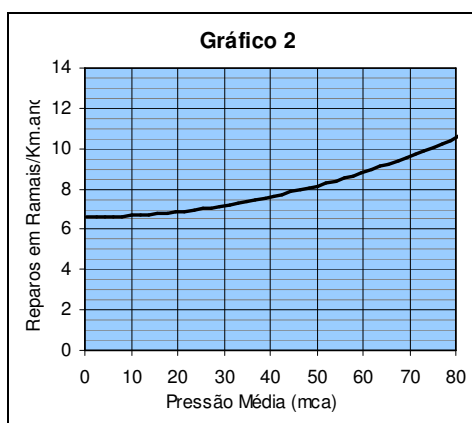


Gráfico 4.19- Pressão média x reparos em ramais **Gráfico 4.20-** Pressão média x reparos em redes

Cálculos:

- Índice atual de reparos em ramal/km x Ano (ARRa) – Gráfico 2 = 7,7
- Índice atual de reparos em rede/km x Ano (ARRe) – Gráfico 3 = 0,9
- Índice futuro de reparos em ramal/km x Ano (AFRa) – Gráfico 2 = 7,2
- Índice futuro de reparos em rede/km x Ano (AFRe) – Gráfico 3 = 0,7
- Diferença de reparos em ramais = $ARRa - AFRa = 7,7 - 7,2 = 0,5$ ramal/km · ano
- Diferença de reparos em rede = $ARRe - AFRe = 0,9 - 0,7 = 0,2$ rede/km · ano
- Número de redução em consertos de ramais = $0,7 \times 4,8 = 3,4$ consertos/ano
- Número de redução em consertos de redes = $0,2 \times 4,8 = 0,96$ consertos/ano

Os gráficos foram contrauídos com a unidade de mca, pois com os valores em kgf/cm^2 não seria possível uma satisfatória visualização das curvas.

4.8.4- Dimensionamento do Sistema

A partir das medições de pressão realizadas na Rua das Rosas, nº15 e Rua dos Gradiolos, nº10, e no cálculo da estimativa da vazão macromedida do subsetor com base nas informações da micromedição desta área, foi dimensionado o Sistema de Redução de Pressão em função da equação da perda de carga localizada e pelos catálogos dos fabricantes da válvula, hidrômetro e do filtro Y.

A Tabela 4.8 abaixo mostra o cálculo da perda de carga localizada para os diâmetros de 50, 75 e 100, para a vazão máxima de 7,12 ℓ/s , vazão mínima de 1,58 ℓ/s , pressões máximas de 4,8 kgf/cm^2 e pressões mínimas de 3,1 kgf/cm^2 . Foi dimensionado um Sistema

Redutor de Pressão de DN 50 mm em função de termos uma perda de carga compatível com o subsetor em estudo.

Tabela 4.8- Dimensionamento do conjunto hidráulico da VRP YARA

Dimensionamento do conjunto hidráulico da VRP					
Local: VRP Yara Diâmetro da rede (mm): 50 Vazão Máxima (l/s): 7,12				Fórmula utilizada: $\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$	
Peças a serem instaladas segundo o projeto	k	Diâmetro (mm)			Critério Adotado
		50	75	100	
		Velocidade (m/s)			
		3,63	1,61	0,91	
Perda de carga nas peças					
Tê entrada	1,28	0,0858	0,0169	0,0054	(1)
Registro Euro 23	0,07	0,0047	0,0009	0,0003	(1)
Curva 90°	1,13	0,0757	0,0150	0,0047	(1)
Filtro	-	0,1020	0,0270	0,0100	(2)
Hidrômetro	-	0,0300	0,0060	0,0050	(2)
VRP	-	0,3610	0,1179	0,0508	(2)
Curva 90°	1,13	0,0757	0,0150	0,0047	(1)
Registro Euro 23	0,07	0,0047	0,0009	0,0003	(1)
Tê Saída	0,81	0,0543	0,0107	0,0034	(1)
Redução75x50	0,16	-	0,0021	-	(1)
Redução100x50	0,19	-	-	0,0008	(1)
Perda de carga de todo o conjunto da VRP		0,794	0,212	0,085	-

(1) - Obtida pela fórmula citada acima
 (2) - Obtida pelo gráfico do fabricante
 As células na cor rosa indicam peças que podem não ser necessárias em todos os projetos. Onde temos a indicação da perda de carga a peça será utilizada.

4.8.5- Projeto de Instalação do Sistema de Redução de Pressão

Acredita-se que a principal alteração sofrida no projeto e que de certa forma é ruim e prejudicial à operação da VRP é a não inclusão ou colocação de um tampão de acesso ao interior da caixa. Toda vez que há a necessidade de se fazer alguma inspeção ou calibração na

VRP é necessário mover a laje superior da caixa de abrigo, tornando esta operação demorada, cansativa e perigosa (referente a acidentes de trabalho).



Figura 4.28- Sistema de controle e redução de pressão instalado



Figura 4.29- Filtro, hidrômetro e VRP de DN 50 mm



Figura 4.30- VRP e hidrômetro de DN 50 mm



Figura 4.31- VRP e hidrômetro de DN 50 mm

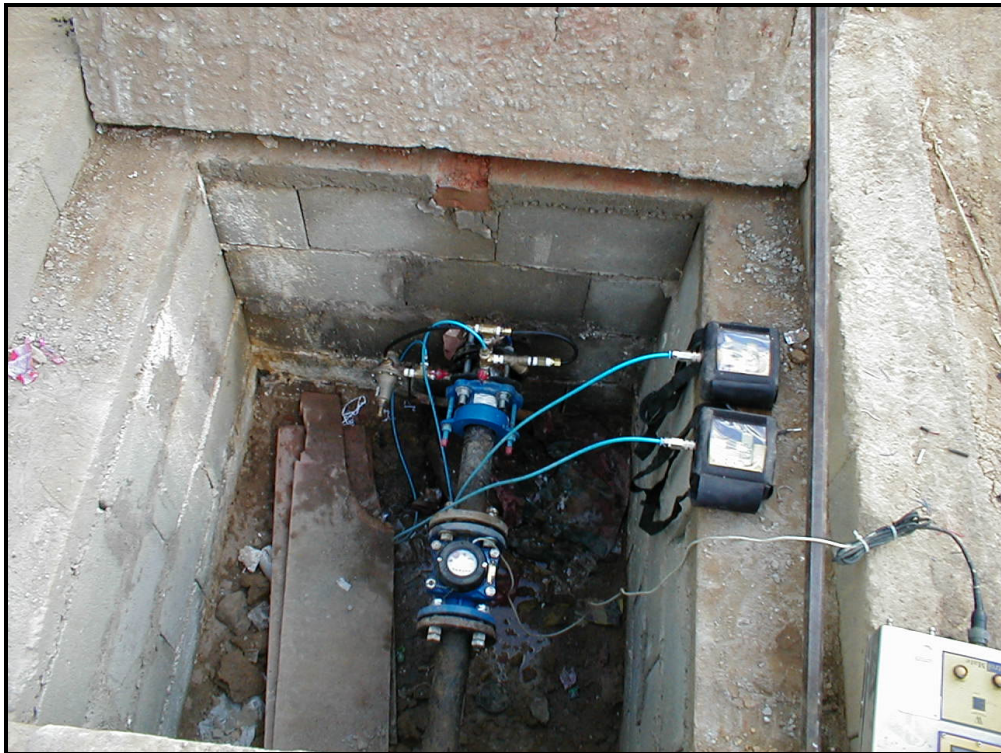


Figura 4.32- VRP montada com circuito de pilotagem para regular a pressão com saída fixa
– Piloto da VRP com parafuso original para reduzir a pressão



Figura 4.33- VRP montada com circuito de pilotagem permitindo a utilização de controlador modelo descontínuo – Piloto da VRP utilizando o atuador



Figura 4.34- Caixa de abrigo da VRP finalizada



Figura 4.35- Detalhe da laje superior da caixa de abrigo

4.8.6- Calibração e Regulação do Sistema

Foi instalado um Data-Logger de pressão no imóvel localizado na Rua das Rosas, nº 15 e também um Data-Logger de pressão e vazão na VRP YARA de modo a monitorar o comportamento da vazão e pressão do Subsetor da VRP YARA.

Primeiramente, os Data-Loggers ficaram monitorando o comportamento da pressão incluindo o ponto crítico por um período de dez dias (Gráfico 4.21). Após, em função deste monitoramento foi possível definir os parâmetros de regulação. São eles:

- Após o monitoramento inicial, foi feita a calibração da VRP YARA utilizando um Controlador do tipo 2 Pontos (Descontínuo), por um período de dez dias (Gráfico 4.23), objetivando avaliar o ganho no volume economizado com a utilização deste equipamento e;

- Após a calibração com a utilização do Controlador 2 Pontos a VRP YARA foi calibrada com uma saída fixa de pressão, por um período de dez dias (Gráfico 4.24), objetivando avaliar o ganho com o volume economizado com a VRP calibrada desse modo (saída fixa).

A calibragem do sistema teve início com a definição do ponto crítico do subsetor isolado.

Tabela 4.9- Parâmetro de regulação da VRP YARA utilizando Controlador de 2 Pontos

VRP YARA		
Tempo (hh:mm)	Modo	Pressão em kgf/cm ²
08:00	Ponto Alto (HIGH)	3,0
22:00	Ponto Baixo (LOW)	2,5

Tabela 4.10- Parâmetro de regulação da VRP YARA utilizando saída fixa de pressão

VRP YARA	
Modo	Pressão em kgf/cm ²
Saída fixa de pressão	3,0

A seguir são apresentados os seguintes gráficos:

- Gráfico 4.21 – Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão antes da calibração da VRP;
- Gráfico 4.22– Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão antes e após a calibração da VRP, objetivando visualizar as duas situações, sem calibração e com calibração. Notar a redução da vazão mínima noturna após a calibração;
- Gráfico 4.23 – Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão após a calibração da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos;
- Gráfico 4.24 – Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão após a calibração da VRP de modo saída fixa de pressão;

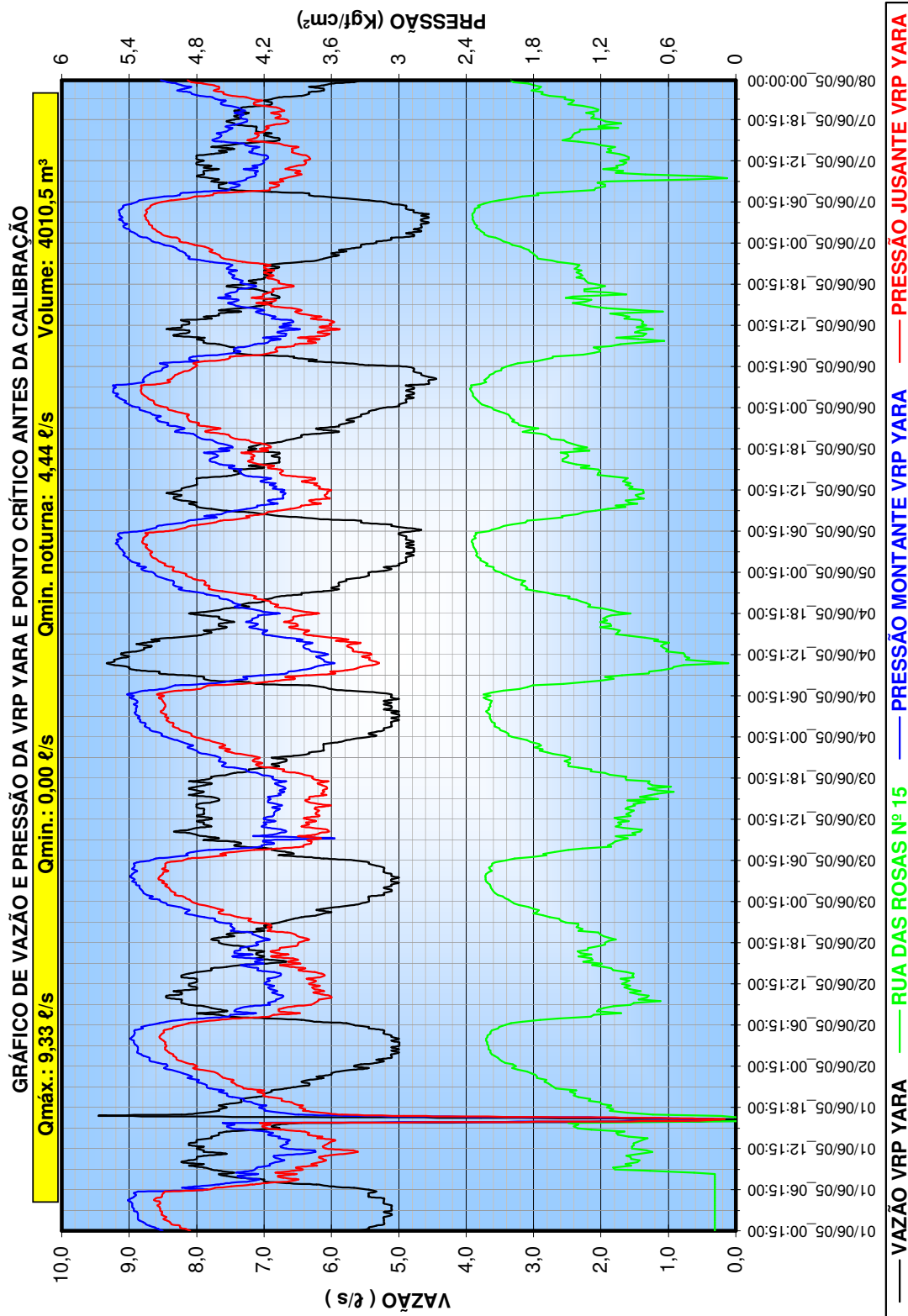


Gráfico 4.21- Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão antes da calibração da VRP

