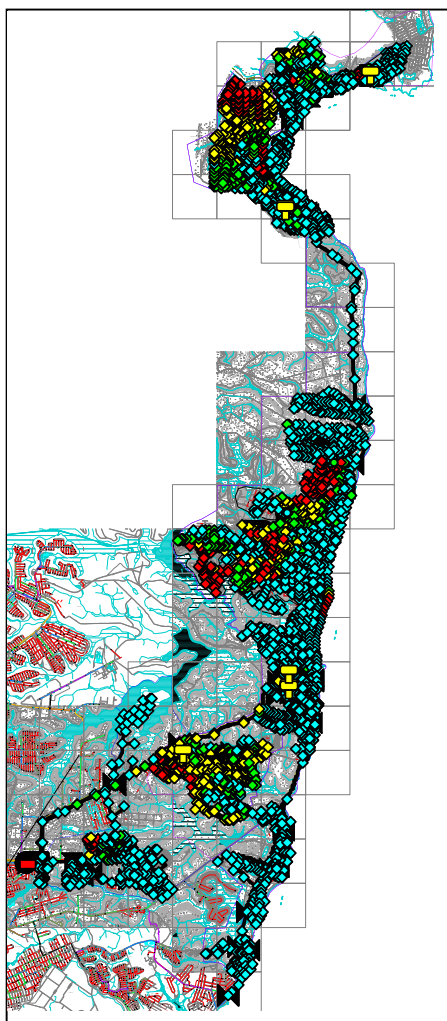




SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA GRANDE VITÓRIA

MUNICÍPIO DE SERRA / FUNDÃO



SISTEMA JACARAÍPE (SETORES JACARAÍPE, BAIRRO DAS FLORES, NOVA ALMEIDA E PRAIA GRANDE)

DIAGNÓSTICO, ANÁLISE OPERACIONAL E SETORIZAÇÃO DO SISTEMA VOLUME I - RELATÓRIO TÉCNICO

GANEM
Engenharia Ltda

Nº CESAN: C-035-000-80-5-RT-0008
JANEIRO 2013 ã REVISÃO 01

APRESENTAÇÃO

A **GANEM Engenharia Ltda** apresenta a seguir o Diagnóstico, a Análise Operacional e a Setorização do Sistema de Abastecimento de Água dos Setores Jacaraípe, Nova Almeida, Praia Grande e Bairro das Flores, pertencentes ao sistema de abastecimento de água da Grande Vitória, localizado no município da Serra, conforme contrato N° 200/2007, Aditivo N° 08, celebrado com a **CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento**, em 09 de agosto de 2007.

O trabalho será apresentado em três volumes, conforme discriminado abaixo:

- (i) Volume I – Relatório técnico;
- (ii) Volume II – Desenhos das intervenções propostas e do projeto básico (Tomo 1, Tomo 2, Tomo 3 e Tomo 4);
- (iii) Volume III – Orçamento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.2 METODOLOGIA	14
1.2.1 Descrição da Metodologia.....	14
1.2.2 Simulador EPANET.....	15
2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE	18
2.1 INTRODUÇÃO	18
2.2 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXISTENTES.....	19
2.2.1 Complexo Planalto.....	21
2.2.1.1 Reservatório Enterrado Planalto	22
2.2.1.2 Elevatória Planalto.....	22
2.2.2 Reservatórios.....	24
2.2.2.1 Reservatórios Jacaraípe	24
2.2.2.2 Reservatórios Nova Almeida.....	24
2.2.2.3 Reservatórios Castelândia.....	25
2.2.2.4 Reservatório Mirante da Praia (Praia Grande)	25
2.2.2.5 Reservatório Bairro das Flores.....	26
2.2.3 Boosters e elevatórias.....	26
2.2.3.1 Booster Direção.....	26
2.2.3.2 Booster Mirante da Praia	27
2.2.3.3 Booster Nova Almeida	28
2.2.3.4 Booster Magistrados.....	29
2.2.3.5 Booster Caiçaras	30
2.2.3.6 Booster Costa Dourada	31
2.2.3.7 Elevatória Jacaraípe	31
2.2.3.8 Elevatória Castelândia.....	33
2.2.4 Adutoras e Rede de Distribuição	34
3 DADOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO	35
3.1 ECONOMIAS, POPULAÇÃO E DEMANDA	35
3.1.1 Introdução	35
3.1.2 Parâmetros Utilizados	35
3.2 PERDAS NO SISTEMA	38
4 DIAGNÓSTICO	40
4.1 INTRODUÇÃO	40

4.2 DADOS UTILIZADOS	40
4.3 PROCEDIMENTOS E CONSIDERAÇÕES	52
4.3.1 Considerações Gerais.....	52
4.3.2 Avaliação dos Subsistemas	53
4.3.2.1 Introdução.....	53
4.3.2.2 Subsistema Planalto/Jacaraípe.....	53
4.3.2.3 Subsistema Planalto/Bairro das Flores	54
4.3.2.4 Subsistema Jacaraípe/Manguinhos	55
4.3.2.5 Subsistema Jacaraípe/Nova Almeida.....	56
4.3.2.6 Subsistema Nova Almeida/Boa Vista (imediações da EEAT NovaAlmeida).....	56
4.3.2.7 Subsistema Nova Almeida/Parque das Gaivotas	56
4.3.2.8 Subsistema Nova Almeida/Direção/Mirante da Praia	57
4.4 RESULTADOS	57
4.5 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA EXISTENTE	67
5 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS	73
5.1 INTRODUÇÃO	73
5.2 CENÁRIOS PROPOSTOS.....	74
5.2.1 Cenário 1	74
5.2.1.1 Considerações Gerais	74
5.2.1.2 Descrição do Cenário 1	75
5.2.2 Cenário 2	77
5.2.2.1 Considerações Gerais	77
5.2.2.2 Descrição do Cenário 2	78
5.2.3 Cenário 3	82
5.2.3.1 Considerações Gerais	82
5.2.3.2 Descrição do Cenário 3	82
5.2.4 Conclusão	85
5.3 CENÁRIO VENCEDOR	86
5.3.1 Sistema Macro	86
5.3.1.1 Descrição Geral.....	86
5.3.1.2 Reservatórios.....	87
5.3.1.3 Elevatórias.....	89
5.3.1.4 Adutoras	91
5.3.2 Setor Jacaraípe.....	92
5.3.2.1 Considerações Gerais	92
5.3.2.2 Reservatórios.....	95
5.3.2.3 Elevatórias e Boosters.....	96
5.3.2.4 Válvulas Redutoras de Pressão (VRP)	100

5.3.2.5	Adutoras e Rede de Distribuição.....	102
5.3.3	Setor Bairro das Flores	105
5.3.3.1	Considerações Gerais	105
5.3.3.2	Adutoras e Rede de Distribuição.....	107
5.3.4	Setor Nova Almeida	111
5.3.4.1	Considerações Gerais	111
5.3.4.2	Reservatórios.....	113
5.3.4.3	Elevatórias e Boosters.....	115
5.3.4.4	Adutoras e Rede de Distribuição.....	118
5.3.5	Setor Praia Grande	122
5.3.5.1	Considerações Gerais	122
5.3.5.2	Reservatórios.....	124
5.3.5.3	Elevatórias e Boosters.....	126
5.3.5.4	Adutoras e Rede de Distribuição.....	129
ANEXO 1	MEMÓRIA DE CÁLCULO DE BOOSTERS E ELEVATÓRIAS	135
ANEXO 2	LISTA DE DESENHOS	172

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Localização da área de estudo.....	19
Figura 2.2	Rede de macro distribuição do sistema Jacaraípe.	20
Figura 2.3	Área de estudo e principais unidades do sistema.	21
Figura 2.4	Reservatório Enterrado Planalto.....	22
Figura 2.5	Vistas da Elevatória Planalto.....	23
Figura 2.6	Reservatório Jacaraípe	24
Figura 2.7	Vistas dos Reservatórios Nova Almeida.....	25
Figura 2.8	Vistas dos Reservatórios Castelândia.	25
Figura 2.9	Vista do Reservatório Mirante da Praia.....	26
Figura 2.10	Vistas do <i>Booster</i> Direção.	27
Figura 2.11	Vistas do <i>booster</i> Nova Almeida.....	28
Figura 2.12	Vistas do <i>booster</i> Magistrados.	29
Figura 2.13	Fotos do <i>Booster</i> Caiçaras.	30
Figura 2.14	Vistas da Elevatória Jacaraípe/Nova Almeida.	32
Figura 2.15	Vistas da elevatória Castelândia.	33
Figura 3.1	Distribuição espacial dos padrões de consumo Sistema Jacaraípe.	36
Figura 3.2	Padrões de consumo nodal utilizados no Sistema Jacaraípe.....	37
Figura 3.3	Padrões de consumo nodal utilizados no Sistema Jacaraípe.....	38
Figura 4.1	Distribuição espacial dos pontos de medição dos setores Planalto, Bairro das Flores, Castelândia, Jacaraípe Sul, parte de Jacaraípe Norte e Manguinhos.....	42
Figura 4.2	Distribuição espacial dos pontos de medição dos setores Jacaraípe Norte, Nova Almeida e Praia Grande.....	43
Figura 4.3	Gráfico diário de vazão do ponto de medição P38.	44
Figura 4.4	Gráfico diário de pressão do ponto de medição P38.....	44
Figura 4.5	Correlação entre a vazão simulada e a vazão medida.....	58
Figura 4.6	Comparação entre a vazão média diária simulada e a vazão média diária medida.....	58
Figura 4.7	Variação horária de vazão nos trechos (a) T2778, (b) T530, (c) T923, (d) T526, (e) T3577, (f) T5022, (g) T5026 e (h) T5029.....	59

Figura 4.8 ï T5029Variação horária de vazão nos trechos (a) T3228, (b) T5033, (c) T2085, (d) T2807.....	60
Figura 4.9 ï Correlação entre a pressão simulada e a pressão medida.....	61
Figura 4.10 ï Comparação entre a pressão média diária simulada e a pressão média diária medida.....	62
Figura 4.11 ï Variação horária de pressão nos nós (a) N3662, (b) N4671, (c) RV4, (d) RV7, (e) N2551, (f) N491, (g) RV2, (h) N485, (I) N863 e (j) N55.	63
Figura 4.12 ï Variação horária de pressão nos nós (a) N1902, (b) N1904, (c) N2120, (d) N2121 (e) N1985, (f) N1990, (g) N207, (h) N208, (I) N81 e (j) N80.....	64
Figura 4.13 ï Variação horária de pressão nos nós (a) RV6, (b) RV5, (c) N4669, (d) N3563 (e) N3583, (f) N4673, (g) N3459, (h) N2505, (I) N3731 e (j) N1734.....	65
Figura 4.14 ï ï Variação horária de pressão nos nós (a) N1768, (b) N1556, (c) N1405, (d) N1372 (e) N2896, (f) N941, (g) N774, (h) N5, (I) N4660 e (j) N4664.....	66
Figura 4.15 ï Variação horária de pressão nos nós (a) N4667, (b) N4232, (c) N3709.....	67
Figura 4.16 ï Variação espacial da pressão às 4 h (maiores pressões).	69
Figura 4.17 ï Variação espacial da pressão às 12 h (menores pressões).	70
Figura 4.18 ï Variação espacial da perda de carga às 12 h (maiores consumos).	71
Figura 5.1 ï Desenho esquemático do Cenário 1.	74
Figura 5.2 ï Variação diária da vazão nas bombas da EEAT Planalto propostas no Cenário 1.....	75
Figura 5.3 ï Variação diária da vazão nas bombas da EEAT Jacaraípe/Elevado propostas no Cenário 1.....	77
Figura 5.4 ï Desenho esquemático do Cenário 2.	78
Figura 5.5 ï Variação diária da vazão nas bombas da EEAT Planalto propostas no Cenário 2.....	79
Figura 5.6 ï Variação diária da vazão nas bombas da EEAT Jacaraípe/Elevado propostas no Cenário 2.....	81
Figura 5.7 ï Desenho esquemático do Cenário 3.	82
Figura 5.8 ï Variação diária da vazão nas bombas da EEAT Planalto propostas no Cenário 3.....	83
Figura 5.9 ï Variação diária da vazão nas bombas da EEAT Jacaraípe/Elevado propostas no Cenário 3.....	85
Figura 5.10 ï Divisão dos setores e localização das unidades da rede macro.	87

Figura 5.11	Localização e área de influência dos reservatórios do Sistema Jacaraípe.	88
Figura 5.12	Localização das elevatórias da rede macro do Sistema Jacaraípe.	90
Figura 5.13	Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Jacaraípe.	93
Figura 5.14	Localização e área de influência dos reservatórios do Setor Jacaraípe.	95
Figura 5.15	Variação diária da pressão no Reservatório Jacaraípe/Elevado.	96
Figura 5.16	Variação diária da pressão nos Reservatórios Castelândia (a) Apoiado; e (b) Elevado.	96
Figura 5.17	Localização das elevatórias e <i>boosters</i> do Setor Jacaraípe.	97
Figura 5.18	Posicionamento das VRP e área de influência no Setor Jacaraípe.	101
Figura 5.19	Variação espacial da pressão no Setor Jacaraípe (ano de 2032) às 4h (menores demanda).	103
Figura 5.20	Variação espacial da pressão no Setor Jacaraípe (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	104
Figura 5.21	Variação espacial da perda de carga no Setor Jacaraípe (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	105
Figura 5.22	Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Bairro das Flores.	106
Figura 5.23	Variação espacial da pressão no Setor Bairro das Flores (ano de 2032) às 4h (menores demanda).	109
Figura 5.24	Variação espacial da pressão no Setor Bairro das Flores (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	110
Figura 5.25	Variação espacial da perda de carga no Setor Bairro das Flores (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	111
Figura 5.26	Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Nova Almeida.	112
Figura 5.27	Localização e área de influência dos reservatórios do Setor Nova Almeida.	114
Figura 5.28	Localização das elevatórias do Setor Nova Almeida.	116
Figura 5.29	Variação espacial da pressão no Setor Nova Almeida (ano de 2032) às 4h (menores demanda).	120
Figura 5.30	Variação espacial da pressão no Setor Nova Almeida (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	121
Figura 5.31	Variação espacial da perda de carga no Setor Nova Almeida (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	122

Figura 5.32 ï Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Praia Grande.	123
Figura 5.33 ï Localização e área de influência dos reservatórios do Setor Praia Grande.	125
Figura 5.34 ï Vistas do Reservatório Praia Grande ï em construção.	126
Figura 5.35 ï Localização das elevatórias e <i>boosters</i> do Setor Praia Grande.	127
Figura 5.36 ï Variação espacial da pressão no Setor Praia Grande (ano de 2032) às 4h (menores demanda).	131
Figura 5.37 ï Variação espacial da pressão no Setor Praia Grande (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	132
Figura 5.38 ï Variação espacial da perda de carga no Setor Praia Grande (ano de 2032) às 12h (maiores demanda).	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Características dos conjuntos motobombas	Elevatória Planalto (unidade de bombeamento Bairro das Flores).....	23
Tabela 2.2	Características dos conjuntos motobombas	Elevatória Planalto (unidade de bombeamento Jacaraípe).....	24
Tabela 2.3	Características dos conjuntos moto-bomba	Booster Direção.....	27
Tabela 2.4	Características dos conjuntos moto-bomba	Booster Mirante da Praia.....	28
Tabela 2.5	Características dos conjuntos moto-bomba	Booster Nova Almeida.	29
Tabela 2.6	Características do conjunto moto-bomba	Booster Magistrados.....	30
Tabela 2.7	Características do conjunto moto-bomba	Booster Caiçaras.....	31
Tabela 2.8	Características dos conjuntos moto-bomba	Booster Costa Dourada.	31
Tabela 2.9	Características dos conjuntos moto-bomba	EEAT Jacaraípe/Nova Almeida.	32
Tabela 2.10	Características do conjunto moto-bomba	EEAT Jacaraípe/Elevado.	33
Tabela 2.11	Características dos conjuntos moto-bomba	Elevatória Castelândia.	34
Tabela 2.12	Comprimentos das redes de distribuição e das adutoras existentes por diâmetro.		34
Tabela 3.1	Resumo dos dados de consumo.		39
Tabela 4.1	Valores horários dos pontos de vazão medidos.		46
Tabela 4.2	Valores horários dos pontos de pressão medidos.....		47
Tabela 4.3	Valores horários dos pontos de pressão medidos.....		48
Tabela 4.4	Valores horários dos pontos de pressão medidos.....		49
Tabela 4.5	Valores horários dos pontos de pressão medidos.....		50
Tabela 4.6	Valores horários dos pontos de pressão medidos.....		51
Tabela 5.1	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Planalto utilizados na simulação do Cenário 1.....		75
Tabela 5.2	Volume atual e volumes adicionais previsto e proposto para o Reservatório Apoiado Jacaraípe.....		76
Tabela 5.3	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Jacaraípe/Elevado utilizados na simulação do Cenário 1.		77
Tabela 5.4	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Planalto utilizados na simulação do Cenário 2.....		79

Tabela 5.5	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Bairro das Flores/Elevado utilizados na simulação do Cenário 2.....	80
Tabela 5.6	Volume atual e volumes adicionais previsto e proposto para o Reservatório Apoiado Jacaraípe.....	81
Tabela 5.7	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Jacaraípe/Elevado utilizados na simulação do Cenário 2.....	81
Tabela 5.8	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Planalto utilizados na simulação do Cenário 3.....	83
Tabela 5.9	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Bairro das Flores/Elevado utilizados na simulação.....	84
Tabela 5.10	Volume atual e volumes adicionais previsto e proposto para o Reservatório Apoiado Jacaraípe.....	85
Tabela 5.11	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Jacaraípe/Elevado utilizados na simulação.....	85
Tabela 5.12	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Planalto utilizados na simulação.....	91
Tabela 5.13	Comprimento das adutoras por diâmetro na macro distribuição.....	92
Tabela 5.14	Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Jacaraípe.....	94
Tabela 5.15	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Jacaraípe/Elevado utilizados na simulação.....	98
Tabela 5.16	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Castelândia.....	98
Tabela 5.17	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Costa Dourada.....	99
Tabela 5.18	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Costa Dourada II.....	99
Tabela 5.19	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Caiçaras.....	100
Tabela 5.20	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Magistrados.....	100
Tabela 5.21	Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Jacaraípe.....	102
Tabela 5.22	Comprimento de rede por diâmetro no Setor Jacaraípe.....	102
Tabela 5.23	Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Bairro das Flores.....	107
Tabela 5.24	Comprimento de rede por diâmetro no Setor Bairro das Flores.....	108
Tabela 5.25	Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Nova Almeida.....	113

Tabela 5.26	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Jacaraípe/Nova Almeida.	117
Tabela 5.27	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Nova Almeida/Elevado.	117
Tabela 5.28	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Barreiras.	118
Tabela 5.29	Comprimento de rede por diâmetro no Setor Nova Almeida.	119
Tabela 5.30	Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Praia Grande.	124
Tabela 5.31	Características dos conjuntos moto-bomba da Elevatória Praia Grande.	128
Tabela 5.32	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Direção.	128
Tabela 5.33	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Mirante Novo.	129
Tabela 5.34	Características dos conjuntos moto-bomba do <i>Booster</i> Costa Bela.	129
Tabela 5.35	Comprimento de rede por diâmetro no Setor Praia Grande.	130

RELATÓRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O contrato nº 200/2007 celebrado entre a CESAN e a GANEM Engenharia Ltda prevê o desenvolvimento do estudo de vários setores do sistema de abastecimento de água da Grande Vitória. Cada estudo deve contemplar o diagnóstico, a análise operacional e a proposição de soluções de melhorias para o respectivo sistema de abastecimento de água. Tais melhorias podem ser de caráter imediato, ou seja, para solucionar problemas da situação atual, ou podem considerar um determinado ano de alcance do projeto, conforme definição prévia e individual assumida pela contratante.

A CESAN vem vivenciando problemas na distribuição de água em toda a região metropolitana, gerando constantes reclamações por parte dos usuários. Estes problemas são ainda mais evidenciados nos períodos de maiores temperaturas, os quais provocam um aumento no consumo de água, além do agravamento ocorrido ao longo do tempo devido ao crescimento da população.

Como diretriz para a ampliação do sistema, a CESAN conta com o Planejamento Global do Sistema de Abastecimento de Água da Grande Vitória, elaborado em 1998, que inclui o projeto executivo dos sistemas de distribuição de água. Porém, a implantação dos sistemas projetados requer, por parte da CESAN, grandes investimentos que são impraticáveis em curto prazo. Por essa razão, este contrato prevê a elaboração de diagnósticos e a realização de análise operacional, com o objetivo principal de identificar soluções de aplicação imediata para as deficiências no abastecimento de água dos setores. Neste âmbito, são propostas intervenções objetivando tornar o abastecimento de água contínuo e satisfatório para o cenário atual dos setores estudados, mas, na medida do possível, não se afastar das premissas propostas pelo planejamento global acima citado.

Outro objetivo do atual contrato é propor adequações aos sistemas de distribuição de água que facilitem a futura implantação de um programa de redução e controle de perdas. Sabe-se, da literatura especializada, que este tipo de programa se apresenta pouco eficaz quando aplicado a grandes sistemas como o de uma cidade, ou mesmo de agrupamentos de setores de abastecimento. Dessa forma, a implantação de um programa de controle e redução de perdas é tecnicamente mais aconselhável em níveis inferiores de setorização, tais como os Distritos de Medição e Controle. Denomina-se Distrito de Medição e Controle um pequeno setor, com tamanho compreendido normalmente entre 1 000 e 5 000 ligações, completamente estanque, ou seja, não interligado a outros setores vizinhos, e com um ponto preparado para medição de vazão e pressão na sua entrada. Para atender a esse objetivo é proposto também um projeto de setorização para as áreas analisadas.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo realizar o diagnóstico, a análise operacional e propor soluções de melhorias para os setores Jacaraípe, Nova Almeida, Praia Grande e Bairro das Flores, os quais são abastecidos pela ETA V, localizada no município de Serra.

1.2 Metodologia

1.2.1 Descrição da Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo resume-se em quatro fases: (i) a modelagem do sistema de distribuição a partir do *software* EPANET; (ii) a calibração do mesmo; (iii) o diagnóstico do sistema existente a partir da simulação dinâmica do modelo em período mínimo de 24 horas; e (iv) a proposição de cenários com melhorias no abastecimento de água do setor, conforme horizonte definido pela contratante.

A primeira fase, de modelagem do sistema, consiste na reunião de todos os dados pertinentes ao estudo, seguida do lançamento destes no simulador EPANET. Esta fase se inicia com a delimitação do setor de abastecimento a ser estudado e a validação do cadastro de rede existente, que se encontra bastante desatualizado e deficiente de informações. A melhoria das informações cadastrais é conseguida a partir da verificação do cadastro por técnicos da CESAN, que pode ser ainda complementada pela verificação *in loco*. A fase seguinte da modelagem consiste em lançar no EPANET todas as unidades do sistema, tais como rede de distribuição, reservatórios, estações elevatórias, *boosters*, válvulas redutoras de pressão, incluindo suas características (diâmetro da rede, consumos dos nós, capacidade dos reservatórios, curva da bomba) pertinentes à simulação do modelo matemático.

Na fase de calibração são requeridos à CESAN os dados referentes ao consumo de água e ao seu posicionamento em planta, ou seja, o geo-referenciamento das ligações / economias existentes no setor. Estas informações estão disponíveis a partir do *software* INFOGEO. Solicita-se também um conjunto de medições de vazão e de pressão em pontos previamente determinados em conjunto com a contratante, que servirão de balizador para a calibração do sistema. Estas medições são realizadas pelo setor de pitometria da contratante. Nesta fase são adotados percentuais de perdas reais e aparentes para ajustar a diferença entre o consumo requerido - determinado pela conjugação de população e do *per capita* estimado para o setor, e a água que efetivamente entra no sistema - determinada a partir de medições de vazão na entrada do sistema. Os dados de consumo utilizados na calibração correspondem ao mês de referência das medições de vazão e pressão. O consumo nodal é determinado com base no número de economias existentes na área de influência do respectivo nó, considerando a taxa de ocupação e o número de habitantes por residência fornecidos pelo IBGE, além do consumo *per capita* determinado para o setor, incluindo as perdas comerciais.

Na fase de diagnóstico do sistema existente utiliza-se o modelo do sistema calibrado na fase anterior para se efetuar a simulação num período estendido. Nesta fase são utilizados os dados do mês de maior consumo dos últimos doze meses, visando retratar a situação mais crítica na qual o sistema foi submetido. Esta fase permite que seja efetuada a análise operacional do sistema, conhecendo o seu comportamento e os seus problemas, tais como pontos com pressões baixas / elevadas, trechos com perdas de carga excessivas e baixos níveis dos reservatórios ao longo do período de tempo estendido da simulação.

O conhecimento da realidade operacional do sistema de distribuição permite intervir onde há deficiência, propondo, numa quarta fase, cenários com alternativas técnicas que melhorem substancialmente a eficiência do sistema e abastecimento. Adicionalmente, nesta etapa é proposta a setorização do sistema de distribuição visando facilitar a futura implantação de programas de avaliação e redução de perdas.

1.2.2 Simulador EPANET

O simulador hidráulico utilizado no presente trabalho foi o *software* EPANET 2.0, desenvolvido e distribuído gratuitamente pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (*EPA* / *U. S. Environmental Protection Agency*). A seguir é realizada uma breve apresentação deste *software* e no item seguinte é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do presente trabalho.

O simulador EPANET compreende um conjunto de funções que permitem efetuar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em sistemas de distribuição de água sob pressão. Este modelo utiliza o método híbrido nó-malha para resolver as equações da continuidade, da conservação da energia e da lei de resistência ao escoamento, que caracterizam as condições de equilíbrio hidráulico da rede num dado instante.

O EPANET modela um sistema de distribuição de água como sendo um conjunto de elementos ligados aos nós, elementos estes que representam as tubulações, bombas e válvulas de controle, e os nós representam ligações entre os diversos elementos, assim como reservatórios de nível fixo (RNF) e de nível variável (RNV).

O EPANET apresenta um ambiente gráfico integrado para edição do modelo hidráulico e dos cenários a serem simulados, permite a execução de simulações hidráulicas e de qualidade da água e possibilita a visualização dos resultados em vários formatos, inclusive compatíveis com a utilização em ambientes de edição de texto ou de cálculo. Sua interface gráfica permite examinar mapas da rede com auxílio de códigos de cores, além de apresentar desenhos gráficos de séries temporais, perfis de tubulação, mapas de pressões, frequências e outros.

Segue a descrição de algumas das características pertinentes ao módulo de simulação hidráulica do software EPANET:

- Dimensão ilimitada da rede em termos de número de elementos;
- Cálculo da perda de carga contínua nas tubulações de acordo com a fórmula de *Hazen-Williams*, de *Chezy-Manning* ou de *Darcy-Weisbach*;
- Consideração das perdas de carga localizadas em peças, como perdas em curvas, ampliações e reduções, etc;
- Modelação de bombas de velocidade constante ou variável;
- Cálculo da energia de bombeamento e do respectivo custo;
- Modelação dos principais tipos de válvulas como de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de vazão;
- Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável de diversas formas, a partir de curvas de volume em função da altura do nível de água;
- Adição de múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação temporal;
- Modelação de dispositivos para os quais a vazão dependa da pressão no nó, como aspersores de rega. Estes dispositivos também podem ser utilizados para simular perdas em tubulações ou a vazão de combate a incêndio num nó;
- Configuração das condições de operação do sistema em controles simples, dependentes de uma só condição, como o período do dia, ou a altura de água em um reservatório de nível variável; ou em controles com condições múltiplas, como desligar / ligar a bomba e abrir / fechar a tubulação de *by-pass*, verificar quando a altura de água no reservatório de nível variável está acima / abaixo de um determinado valor especificado;
- Edição de uma propriedade para um grupo de objetos pertencentes a uma zona definida pelo utilizador;
- Exploração de diferentes possibilidades de visualização do mapa da rede a partir da personalização da caixa de diálogo de Opções do Mapa;
- Utilização de uma imagem de fundo no esquema da rede, em escala, evitando a necessidade da digitação do comprimento dos trechos;
- Criação de diferentes tipos de gráficos, tais como gráficos de perfil e gráficos de isolinhas;
- Adição de dados de medições ao projeto para calibração do modelo e visualização do relatório de calibração;

- Migração de gráficos e relatórios do mapa da rede para o *clipboard* ou para arquivos no formato de imagem ou como arquivo de dados ASCII;
- Importação / exportação de um cenário projetado, como por exemplo, um cenário com os consumos nodais correntes, ou um cenário de valores de rugosidade para as tubulações.

Nos próximos itens estão descritos as características do sistema estudado, o diagnóstico da situação atual e as intervenções necessárias em cada um dos cenários propostos.

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

2.1 Introdução

A região objeto de estudo deste relatório compreende uma grande parte da região litorânea do Município de Serra e parte do Município de Fundão, englobando, total ou parcialmente, os seguintes bairros: (i) de Serra - Coqueiral de Bicanga, Bicanga, Santa Rosa de Lima, Paraíso de Manguinhos, Loteamento Manguinhos, Loteamento Recanto dos Profetas, Sítio das Esmeraldas, Loteamento Brasil, Ourimar, Condomínio Mar Azul, Loteamento Sítio Irema, Loteamento Estados Unidos, Portal de Jacaraípe, Castelândia, Parque Jacaraípe, São Patrício, Estância Monazítica, Verdes Mares, Costa Dourada, Residencial Jacaraípe, Bairro das Laranjeiras, Jardim Atlântico, Lagoa de Jacaraípe, Conjunto Magistrado, São Francisco, Enseada de Jacaraípe, Praia de Capuba, Costa Bela, Loteamento Potiguara, São João, Marbella, Bairro Novo, Boa Vista, Nova Almeida, Benetti, Reis Magos, Serramar, Parque Santa Fé, Loteamento Miramar, Praiamar, Parque Jardim, Vila Luciano, Parque das Gaivotas, Bairro das Flores, Vila Nova de Colares, Nova Zelândia, Chácaras Maringá, Residencial Aquarius; e (ii) os seguintes bairros de Fundão - Praia Grande, Direção, Vila Tongo, Mirante da Praia I e Mirante da Praia II e Enseada das Garças.

A área de estudo contempla as regiões de Bairro das Flores, Jacaraípe, Nova Almeida e Praia Grande, as quais constituem setores independentes segundo o estudo do Planejamento Global. A Figura 2.1 a seguir apresenta a localização desta área de estudo.

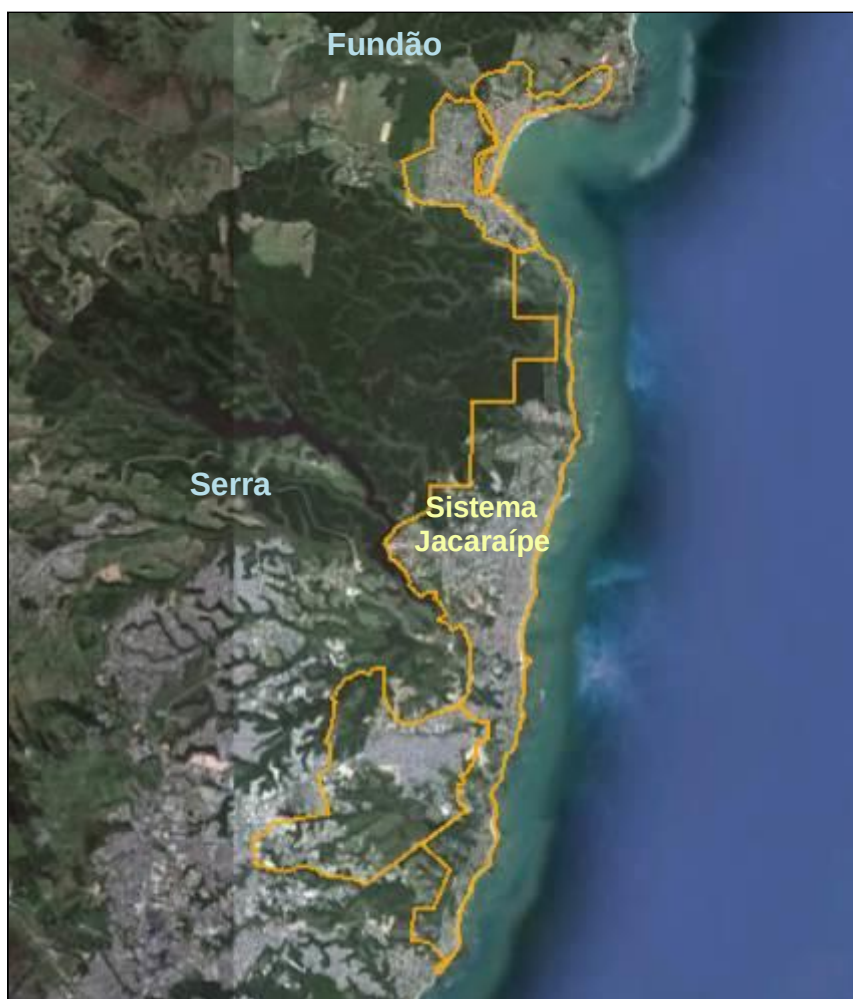


Figura 2.1 – Localização da área de estudo.

O estudo desta área tem como principais objetivos: (i) garantir um abastecimento contínuo para a população residente na área, (ii) facilitar a operação do sistema com a separação em setores menores e a criação de seus distritos de medição e controle, (iii) otimizar as pressões no sistema com a criação, readequação ou eliminação de *boosters* e área controladas por válvulas redutoras de pressão, e (iv) criar condições para implantação do programa de controle e redução de perdas.

2.2 Características das Unidades Existentes

A área de estudo é abastecida pelo Reservatório Enterrado Planalto, situado no Complexo Planalto. O recalque é realizado por duas unidades de bombeamento (UB) na Elevatória Planalto que operam independentemente pelas linhas DN500 e DN400. Estas unidades abastecem a região de Bairro das Flores e Castelândia, hoje sem reserva, e o Reservatório Apoiado Jacaraípe. Deste reservatório partem as bombas da Elevatória Jacaraípe, com unidades que abastecem o Reservatório Elevado Jacaraípe e o Reservatório Nova Almeida.

O Reservatório Elevado Jacaraípe abastece parte do Setor Jacaraípe; já o Reservatório Nova Almeida abastece os setores Nova Almeida e Praia Grande. O Setor Bairro das Flores e a região de Castelândia são abastecidos diretamente pelo recalque nas linhas DN400 e DN350, respectivamente, que fazem parte de uma mesma unidade de bombeamento.

A partir Figura 2.2 pode ser observado um desenho esquemático da macro distribuição descrita do sistema Jacaraípe atualmente.