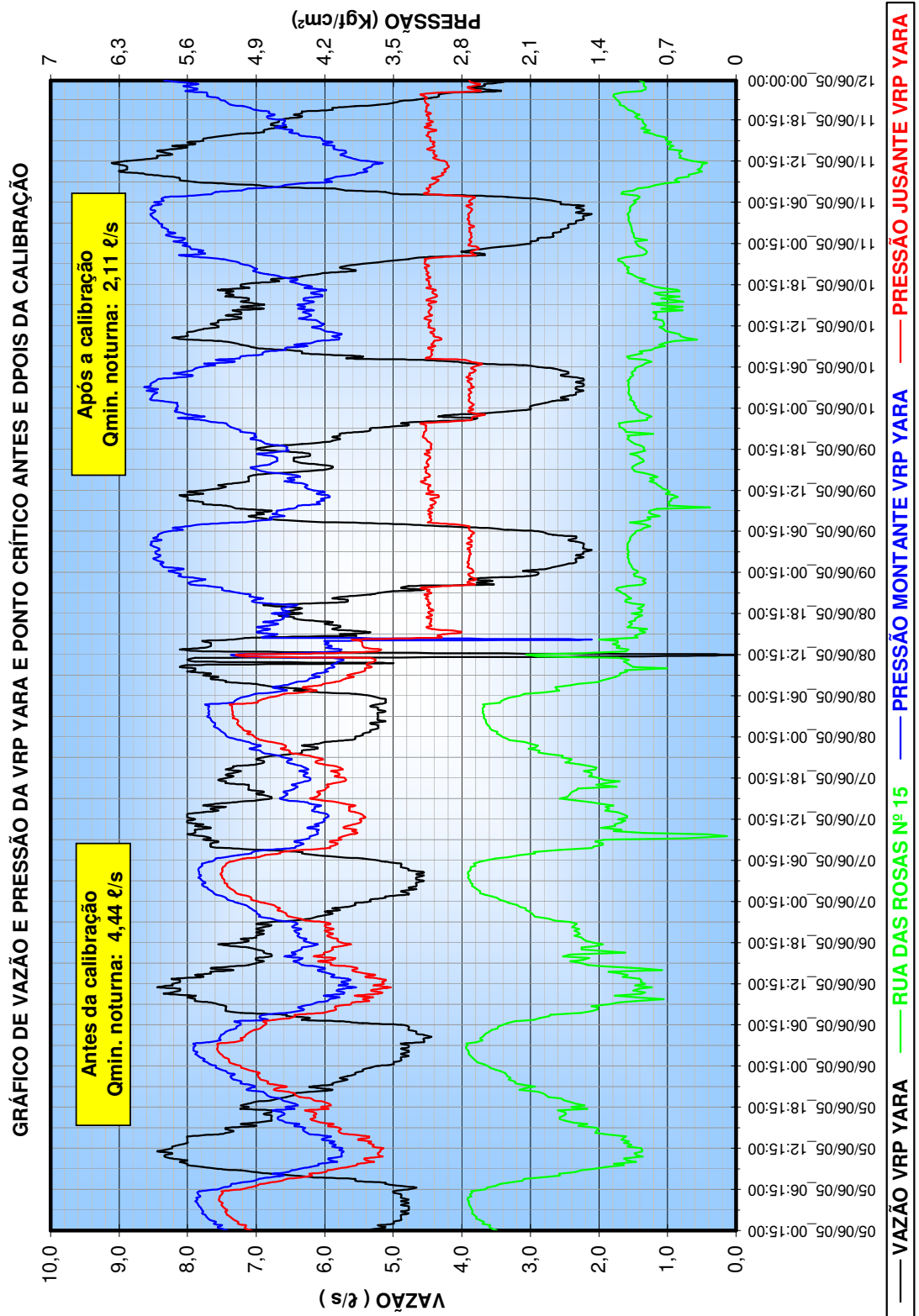


Gráfico 4.22- Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão antes e após a calibração da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos

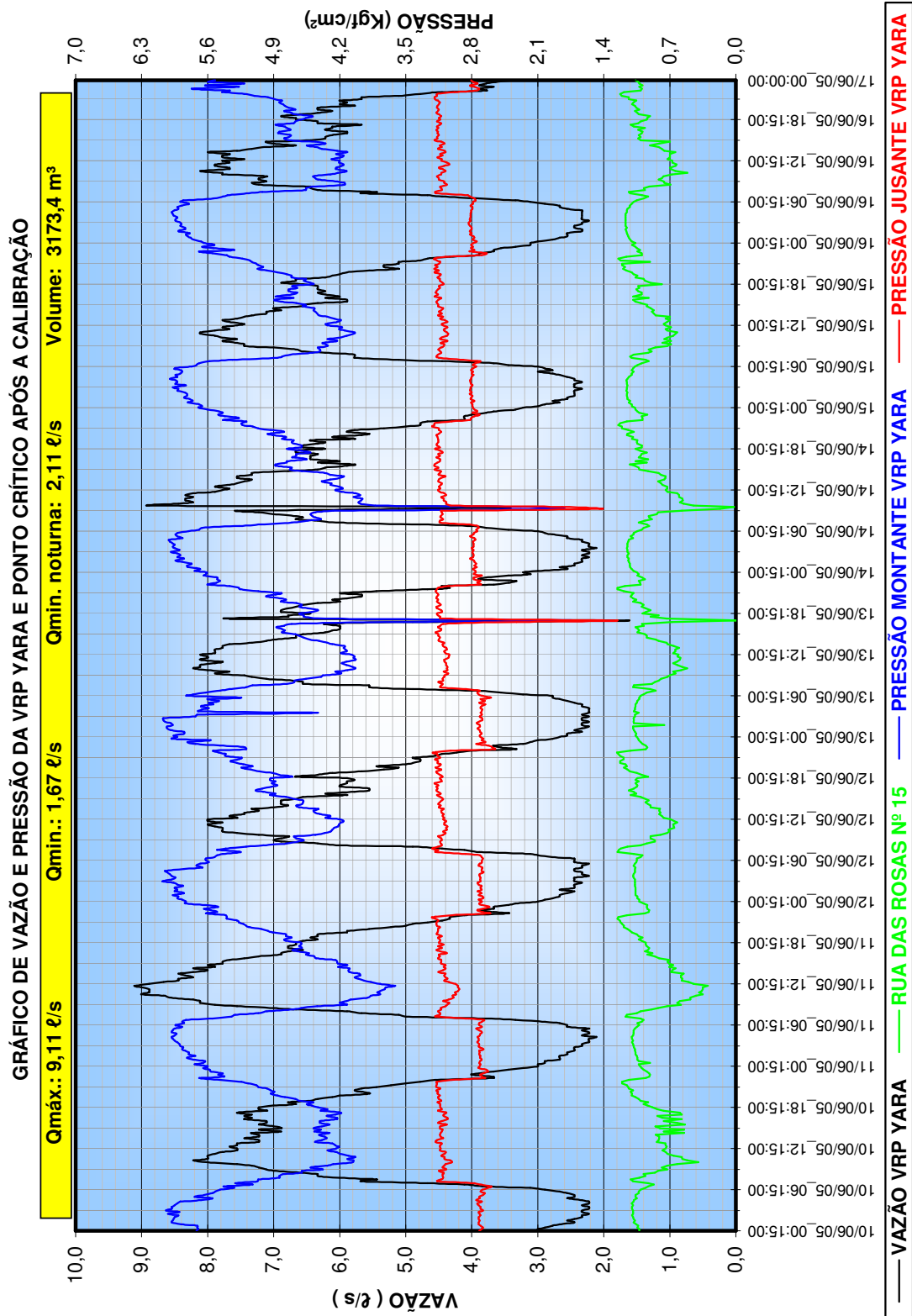


Gráfico 4.23- Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão após a calibração da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos

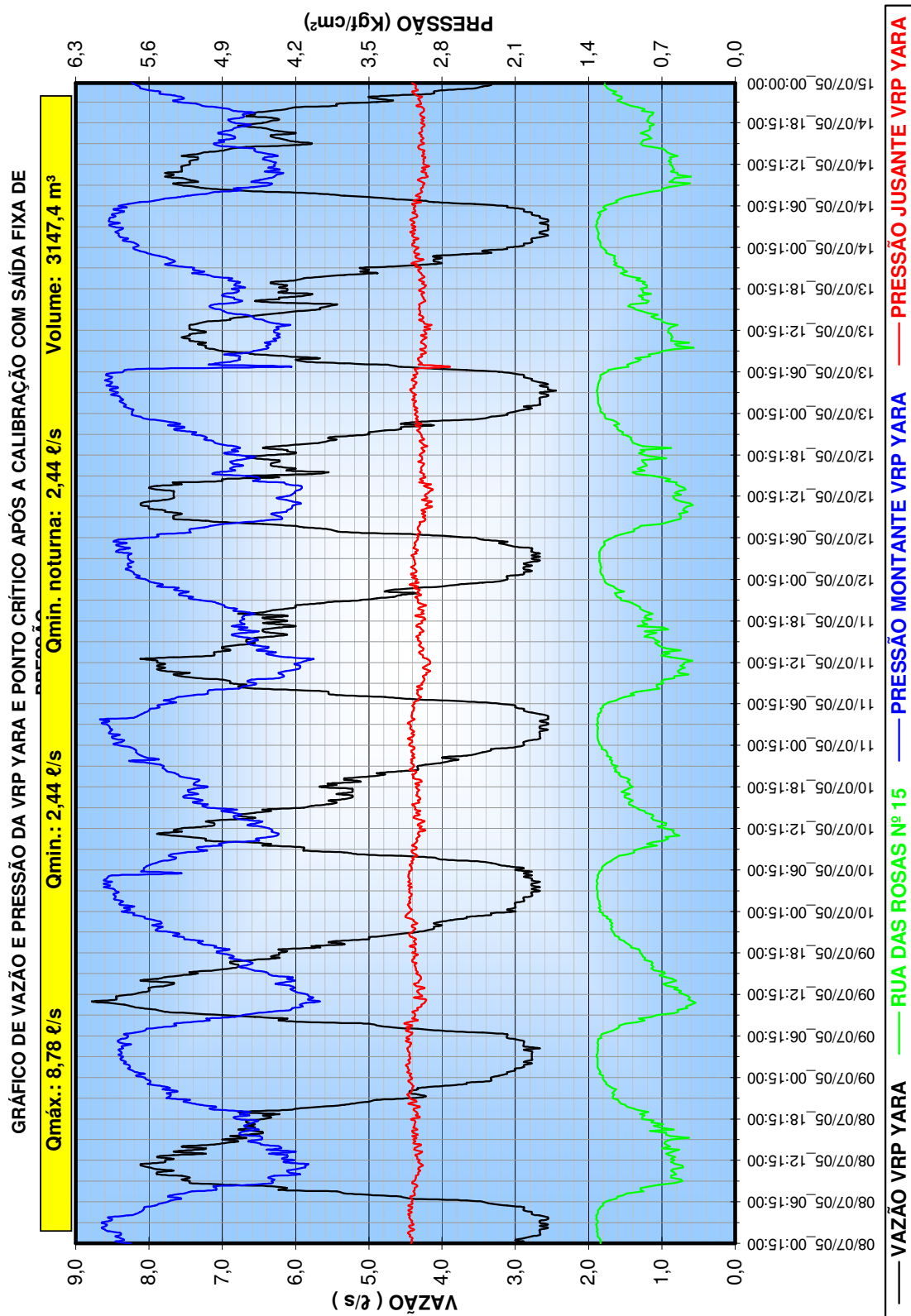


Gráfico 4.24- Gráfico de vazão e pressão da VRP YARA e do ponto crítico de pressão após a calibração da VRP de modo saída fixa de pressão

4.8.7- Avaliação do Sistema

4.8.7.1- Avaliação da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos

- Cálculo do Volume Economizado

Com a regulagem da VRP YARA, iniciou-se a avaliação do sistema de redução e controle de pressão com a quantificação do volume de água que abastecia o subsetor, antes e depois da calibração da VRP.