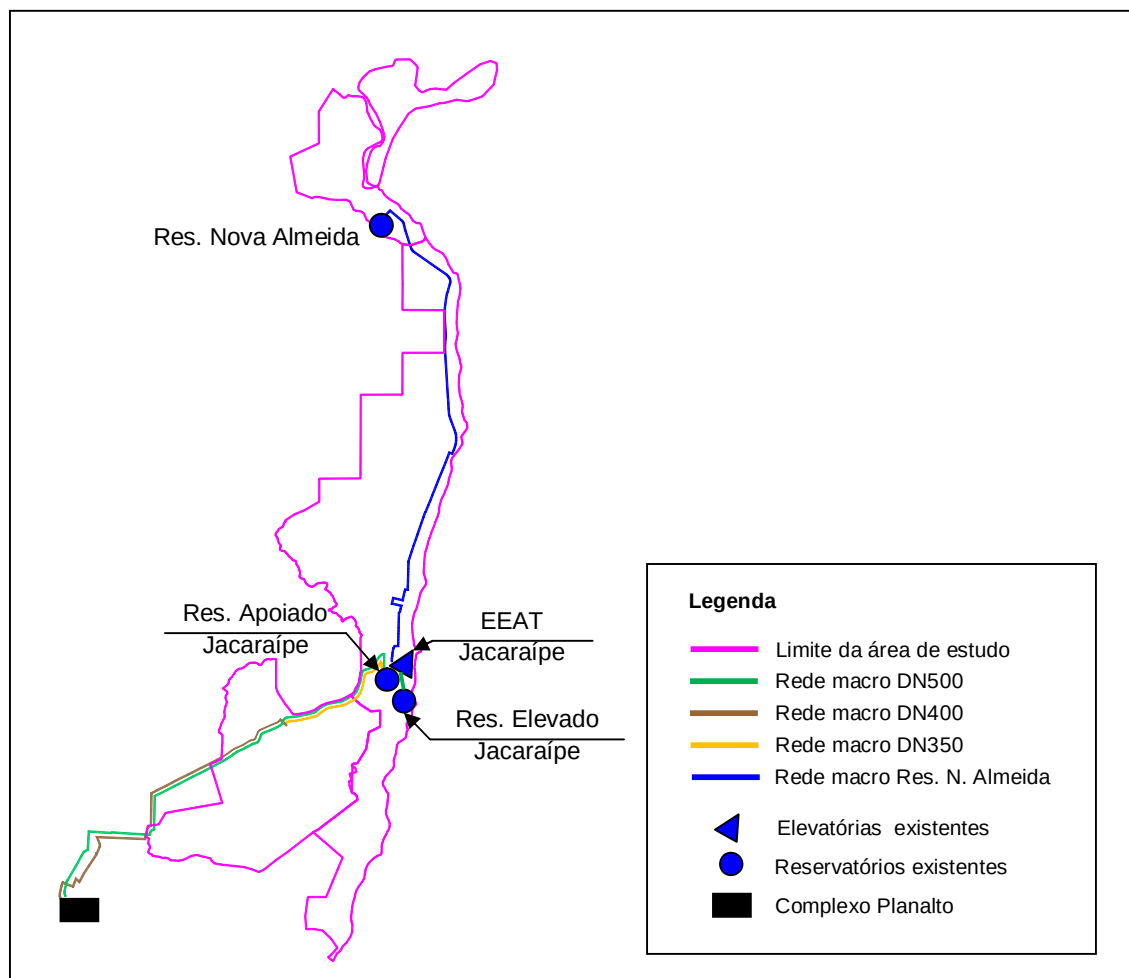


Figura 2.2 ĩ Rede de macro distribuição do sistema Jacaraípe.

O sistema de distribuição de água existente na área de estudo é formado por reservatórios, elevatórias, *boosters*, adutoras, válvulas de controle e redes de distribuição. A

Figura 2.3 apresenta a localização das principais unidades de abastecimento de água existentes na área de estudo. Posteriormente, é apresentada uma breve descrição destas unidades.

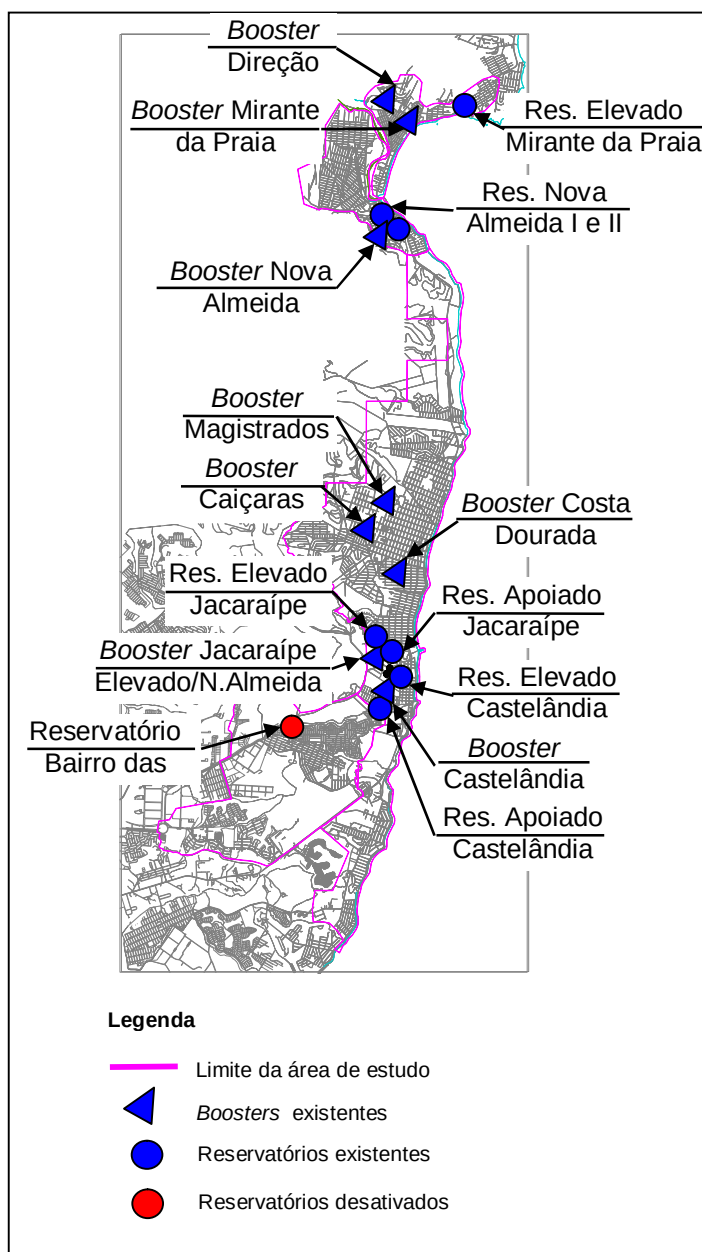


Figura 2.3 ĩ Área de estudo e principais unidades do sistema.

2.2.1 Complexo Planalto

O Complexo Planalto situa-se na área da ETA V no Bairro Carapina. O complexo é composto por um Reservatório Enterrado e um Elevado, e pela Elevatória Planalto. A Elevatória Planalto por sua vez é composta por uma série de bombas que utilizam como poço de sucção o tanque de contato do Reservatório Enterrado. Atualmente existem 11 unidades de bombeamento, sendo: duas para a VALE, uma para a Arcelor Mittal (fora de operação), uma para a linha DN700, duas para Bairro das Flores, três para o Reservatório Elevado e duas para Jacaraípe.

A seguir é apresentada uma breve descrição do Reservatório Enterrado Planalto e da Elevatória Planalto, unidades responsáveis pelo abastecimento da área de estudo.

2.2.1.1 Reservatório Enterrado Planalto

O Reservatório Enterrado Planalto é um reservatório de concreto, enterrado, com capacidade para 10 000 m³, composto por 2 (duas) células de (4.4 x 4.8) m e 5.3 m de altura, que recebe toda a produção da ETA V de Carapina (Figura 2.4). É também a unidade que funciona como tanque de contato da estação de tratamento, de onde partem todas as unidades de bombeamento da Elevatória Planalto, conforme citadas anteriormente.



Figura 2.4 ï Reservatório Enterrado Planalto.

Este reservatório possui cota de fundo de 26.2 m e de nível máximo de 30.8 m.

2.2.1.2 Elevatória Planalto

Das 11 unidades de bombeamento que fazem parte da Elevatória Planalto (Figura 2.5), duas são responsáveis pelo abastecimento de Bairro das Flores e duas abastecem Jacaraípe, englobando também Nova Almeida e Praia Grande. Dos conjuntos elevatórios que abastecem Bairro das Flores, o recalque é realizado por uma adutora DN400. Já o abastecimento de Jacaraípe e adjacências é realizado por um adutora DN500.



Figura 2.5 – Vistas da Elevatória Planalto.

As características dos conjuntos elevatórios da Elevatória Planalto que alimentam a região de Bairro das Flores podem ser observadas na Tabela 2.1. Dos dois conjuntos elevatórios existentes há apenas um em operação sendo o outro reserva.

Tabela 2.1 – Características dos conjuntos motobombas – Elevatória Planalto (unidade de bombeamento Bairro das Flores).

Características	
Fabricante	Flowserve
Modelo	8 QL85B
Rotor (polegadas)	7.90
Vazão bomba (m ³ /h)	535
Altura manométrica (mca)	37.5
Potência (cv)	125
Frequência (rpm)	3550

Os dois conjuntos moto-bombas que alimentam o Setor Jacaraípe são semelhantes, sendo que nos períodos de maior demanda ambos operam continuamente deixando o sistema muito vulnerável, sem a opção de conjunto reserva. As características desses conjuntos estão apresentadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 ĩ Características dos conjuntos motobombas ĩ Elevatória Planalto (unidade de bombeamento Jacaraípe).

Características	
Fabricante	Worthington
Modelo	12 QL-12B
Rotor (polegadas)	11.97
Vazão bomba (m ³ /h)	864
Altura manométrica (mca)	31
Potência (cv)	150
Frequência (rpm)	1775

2.2.2 Reservatórios

2.2.2.1 Reservatórios Jacaraípe

São dois os reservatórios Jacaraípe: um apoiado e outro elevado e estão localizados na região de Jacaraípe segundo o estudo do Planejamento Global. O reservatório apoiado está implantado na cota 17.1 m e possui dimensões aproximadas de (37.5 x 31) m e altura de 4.6 m, resultando num volume aproximado de 5000 m³. Esta unidade funciona como poço de sucção da elevatória Jacaraípe, que alimenta o reservatório elevado, responsável pelo abastecimento da região de Jacaraípe e Manguinhos.

O reservatório elevado está implantado na cota 43.0 m, tem capacidade para 1 500 m³, e é composto por câmara única e 3.9 m de altura. A Figura 2.6 apresenta uma imagem dos Reservatórios apoiado e elevado de Jacaraípe.



Figura 2.6 ĩ Reservatório Jacaraípe

2.2.2.2 Reservatórios Nova Almeida

Analogamente aos Reservatórios Jacaraípe, são dois os reservatórios Nova Almeida: um apoiado e outro elevado. Ambos estão localizados no setor Nova Almeida segundo o estudo do Planejamento Global.

O Reservatório Apoiado está implantado na cota 27.9 m, tem capacidade para 2 400 m³ e possui 4.0 m de altura. Já o Reservatório Elevado, responsável pelo abastecimento de uma pequena região de cotas elevadas, possui capacidade de 50 m³, altura de 4.3 m e está instalado em cota 43.2 m. A Figura 2.8 apresenta uma imagem dos reservatórios apoiado e elevado de Nova Almeida.



Figura 2.7 ĩ Vistas dos Reservatórios Nova Almeida.

2.2.2.3 Reservatórios Castelândia

O Reservatório Apoiado Castelândia possui duas câmaras com capacidade total de 1200 m³. Instalado na cota 18.4 m, possui altura de 3.5 m. O Reservatório Elevado Castelândia é abastecido pelo booster Castelândia com água proveniente do Reservatório Apoiado. É um reservatório com capacidade de 350 m³, com cota de instalação em 42.8 m e altura de 2.85 m. Ambos estão localizados no Setor de Jacaraípe, segundo o estudo do Planejamento Global. A Figura 2.8 apresenta uma imagem dos reservatórios apoiado e elevado de Castelândia.



Figura 2.8 ĩ Vistas dos Reservatórios Castelândia.

2.2.2.4 Reservatório Mirante da Praia (Praia Grande)

O Reservatório Mirante da Praia localiza-se na Av. Orquídea, no setor de Praia Grande, segundo o estudo do Planejamento Global. Este reservatório possui capacidade de

reservação de 100 m³, está instalado na cota 34 m com altura máxima de 4 m. A Figura 2.9 apresenta uma imagem do Reservatório Mirante da Praia.



Figura 2.9 i Vista do Reservatório Mirante da Praia.

2.2.2.5 Reservatório Bairro das Flores

O Reservatório Bairro das Flores está localizado na rua das Orquídeas, em Bairro das Flores, no setor de mesmo nome, segundo o estudo do Planejamento Global. O reservatório é do tipo elevado e possui capacidade de 200 m³. Atualmente este reservatório encontra-se desativado.

2.2.3 Boosters e elevatórias

A região em estudo conta com nove unidades de recalque em operação: Direção, Mirante da Praia, Nova Almeida, Magistrados, Caiçaras, Costa Dourada, Jacaraípe-Elevado, Jacaraípe-Nova Almeida e Castelândia; além das unidades de bombeamento da Elevatória Planalto descritas anteriormente.

É importante ressaltar que o cadastro dos conjuntos moto-bombas utilizados pela CESAN encontra-se desatualizado e com várias lacunas em branco. Dessa forma, alguns dados utilizados na simulação foram fornecidos diretamente pelos técnicos da CESAN, e outros, como altura manométrica e vazão, foram ajustados pelo EPANET.

A seguir, são apresentadas a descrição e as características particulares de cada uma das unidades de recalque estudadas.

2.2.3.1 Booster Direção

O *Booster* Direção apresenta dois conjuntos moto-bomba responsáveis pelo abastecimento do Bairro Direção e funciona com um conjunto operando e um de reserva. Está localizado no setor de Praia Grande segundo o estudo do Planejamento

Global. Suas instalações físicas encontram-se em bom estado de conservação, como pode ser verificado na Figura 2.10.



Figura 2.10 – Vistas do *Booster Direção*.

A Tabela 2.3 apresenta as principais características do conjunto moto-bomba utilizado no *Booster Direção*.

Tabela 2.3 – Características dos conjuntos moto-bomba – *Booster Direção*.

Características	
Fabricante	KSB
Modelo	40-125
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	-
Frequência (rpm)	3500
Inversor de Frequência	Não
Telemetria	Sim

2.2.3.2 *Booster Mirante da Praia*

O *booster* Mirante da Praia é responsável por realizar o recalque da água que irá abastecer o Reservatório Mirante da Praia. Este booster localiza-se na rua Rio de Janeiro, no setor de Praia Grande segundo o estudo do Planejamento Global, e possui apenas um conjunto moto-bomba.

A Tabela 2.4 apresenta as principais características dos conjuntos moto-bomba utilizados no *Booster Mirante da Praia*.

Tabela 2.4 – Características dos conjuntos moto-bomba – *Booster Mirante da Praia*.

Características	
Fabricante	Meganorm
Modelo	32-160
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	-
Frequência (rpm)	3500
Inversor de frequência	Não
Telemetria	Sim

2.2.3.3 *Booster Nova Almeida*

O *booster* Nova Almeida está situado na Av. Reis Magos, no bairro e setor de mesmo nome, segundo o estudo do Planejamento Global, e abastece o Reservatório Elevado Nova Almeida. A elevatória conta com 2 conjuntos moto-bomba. Suas instalações físicas encontram-se em bom estado de conservação como pode ser observado nas imagens da Figura 2.11.

Figura 2.11 – Vistas do *booster* Nova Almeida.

A Tabela 2.5 apresenta as principais características do conjunto moto-bomba utilizado no *booster* Nova Almeida.

Tabela 2.5 ĩ Características dos conjuntos moto-bomba ĩ *Booster Nova Almeida.*

Características	
Fabricante	KSB
Modelo	Meganorm 32-160
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	-
Frequência (rpm)	3500
Inversor de Frequência	Não
Telemetria	Sim

2.2.3.4 *Booster Magistrados*

O *Booster Magistrados* está situado na rua Guarani no bairro Conjunto Magistrados, setor de Jacaraípe segundo o estudo do Planejamento Global. Este *booster* conta com apenas dois conjuntos moto-bomba e suas instalações encontram-se em bom estado de conservação. A Figura 2.12 apresenta imagens do *booster* Magistrados.

Figura 2.12 ĩ Vistas do *booster* Magistrados.

A Tabela 2.6 apresenta as principais características do conjunto moto-bomba utilizado no *Booster Magistrados*.

Tabela 2.6 ĩ Características do conjunto moto-bomba ĩ *Booster Magistrados*.

Características	
Fabricante	Dancor
Modelo	620 TJM
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	5
Frequência (rpm)	3550
Inversor de frequência	Não
Telemetria	Sim

2.2.3.5 *Booster Caiçaras*

O *Booster Caiçaras* está situado na rua de mesmo nome no Bairro das Laranjeiras, setor de Jacaraípe segundo o Estudo do Planejamento Global, e abastece a região elevada da Rua Caiçaras. Este *booster* opera com apenas um conjunto moto-bomba e suas instalações encontram-se em bom estado de conservação, conforme observado na Figura 2.13.

Figura 2.13 ĩ Fotos do *Booster Caiçaras*.

A Tabela 2.7 apresenta as principais características do conjunto moto-bomba utilizado no *Booster Caiçaras*.

Tabela 2.7 ĩ Características do conjunto moto-bomba ĩ *Booster Caiçaras*.

Características	
Fabricante	KSB
Modelo	Hidrobloc C 3000 N
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	3
Frequência (rpm)	1780
Inversor de frequência	Não
Telemetria	Não

2.2.3.6 *Booster Costa Dourada*

O *Booster Costa Dourada* localiza-se na rua Guaracy no bairro Jardim Atlântico, setor de Jacaraípe, segundo o estudo do Planejamento Global. Este *booster* opera com apenas um conjunto moto-bomba e abastece parte dos bairros Costa Dourada e Residencial Jacaraípe.

A Tabela 2.8 apresenta as principais características dos conjuntos moto-bomba utilizados no *Booster Costa Dourada*.

Tabela 2.8 ĩ Características dos conjuntos moto-bomba ĩ *Booster Costa Dourada*.

Características	
Fabricante	Dancor
Modelo	667 TJM
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	10
Frequência (rpm)	3500
Inversor de frequência	Sim
Telemetria	Sim

2.2.3.7 *Elevatória Jacaraípe*

A região em estudo conta com a Estação Elevatória Jacaraípe, que utiliza o Reservatório Apoiado Jacaraípe como poço de sucção. Esta elevatória conta com quatro conjuntos elevatórios, dos quais dois recalcam para o Reservatório Elevado Jacaraípe e dois para o Reservatório Nova Almeida. Todas essas unidades estão localizadas no Setor Jacaraípe, segundo o estudo do Planejamento Global. Suas instalações encontram-se em boas condições de conservação, como podem ser observado na fotografia apresentada na Figura 2.14.



Figura 2.14 – Vistas da Elevatória Jacaraípe/Nova Almeida.

A Tabela 2.9 apresenta as principais características dos conjuntos moto-bomba utilizados na Elevatória Jacaraípe/Nova Almeida.

Tabela 2.9 – Características dos conjuntos moto-bomba – EEAT Jacaraípe/Nova Almeida.

Características	
Fabricante	KSB
Modelo	RDL 150-430A
Rotor (mm)	410
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	125
Frequência (rpm)	1750
Inversor de frequência	Não
Telemetria	Sim

A Tabela 2.10 apresenta as principais características dos conjuntos moto-bomba utilizadas na Elevatória Jacaraípe/Elevado.

Tabela 2.10 – Características do conjunto moto-bomba – EEAT Jacaraípe/Elevado.

Características	
Fabricante	KSB
Modelo	RDL 200-400A
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	125
Frequência (rpm)	1750
Inversor de frequência	Não
Telemetria	Sim

2.2.3.8 Elevatória Castelândia

A Elevatória Castelândia localiza-se na Rua T, no bairro de mesmo nome, próximo aos reservatórios Castelândia, setor de Jacaraípe, segundo estudo do Planejamento Global. A elevatória conta com três conjuntos moto-bomba, no entanto apenas um conjunto elevatório encontra-se em funcionamento, sendo responsável pelo abastecimento do Reservatório Elevado. Suas instalações encontram-se em boas condições de conservação, como podem ser observadas nas fotografias apresentadas na Figura 2.15.



Figura 2.15 – Vistas da elevatória Castelândia.

A Tabela 2.11 apresenta as principais características dos conjuntos moto-bomba utilizados na Elevatória Castelândia.

Tabela 2.11 – Características dos conjuntos moto-bomba – Elevatória Castelândia.

Características	
Fabricante	KSB
Modelo	Meganorm 65-160
Vazão bomba (m ³ /h)	-
Altura manométrica (mca)	-
Potência (cv)	20
Frequência (rpm)	3500
Inversor de frequência	Não
Telemetria	Sim

2.2.4 Adutoras e Rede de Distribuição

De acordo com o cadastro da rede de distribuição da CESAN, as adutoras e as redes de distribuição da área estudada apresentam diâmetros variando entre 20 e 600 mm, totalizando um comprimento de aproximadamente 486 km. Os comprimentos por diâmetro estão relacionados na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Comprimentos das redes de distribuição e das adutoras existentes por diâmetro.

Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
20	50
25	373
32	2 532
40	13 134
50	299 503
75	40 449
100	28 964
150	28 021
200	8 160
250	6 415
300	16 762
350	4 149
400	21 661
500	13 896
600	2 048
Total	486 116

3 DADOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO

3.1 Economias, População e Demanda

3.1.1 Introdução

Na avaliação do número de economias, da população e da demanda da área de estudo foram utilizadas as informações do banco de dados da CESAN, que apresenta a localização das ligações e o número de economias a elas relacionadas (INFOGEO).

Inicialmente traçou-se um polígono delimitando a área de influência do setor, que norteou as ações subsequentes. A partir da determinação exata da área de influência tornou-se possível levantar a posição das ligações e o número de economias a ela associadas.

Com o traçado da rede e o posicionamento das ligações traçaram-se polígonos de influência para cada nó da rede, e determinou-se o número de economias existentes em cada um destes polígonos. Esta informação reflete o percentual de consumo a ser atribuído em cada nó do modelo.

3.1.2 Parâmetros Utilizados

Os dados apresentados a seguir referem-se às dimensões do sistema utilizado no processo de calibração do setor.

O número de economias foi determinado de acordo com os dados do INFOGEO.

- Número de economias: 36 091 unidades;

Na determinação da população residente no setor foi utilizado o índice de atendimento apresentado pelo SINCOP e a densidade demográfica baseada no crescimento populacional previsto no Planejamento Global, portanto:

- Índice de atendimento: 100%;
- Densidade demográfica: 3.2 hab/economia;
- População residente: 115 491 hab.

O volume de água distribuído no setor foi determinado pelo balanço das macromedidas em dez pontos distintos, sendo dois na entrada do setor e oito nas redes de macrodistribuição. A vazão micromedida foi obtida através do INFOGEO.

- Consumo macromedido: 357.6 l/s.
- Consumo micromedido: 231.3 l/s.

Os valores de vazão medidos permitiram determinar um padrão de consumo específico para as regiões com características diferentes de abastecimento e consumo.

É importante ressaltar que os valores de vazão medidos em elevatórias não reproduzem exatamente a variação de consumo da sua área de influência, uma vez que parte da água que passa pela elevatória não é consumida imediatamente, mas armazenada para posterior consumo. Entretanto, esses valores de vazão medidos são importantes no refinamento da calibração do sistema, por isso optou-se por adotar 14 padrões de consumo para a área de estudo.

A Figura 3.1 apresenta um mapa temático da área de estudo com a distribuição espacial dos padrões de consumo utilizados, enquanto a Figura 3.2 e a Figura 3.3 apresentam as curvas destes padrões.

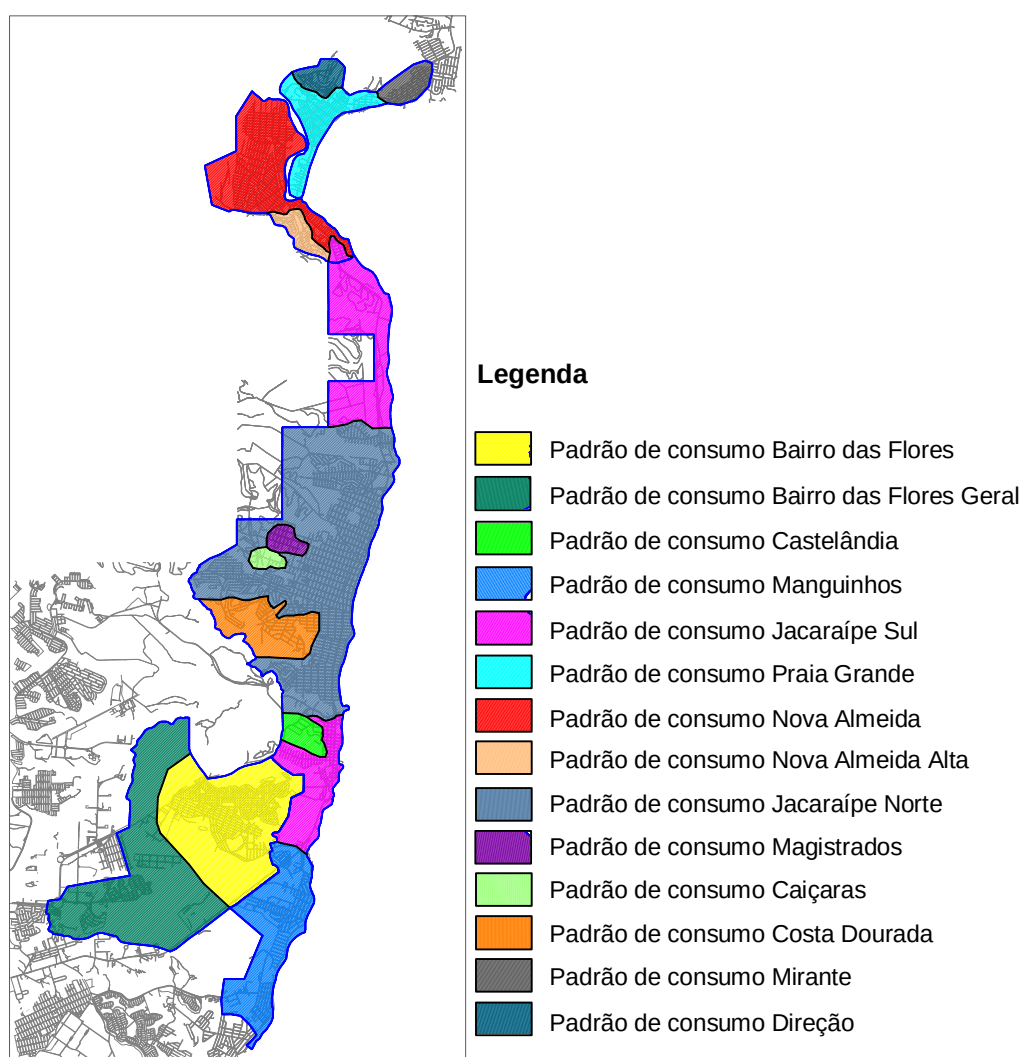


Figura 3.1 ĩ Distribuição espacial dos padrões de consumo Sistema Jacaraípe.

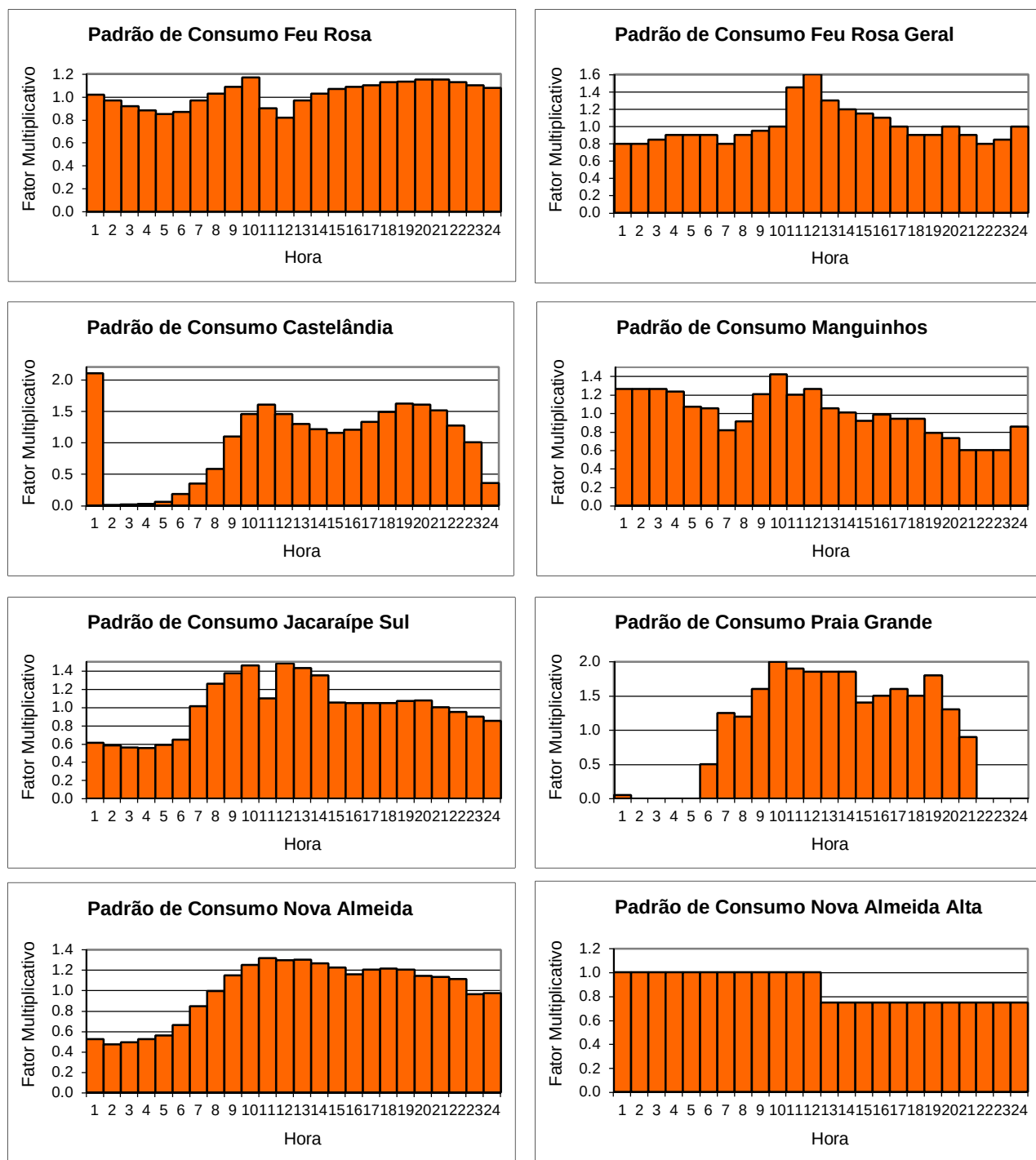


Figura 3.2 ĩ Padrões de consumo nodal utilizados no Sistema Jacaraípe.

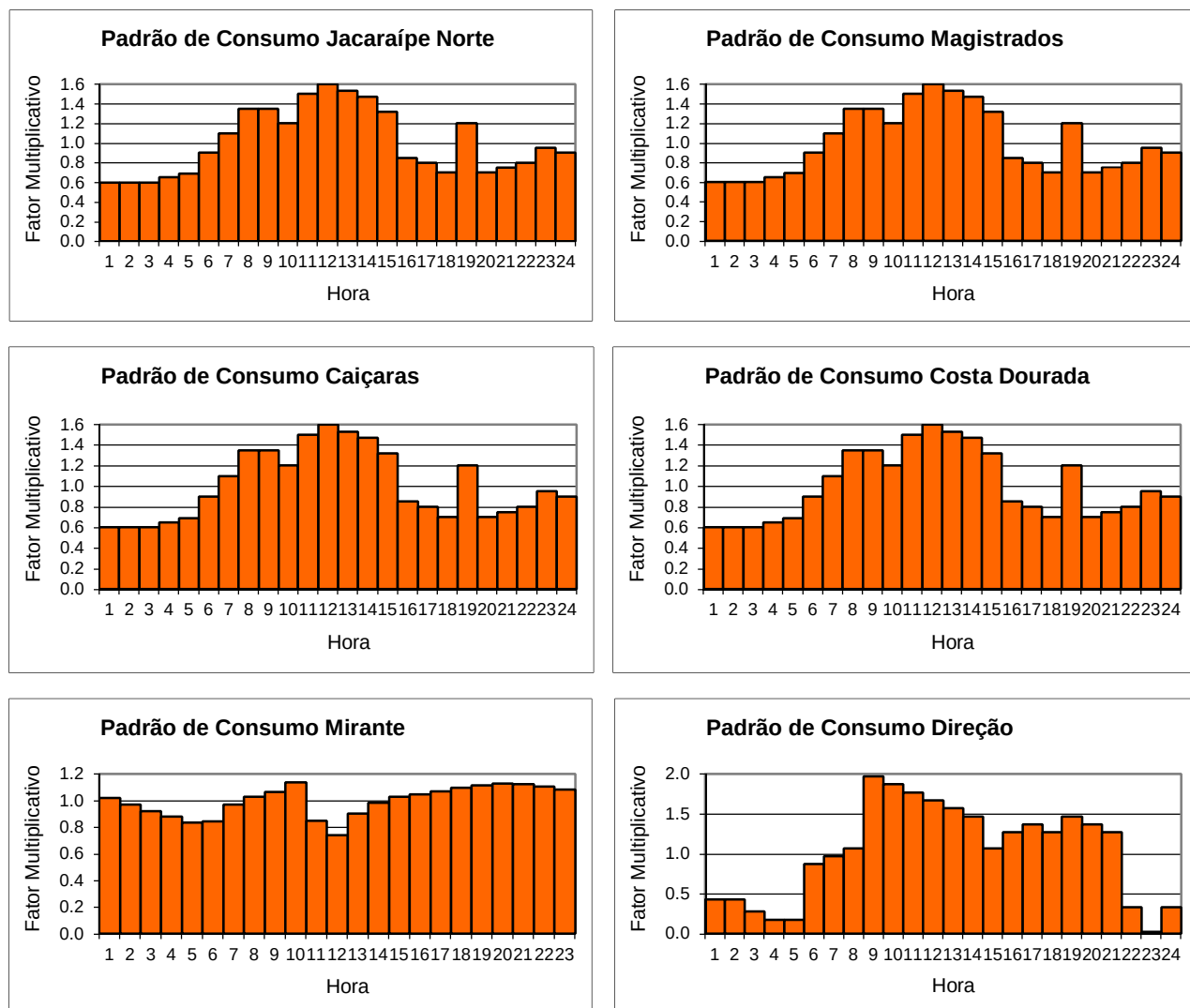


Figura 3.3 ĩ Padrões de consumo nodal utilizados no Sistema Jacaraípe.

3.2 Perdas no Sistema

A simulação hidráulica do setor não contempla um estudo detalhado de perdas no sistema de distribuição. Para determinação do volume total de perdas no sistema subtraí-se o volume macromedido do setor pelo volume micromedido fornecido pela contratante. Posteriormente, este volume é dividido em duas parcelas: (i) uma correspondendo às perdas aparentes ou comerciais, e (ii) a outra, referindo às perdas reais.

As perdas aparentes (ou perdas não físicas de água) são constituídas pelos consumos não autorizados - furto a uso ilícito, e pelos erros de medição dos hidrômetros. As perdas reais (ou perdas físicas de água) correspondem ao volume perdido no sistema de adução e distribuição através de fugas, rupturas e extravasamentos e que podem ocorrer na captação, adução, tratamento, reserva e distribuição (incluindo os ramais de serviço), até ao hidrômetro do cliente.