A Tabela 4.11 mostra o volume de água consumida durante uma semana, antes e depois da calibração da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos. Os resultados dos gráficos são mostrados também no quadro abaixo:

Tabela 4.11- Resultados obtidos com a calibração da VRP YARA

VRP YARA COM CONTROLADOR DE 2 PONTOS	
Volume antes da calibração da VRP	4.010,5 m ³ / semana
Volume após a calibração da VRP	3.173,4 m ³ / semana
Volume economizado	837,1 m ³ / semana
Volume mensal economizado	3.587,5 m ³ / mês

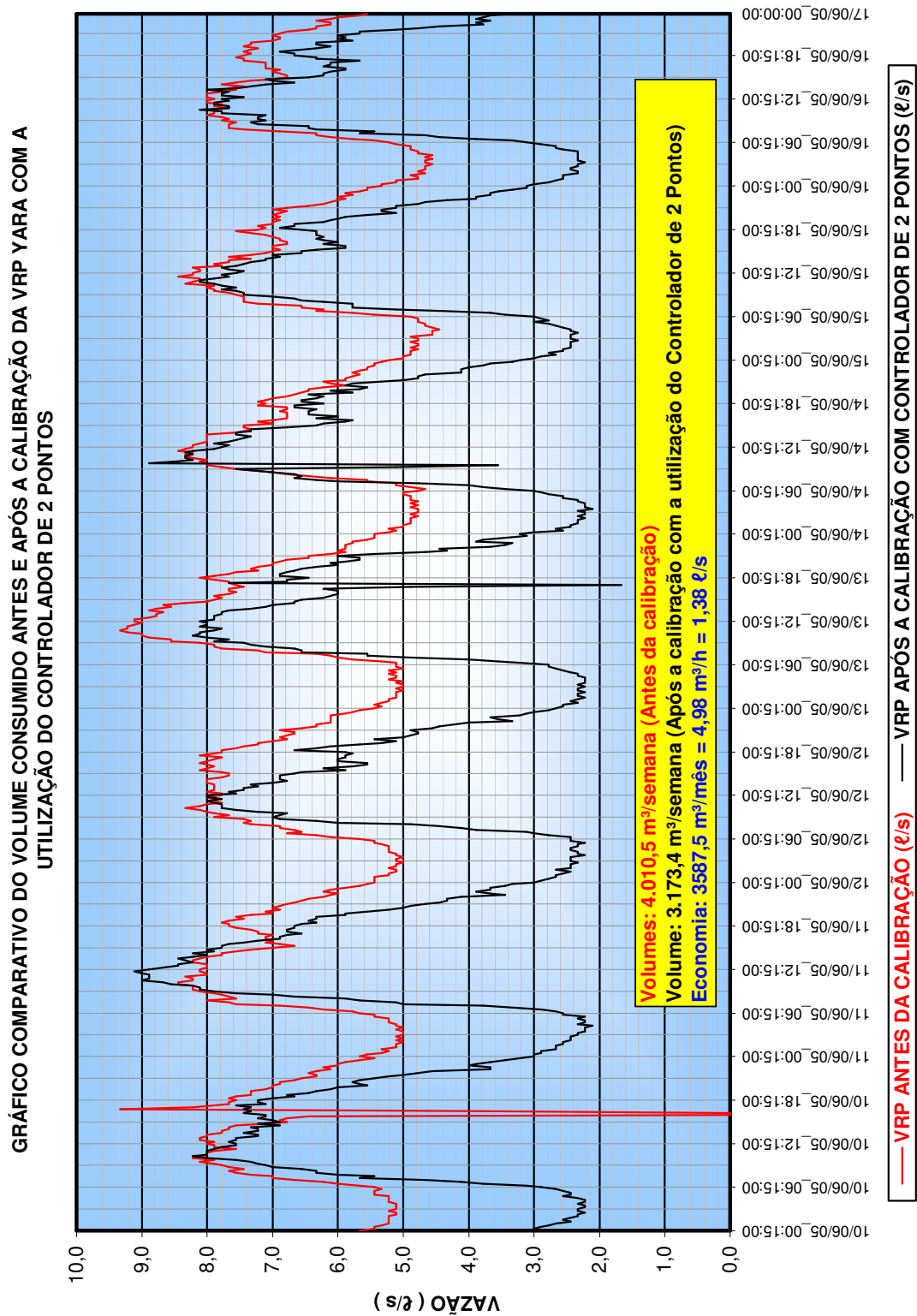


Gráfico 4.25- Gráfico comparativo do volume consumido antes e após a calibração da VRP YARA com a utilização de Controlador de 2 Pontos

4.8.7.2- Avaliação da VRP utilizando calibração com saída fixa de pressão

- Cálculo do Volume Economizado

Após a calibração da VRP YARA utilizando controlador de 2 Pontos, a VRP foi novamente calibrada de modo a operar com uma saída fixa de pressão, objetivando avaliar a performance do sistema de redução e controle de pressão com essa nova configuração, comparando com antes e depois da calibração da VRP.

O Gráfico 4.26 mostra o volume de água consumida durante uma semana, antes e depois da calibração da VRP com saída fixa de pressão. Os resultados dos gráficos são mostrados também na tabela abaixo:

Tabela 4.12- Resultados obtidos com a calibração da VRP YARA

VRP YARA COM SAÍDA FIXA DE PRESSÃO	
Volume antes da calibração da VRP	4.010,5 m ³ / semana
Volume após a calibração da VRP	3.147,4 m ³ / semana
Volume economizado	863,1 m ³ / semana
Volume mensal economizado	3.699,0 m ³ / mês

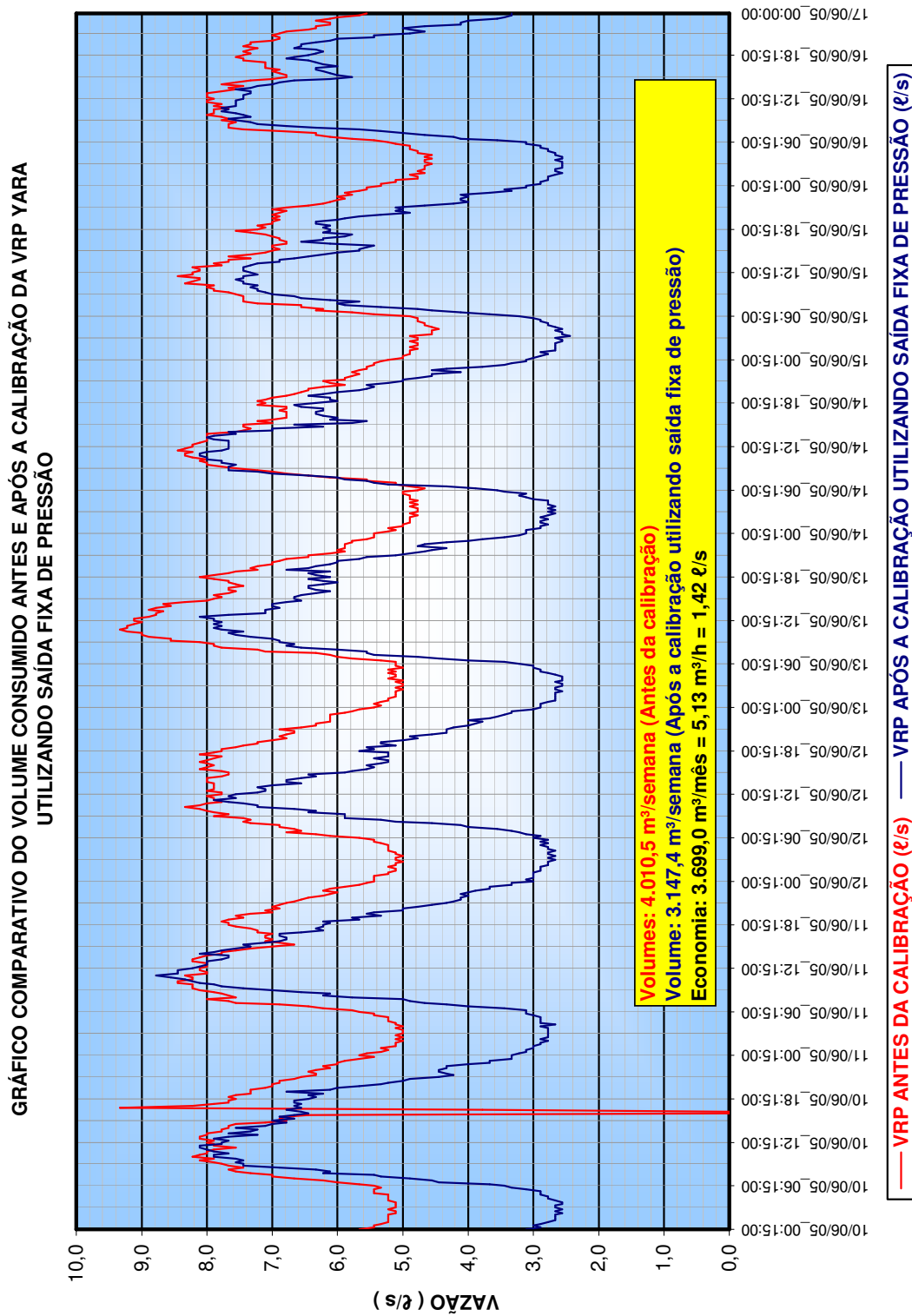


Gráfico 4.26- Gráfico comparativo do volume consumido antes e após a calibração da VRP YARA utilizando saída fixa de pressão

4.8.8- Avaliação final das duas calibração

Através dos resultados das duas calibrações mostrados anteriormente, concluir-se que:

- Com relação a vazão mínima noturna, verifica-se que com a utilização do controlador de 2 Pontos a vazão mínima noturna é mais baixa, 2,11 l/s utilizando controlador 2 Pontos contra 2,44 l/s com saída fixa de pressão, comprovando que a utilização de um controlador, reduzindo a pressão em dois períodos distintos, garante um volume economizado maior que uma válvula que esteja calibrada com saída fixa de pressão;
- Com relação ao volume economizado nas duas calibrações, verifica-se que praticamente não houve diferença entre os dois modos, uma vez que em ambas as situações, utilizando controlador de 2 Pontos e com saída fixa de pressão, o volume distribuído para o Subsetor foi de aproximadamente 3150 m³. Como a vazão mínima noturna foi menor quando a VRP utilizou um controlador de 2 Pontos, a igualdade nos volumes distribuídos se deve a alguma sazonalidade ocorrida nestes períodos, uma vez que ocorreram vazões máximas maiores quando a VRP utilizou controlador de 2 Pontos.

O Gráfico 4.27, mostrado na página a seguir, mostra um comparativo dos volumes distribuídos na VRP YARA em três situações:

- Gráfico do volume distribuído na semana do dia 01/06/05 a 07/06/05 antes da calibração da VRP – ver gráfico 4.21;
- Gráfico do volume distribuído na semana do dia 10/06/05 a 16/06/05 após a calibração da VRP utilizando Controlador de 2 Pontos – ver gráfico 4.23;
- Gráfico do volume distribuído na semana do dia 08/07/05 a 14/07/05 após a calibração da VRP utilizando saída fixa de pressão – ver gráfico 4.24.