Conforme acordo com os técnicos da CESAN, as parcelas de perdas reais e perdas aparentes correspondem respectivamente a 35% e 65% das perdas totais encontradas no setor. Para a área de estudo, portanto, as perdas são distribuídas da seguinte forma:

- Perdas Totais: 126.3 l/s;
- Perdas Reais: 44.2 l/s;
- Perdas Aparentes: 82.1 l/s.

A parcela de perdas aparentes ou comerciais é tratada exatamente como consumo, ou seja, é distribuída entre os nós do modelo conforme metodologia apresentada no subitem 1.2.1, e acaba por sofrer variação horária conforme curva de consumo pré-estabelecida.

A parcela de perdas reais é distribuída por todos os nós do modelo, sendo ponderada pelo comprimento de todos os trechos que convergem para este ponto, uma vez que visam reproduzir a água perdida por vazamentos existentes nas tubulações. Esta parcela de perdas sofre variação horária proporcional as pressões existentes nos respectivos nós.

Dessa forma, o consumo efetivo do setor é dado pelo volume macromedido subtraindo-se deste as perdas reais. A Tabela 3.1 apresenta um resumo dos dados de consumo para a área de estudo.

Tabela 3.1 – Resumo dos dados de consumo.

Vazão macromedida	357.6 l/s
Consumo micromedido (INFOGEO)	231.3 l/s
Índice de perdas total	35%
Volume total de perdas	126.3 l/s
- Volume de perdas físicas (35%)	44.2 l/s
- Volume de perdas aparentes (65%)	82.1 l/s
Índice de perdas por ligação	0.00965 l/s.lig
Volume efetivamente consumido	313.4 l/s
População residente	115 491 hab
Per capita efetivo	234.5 l/hab/dia

4 DIAGNÓSTICO

4.1 Introdução

Para otimizar a gestão de sistemas de abastecimento de água é necessário conhecer, em pormenor, a forma como o consumo de água se processa no tempo e no espaço, assim como os fatores que o afetam e o condicionam. Trata-se de um problema muito abrangente, cuja solução deve se basear na conjugação de informações inerentes a várias áreas de conhecimento, tais como: a técnica, a operacional, a de manutenção e a de obras.

A definição da concepção operacional de um sistema de abastecimento de água constitui-se por um conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e informações necessárias para caracterizar tal sistema. A caracterização física dos componentes do sistema em conjunto com as informações pertinentes ao consumo de água do setor é de fundamental importância para a modelagem hidráulica e conseqüentemente para o diagnóstico do sistema estudado. O diagnóstico do sistema foi determinado a partir do *software* EPANET com base no modelo matemático do sistema, devidamente calibrado.

4.2 Dados utilizados

Para calibrar o sistema é necessário dispor de medições de campo de alguns parâmetros do sistema. Neste estudo foram obtidas medições de pressão e de vazão em vários pontos da área de estudo. Contou-se também com dados de nível de reservatórios, obtidos através de telemetria.

Para o presente sistema, as medições horárias de pressão e vazão, que compreendem um levantamento continuado desses valores, teve início às 16:00 horas do primeiro dia e término às 16:00 horas do terceiro dia. Essa metodologia fornece apenas um dia de 24 horas ininterruptas. O primeiro e terceiro dia servem como balizadores para o comportamento da vazão e pressão de determinado ponto de medição.

As medições do sistema foram programadas para ocorrerem entre os dias 23 e 25 de agosto de 2010 (primeira campanha). Contudo, algumas intercorrências durante as medições conduziram a mais dois períodos de levantamentos: entre os dias 30 e 31 de agosto (segunda campanha) e, de 05 a 07 de setembro (terceira campanha). A maioria dos pontos foram contemplados na primeira campanha. Na segunda campanha foram levantados os pontos P09 (recalque da Elevatória Nova Almeida), P17 (sucção, recalque e nível dos reservatórios apoiado e elevado de Castelândia) e P40 (pressão de final de rede em Bairro das Flores). Na terceira campanha foram medidos os seguintes pontos: P35 (vazão e pressão no recalque de Planalto para Jacaraípe),

P01(vazão e pressão na rede Planalto-Jacaraípe, nas imediações da entrada para Bairro das Flores) e P02 (vazão e pressão na chegada do reservatório apoiado de Jacaraípe).

Durante a calibração do sistema de Jacaraípe foi identificada uma possível obstrução na rede que abastece a região de Costa Dourada e vizinhanças. Tal fato foi apresentado à CESAN em reunião específica. Na ocasião levantou-se a necessidade de uma nova campanha para medição de pontos de pressão (quarta campanha). Sob a supervisão dos senhores Nilton Duarte e Marcos Casotto (técnicos do setor de distribuição da CESAN). Essa campanha extra, veio a cabo no início do mês de abril, compreendendo leituras de pressão entre os dias 25 e 30 de março de 2011.

A localização dos pontos de medição foi determinada pela GANEM, em conjunto com a equipe de pitometria da CESAN, visando o melhor aproveitamento das estações pitométricas existentes na área de estudo. Os resultados obtidos serão apresentados a seguir.

Para a calibração do setor Jacaraípe foram realizadas medições de vazão em doze pontos do sistema e, medições de pressão em quarenta pontos. Foram obtidos dados dos níveis dos reservatórios de: Planalto, Castelândia, Jacaraípe, Nova Almeida e Praia Grande. Foram medidos dados de pressão nos boosters/elevatórias: Planalto para Jacaraípe, Planalto para Bairro das Flores, Castelândia, apoiado de Jacaraípe para elevado de Jacaraípe, apoiado de Jacaraípe para apoiado de Nova Almeida, apoiado de Nova Almeida para elevado de Nova Almeida, Costa Dourada, Caiçaras, Magistrados, Direção e Mirante da Praia. A localização dos pontos de calibração está apresentada na Figura 4.1 e na Figura 4.2 .

As medições complementares realizadas pelo setor de distribuição contemplaram mais oito pontos de pressão, incluindo o ponto P12 que já fazia parte das medições iniciais, e permitiu a avaliação de algumas questões pertinentes ao funcionamento do sistema na época das primeiras medições.

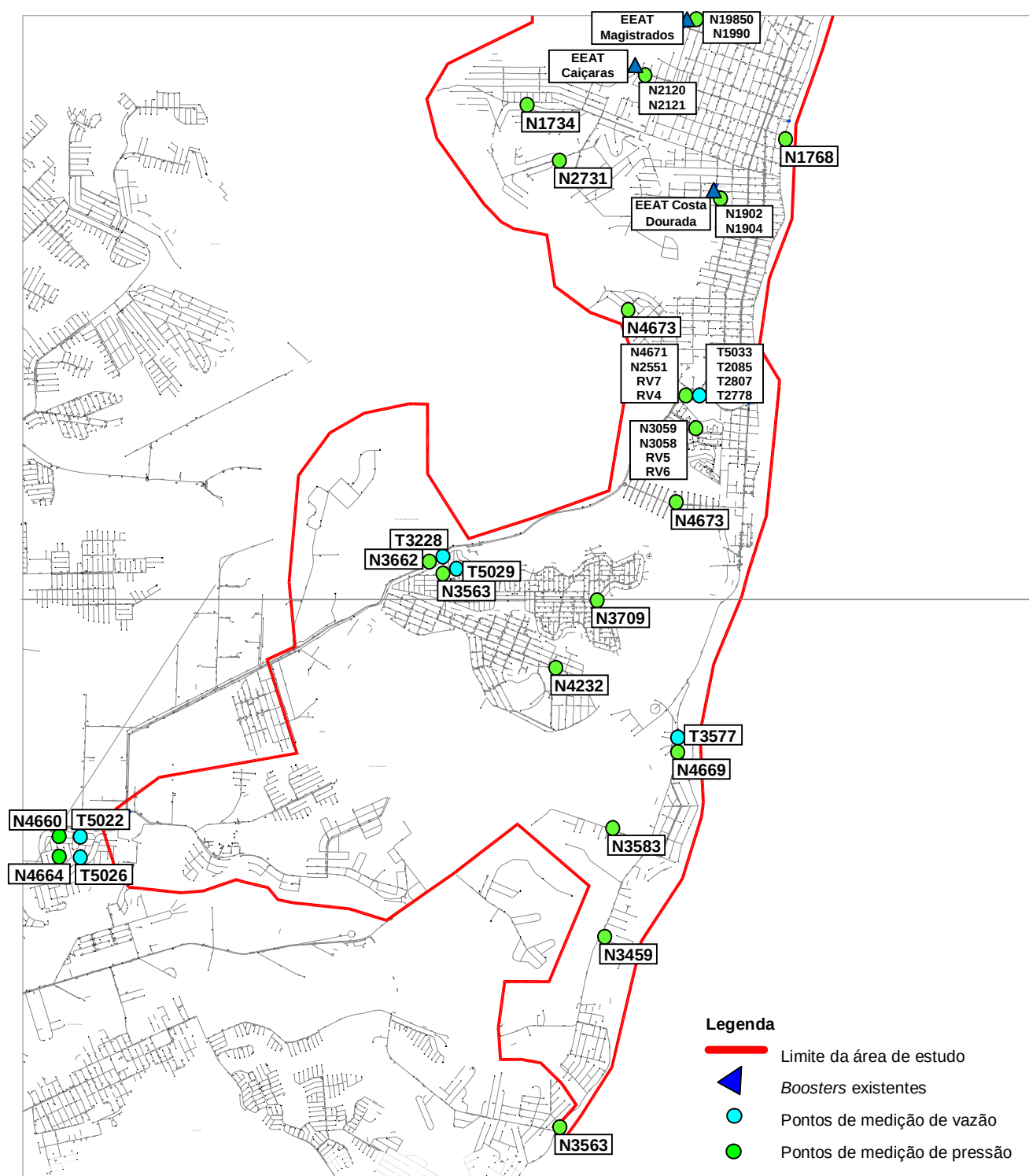


Figura 4.1 i Distribuição espacial dos pontos de medição dos setores Planalto, Bairro das Flores, Castelandia, Jacaraípe Sul, parte de Jacaraípe Norte e Mangunhos.

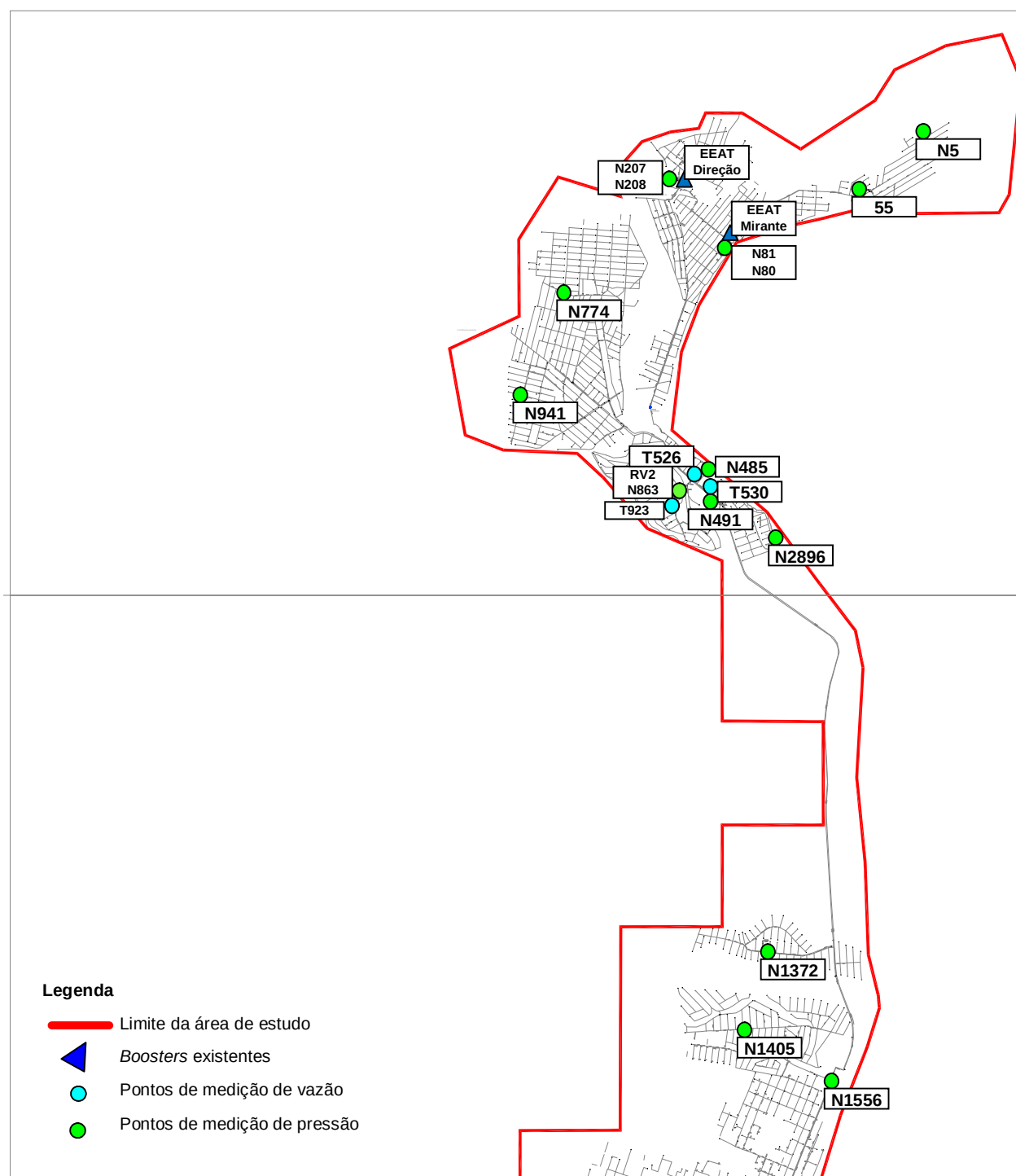


Figura 4.2 ĩ Distribuição espacial dos pontos de medição dos setores Jacaraípe Norte, Nova Almeida e Praia Grande.

Os resultados das medições de vazão e pressão foram agrupados em gráficos diários, com o intuito de facilitar a análise e de verificar possíveis inconsistências nas medições. A Figura 4.3 e a Figura 4.4 apresentam exemplos dos gráficos diários para vazão e pressão, respectivamente.

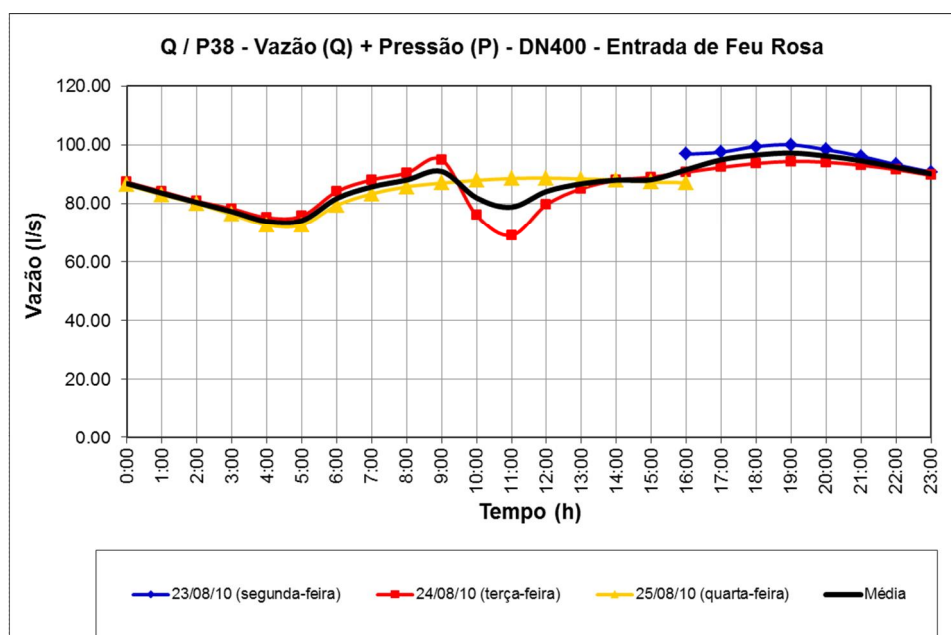


Figura 4.3 ĩ Gráfico diário de vazão do ponto de medição P38.

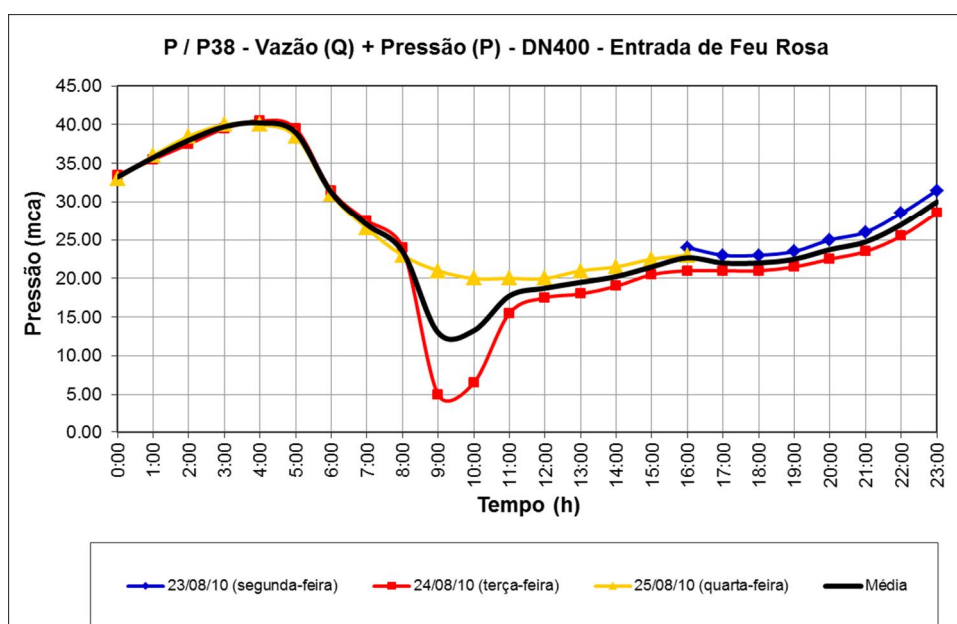


Figura 4.4 ĩ Gráfico diário de pressão do ponto de medição P38.

O período de medição, dos valores de pressão e vazão adotado para o presente trabalho, é de três dias consecutivos. O segundo dia apresenta melhor continuidade temporal. Dessa forma optou-se pela utilização dos valores de pressão e vazão registrados no segundo dia.

A Tabela 4.1 apresenta os resultados das medições de vazão obtidas para os pontos de medição. Estes pontos estão identificados pelo nome do trecho e pelos seus respectivos nós de montante e jusante, conforme utilizado no modelo e apresentado nas plantas do setor. Já as tabelas: Tabela 4.1, Tabela 4.2, Tabela 4.3, Tabela 4.4 e

Tabela 4.5 apresentam os resultados das medições de pressão obtidas para todos os pontos de medição. A Tabela 4.6 apresenta o resultado das medições de pressão do estudo complementar realizado pela equipe do setor de distribuição da CESAN. A identificação destes pontos é feita pelo nome do nó, conforme utilizado no modelo e apresentado nas plantas do setor.

Tabela 4.1 – Valores horários dos pontos de vazão medidos.

Tempo (h)	T3228	T5033	T2085	T2807	T2778	T530	T923	T526	T3577	T5022	T5026	T5029
	N2955 N3662	N2570 N4671	N2591 RV7	N2586 N4672	N2551 N1259	N491 N491	N860 N857	N485 N484	N3359 N4669	N4660 N4661	N4664 N2997	N3664 N4667
0	254.150	240.550	158.450	121.106	87.200	89.950	0.362	-	22.972	231.500	129.150	87.362
1	305.950	318.200	154.300	115.728	87.400	90.100	0.325	-	22.972	303.750	128.500	84.168
2	307.850	304.250	154.050	111.834	87.200	90.500	0.340	-	22.972	301.850	128.500	80.845
3	305.200	311.800	153.550	110.074	86.350	91.300	0.359	-	22.463	300.250	128.500	78.259
4	307.850	293.400	148.850	113.783	88.100	91.150	0.385	-	19.566	298.300	128.500	75.218
5	309.750	313.250	147.250	123.293	-	44.750	0.681	13.100	19.187	294.800	128.500	75.758
6	306.000	319.000	147.300	162.224	-	-	0.971	22.600	14.875	302.900	128.500	84.136
7	305.050	303.750	146.550	193.427	44.450	44.800	1.080	22.850	16.614	302.650	134.950	88.145
8	252.000	258.750	155.750	215.557	88.850	89.450	1.128	19.650	22.004	239.750	141.400	90.442
9	254.400	259.650	155.750	232.524	-	-	1.246	22.300	25.917	230.450	143.000	94.982
10	257.450	239.050	173.000	155.145	44.400	42.950	1.276	21.400	21.881	235.000	145.000	75.980
11	252.550	246.400	166.050	232.983	86.850	86.450	1.265	21.650	22.972	240.300	149.750	69.052
12	255.850	247.600	170.400	221.795	89.000	88.200	1.266	21.400	19.187	233.650	146.500	79.625
13	253.850	248.700	176.050	209.263	87.850	88.850	1.233	20.900	18.379	239.750	146.500	85.136
14	254.900	243.300	174.850	164.354	88.500	83.850	1.251	23.550	16.756	228.150	146.500	87.989
15	253.700	266.400	178.200	165.000	87.050	84.300	1.228	25.000	18.000	231.550	145.400	89.071
16	256.650	262.600	186.950	164.354	87.850	80.900	1.277	26.000	17.192	238.350	144.850	90.743
17	258.050	266.350	180.200	164.354	88.100	81.250	1.295	26.550	17.192	239.500	144.300	92.386
18	258.500	257.150	176.550	165.000	88.500	81.500	1.204	21.650	14.419	237.050	143.900	93.707
19	253.300	254.350	166.400	164.354	87.500	82.800	1.133	20.050	13.317	233.450	143.500	94.434
20	255.800	260.300	168.950	165.000	88.050	86.250	1.051	15.650	10.942	237.250	141.850	94.144
21	254.150	239.700	164.100	164.354	88.200	86.550	0.959	11.100	10.942	230.800	141.500	93.122
22	253.500	242.850	161.900	156.974	87.250	89.450	0.664	-	10.942	235.650	141.200	91.643
23	280.500	279.100	150.950	143.882	43.800	44.950	0.671	-	15.618	265.900	138.350	89.682

Tabela 4.2 – Valores horários dos pontos de pressão medidos.

Tempo (h)	N3662	N4671	RV4	RV7	N2551	N491	RV2	N485	N863	N55	N1902	N1904
0	8.300	4.800	1.388	1.251	34.000	34.300	1.415	4.250	23.925	0.125	24.380	37.045
1	11.550	4.850	1.412	1.624	33.950	34.300	1.750	5.450	21.720	0.810	25.150	38.070
2	11.650	4.950	1.428	2.025	34.400	34.300	2.090	5.500	18.585	1.050	25.685	38.840
3	11.700	4.950	1.459	2.407	33.750	34.400	2.435	5.500	18.470	1.140	26.225	38.200
4	11.700	5.100	1.491	2.789	33.900	34.400	2.754	4.200	22.190	19.440	26.380	38.455
5	11.800	5.150	1.610	3.105	6.800	32.350	2.960	8.300	18.070	20.115	26.455	38.200
6	11.900	5.200	1.903	3.248	13.600	30.350	2.671	12.900	21.880	20.410	24.535	34.230
7	11.850	5.200	2.118	3.086	24.450	32.300	2.342	12.400	22.525	19.815	21.915	30.000
8	8.600	5.100	2.157	2.723	34.600	34.300	2.316	13.450	22.330	5.745	19.765	28.330
9	8.600	5.100	0.881	1.595	-	25.600	1.994	13.000	24.680	1.855	17.000	28.000
10	8.500	5.050	2.324	0.468	17.000	27.600	1.673	11.950	22.595	2.075	16.000	27.000
11	8.350	5.000	1.777	1.452	34.150	34.050	1.529	11.850	24.720	1.240	17.070	25.640
12	8.350	5.000	1.713	1.137	34.550	34.050	1.493	12.350	24.595	1.290	17.305	26.150
13	8.300	4.950	1.681	0.573	34.550	34.050	1.477	12.650	27.790	1.370	18.150	27.430
14	8.300	4.900	1.634	0.201	34.200	33.550	1.457	12.550	24.545	8.855	13.610	25.120
15	8.200	4.850	1.586	0.210	33.750	33.600	1.410	12.650	22.245	16.700	14.075	26.025
16	8.200	4.650	1.551	0.201	34.000	33.500	1.395	12.900	24.530	15.335	12.455	24.865
17	8.200	4.700	1.499	0.201	33.850	33.400	1.343	13.000	5.855	17.525	11.305	23.840
18	8.200	4.700	1.459	0.210	33.800	33.550	1.292	13.950	9.135	1.060	12.225	23.460
19	8.200	4.800	1.420	0.201	33.750	33.650	1.276	14.550	18.915	1.385	14.300	25.640
20	8.200	4.800	1.372	0.210	33.700	33.900	1.297	15.650	20.800	1.610	16.535	26.660
21	8.200	4.750	1.321	0.201	34.200	34.050	1.379	16.650	10.955	1.840	18.300	28.970
22	8.150	4.750	1.277	0.296	34.250	34.200	1.554	10.350	-0.045	11.735	21.920	31.920
23	9.700	4.700	1.301	0.697	17.150	32.250	1.688	10.050	25.745	17.015	23.305	33.330

Tabela 4.3 – Valores horários dos pontos de pressão medidos.

Tempo (h)	N2120	N2121	N1985	N1990	N207	N208	N81	N80	N3059	N3058	RV6
0	11.595	30.530	27.840	26.865	1.535	1.280	4.150	9.095	2.435	1.120	3.026
1	10.940	31.495	28.715	27.890	2.685	2.050	5.280	5.510	2.385	21.740	2.989
2	10.335	32.130	29.430	28.505	2.685	2.175	5.280	5.380	2.400	1.120	3.003
3	9.785	32.620	29.790	29.120	2.610	2.300	5.230	5.510	2.445	1.120	3.058
4	9.280	32.710	29.940	29.325	1.305	1.150	3.430	45.510	2.495	1.230	3.113
5	8.815	32.380	29.790	28.915	4.150	13.585	6.815	48.075	2.545	1.280	3.159
6	8.375	28.710	25.125	41.020	7.530	28.710	10.815	49.870	2.565	1.330	3.182
7	8.150	21.925	20.915	57.635	7.075	29.740	10.095	49.355	2.590	1.330	3.201
8	8.235	16.845	16.920	51.280	8.380	29.355	12.200	17.940	2.590	15.740	3.155
9	8.100	14.760	15.000	48.000	8.000	28.000	13.000	16.000	2.565	1.790	3.090
10	7.870	9.620	10.100	46.355	6.915	27.945	10.560	10.635	2.600	1.230	3.109
11	7.685	12.565	13.325	47.375	6.840	28.460	10.510	10.890	2.485	26.665	3.035
12	7.405	13.710	13.535	47.375	7.150	28.970	10.865	11.150	2.430	1.070	2.975
13	7.040	15.665	15.585	49.435	7.535	29.355	11.225	11.530	2.435	1.020	2.975
14	6.615	13.270	12.355	48.820	7.380	29.355	10.815	29.865	2.325	21.020	2.864
15	6.280	14.695	13.735	49.025	7.300	30.125	10.255	48.455	2.295	1.020	2.818
16	6.045	12.005	11.585	47.585	7.380	29.100	10.510	47.815	2.300	1.020	2.814
17	5.670	10.910	10.200	47.175	7.380	29.355	10.560	48.840	2.290	1.020	2.818
18	5.360	12.010	12.255	30.965	8.685	29.095	12.560	12.690	2.175	26.300	2.736
19	5.120	15.225	16.460	16.205	9.535	31.020	13.175	13.455	2.110	0.915	2.671
20	4.920	18.275	18.715	18.050	11.455	24.100	14.505	14.870	2.100	0.765	2.671
21	4.625	23.240	20.970	20.510	13.150	12.560	15.690	15.895	1.995	15.380	2.602
22	4.325	27.090	24.250	22.970	6.765	6.660	8.660	39.095	1.915	0.970	2.514
23	4.105	28.710	25.895	24.405	6.760	6.150	8.920	47.430	1.905	0.610	2.514

Tabela 4.4 ĩ Valores horários dos pontos de pressão medidos.

Tempo (h)	RV5	N4669	N3563	N3583	N4673	N3459	N2505	N2731	N1734	N1768	N1556
0	1.411	39.000	37.000	26.000	23.000	37.000	19.000	9.000	25.000	33.000	21.000
1	1.911	39.500	38.000	26.000	23.500	38.000	19.000	9.000	25.500	34.000	22.000
2	2.167	40.000	38.500	27.000	24.000	38.500	20.000	9.500	26.000	35.000	22.000
3	2.100	40.500	39.000	27.000	24.500	39.000	20.000	10.000	26.000	35.000	22.000
4	2.033	41.000	39.000	27.500	25.000	39.000	21.000	10.000	26.000	35.500	23.000
5	1.983	41.500	39.500	28.500	25.500	39.500	21.500	10.000	26.000	35.500	23.000
6	1.850	42.000	38.500	27.500	22.500	39.000	20.500	8.000	23.500	33.000	22.500
7	1.594	42.000	36.000	27.500	24.500	37.500	19.500	4.500	22.000	29.500	20.000
8	1.739	41.000	34.000	25.500	24.000	36.000	18.500	5.500	15.000	27.500	18.000
9	2.017	40.500	32.000	24.500	19.500	33.500	16.000	3.500	17.500	24.500	17.500
10	1.633	32.500	25.500	18.000	15.000	27.000	8.500	3.500	13.000	19.000	3.000
11	1.822	40.000	31.500	25.000	21.500	32.500	15.500	4.000	15.500	23.500	3.000
12	1.906	40.000	33.500	26.000	22.000	35.000	16.500	4.000	16.000	24.000	3.000
13	1.528	39.500	33.500	25.000	21.500	34.500	16.500	5.000	18.000	25.000	3.000
14	1.944	31.500	27.500	17.500	13.500	28.000	9.000	4.000	16.000	21.000	3.000
15	2.011	32.000	26.000	17.000	15.000	27.000	8.500	4.500	17.000	21.500	3.000
16	1.794	30.000	22.000	15.000	12.500	25.000	7.000	3.500	15.000	19.500	3.000
17	1.522	29.000	18.500	14.000	12.000	24.000	6.500	4.000	13.500	18.500	3.000
18	1.817	30.500	21.500	15.500	6.500	26.000	6.500	3.500	14.500	19.500	3.000
19	1.956	32.500	23.000	18.000	9.500	28.500	9.000	4.000	16.500	21.500	3.000
20	1.617	34.000	24.500	21.000	10.000	31.500	13.000	5.000	19.000	24.500	3.000
21	1.756	36.000	27.000	22.500	11.000	33.000	14.000	5.500	21.000	27.000	3.000
22	1.983	39.000	34.000	25.500	11.000	37.000	18.000	7.500	23.500	6.000	3.000
23	1.672	40.000	36.500	26.500	11.000	38.000	18.500	8.500	24.500	5.000	3.000

Tabela 4.5 ï Valores horários dos pontos de pressão medidos.

Tempo (h)	N1405	N1372	N2896	N941	N774	N5	N4660	N4664	N4667	N4232	N3709
0	21.000	18.000	32.000	13.000	8.550	32.220	21.400	42.905	33.500	19.750	13.705
1	22.000	19.000	32.000	8.500	5.835	32.120	36.500	44.315	35.500	19.050	16.450
2	22.000	19.000	32.000	9.500	6.645	31.995	36.550	45.935	37.500	18.700	17.695
3	22.000	20.000	32.000	10.500	7.435	31.785	36.550	46.880	39.500	18.300	19.215
4	23.000	20.000	32.000	9.000	6.325	31.890	36.600	48.000	40.500	18.000	19.625
5	23.000	20.500	30.000	12.000	7.675	32.415	36.600	46.965	39.500	17.650	18.590
6	22.500	19.000	28.000	15.500	8.765	32.565	36.600	41.810	31.500	18.150	12.895
7	20.000	17.000	29.500	14.500	6.450	32.665	36.700	39.025	27.500	17.800	10.920
8	18.000	15.500	32.500	13.500	5.140	32.460	21.750	35.755	24.000	17.900	8.975
9	17.500	14.500	23.000	13.000	4.680	32.070	21.800	34.000	5.000	17.600	7.285
10	3.000	7.000	25.000	12.500	3.905	31.940	21.650	13.960	6.500	17.600	6.500
11	3.000	13.500	30.000	13.000	4.085	31.630	21.150	32.190	15.500	17.700	6.195
12	3.000	14.500	31.000	13.500	4.155	31.225	21.050	33.790	17.500	17.650	6.140
13	3.000	14.000	32.000	14.000	5.360	30.765	21.150	34.070	18.000	17.450	6.680
14	3.000	9.500	31.000	15.500	5.625	30.685	21.150	34.575	19.000	17.000	7.450
15	3.000	8.000	31.000	16.000	6.705	31.190	21.250	35.550	20.500	16.900	8.585
16	3.000	7.000	30.500	15.000	6.235	31.670	21.550	34.945	21.000	16.800	8.315
17	3.000	7.000	31.000	16.000	5.850	31.810	21.600	35.005	21.000	16.650	7.410
18	3.000	7.500	31.500	16.000	6.035	31.895	21.450	35.465	21.000	16.450	7.200
19	3.000	9.500	31.500	17.500	6.965	31.625	21.250	34.780	21.500	16.350	6.945
20	3.000	12.000	32.000	18.000	7.770	31.785	21.300	35.135	22.500	16.250	8.040
21	3.000	14.000	31.500	19.500	9.790	31.390	21.200	35.990	23.500	16.150	8.905
22	3.000	17.500	32.000	14.500	8.710	31.605	21.150	36.960	25.500	16.050	10.130
23	3.000	18.000	30.000	13.500	8.595	32.125	28.450	38.635	28.500	16.150	11.745

Tabela 4.6 ï Valores horários dos pontos de pressão medidos.