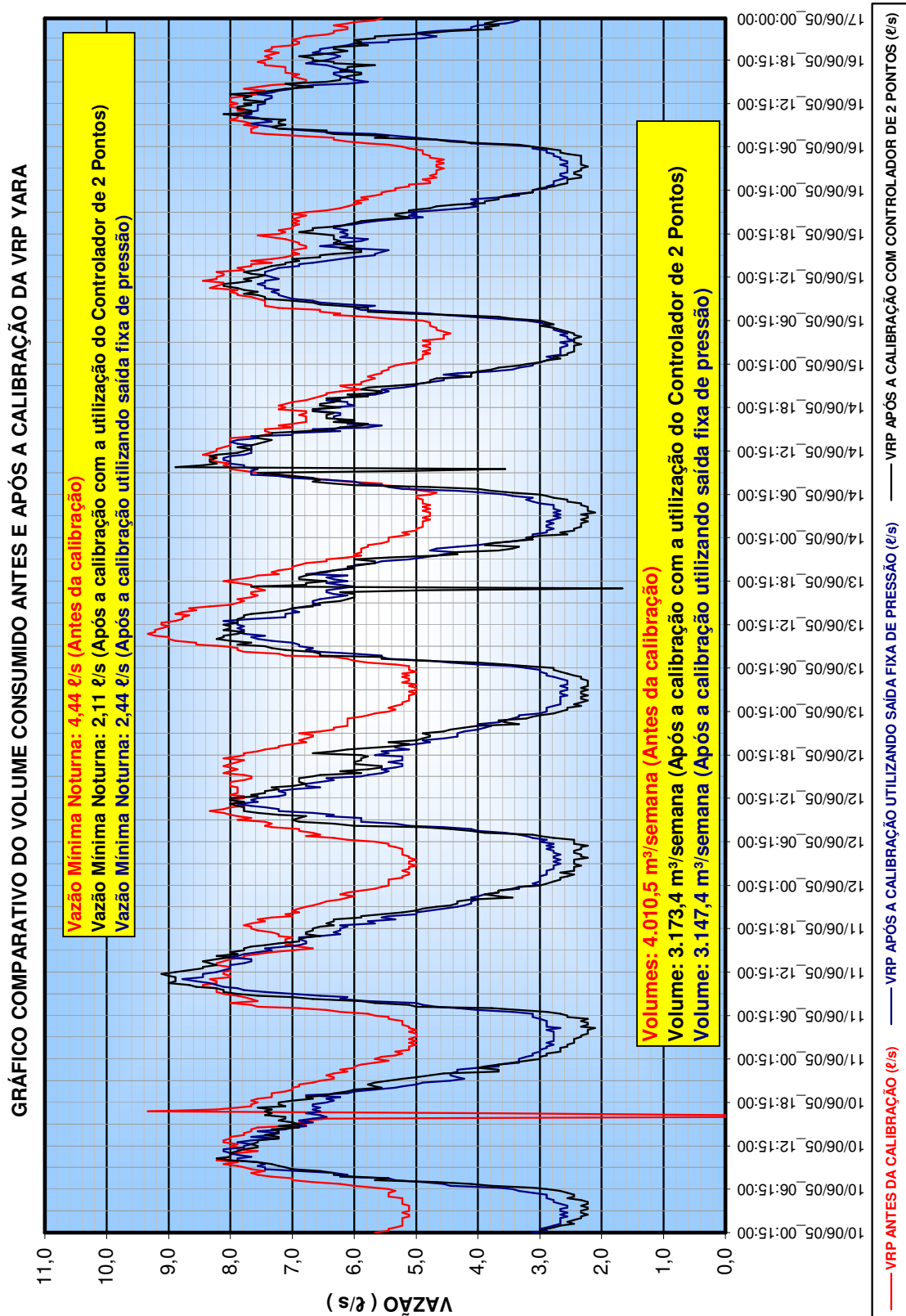


Gráfico 4.27- Gráfico comparativo do volume consumido antes e após a calibração da VRP YARA

Capítulo 5 - Conclusões

De acordo com o mapeamento de pressões e setorização, conclui-se:

- Com relação ao mapeamento de pressões verifica-se que vários pontos do SAA de Pouso Alegre apresentam pressões acima de 3,5 kgf/cm². Esses pontos que apresentam pressões acima deste valor indicam áreas com potencial alto de perdas reais. E é nessas áreas através de setorização e com implantação de VRP que deve-se investir objetivando reduzir suas perdas reais;
- Com relação a setorização foi visto, através da análise do projeto de setorização existente e da comprovação prática da setorização, que há a necessidade de ser reavaliado este limite projetado, uma vez que na comprovação prática houve desabastecimento de uma determinada área próxima ao limite;

Assim, apresentam-se algumas recomendações ou sugestões:

- O projeto de setorização deve ser revisto através da utilização de softwares de simulações hidráulicas que utilizam modelos matemáticos. A utilização destes softwares permite que várias situações sejam avaliadas de um modo teórico, inclusive o sistema de abastecimento total antes de se iniciar qualquer obra;
- Após a avaliação do projeto de setorização, deve ser realizada a obra de setorização propriamente dita incluindo os dois Sistemas Produtores, Mandu e Chapadão. Esta setorização deve ter a condição citada anteriormente, pressões dinâmicas mínimas de 1,0 kgf/cm² e pressões estáticas máximas de 5,0 kgf/cm². Nos locais em que esta condição não for possível de ser implantada através da setorização (em função de ser inviável financeiramente) devem ser implantadas válvulas redutoras de pressão fazendo com que se adeque na condição acima;
- Implantação da macromedição no SAA de Pouso Alegre objetivando conhecer os volumes macromedidos, as vazões respectivas para cada setor, facilitando avaliar as maiores perdas por setor de abastecimento de modo a otimizar as equipes de pesquisa de vazamentos;

- Implantação de VRP em áreas com pressões acima de $3,5 \text{ kgf/cm}^2$, de modo a reduzir o volume perdido através dos vazamentos e a proteger a rede evitando o surgimento de novos vazamentos rotineiramente;
- Pesquisa de vazamentos utilizando Permalogs, geofones eletrônicos e correlacionadores de ruído nos setores de abastecimento e nos subsetores de VRP. Esta pesquisa deve ser realizada, preferencialmente em áreas fechadas e macromedidas, de modo a realizar uma pesquisa de vazamentos com acompanhamento da vazão mínima noturna e do volume macromedido;

Analisando o resultado obtido com a calibração da VRP YARA, observa-se que os benefícios da redução e controle de pressão foram alcançados, já que foi obtido um bom volume mensal economizado com a operação. O Gráfico 4.28 abaixo mostra três valores do consumo micromedido total para o Subsetor da VRP YARA em três períodos distintos.

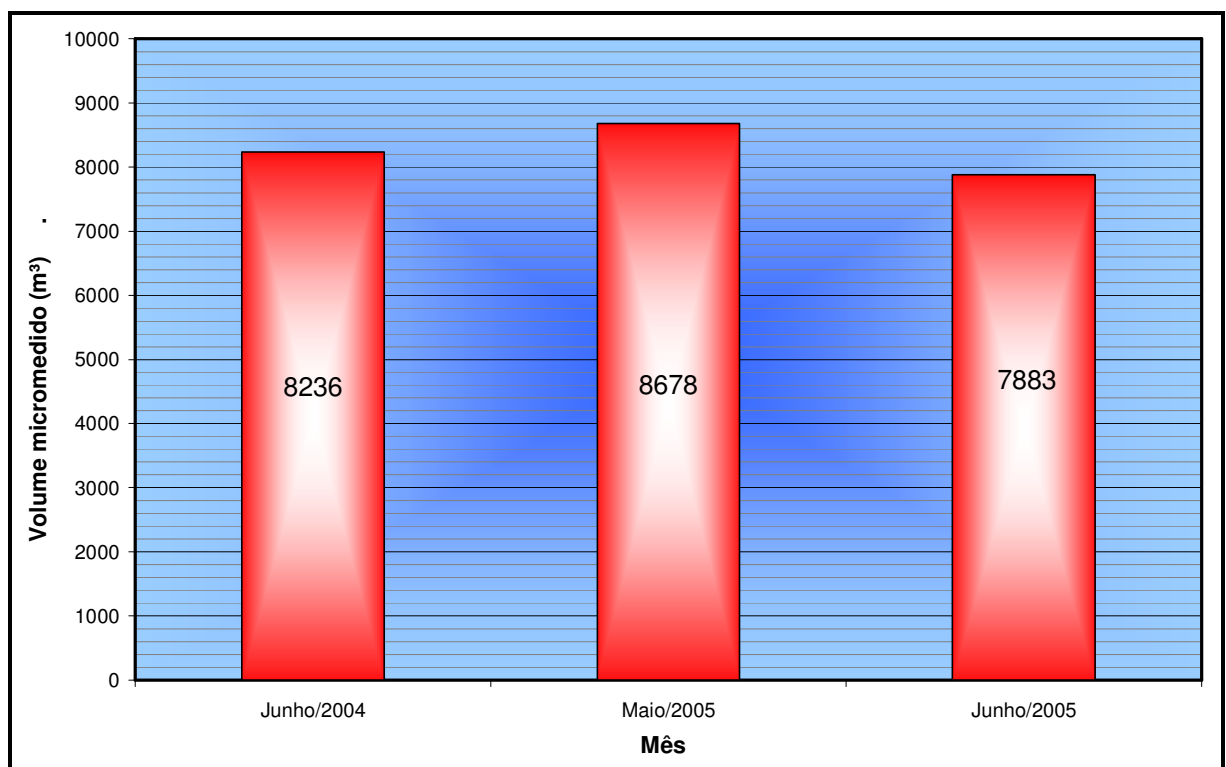


Gráfico 4.28- Volume micromedido do Subsetor da VRP YARA

Diante do Gráfico 4.28 exposto, bem como dos conceitos citados, com relação micromedição conclui-se:

- Comparando-se o volume micromedido no mês de junho de 2005 com os meses de junho de 2004 e maio de 2005, verifica-se que houve uma redução no volume micromedido.
- Se admitir que houve uma redução no volume micromedido no Subsetor da VRP YARA comparando o mês de junho de 2004 com o mês de junho de 2005, esta redução foi de 353 m³. Entretanto, se for analisado o volume macromedido em uma semana antes da calibração da VRP YARA (4.010,5 m³) e subtrair do volume macromedido após a calibração da VRP (3.173,4 m³), verifica-se que houve uma diferença entre no volume macromedido antes e após a calibração da VRP de 837,1 m³. Esta diferença foi medida e real. Comparando-se 353 m³/mês (redução na micromedição) com 837,1 m³/semana (redução na macromedição), verifica-se que o segundo valor corresponde a mais que o dobro da suposta diferença no volume micromedido nesses meses e em apenas uma semana. E é importante ressaltar que esse volume macromedido a menos (837,1 m³/semana) não foi devido a nenhuma sazonalidade, e sim devido a redução de pressão, uma vez que houve redução na vazão mínima noturna. Portanto, mesmo que haja uma redução no volume micromedido com a calibração da VRP, esta será desprezível em relação ao benefício que a redução de pressão traz na diminuição do volume macromedido;
- A implantação de uma VRP e a conseqüente redução de pressão não influencia na micromedição, a não ser naquele volume relacionado ao desperdício involuntário como rega de jardim, lavagem de calçada e de carros;
- E por último a implantação de uma VRP e a conseqüente redução de pressão não influencia na micromedição uma vez que todos os imóveis, inclusive o ponto crítico de pressão (imóvel situado dentro do subsetor com a menor pressão registrada) ficaram abastecidos e com pressão satisfatória ao abastecimento da válvula, comprovado pela diminuição efetiva da vazão mínima noturna.

Recomenda-se:

- Dar continuidade à instalação de novas válvulas redutoras de pressão em casos de operação com reservatório ou o uso de controladores de velocidade em casos onde existam boosters em bombeamento direto;
- Pesquisa de vazamentos no Subsetor da VRP YARA, uma vez que a diminuição da vazão mínima noturna foi alta, indicando que há vazamentos dentro do subsetor;
- Utilização de controladores em outras VRP a serem instaladas. O controlador tem duas funções importantes no combate a perdas reais. A primeira delas é poder variar a pressão em função da demanda ou horário, permitindo um maior ganho no volume economizado. A outra está relacionada aos Data-Loggers internos presentes neste tipo de equipamento. O controlador que contém Data-Loggers internos permite que a VRP seja monitorada ao longo do tempo, permitindo saber rapidamente, o comportamento do subsetor em um período de tempo passado, facilitando que os técnicos diagnostiquem ou não um problema e que tenham agilidade nas suas ações.