Tempo (h)	N2444	N2408	N2392	N1245	N1887	N1902	N1715	N1724
0	0.00	42.00	38.00	36.50	37.00	30.00	33.75	31.75
1	0.00	42.50	38.00	37.50	38.00	31.00	35.00	33.00
2	0.00	43.00	39.00	38.00	38.75	32.00	35.50	34.00
3	0.00	43.00	39.00	38.25	39.00	32.00	36.00	34.00
4	0.00	43.75	39.25	38.50	39.00	32.25	36.00	34.00
5	0.00	43.75	39.75	37.75	38.25	31.25	35.25	33.00
6	0.00	42.75	38.25	34.75	34.50	27.50	31.00	28.50
7	0.00	42.00	38.00	32.75	32.75	25.75	29.50	26.75
8	0.00	42.00	37.75	31.25	31.00	23.75	27.00	24.50
9	0.00	41.50	37.00	29.75	29.75	22.75	25.75	22.75
10	0.00	41.00	37.00	29.25	28.25	21.25	24.50	21.75
11	0.00	41.00	36.50	29.00	28.00	21.00	24.50	21.75
12	0.00	40.25	36.25	28.75	28.00	21.00	24.75	22.50
13	0.00	40.00	36.00	29.50	29.00	22.00	25.50	23.00
14	0.00	40.00	36.00	30.00	29.75	22.50	26.00	23.75
15	0.00	40.00	36.00	31.00	30.50	23.25	27.00	25.00
16	0.00	40.00	36.00	30.00	30.00	23.00	26.25	23.75
17	0.00	40.75	36.25	30.00	29.75	22.75	26.25	23.75
18	0.00	38.50	36.00	30.25	29.75	22.75	26.25	23.25
19	0.00	40.00	36.25	31.00	30.50	23.75	27.25	24.50
20	0.00	40.25	36.00	31.75	31.50	24.50	27.75	25.50
21	0.00	40.75	36.25	32.75	32.50	25.50	29.25	26.75
22	0.00	41.00	36.50	33.75	33.75	26.75	30.50	28.25
23	0.00	41.00	36.75	34.50	35.00	28.25	31.50	29.75

4.3 Procedimentos e considerações

4.3.1 Considerações Gerais

Devido às dimensões da região em estudo e, para facilitar sua calibração e abordagem neste relatório, tal área foi segmentada em 07 (sete) subsistemas, os quais foram denominados: (i) Subsistema Planalto/Jacaraípe, (ii) Subsistema Planalto/Bairro das Flores, (iii) Subsistema Jacaraípe/Manguinhos, (iv) Subsistema Jacaraípe/Nova Almeida, (v) Subsistema Nova Almeida/Boa Vista, (vi) Subsistema Nova Almeida/Parque das Gaivotas e (vii) Subsistema Nova Almeida/Direção/Mirante da Praia. Os subsistemas nomeados serão descritos mais a diante.

Outra consideração relevante, reporta à necessidade da quarta campanha de medição de pontos de pressão, executada pela CESAN e apresentada nos parágrafos anteriores (item 4.2).

Com os dados obtidos nas três primeiras campanhas, a GANEM concluiu a calibração do Setor Jacaraípe com a alegação de que, no momento dessas medições, algum trecho das redes que abastecem o *Booster de Costa Dourada estava fechado. Os pontos de calibração de Costa Dourada são P12 (Booster de Costa Dourada) e P25 (interno à rede de Costa Dourada). No ponto P12 foram medidos valores de pressão na sucção e no recalque do *Durante o processo de calibração o ponto P12 apresentava valores simulados maiores que os medidos em campo. A situação foi apresentada ao Sr. Nilton Coelho (CESAN), conhecedor da região. Após análise das diversas possibilidades de ajustes na rede, foi proposto que um possível estrangulamento de rede tivesse ocorrido na região entorno de Costa Dourada. Ao analisar a alimentação de Costa Dourada, verificou-se a existência de duas redes contribuintes. Essas redes foram vasculhadas e um trecho (T1858) foi identificado como provável, pois quando fechado, não comprometia o restante do sistema. Dessa forma fechou-se o referido trecho. A simulação das pressões de sucção e recalque em Costa Dourada se ajustaram às medições. Esse fato levou à conclusão de que, algum tipo de obstrução, havia na rede que abastece o referido bairro. Contudo, não se podia afirmar o local da obstrução e nem a permanência da mesma. Dessa forma, o trecho T1858 foi fechado, permanecendo como a melhor opção de calibração para a região.**

Para melhor compreender a situação evidenciada em Costa Dourada, a CESAN instaurou a quarta campanha de medição de pontos de pressão. Essa campanha, além de medir a pressão em oito pontos, localizados nas redes que abastecem Costa Dourada (incluindo a sucção do booster Costa Dourada - P12), levantou a situação da rede que contém o trecho T1858 no intuito de achar possíveis obstruções.

No período de 25 a 30 de março de 2011 foi realizada a medição dos novos pontos e levantada a situação da rede que contém o trecho T1858. Constatou-se que nesse

período não havia qualquer obstrução na rede. Constatou-se ainda que, a pressão de sucção em P12 era diferente da medida nas campanhas anteriores, apresentando acréscimo. A observação desses fatos levou à suposição de que no período das primeiras três medições algum trecho da rede que abastece Costa Dourada, estava fechado por qualquer motivo, e que no período da quarta campanha a obstrução estaria removida. Para verificar essa suposição, os dados da quarta campanha foram adicionados à calibração prévia do sistema e dois testes foram realizados.

No primeiro teste, o trecho entre P12 e P1858 foi aberto, o inversor de Costa Dourada ajustado para 75% as 0h, e a curva de bomba reduzida em -20 mca. Houve convergência consistente nos gráficos de calibração de todo o sistema e o gráfico de calibração do ponto P12 ajustou ao medido na quarta campanha.

No segundo teste, o trecho entre P12 e P1858 foi fechado e a curva de bomba reduzida em -10 mca. Houve convergência consistente nos gráficos de calibração de todo o sistema e o gráfico de calibração do ponto P12 ajustou ao medido nas primeiras campanhas.

Dessa forma pôde-se considerar o sistema Jacaraípe calibrado e os dados da quarta campanha foram incluídos na composição da calibração.

4.3.2 Avaliação dos Subsistemas

4.3.2.1 Introdução

Como apresentado anteriormente, a área de estudo foi segmentada em sete subsistemas. Na sequência apresenta-se, de forma sucinta, a descrição desses subsistemas, algumas informações relevantes para a sua calibração, tendo em conta os problemas pertinentes ao funcionamento dos mesmos, e os comentários a respeito das distorções apresentadas na calibração, conforme poderá ser observado nos gráficos de calibração, posteriormente apresentados no item 4.4.

4.3.2.2 Sistema Planalto/Jacaraípe

Este sistema inicia na unidade de bombeamento da elevatória Planalto, denominada UB Jacaraípe. Segue pela linha com DN 500 até a entrada do Bairro das Flores. Desse ponto em diante a linha apresenta uma derivação com DN 350. Essa derivação segue paralela à linha DN 500 até a entrada do Reservatório Jacaraípe, quando tornam a se unir com DN 500. A linha DN 350 abastece o bairro Castelândia antes de chegar ao Reservatório Jacaraípe.

Neste sistema estão localizados os pontos de calibração P35 (pressão e vazão na saída de Planalto), P01 (pressão e vazão em frente à entrada para Bairro das Flores), P17 (sucção e recalque para o elevado da EAT de Castelândia) e P02 (pressão e vazão na entrada do RAT de Jacaraípe e nível de reservatório apoiado).

Os pontos P01, P02 e P35 foram medidos entre os dias 06 e 08 de setembro de 2010. O ponto P17 foi medido entre os dias 30 de agosto e 01 de setembro de 2010. Contudo a maioria das medições se deu entre 23 e 25 de outubro de 2010. Devido à inexistência de outras medições para os pontos em questão e, após análise do comportamento das curvas de vazão e pressão para os mesmos, optou-se pela concessão das medições, integrando os dados ao modelo. Contudo o comportamento apresentado em P02, para o nível do reservatório apoiado de Jacaraípe (RV2), na data do levantamento, não reflete a realidade do período utilizado para validar o modelo de calibração. Por essa razão não pôde ser considerado fidedigno o comportamento apresentado pelo gráfico de pressão horária para o reservatório apoiado de Jacaraípe (RV2).

Observou-se que a vazão em P02 era maior que P01, e esta, maior que P35. Posteriormente, um novo levantamento realizado nos pontos P01 e P02 identificou presença de ar nas tubulações e grande dificuldade em sua eliminação. A presença de ar na tubulação implica na diminuição da capacidade de transporte da mesma. No entanto, esta diminuição não pode ser detectada pelo processo de medição utilizado, que se limita em medir velocidade de fluxo e correlacioná-la com a área da tubulação, sempre considera como plena nos sistemas em questão. Assim sendo, nestes pontos, os valores resultantes das medições de vazão são superiores aos realmente transportados. O presente fato levou à concessão das distorções verificadas nos gráficos de pressão e vazão ao longo do tempo para os pontos P01 e P02.

4.3.2.3 Subsistema Planalto/Bairro das Flores

Este sistema inicia na unidade de bombeamento da elevatória de Planalto, denominada UB Bairro das Flores. Segue pela linha com DN 400 até a entrada do Bairro das Flores. Ao longo desse trecho, alimenta o hospital Dr. Dório Silva e os bairros Laranjeiras II, Nova Zelândia, Cercado da Pedra. Ao entrar em Bairro das Flores a linha passa para DN 300.

Neste sistema estão localizados os pontos de calibração P36 (saída de Planalto), P38 (entrada de Bairro das Flores), P39 (Vila Nova de Colares) e P40 (extremo de Bairro das Flores);

Os pontos P36, P38 e P39 foram medidos entre os dias 23 e 25 de agosto de 2010. O ponto P40 foi medido entre os dias 30 de agosto e 01 de setembro de 2010. Como apenas o ponto P40 foi medido em período diferente dos demais, adotou-se a concessão para esse ponto.

Para ajustar o ponto de pressão P40 foi necessário imprimir uma perda de carga localizada no trecho ãT3896. Esse trecho foi escolhido por se localizar nas proximidades do antigo reservatório de Bairro das Flores, e por compartilhar a mesma tubulação.

O ponto de pressão P39 não apresentou ajuste. O comportamento do gráfico da pressão medida nesse ponto difere, em muito, do comportamento apresentado em P40. Esse fato sugere que P39 está sujeito a um padrão de consumo diferente do observado em Bairro das Flores.

4.3.2.4 Subsistema Jacaraípe/Manguinhos

Este sistema inicia no reservatório elevado de Jacaraípe. Segue pela linha com DN 600 até o cruzamento da rua D com a Av Romulo Castelo. Desse ponto, 196 metros para o sul, a linha se torna em DN 500. Essa linha se mantém por toda a ES-010, até a entrada para o Condomínio Mar Azul (entrada de Manguinhos), onde passa para DN 250.

Neste sistema estão localizados os pontos de calibração P03, P04, P23 e, a partir desse ponto: em direção a Manguinhos (setor Jacaraípe Sul) os pontos P21 (Portal de Jacaraípe), P18 (entrada para Manguinhos), P20 (loteamento Recanto dos Profetas), P22 (entrada de Paraíso de Manguinhos) e P19 (entrada para Balneário de Carapebus); em direção a Costa Bela (setor Jacaraípe Norte) os pontos P24 (São Patrício), P12 (entrada para Costa Dourada), P25 (extremo de Costa Dourada), P27 (bairro das Laranjeiras), P26 (lagoa de Jacaraípe), P13 (entrada de Caiçaras), P14 (entrada de Magistrados), P28(São Francisco), P29 (enseada de Jacaraípe) e P30 (Costa Bela);

Dentro do RAT Jacaraípe o ponto P03 representa o recalque para o Reservatório Elevado Jacaraípe (RV7), o ponto P04 indica medição de vazão e nível para o RV7. Os dados de pressão de P03 se apresentam menores que a própria cota do ponto. Dessa forma caracterizando problema de medição. A vazão medida em P03 não diverge, significativamente, do valor medido em campo.

O reservatório RV7 atinge seu carregamento máximo às 6h, a partir desse horário inicia-se a descarga. As 14h o nível mínimo é atingido. Apenas às 21 h reinicia o carregamento do reservatório.

Foi constatado que no período de 14 h às 21 h, durante o qual o Reservatório Elevado de Jacaraípe se apresentou rsecuò o sistema a jusante continuava a ser provido na maior parte do tempo. Esse fato, associado aos testemunhos dos operadores do sistema, conduziu à conclusão de que a vazão de entrada no reservatório, apesar de não ser suficiente para recarregá-lo, era capaz de manter o sistema. Para retratar a descida do reservatório elevado foi implementada uma VPR (V137) na descida do reservatório RV7.

O ponto P23 foi desprezado, pois foi medido em local divergente do indicado para sua medição.

A calibração do ponto P12 (Costa Dourada) já foi discutida nos itens 4.2 e 4.3.1.

A calibração para o ponto P13 (Caiçaras) não apresentou ajuste, mostrando pressão de sucção simulada maior que a medida. Ao comparar a curva de sucção medida e a apresentada pelos demais pontos de pressão nas proximidades, observou-se que o comportamento medido em P13 não refletia a realidade da vizinhança. Dessa forma as medições de P13 foram relevadas.

4.3.2.5 Subsistema Jacaraípe/Nova Almeida

Este sistema inicia na unidade de bombeamento da elevatória de Jacaraípe, denominada UB Nova Almeida. Segue pela linha com DN 350 até a rua Terezinha Crechi, onde passa a DN 400, seguindo até a Rua do Limão, Nova Almeida, onde interliga com DN300, seguindo até o Reservatório Apoiado (RAT) de Nova Almeida.

Neste sistema estão localizados os pontos de calibração P05 (recalque de Jacaraípe para Nova Almeida), P31 (marbela), P06 (chegada de Nova Almeida à ES010) e P09 (nível do reservatório apoiado de Nova Almeida);

Para poder ajustar o ponto de pressão P31 foi criada a intervenção 04º no trecho T3783, ligando a rede que alimenta o RAT de Nova Almeida (DN400) com a malha que abastece Marbela (parte litorânea). Essa ligação localiza-se no cruzamento da ES-010 com a Rua Estados Unidos no Bairro Novo.

Por indicação da Cesan foi criada a intervenção 05º no trecho T2969, ligando a rede que alimenta o RAT de Nova Almeida (DN400) com a malha que abastece Bairro Novo. Essa ligação localiza-se no cruzamento da ES-010 com a Rua Orlando de Jesus.

O Ponto 06 localiza-se antes da ladeira de acesso ao RAT de Nova Almeida, no cruzamento da ES-010 com a Rua Eudólio Cruz. O recalque de Jacaraípe para Nova Almeida sofre duas paradas ao longo do dia de medição, conforme apresentado nos gráficos (e) e (f) Figura 4.11 e (g) Figura 4.14.

4.3.2.6 Subsistema Nova Almeida/Boa Vista (imediações da EEAT NovaAlmeida)

Este sistema inicia no reservatório elevado de Nova Almeida. Segue pela linha com DN 100 e alimenta toda a parte alta de Nova Almeida.

Neste sistema não foram medidos pontos de calibração. Um padrão de consumo foi adotado para essa região, de forma a viabilizar a dinâmica dos reservatórios apoiado e elevado da EEAT Nova Almeida.

4.3.2.7 Subsistema Nova Almeida/Parque das Gaivotas

Este sistema inicia no reservatório apoiado de Nova Almeida. Segue pela linha com DN 300 até o cruzamento com a ES-010. Desse ponto segue para Parque das Gaivotas, onde chega com DN 150. Nesse trajeto atende aos demais bairros da região.

Neste sistema estão localizados os pontos de calibração P07 (não medido), P32 (Serramar) e P33 (Parque das Gaivotas).

No trecho que compreende a saída do reservatório apoiado de Nova Almeida e o cruzamento com a ES-010 evidencia-se uma grande perda de carga (da ordem de 15m). Esse fato possivelmente se deve à descida em fôlha observada nesse trecho. Para retratar esse fato foi criada uma VRP (V138) no trecho após o cruzamento com a ES-010.

4.3.2.8 Subsistema Nova Almeida/Direção/Mirante da Praia

Este sistema inicia no reservatório apoiado de Nova Almeida. Segue pela linha com DN 300 até a entrada do bairro Praia Grande, onde após uma transição por DN 500, passa a DN 250. Desse ponto em diante se direciona para o booster Direção (chegado com DN 100) e booster Mirante (chegando com DN 100).

Neste sistema estão localizados os pontos de calibração, P08 (saída do apoiado de Nova Almeida, medido após o cruzamento com a ES-010, na rua Guilherme Beckers), P10 (eliminado), P16 (EEAT Mirante da Praia), P11 (antes do reservatório elevado de Mirante da Praia), P34 (Mirante da Praia II - final de rede) e P15 (EEAT Direção)

Como mencionado anteriormente no trecho que compreende a saída do reservatório apoiado de Nova Almeida e o cruzamento com a ES-010 evidencia-se uma grande perda de carga (da ordem de 15m). Esse fato possivelmente se deve à descida em fôlha observada nesse trecho. Para retratar esse fato foi criada uma VRP (V37) no trecho após o cruzamento com a ES-010, no ponto P08.

4.4 Resultados

Após a realização da simulação hidráulica no EPANET, recorreu-se ao relatório de calibração para que, visualmente, se procedesse à comparação dos dados medidos com os dados calculados. Para as situações de distorção, foram realizados ajustes na rugosidade das tubulações, na abertura de registros, nos padrões de consumo diário, nas curvas de bomba, e, principalmente, foram verificados os possíveis dados altimétricos divergentes e as falhas de cadastro.

Com o sistema calibrado é possível avaliar as suas deficiências quanto às pressões insuficientes, desconexão (falta de água) e também conhecer onde há perdas de carga excessiva. A modelagem é feita levando-se em consideração todos os fatores operacionais atuantes, tais como:

- horário de partida de bomba e seu desligamento;
- perdas de cargas localizadas;
- válvulas de controle de pressão ou de vazão;

- variação de nível de reservatório;
- variação horária da demanda.

A seguir são apresentados os resultados de comparação entre valores aferidos em campo e calculados a partir da simulação, para os parâmetros pressão e vazão, nos diversos pontos considerados para a calibração.

A Figura 4.5 e a Figura 4.6 apresentam, respectivamente, a correlação e a comparação direta entre os valores médios de vazão resultantes da simulação no modelo calibrado e dos valores medidos em campo.