Bibliografias e Referências Bibliográficas

- 1-A ÁGUA EM REVISTA. Revista Técnica e Informativa da CPRM. Belo Horizonte: CPRM- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, nº5, ago.1995.
- 2-Agência Nacional das Águas, Diversos, Site www.ana.gov.br. Acesso: Novembro/2005.
- 3- AZEVEDO NETTO, José Martiniano. *Manual de Hidráulica*. Ed. Edgard Blücher:1998. 8ª edição atualizada.
- 4-Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais, Volumes I, II e III, Site: www.bdmg.mg.gov.br. Acesso: Novembro/2005.
- 5-BRAMELLER,A., ALLAN, R.N., HAMAM, Y.M. *Sparsity–Its practical application to systems analysis*. ed. Pitman Publishing: Canadá, 1976. cap.2: Graphs and the formulation of linear network equations.
- 6- Brasil República, Diversos, Site: www.brasilrepublica.hpg.ig.com.br. Acesso: Novembro/2005.
- 7-CASTRO, Alaor de Almeida, COSTA, Ângela Maria Ladeira Moreira, CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos et al. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para Municípios*. Vol II. ed. Belo Horizonte: FEAM,1996. cap.4: Abastecimento de Água.
- 8-CAVALCANTE COELHO, Adalberto. “*Estudo de Setor Típico de Abastecimento de Água*”, 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.
- 9- COPASA-MG, Diversos, Site: www.copasa.com.br. Acesso: Novembro/2006.
- 10- COPASA-MG, HIDROSISTEMAS. Notas Introdutórias. Belo Horizonte, 2005.
- 11- COPASA-MG, *Programa de Redução de Perda de Água no Sistema de Distribuição*. ed Belo Horizonte: COPASA, 2003.
- 12-COPASA-MG, Programa interno *SIAGO-Sistema Integrado de Apoio à Gestão Operacional*. Belo Horizonte: COPASA: 2005.
- 13- Energy News (UNIFEI), Diversos, Site: www.energynews.efei.br. Acesso: Novembro/2005.
- 14- GONÇALVES, Elton. “*Estudos sobre Determinação de Perdas e Indicadores de Desempenho do Controle de Perdas na Distribuição de Água*”, 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.
- 15- Hidrored, Diversos,Site: tierra.rediris.es/hidrored/presentapt.html. Acesso: Novembro/2005.

- 16- IBGE, Diversos, Site: www.ibge.gov.br. Acesso: Novembro/2005.
- 17- KARABOLAD, José Carlos, TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Poluição Difusa: Planejamento e Controle. *Anais do X Encontro Técnico-SANEAS*. São Paulo: SANEAS, 1999. p.205-225.
- 18-LIMA JUNIOR, Cid Barbosa. *Engenharia e Desenvolvimento Social*. Caderno Saneamento. ed. São Paulo: SEESP, 2003.
- 19- MACEDO FILHO, José Cândido. “ *Proposta para Redução dos Índices de Perdas nos Sistemas de Distribuição de Água Tratada*”, 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1998.
- 20- MENÉNDEZ, A, BISCARRI, F, GÓMEZ, A, Artigo: “ *Balance equations estimation with bad measurements detection in a water supply net*”, Department of Electronic Technology, University of Seville. Seville, 1998. p. 193-198.
- 21- NOGUEIRA E SILVA, Sonia Maria. “ *Estudo de casos- Programa de Economia de Água de Uso doméstico e não Doméstico*”, 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1998.
- 22- P. ARAVINDHABABU, S. GANAPATHY, K. R. NAYAR, Artigo: “ *A novel technique for the analysis of radial distribution systems*”, Department of Electrical Engineering, Annamalai University. Índia, 2000. p. 167-171.
- 23- Periódicos Capes, Diversos, Site: www.periodicos.capes.gov.br. Acesso: Novembro/2005.
- 24- PNCDA, Diversos, Site: www.pncda.gov.br. Acesso: Novembro/2005.
- 25- REVISTA COPASA. A hora e a vez do consumo racional. Belo Horizonte: Zap Comunicação, nº3, mar.2002.
- 26- REVISTA DO LEGISLATIVO. Futuro das Águas. Belo Horizonte: Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais, nº 34, ago.2002.
- 27- Saneamento Básico, Diversos, Site www.saneamentobasico.com.br. Acesso: Novembro/2005.
- 28- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Volumes 2,4,5,7 e 9, Site: www.snis.gov.br. Acesso: Novembro/2005.
- 29- UNICAMP, Diversos, Site: www.unicamp.br. Acesso: Novembro/2005.
- 30- WERDINE, Demarcus. “ *Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento*”: Dissertação de Mestrado. Itajubá, 2002-UNIFEI.

Anexos

Anexo I-Aplicação do Sistema PIPE 2000

A seguir apresentam-se alguns aspectos sobre a utilização do programa PIPE 2000 em função da metodologia utilizada na construção do Modelo Computacional do setor REN Saúde – Município de Pouso Alegre – MG.

A modelagem da rede hidráulica deve ser elaborada com base nos seguintes passos:

- Obtenção da informação de comprimentos , diâmetros e interligações (topologia) a partir das plantas disponíveis ,
- Indicação dos diâmetros das tubulações, o tipo do material,
- À medida em que for construído o “esquema” da rede hidráulica, os elementos devem ser numerados por área de influência dos sistemas produtores para melhor caracterizar a rede hidráulica .

a) Simulações Hidráulicas da Rede Existente

- Módulo de Simulações em Regime Permanente

O ambiente gráfico PIPE 2000 foi desenhado para permitir a elaboração de layout preciso de redes de distribuição de água com rapidez, através da edição/entrada de dados inteligentes.

Os dados e resultados podem ser revisados graficamente, utilizando-se as informações de teste diferenciadas por cores. Este módulo combina uma variedade de novas capacidades e um novo ambiente gráfico integrado que permite a realização de uma ampla quantidade de tarefas para concepções da rede hidráulica. O objetivo desta primeira etapa de trabalho é prover um modelo hidráulico, extremamente poderoso e de simples aplicação, capaz de realizar todos os trabalhos básicos de projetos além de outras tarefas adicionais.

- Módulo para Projeto em Ambiente Gráfico (GUI)

A interface gráfica MAP é uma poderosa ferramenta para modelagens de redes hidráulicas.

Um ou dois clicks no mouse permite acessar dados de entrada e resultados das simulações, permitindo que o usuário customize as funções desejadas para cada situação a ser analisada.

Este módulo permite que sejam importados do AutoCAD mapas da área de projeto (em imagem raster ou vetorizados) para permitir o lançamento da rede existente e/ou projetada.

O módulo gráfico proporciona resultados gráficos avançados que permitem ao usuário uma melhor interpretação das simulações efetuadas. A alta qualidade nas plotagens mostra a topologia das redes hidráulicas em escala, além de apresentar os dados e resultados das simulações.

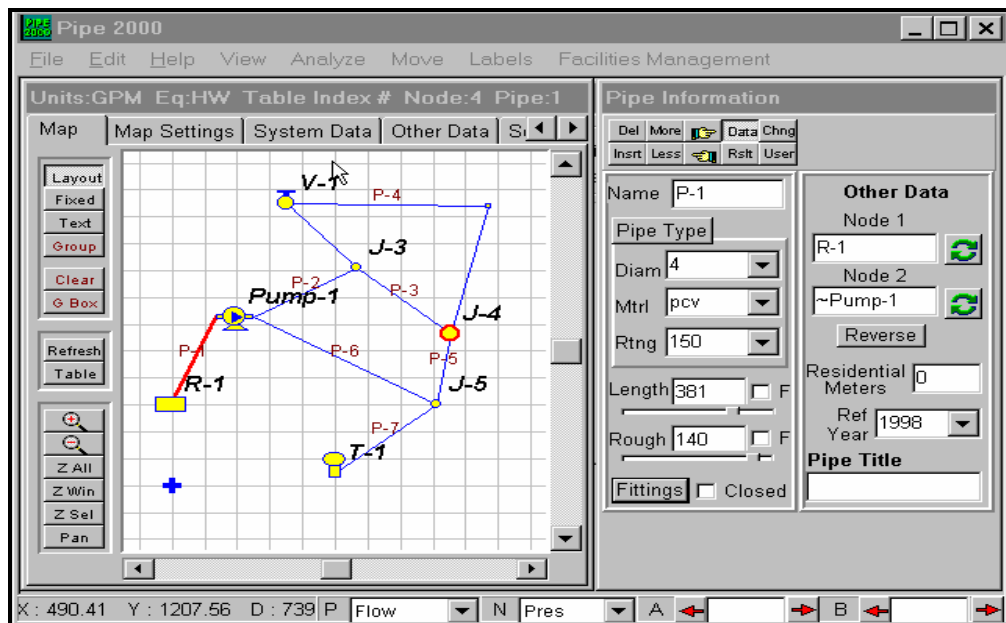


Figura A.1 – Programa PIPE 2000

- Módulo Gráfico de Gerenciamento de Dados Operacionais

Este módulo permite integrar dados operacionais de tubos, válvulas e hidrantes diretamente para o modelo hidráulico digitalizado, podendo localizar válvulas para isolar trechos em operações de manutenção.

- Módulo de Qualidade de Água

O módulo de estimativa de tempo médio da qualidade da água utiliza um método de aproximação eficiente para cálculo do tempo médio para estimar qualidade da água de um determinado sistema de distribuição de água. Esta etapa do trabalho verifica as concentrações (como por exemplo, cloro residual) e idades da água em todos os pontos de demanda, idade e concentração constituinte em tanque de armazenamento de água e outros resultados relativos à qualidade da água.

-Módulo de Calibração Automática da Rede

Este programa utiliza um avançado esquema de otimização baseado em aproximações algorítmicas para possibilitar o ajuste ótimo dos coeficientes de rugosidade dos tubos, posição das válvulas, níveis dos reservatórios, distribuição da demanda e outros dados necessários para a obtenção de um modelo calibrado.

O programa minimiza as diferenças entre os dados de levantamentos de campo e as pressões de projeto, considerando todos os dados de ensaios simultâneos, propiciando a melhor calibragem possível. A tarefa de calibrar uma rede depende um grande tempo devido ao método de tentativa e erro e, portanto, é quase impossível se obter a melhor calibragem com este método. O módulo de Calibragem Automática da Rede permite economizar um bom tempo e possibilita produzir melhores modelos com uma calibragem mais precisa além de permitir várias análises de sensibilidade dos resultados obtidos.

- Módulo de Importação Avançado

Este módulo é voltado para a importação de arquivos de outros programas, tais como, dados do GIS, AutoCAD, Banco de Dados e Planilhas Eletrônicas.

- Módulo de Exportação Avançado

Este módulo é utilizado para uso direto de plotters e interface com o ambiente AutoCAD, incluindo:

- . Exportação DXF : Exportação de arquivos DXF para ambiente AutoCAD
- . Suporte para plotters : adendo para plotters lasers coloridos HP

Os dados cadastrais do sistema existente, as inspeções “in loco” e os demais resultados das atividades anteriores possibilitarão elaborar o diagnóstico da situação atual do Sistema Adutor Metropolitana.

b) Calibração do Modelo Dinâmico

A etapa de calibração do modelo matemático da rede hidráulica consiste na determinação dos parâmetros do modelo de forma que os resultados analíticos coincidam com os dados obtidos através de medições de campo e constitui a fase mais importante do processo.

Os parâmetros a serem ajustados podem ser os coeficientes de rugosidade das tubulações, diâmetro efetivo das mesmas, características de determinados elementos da rede (válvulas, bombas, etc...) bem como a distribuição dos consumos nos nós do modelo.

Assim a calibração deve contemplar todos esses parâmetros uma vez que o comportamento da rede é muito sensível quanto aos consumos.

A primeira operação que se deve efetuar antes de proceder aos ajustes do modelo consiste em analisar as medições efetuadas, descartando aquelas que resultem inverossímeis.

Portanto, o método de calibração a ser utilizado será o ajuste simultâneo das pressões e vazões medidas corrigindo-se os valores de rugosidade e de perdas localizadas. Este método independe do ajuste das características físicas da linha do ajuste dos consumos.

A seguir é apresentado um esquema que contém as interfaces do Programa PIPE 2000 (www.kypipe.com) com outros aplicativos:

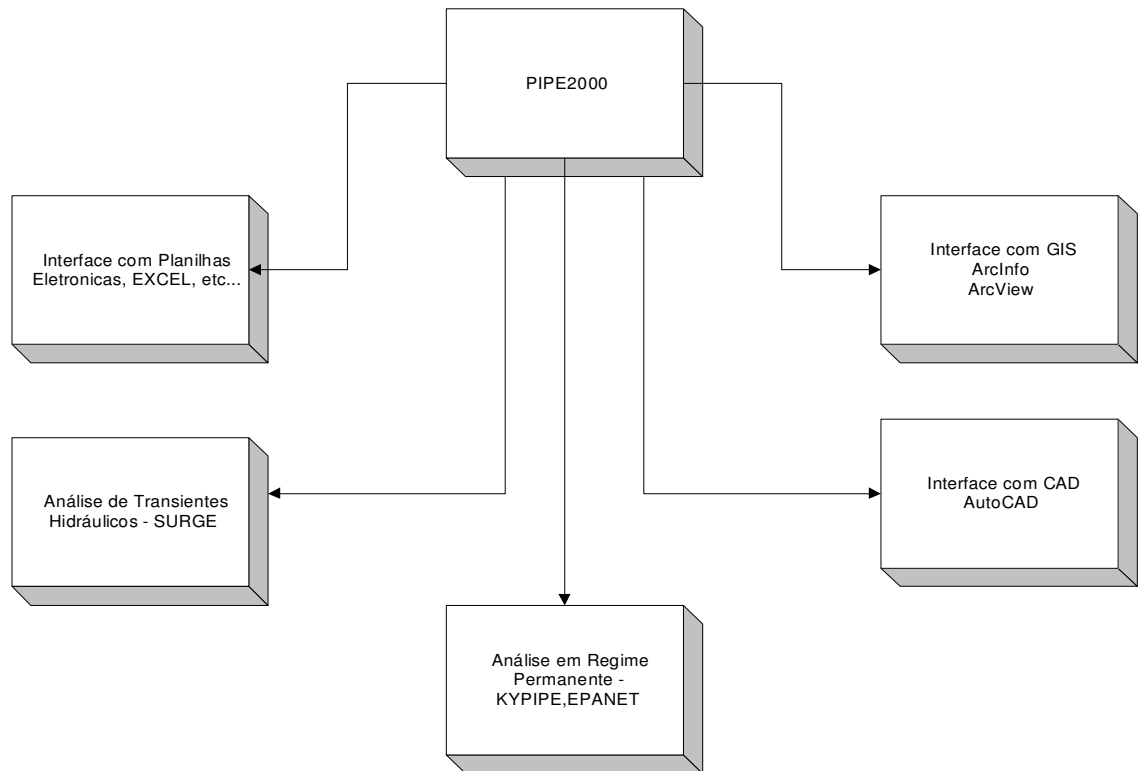


Figura A.2 – Esquema de interfaces do Programa PIPE 2000

Tanto na fase de entrada de dados quanto na de cálculo hidráulico propriamente dito, o Programa PIPE 2000 dispõe de rotinas de verificação e consistência de erros que impedem, através de mensagens claras, o cálculo de uma rede topologicamente incorreta, tornando assim sua utilização prática e segura.

O Programa PIPE 2000 apresenta ainda rotinas gráficas, que mostram a linha piezométrica e as cotas de uma série de tramos da tubulação, que facilita a interpretação dos resultados obtidos e permite intervenções para correções da parte do engenheiro que está analisando e/ou projetando o sistema hidráulico.

- Obtenção de Mapa Digitalizado da RMSP

.Simplificações do Mapa Base - Seleção de Layers

- Obtenção dos Dados Físicos das Instalações

.Características Físicas e Operacionais

.Lançamento das Informações Existentes

.Reservatório- Fonte

.Reservatórios Setoriais

.Estações Elevatórias e Boosters

.Válvulas de Controle

.Derivações em Marcha

- Calibração do Modelo

O processo de calibração é composto de vários passos específicos, sendo que alguns são repetitivos até que sejam alcançados resultados aceitáveis. O intervalo de tempo a ser analisado deve ser estabelecido (podendo ser de apenas uma hora ou um período de 24 horas), os dados de campo devem ser compilados, o esquema operacional deve ser revisto, uma simulação inicial em regime permanente deve ser efetuada, ajustes nos dados de entrada e na modelagem devem ser feitos e o modelo, então, deve ser considerado como calibrado.

A seqüência de ajustar os parâmetros do sistema, simular o modelo, revisar, implementar ajustes adicionais, revisar, introduzir novas modificações, e assim por diante, é comum no processo de calibração de modelos matemáticos de redes hidráulicas.

Esta seqüência de ajustes e análises é denominada de processo interativo. Existem duas formas de calibrar um modelo matemático: ou pelo processo manual, através de inúmeras simulações hidráulicas ou através de um software de calibração, elaborado especificamente para estas situações de validação do modelo matemático.

Assim, pode ser utilizado o módulo KYCAL - da Universidade de Kentucky, que está inserido dentro do software PIPE 2000, a partir da utilização de vazão de pressão, nos diversos pontos do sistema.

Anexo II- Resultado da Simulação Hidráulica

A seguir apresenta-se a listagem da simulação hidráulica efetuada para a condição de distribuição da demanda média do setor Saúde.

Construiu-se o modelo matemático no Programa PIPE 2000 para o Setor Colinas de Santa Bárbara, Zona de Pressão Baixa Saúde - SBZB1. Assim, o programa gerou a listagem de dados abaixo.

No final apresenta-se o perfil das principais tubulações e pressões obtidas.

```

* * * * * K Y P I P E 4 * * * * *
*
*   University of Kentucky Network Modeling Software   *
*
*               Copyrighted by KPFS 1998               *
*               Version 1.200 - 01/26/2000              *
*
* * * * *
    
```

Date & Time: Mon Jul 11 16:52:45 2005

```

INPUT DATA FILENAME ----- C:\SURGE2~1\ARQUIV~1\POUSOA~1\pousoale.DT2
TABULATED OUTPUT FILENAME ----- C:\SURGE2~1\ARQUIV~1\POUSOA~1\pousoale.OT2
POSTPROCESSOR RESULTS FILENAME --- C:\SURGE2~1\ARQUIV~1\POUSOA~1\pousoale.RS2
    
```

```

*****
S U M M A R Y   O F   O R I G I N A L   D A T A
*****
    
```

U N I T S S P E C I F I E D

```

FLOWRATE ..... = liters/second
HEAD (HGL) ..... = meters
PRESSURE ..... = kpa
    
```

P I P E L I N E D A T A

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE CV -CHECK VALVE

P I P E N A M E	N O D E N A M E S		L E N G T H (m)	D I A M E T E R (mm)	R O U G H N E S S C O E F F .	M I N O R L O S S C O E F F .
	#1	#2				
P-1	J-1	J-2	93.00	25.00	120.0000	0.00
P-10	J-9	J-10	48.00	140.00	120.0000	0.00
P-100	J-73	J-71	212.00	1000.00	100.0000	0.00
P-101	J-73	J-61	296.00	1000.00	100.0000	0.00
P-102	J-61	J-62	124.00	1000.00	100.0000	0.00
P-103	J-62	J-66	132.00	1000.00	100.0000	0.00
P-104	J-79	J-69	124.00	50.00	120.0000	0.00

P-105	J-65	J-64	10.00	125.00	90.0000	0.00
P-106	J-54	J-74	64.00	50.00	120.0000	0.00
P-11	J-9	J-13	114.00	50.00	120.0000	0.00
P-114	J-79	J-83	38.00	40.00	120.0000	0.00
P-115	J-78	J-79	54.00	50.00	120.0000	0.00
P-116	J-77	J-79	346.00	50.00	120.0000	0.00
P-117	J-77	J-80	20.00	50.00	120.0000	0.00
P-118	J-81	J-77	37.00	50.00	120.0000	0.00
P-119	J-81	J-82	20.00	40.00	120.0000	0.00
P-12	J-4	J-23	197.00	75.00	120.0000	0.00
P-120	J-83	J-81	58.00	40.00	120.0000	0.00
P-122	J-84	J-85	43.00	40.00	120.0000	0.00
P-123	J-84	J-86	134.00	150.00	120.0000	0.00
P-124	J-78	J-86	70.00	50.00	120.0000	0.00
P-126	J-78	J-88	155.00	50.00	120.0000	0.00
P-127	J-86	J-92	189.00	150.00	120.0000	0.00
P-128	J-90	J-89	100.00	50.00	120.0000	0.00
P-129	J-90	J-91	38.00	50.00	90.0000	0.00
P-13	J-10	J-12	35.00	140.00	120.0000	0.00
P-130	J-92	J-90	30.00	50.00	90.0000	0.00
P-131	J-92	J-93	30.00	150.00	120.0000	0.00
P-133	J-93	J-94	59.00	50.00	120.0000	0.00
P-134	J-93	J-95	128.00	150.00	120.0000	0.00
P-135	J-95	J-96	66.00	50.00	120.0000	0.00
P-136	J-95	J-97	63.00	50.00	120.0000	0.00
P-137	J-95	J-98	40.00	150.00	120.0000	0.00
P-138	J-98	J-99	70.00	50.00	120.0000	0.00
P-139	J-98	J-101	50.00	150.00	100.0000	0.00
P-14	J-10	J-15	109.00	50.00	120.0000	0.00
P-140	J-101	J-107	114.00	50.00	90.0000	0.00
P-141	J-101	J-103	145.00	150.00	120.0000	0.00
P-142	J-103	J-76	130.00	50.00	90.0000	0.00
P-143	J-103	J-104	20.00	150.00	120.0000	0.00
P-144	J-104	J-105	55.00	25.00	120.0000	0.00
P-145	J-104	J-106	84.00	50.00	90.0000	0.00
P-146	J-107	J-100	47.00	25.00	120.0000	0.00
P-15	J-13	J-19	66.00	50.00	120.0000	0.00
P-16	J-21	J-25	242.00	50.00	120.0000	0.00
P-17	J-12	J-14	107.00	50.00	120.0000	0.00
P-18	J-15	J-13	51.00	50.00	120.0000	0.00
P-19	J-14	J-15	30.00	50.00	120.0000	0.00
P-2	J-2	J-3	80.00	25.00	120.0000	0.00
P-20	J-14	J-16	358.00	50.00	120.0000	0.00
P-21	J-15	J-17	358.00	50.00	120.0000	0.00
P-22	J-13	J-18	358.00	50.00	120.0000	0.00
P-23	J-19	J-11	48.00	50.00	120.0000	0.00
P-24	J-19	J-20	358.00	50.00	120.0000	0.00
P-25	J-11	J-21	158.00	50.00	120.0000	0.00
P-26	J-21	J-22	194.00	50.00	120.0000	0.00
P-27	J-5	J-24	52.00	25.00	120.0000	0.00
P-28	J-5	J-26	421.00	75.00	120.0000	0.00
P-29	J-26	J-27	185.00	50.00	120.0000	0.00
P-3	J-2	J-23	58.00	25.00	120.0000	0.00
P-30	J-26	J-28	48.00	75.00	120.0000	0.00
P-31	J-28	J-29	168.00	50.00	120.0000	0.00
P-32	J-28	J-30	47.00	75.00	120.0000	0.00
P-33	J-30	J-31	140.00	50.00	120.0000	0.00
P-34	J-30	J-32	44.00	75.00	120.0000	0.00
P-35	J-32	J-33	253.00	75.00	120.0000	0.00
P-36	J-32	J-34	46.00	75.00	120.0000	0.00
P-37	J-12	J-36	820.00	140.00	120.0000	0.00
P-38	J-36	REN SAÚDE	116.00	140.00	120.0000	0.00
P-39	J-36	J-35	163.00	140.00	120.0000	0.00
P-4	J-4	J-5	119.00	75.00	120.0000	0.00
P-40	J-35	J-37	180.00	75.00	120.0000	0.00
P-41	J-35	J-38	61.00	140.00	120.0000	0.00
P-42	J-38	J-39	110.00	50.00	120.0000	0.00
P-43	J-38	J-40	112.00	140.00	120.0000	0.00
P-44	J-42	J-41	140.00	50.00	120.0000	0.00
P-45	J-40	J-44	76.00	140.00	120.0000	0.00
P-46	J-41	J-42	229.00	1000.00	100.0000	0.00
P-47	J-44	J-42	18.00	50.00	120.0000	0.00
P-48	J-44	J-43	20.00	140.00	20.0000	0.00
P-49	J-45	J-46	46.00	25.00	120.0000	0.00
P-5	J-4	J-6	31.00	75.00	120.0000	0.00
P-50	J-45	J-40	130.00	50.00	120.0000	0.00

P-51	J-47	J-45	47.00	50.00	120.0000	0.00
P-52	J-47	J-67	281.00	50.00	120.0000	0.00
P-53	J-49	J-48	53.00	50.00	120.0000	0.00
P-54	J-49	J-50	21.00	50.00	120.0000	0.00
P-55	J-50	J-51	85.00	50.00	120.0000	0.00
P-56	J-50	J-68	118.00	50.00	120.0000	0.00
P-57	J-52	J-53	77.00	50.00	120.0000	0.00
P-58	J-53	J-52	267.00	1000.00	100.0000	0.00
P-59	J-52	J-53	267.00	1000.00	100.0000	0.00
P-60	J-6	J-7	188.00	50.00	120.0000	0.00
P-60	J-55	J-58	186.00	1000.00	100.0000	0.00
P-61	J-55	J-52	78.00	50.00	120.0000	0.00
P-62	J-55	J-58	44.00	40.00	90.0000	0.00
P-63	J-57	J-56	77.00	40.00	90.0000	0.00
P-64	J-58	J-57	60.00	40.00	90.0000	0.00
P-65	J-57	J-58	145.00	1000.00	100.0000	0.00
P-66	J-58	J-60	78.00	40.00	90.0000	0.00
P-67	J-57	J-59	78.00	40.00	90.0000	0.00
P-68	J-60	J-52	44.00	40.00	90.0000	0.00
P-69	J-60	J-59	60.00	40.00	90.0000	0.00
P-70	J-6	J-8	210.00	50.00	120.0000	0.00
P-70	J-59	J-61	45.00	40.00	90.0000	0.00
P-71	J-61	J-62	60.00	40.00	90.0000	0.00
P-72	J-61	J-73	77.00	40.00	90.0000	0.00
P-73	J-62	J-60	45.00	40.00	90.0000	0.00
P-74	J-62	J-66	30.00	40.00	90.0000	0.00
P-75	J-63	J-53	44.00	40.00	90.0000	0.00
P-76	J-63	J-64	90.00	40.00	90.0000	0.00
P-77	J-53	J-87	31.00	50.00	120.0000	0.00
P-78	REN SAÚDE	J-78	150.00	50.00	120.0000	0.00
P-79	J-66	J-63	10.00	40.00	90.0000	0.00
P-80	J-8	J-11	136.00	50.00	120.0000	0.00
P-80	J-66	J-65	90.00	40.00	90.0000	0.00
P-81	J-67	J-49	34.00	50.00	120.0000	0.00
P-82	J-67	J-49	198.00	1000.00	100.0000	0.00
P-83	J-49	J-48	203.00	1000.00	100.0000	0.00
P-84	J-50	J-51	85.00	50.00	120.0000	0.00
P-85	J-68	J-55	74.00	50.00	120.0000	0.00
P-86	J-43	J-47	82.00	50.00	90.0000	0.00
P-87	J-43	J-44	205.00	1000.00	100.0000	0.00
P-88	J-42	J-41	229.00	1000.00	100.0000	0.00
P-89	J-42	J-75	60.00	50.00	120.0000	0.00
P-90	J-8	J-9	110.00	50.00	120.0000	0.00
P-90	J-43	J-70	107.00	125.00	90.0000	0.00
P-91	J-71	J-56	81.00	1000.00	100.0000	0.00
P-92	J-70	J-71	124.00	40.00	90.0000	0.00
P-93	J-65	J-54	158.00	125.00	90.0000	0.00
P-94	REN SAÚDE	J-84	80.00	150.00	120.0000	0.00
P-95	J-72	J-64	76.00	125.00	90.0000	0.00
P-96	J-64	J-72	191.00	1000.00	100.0000	0.00
P-97	J-59	J-60	141.00	1000.00	100.0000	0.00
P-98	J-54	J-70	363.00	1000.00	100.0000	0.00
P-99	J-71	J-70	124.00	40.00	90.0000	0.00

E N D N O D E D A T A

NODE NAME	NODE TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	JUNCTION ELEVATION (m)	EXTERNAL GRADE (m)
J-1		0.10	840.00	
J-10		0.20	873.00	
J-100		0.06	868.00	
J-101		0.28	870.00	
J-103		0.32	865.00	
J-104		0.17	865.00	
J-105		0.06	870.00	
J-106		0.09	870.00	
J-107		0.18	868.00	
J-11		0.36	855.50	
J-12		0.15	875.00	
J-13		0.64	857.50	
J-14		0.53	857.40	

J-15	0.58	857.40
J-16	0.38	883.00
J-17	0.38	880.50
J-18	0.38	876.00
J-19	0.51	857.00
J-2	0.25	839.50
J-20	0.38	872.00
J-21	0.65	842.00
J-22	0.21	867.00
J-23	0.27	840.00
J-24	0.06	839.00
J-25	0.28	863.50
J-26	0.41	837.90
J-27	0.20	840.00
J-28	0.29	837.90
J-29	0.18	840.00
J-3	0.09	840.00
J-30	0.26	838.00
J-31	0.15	840.00
J-32	0.15	838.30
J-33	0.04	840.00
J-34	0.06	838.40
J-35	0.42	895.00
J-36	0.40	895.00
J-37	0.18	890.00
J-38	0.31	888.00
J-39	0.12	880.00
J-4	0.37	842.50
J-40	0.29	885.00
J-41	0.15	872.00
J-42	0.24	880.00
J-43	0.22	880.00
J-44	0.12	880.00
J-45	0.14	875.00
J-46	0.00	880.00
J-47	0.45	875.00
J-48	0.06	880.00
J-49	0.12	870.00
J-5	0.35	839.50
J-50	0.32	870.00
J-51	0.18	880.00
J-52	0.21	860.00
J-53	0.20	860.00
J-54	0.17	880.00
J-55	0.21	860.00
J-56	0.09	885.00
J-57	0.24	880.00
J-58	0.20	870.00
J-59	0.20	880.00
J-6	0.23	844.50
J-60	0.25	870.00
J-61	0.20	880.00
J-62	0.15	870.00
J-63	0.10	870.00
J-64	0.14	880.00
J-65	0.23	880.00
J-66	0.08	870.00
J-67	0.35	865.00
J-68	0.20	865.00
J-69	0.14	860.00
J-7	0.20	847.50
J-70	0.37	880.00
J-71	0.26	885.00
J-72	0.08	865.00
J-73	0.08	885.00
J-74	0.00	880.00
J-75	0.07	880.00
J-76	0.14	875.00
J-77	0.06	880.00
J-78	0.55	885.00
J-79	0.23	875.00
J-8	0.26	862.50
J-80	0.02	885.00
J-81	0.12	880.00
J-82	0.02	880.00
J-83	0.09	875.00

J-84	0.22	895.00	
J-85	0.04	895.00	
J-86	0.21	895.00	
J-87	0.07	860.00	
J-88	0.17	865.00	
J-89	0.11	875.00	
J-9	0.30	868.50	
J-90	0.18	875.00	
J-91	0.04	875.00	
J-92	0.28	875.00	
J-93	0.23	875.00	
J-94	0.07	870.00	
J-95	0.32	865.00	
J-96	0.07	875.00	
J-97	0.07	860.00	
J-98	0.12	860.00	
J-99	0.08	860.00	
REN SAÚDE	----	900.00	905.00

O U T P U T O P T I O N D A T A

OUTPUT SELECTION: ALL RESULTS ARE INCLUDED IN THE TABULATED OUTPUT

S Y S T E M C O N F I G U R A T I O N

NUMBER OF PIPES (p) = 136
 NUMBER OF END NODES (j) = 106
 NUMBER OF PRIMARY LOOPS (l) = 30
 NUMBER OF SUPPLY NODES (f) = 1
 NUMBER OF SUPPLY ZONES (z) = 1

=====
 Case: 0

RESULTS OBTAINED AFTER 9 TRIALS: ACCURACY = 0.07891

S I M U L A T I O N D E S C R I P T I O N (L A B E L)

P I P E L I N E R E S U L T S

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE CV -CHECK VALVE

P I P E N A M E	N O D E N U M B E R S		F L O W R A T E (l/s)	H E A D L O S S (m)	M I N O R L O S S (m)	L I N E V E L O . (m/s)	H L / 1000 (m/m)
	#1	#2					
P-1	J-1	J-2	-0.10	0.34	0.00	0.20	3.67
P-10	J-9	J-10	-5.90	0.08	0.00	0.38	1.62
P-100	J-73	J-71	-0.56	0.00	0.00	0.00	0.00
P-101	J-73	J-61	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
P-102	J-61	J-62	-0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
P-103	J-62	J-66	-0.79	0.00	0.00	0.00	0.00
P-104	J-79	J-69	0.14	0.03	0.00	0.07	0.23
P-105	J-65	J-64	0.96	0.00	0.00	0.08	0.17
P-106	J-54	J-74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-11	J-9	J-13	2.13	4.19	0.00	1.08	36.72
P-114	J-79	J-83	0.19	0.05	0.00	0.15	1.23
P-115	J-78	J-79	0.68	0.24	0.00	0.35	4.47
P-116	J-77	J-79	-0.12	0.07	0.00	0.06	0.19
P-117	J-77	J-80	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
P-118	J-81	J-77	-0.04	0.00	0.00	0.02	0.03
P-119	J-81	J-82	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02
P-12	J-4	J-23	0.70	0.13	0.00	0.16	0.66
P-120	J-83	J-81	0.10	0.02	0.00	0.08	0.35

P-122	J-84	J-85	0.04	0.00	0.00	0.04	0.08
P-123	J-84	J-86	3.85	0.07	0.00	0.22	0.52
P-124	J-78	J-86	-0.79	0.42	0.00	0.40	5.93
P-126	J-78	J-88	0.17	0.05	0.00	0.08	0.32
P-127	J-86	J-92	2.85	0.06	0.00	0.16	0.30
P-128	J-90	J-89	0.11	0.02	0.00	0.06	0.15
P-129	J-90	J-91	0.04	0.00	0.00	0.02	0.04
P-13	J-10	J-12	-7.91	0.10	0.00	0.51	2.78
P-130	J-92	J-90	0.33	0.06	0.00	0.17	1.99
P-131	J-92	J-93	2.24	0.01	0.00	0.13	0.19
P-133	J-93	J-94	0.07	0.00	0.00	0.03	0.06
P-134	J-93	J-95	1.95	0.02	0.00	0.11	0.15
P-135	J-95	J-96	0.07	0.00	0.00	0.04	0.07
P-136	J-95	J-97	0.07	0.00	0.00	0.04	0.07
P-137	J-95	J-98	1.49	0.00	0.00	0.08	0.09
P-138	J-98	J-99	0.08	0.01	0.00	0.04	0.08
P-139	J-98	J-101	1.29	0.00	0.00	0.07	0.10
P-14	J-10	J-15	1.82	2.99	0.00	0.92	27.41
P-140	J-101	J-107	0.23	0.12	0.00	0.12	1.03
P-141	J-101	J-103	0.78	0.00	0.00	0.04	0.03
P-142	J-103	J-76	0.14	0.05	0.00	0.07	0.42
P-143	J-103	J-104	0.32	0.00	0.00	0.02	0.01
P-144	J-104	J-105	0.06	0.07	0.00	0.11	1.23
P-145	J-104	J-106	0.09	0.02	0.00	0.05	0.19
P-146	J-107	J-100	0.06	0.06	0.00	0.11	1.23
P-15	J-13	J-19	2.83	4.12	0.00	1.44	62.41
P-16	J-21	J-25	0.28	0.20	0.00	0.14	0.83
P-17	J-12	J-14	1.79	2.87	0.00	0.91	26.81
P-18	J-15	J-13	1.73	1.28	0.00	0.88	25.02
P-19	J-14	J-15	0.88	0.22	0.00	0.45	7.18
P-2	J-2	J-3	0.09	0.24	0.00	0.18	2.95
P-20	J-14	J-16	0.38	0.56	0.00	0.20	1.55
P-21	J-15	J-17	0.38	0.56	0.00	0.20	1.55
P-22	J-13	J-18	0.38	0.56	0.00	0.20	1.55
P-23	J-19	J-11	1.93	1.48	0.00	0.99	30.83
P-24	J-19	J-20	0.38	0.56	0.00	0.20	1.55
P-25	J-11	J-21	1.13	1.81	0.00	0.58	11.45
P-26	J-21	J-22	0.21	0.10	0.00	0.11	0.50
P-27	J-5	J-24	0.06	0.08	0.00	0.12	1.47
P-28	J-5	J-26	1.73	1.47	0.00	0.39	3.49
P-29	J-26	J-27	0.20	0.08	0.00	0.10	0.45
P-3	J-2	J-23	-0.43	3.29	0.00	0.89	56.74
P-30	J-26	J-28	1.12	0.07	0.00	0.25	1.56
P-31	J-28	J-29	0.18	0.06	0.00	0.09	0.36
P-32	J-28	J-30	0.66	0.03	0.00	0.15	0.58
P-33	J-30	J-31	0.15	0.04	0.00	0.08	0.28
P-34	J-30	J-32	0.24	0.00	0.00	0.05	0.09
P-35	J-32	J-33	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00
P-36	J-32	J-34	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01
P-37	J-12	J-36	-9.86	3.43	0.00	0.64	4.18
P-38	J-36	REN SAÚDE	-17.68	1.43	0.00	1.15	12.33
P-39	J-36	J-35	7.43	0.40	0.00	0.48	2.48
P-4	J-4	J-5	2.14	0.62	0.00	0.49	5.18
P-40	J-35	J-37	0.18	0.01	0.00	0.04	0.05
P-41	J-35	J-38	6.84	0.13	0.00	0.44	2.12
P-42	J-38	J-39	0.12	0.02	0.00	0.06	0.18
P-43	J-38	J-40	6.41	0.21	0.00	0.42	1.88
P-44	J-42	J-41	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
P-45	J-40	J-44	5.34	0.10	0.00	0.35	1.34
P-46	J-41	J-42	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00
P-47	J-44	J-42	0.46	0.04	0.00	0.24	2.17
P-48	J-44	J-43	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01
P-49	J-45	J-46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-5	J-4	J-6	-3.22	0.34	0.00	0.73	11.02
P-50	J-45	J-40	-0.78	0.75	0.00	0.40	5.74
P-51	J-47	J-45	-0.64	0.19	0.00	0.32	3.95
P-52	J-47	J-67	0.98	2.47	0.00	0.50	8.78
P-53	J-49	J-48	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
P-54	J-49	J-50	0.46	0.05	0.00	0.23	2.15
P-55	J-50	J-51	0.09	0.01	0.00	0.04	0.10
P-56	J-50	J-68	-0.04	0.00	0.00	0.02	0.02
P-57	J-52	J-53	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
P-58	J-53	J-52	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00
P-59	J-52	J-53	2.77	0.00	0.00	0.00	0.00
P-6	J-6	J-7	0.20	0.09	0.00	0.10	0.45
P-60	J-55	J-58	-0.25	0.00	0.00	0.00	0.00

P-61	J-55	J-52	-0.20	0.04	0.00	0.10	0.47
P-62	J-55	J-58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-63	J-57	J-56	-0.39	0.61	0.00	0.31	7.92
P-64	J-58	J-57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-65	J-57	J-58	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
P-66	J-58	J-60	-0.15	0.11	0.00	0.12	1.41
P-67	J-57	J-59	-0.15	0.11	0.00	0.12	1.41
P-68	J-60	J-52	0.17	0.07	0.00	0.13	1.68
P-69	J-60	J-59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-7	J-6	J-8	-3.65	21.01	0.00	1.86	100.04
P-70	J-59	J-61	-0.46	0.50	0.00	0.37	11.11
P-71	J-61	J-62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-72	J-61	J-73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-73	J-62	J-60	0.46	0.50	0.00	0.37	11.11
P-74	J-62	J-66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-75	J-63	J-53	0.51	0.58	0.00	0.41	13.27
P-76	J-63	J-64	-0.74	2.36	0.00	0.59	26.18
P-77	J-53	J-87	0.07	0.00	0.00	0.03	0.06
P-78	REN SAÚDE	J-78	0.60	0.53	0.00	0.31	3.55
P-79	J-66	J-63	-0.13	0.01	0.00	0.10	1.02
P-8	J-8	J-11	-0.44	0.27	0.00	0.22	1.97
P-80	J-66	J-65	-0.74	2.37	0.00	0.59	26.31
P-81	J-67	J-49	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
P-82	J-67	J-49	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00
P-83	J-49	J-48	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
P-84	J-50	J-51	0.09	0.01	0.00	0.04	0.10
P-85	J-68	J-55	-0.24	0.05	0.00	0.12	0.64
P-86	J-43	J-47	0.80	0.83	0.00	0.40	10.12
P-87	J-43	J-44	-4.69	0.00	0.00	0.01	0.00
P-88	J-42	J-41	2.97	0.00	0.00	0.00	0.00
P-89	J-42	J-75	0.07	0.00	0.00	0.03	0.06
P-9	J-8	J-9	-3.48	10.05	0.00	1.77	91.38
P-90	J-43	J-70	3.74	0.22	0.00	0.30	2.06
P-91	J-71	J-56	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
P-92	J-70	J-71	0.64	2.46	0.00	0.51	19.86
P-93	J-65	J-54	-1.93	0.10	0.00	0.16	0.60
P-94	REN SAÚDE	J-84	4.12	0.05	0.00	0.23	0.59
P-95	J-72	J-64	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
P-96	J-64	J-72	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
P-97	J-59	J-60	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
P-98	J-54	J-70	-2.10	0.00	0.00	0.00	0.00
P-99	J-71	J-70	-0.64	2.46	0.00	0.51	19.86

E N D N O D E R E S U L T S

NODE NAME	NODE TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	HYDRAULIC GRADE (m)	NODE ELEVATION (m)	PRESSURE HEAD (m)	NODE PRESSURE (kpa)
J-1		0.10	864.80	840.00	24.80	243.25
J-10		0.20	900.05	873.00	27.05	265.23
J-100		0.06	904.62	868.00	36.62	359.10
J-101		0.28	904.79	870.00	34.79	341.20
J-103		0.32	904.79	865.00	39.79	390.19
J-104		0.17	904.79	865.00	39.79	390.19
J-105		0.06	904.72	870.00	34.72	340.49
J-106		0.09	904.77	870.00	34.77	341.00
J-107		0.18	904.68	868.00	36.68	359.67
J-11		0.36	890.18	855.50	34.68	340.13
J-12		0.15	900.14	875.00	25.14	246.57
J-13		0.64	895.78	857.50	38.28	375.42
J-14		0.53	897.27	857.40	39.87	391.03
J-15		0.58	897.06	857.40	39.66	388.92
J-16		0.38	896.72	883.00	13.72	134.53
J-17		0.38	896.50	880.50	16.00	156.94
J-18		0.38	895.23	876.00	19.23	188.55
J-19		0.51	891.66	857.00	34.66	339.93
J-2		0.25	865.15	839.50	25.65	251.50
J-20		0.38	891.11	872.00	19.11	187.39
J-21		0.65	888.37	842.00	46.37	454.78
J-22		0.21	888.28	867.00	21.28	208.66
J-23		0.27	868.44	840.00	28.44	278.87
J-24		0.06	867.87	839.00	28.87	283.15

J-25	0.28	888.17	863.50	24.67	241.97
J-26	0.41	866.48	837.90	28.58	280.28
J-27	0.20	866.40	840.00	26.40	258.87
J-28	0.29	866.41	837.90	28.51	279.55
J-29	0.18	866.34	840.00	26.34	258.35
J-3	0.09	864.91	840.00	24.91	244.28
J-30	0.26	866.38	838.00	28.38	278.30
J-31	0.15	866.34	840.00	26.34	258.29
J-32	0.15	866.37	838.30	28.07	275.32
J-33	0.04	866.37	840.00	26.37	258.64
J-34	0.06	866.37	838.40	27.97	274.33
J-35	0.42	903.17	895.00	8.17	80.08
J-36	0.40	903.57	895.00	8.57	84.04
J-37	0.18	903.16	890.00	13.16	129.02
J-38	0.31	903.04	888.00	15.04	147.46
J-39	0.12	903.02	880.00	23.02	225.71
J-4	0.37	868.57	842.50	26.07	255.63
J-40	0.29	902.83	885.00	17.83	174.81
J-41	0.15	902.68	872.00	30.68	300.91
J-42	0.24	902.68	880.00	22.68	222.46
J-43	0.22	902.72	880.00	22.72	222.84
J-44	0.12	902.72	880.00	22.72	222.84
J-45	0.14	902.08	875.00	27.08	265.55
J-46	0.00	902.08	880.00	22.08	216.52
J-47	0.45	901.89	875.00	26.89	263.74
J-48	0.06	899.43	880.00	19.43	190.50
J-49	0.12	899.43	870.00	29.43	288.57
J-5	0.35	867.95	839.50	28.45	279.00
J-50	0.32	899.38	870.00	29.38	288.13
J-51	0.18	899.37	880.00	19.37	189.98
J-52	0.21	899.47	860.00	39.47	387.05
J-53	0.20	899.47	860.00	39.47	387.04
J-54	0.17	902.50	880.00	22.50	220.68
J-55	0.21	899.43	860.00	39.43	386.69
J-56	0.09	900.04	885.00	15.04	147.50
J-57	0.24	899.43	880.00	19.43	190.55
J-58	0.20	899.43	870.00	29.43	288.61
J-59	0.20	899.54	880.00	19.54	191.63
J-6	0.23	868.91	844.50	24.41	239.36
J-60	0.25	899.54	870.00	29.54	289.70
J-61	0.20	900.04	880.00	20.04	196.53
J-62	0.15	900.04	870.00	30.04	294.60
J-63	0.10	900.05	870.00	30.05	294.69
J-64	0.14	902.41	880.00	22.41	219.73
J-65	0.23	902.41	880.00	22.41	219.75
J-66	0.08	900.04	870.00	30.04	294.60
J-67	0.35	899.43	865.00	34.43	337.61
J-68	0.20	899.38	865.00	34.38	337.19
J-69	0.14	904.20	860.00	44.20	433.43
J-7	0.20	868.82	847.50	21.32	209.11
J-70	0.37	902.50	880.00	22.50	220.68
J-71	0.26	900.04	885.00	15.04	147.50
J-72	0.08	902.41	865.00	37.41	366.83
J-73	0.08	900.04	885.00	15.04	147.50
J-74	0.00	902.50	880.00	22.50	220.68
J-75	0.07	902.68	880.00	22.68	222.42
J-76	0.14	904.73	875.00	29.73	291.59
J-77	0.06	904.16	880.00	24.16	236.92
J-78	0.55	904.47	885.00	19.47	190.91
J-79	0.23	904.23	875.00	29.23	286.60
J-8	0.26	889.92	862.50	27.42	268.86
J-80	0.02	904.16	885.00	19.16	187.89
J-81	0.12	904.16	880.00	24.16	236.91
J-82	0.02	904.16	880.00	24.16	236.91
J-83	0.09	904.18	875.00	29.18	286.15
J-84	0.22	904.95	895.00	9.95	97.60
J-85	0.04	904.95	895.00	9.95	97.57
J-86	0.21	904.88	895.00	9.88	96.91
J-87	0.07	899.46	860.00	39.46	387.02
J-88	0.17	904.42	865.00	39.42	386.55
J-89	0.11	904.75	875.00	29.75	291.76
J-9	0.30	899.97	868.50	31.47	308.60
J-90	0.18	904.77	875.00	29.77	291.91
J-91	0.04	904.76	875.00	29.76	291.89
J-92	0.28	904.83	875.00	29.83	292.49
J-93	0.23	904.82	875.00	29.82	292.43

J-94	0.07	904.82	870.00	34.82	341.43
J-95	0.32	904.80	865.00	39.80	390.32
J-96	0.07	904.80	875.00	29.80	292.20
J-97	0.07	904.80	860.00	44.80	439.31
J-98	0.12	904.80	860.00	44.80	439.31
J-99	0.08	904.79	860.00	44.79	439.26
REN SAÚDE	----	905.00	900.00	5.00	49.03

S U M M A R Y O F I N F L O W S A N D O U T F L O W S

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM SUPPLY NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO SUPPLY NODES

NODE NAME	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
REN SAÚDE	22.40	
NET SYSTEM INFLOW	= 22.40	
NET SYSTEM OUTFLOW	= 0.00	
NET SYSTEM DEMAND	= 22.44	

***** HYDRAULIC ANALYSIS COMPLETED *****