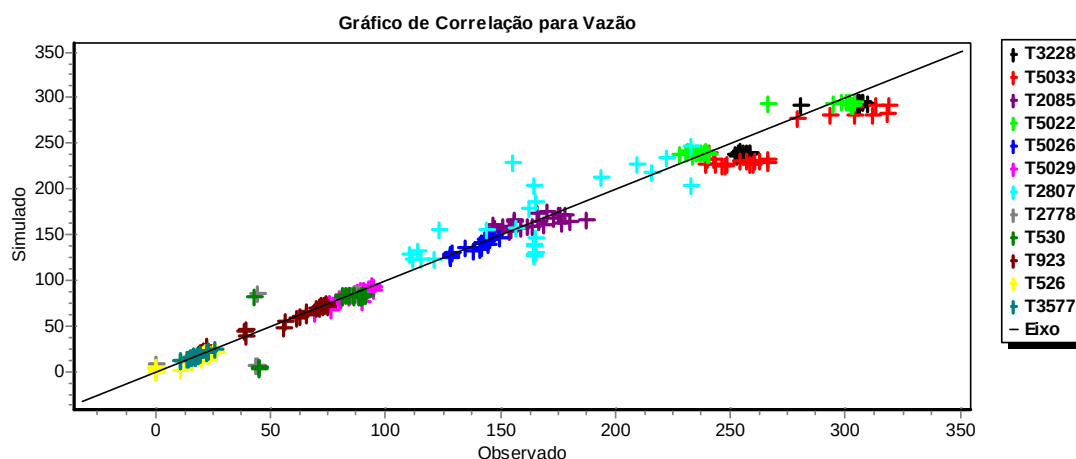


Figura 4.5 ĩ Correlação entre a vazão simulada e a vazão medida.

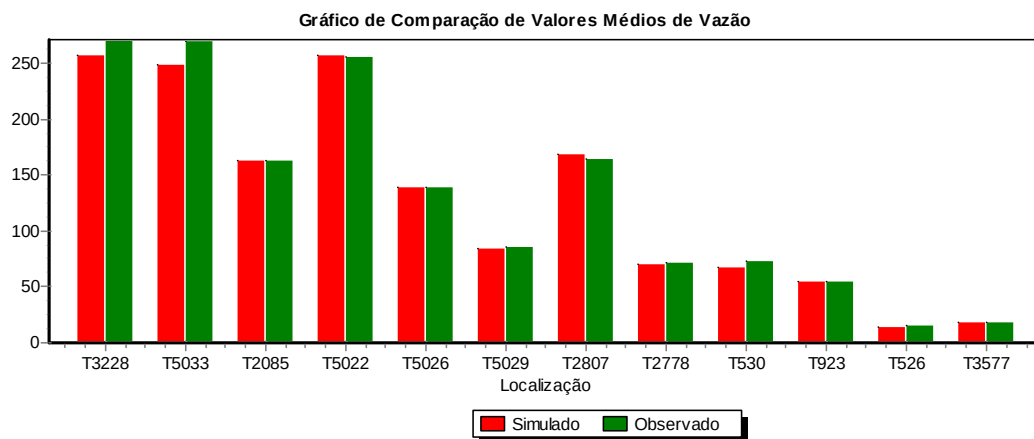


Figura 4.6 ĩ Comparação entre a vazão média diária simulada e a vazão média diária medida.

A Figura 4.7 e a Figura 4.8 apresentam a comparação entre a variação horária da vazão medida e a variação horária da vazão simulada nos pontos de calibração do sistema.

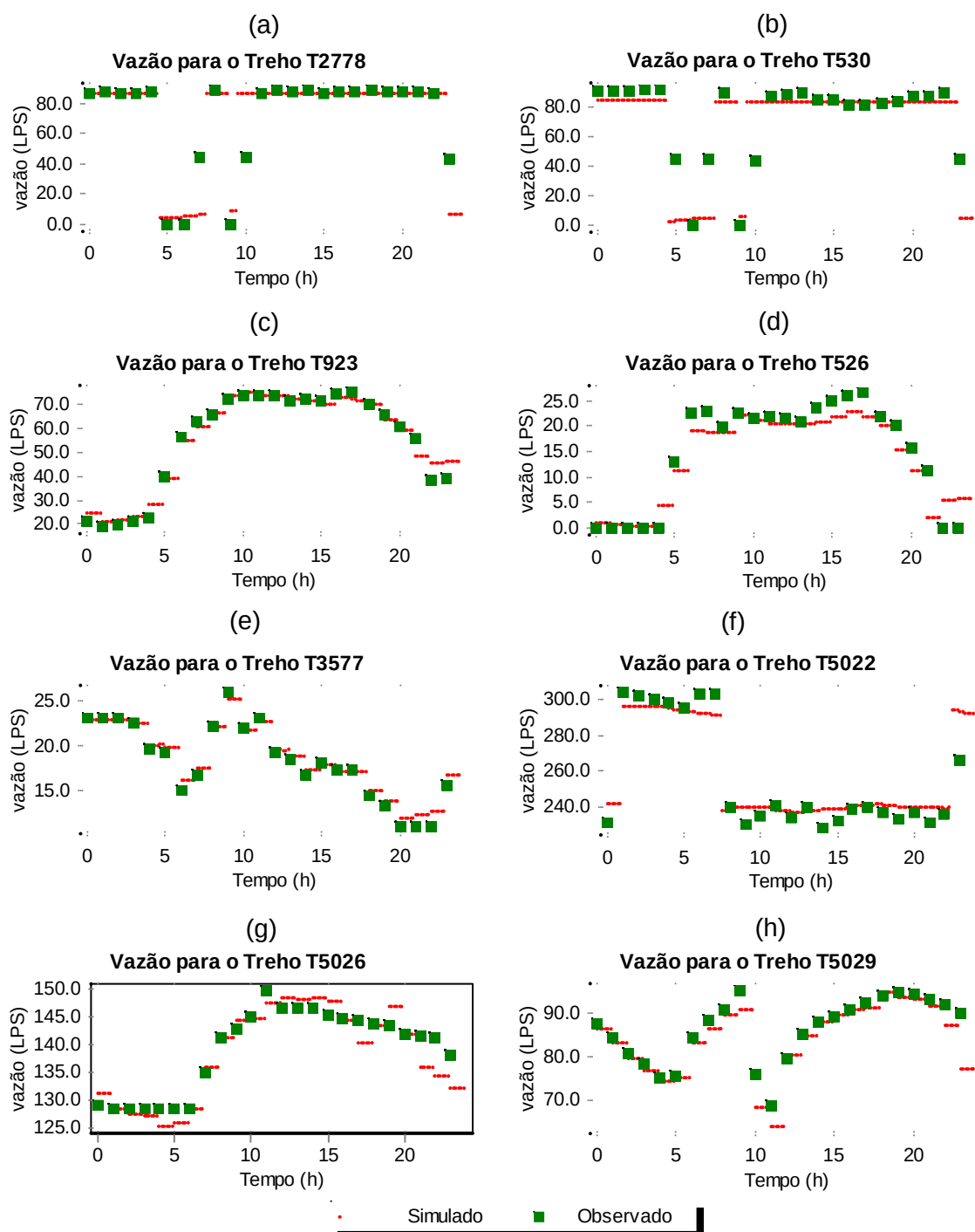


Figura 4.7 ĩ Variação horária de vazão nos trechos (a) T2778, (b) T530, (c) T923, (d) T526, (e) T3577, (f) T5022, (g) T5026 e (h) T5029.

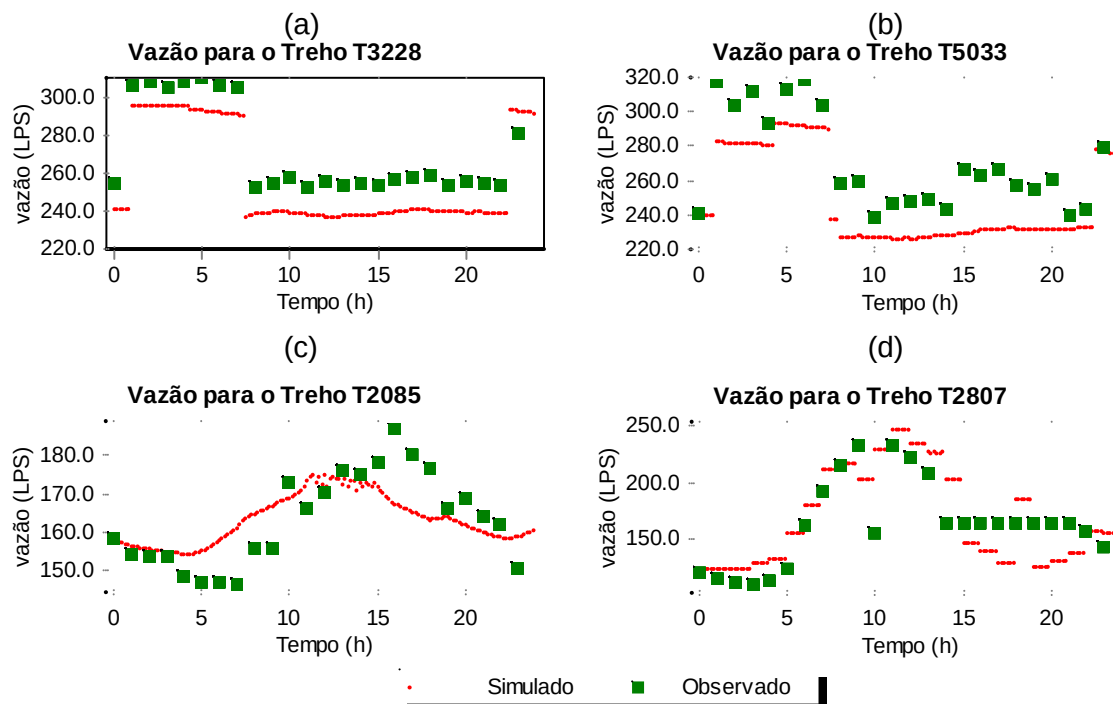


Figura 4.8 T5029 Variação horária de vazão nos trechos (a) T3228, (b) T5033, (c) T2085, (d) T2807.

Como pode ser observado, as vazões horárias simuladas apresentam comportamento e valores muito próximos aos observados indicando que os pontos de medição de vazão apresentam-se calibrados.

A Figura 4.9 e a Figura 4.10 apresentam, respectivamente, a correlação e a comparação direta entre os valores médios de pressão resultantes da simulação no modelo calibrado e dos valores medidos em campo, para os pontos analisados.

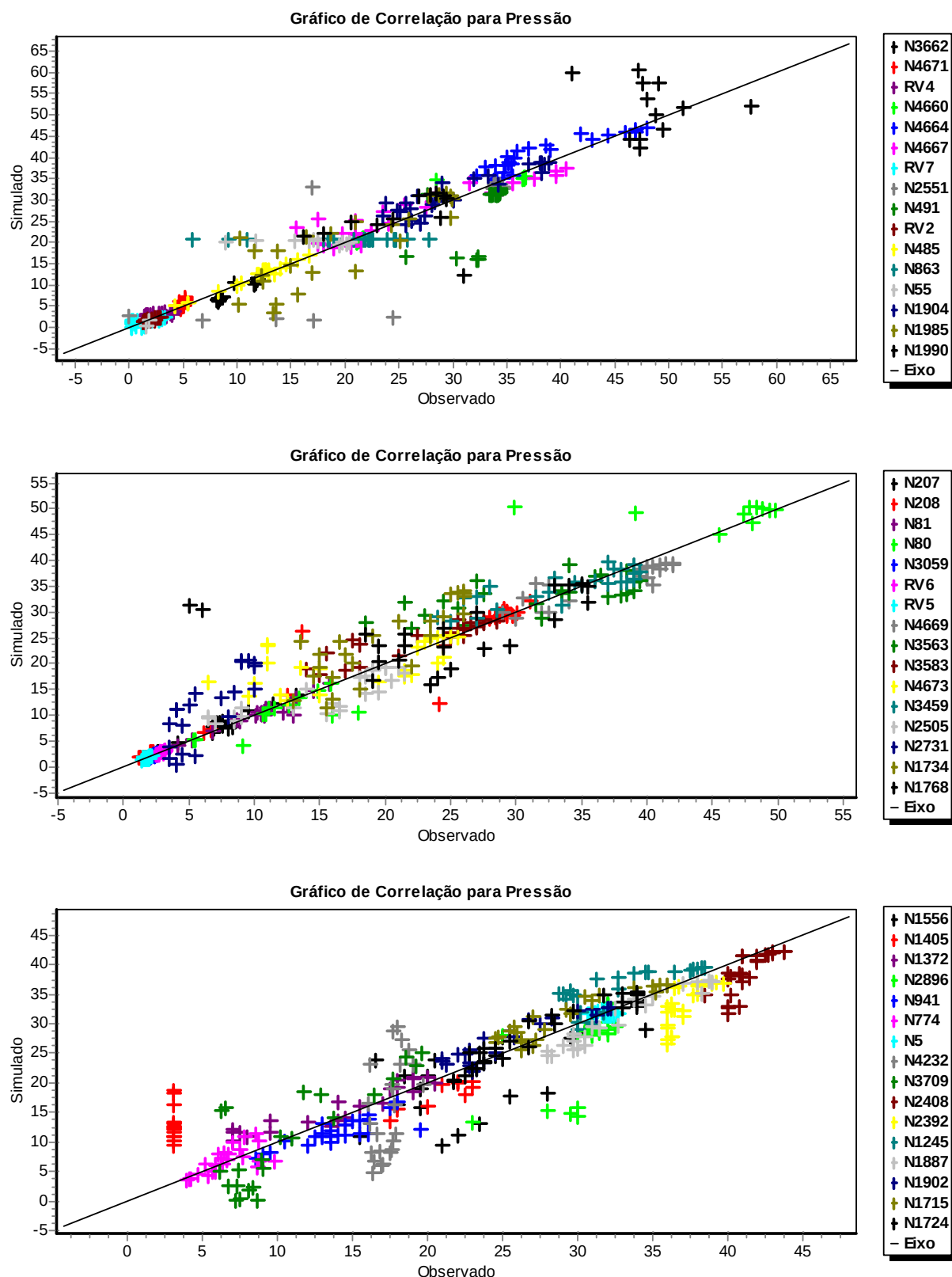


Figura 4.9 i Correlação entre a pressão simulada e a pressão medida.

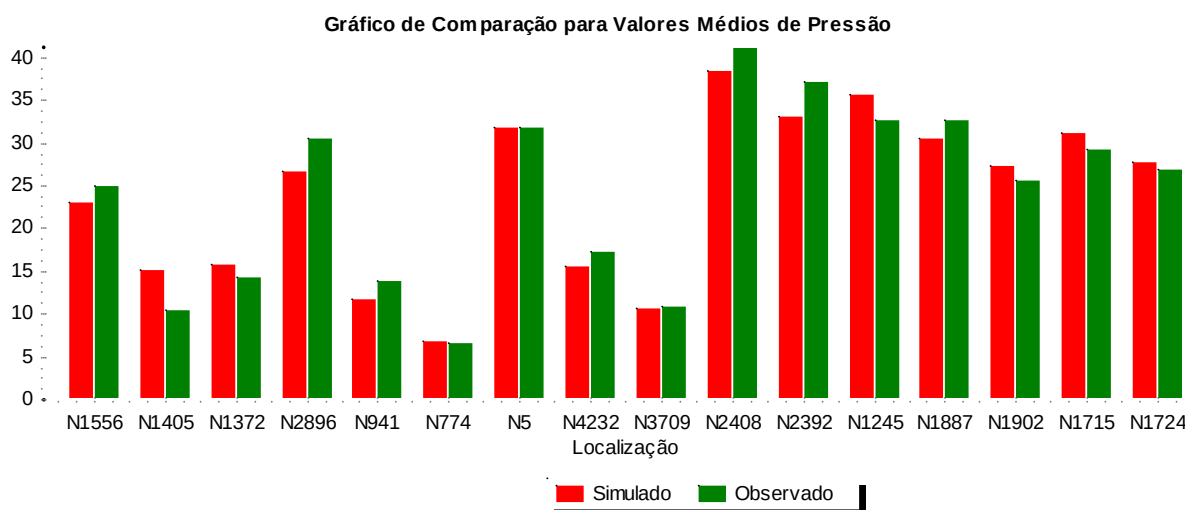
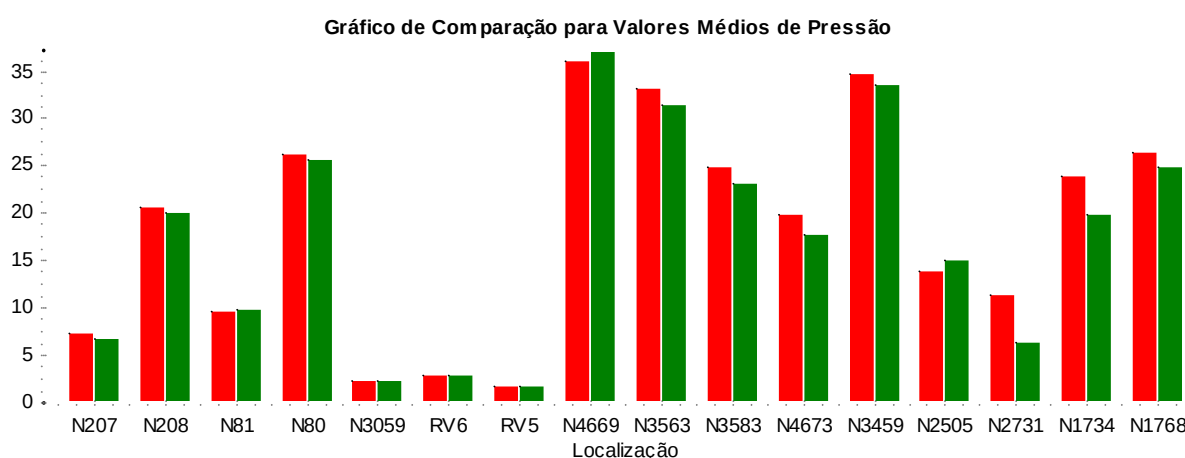
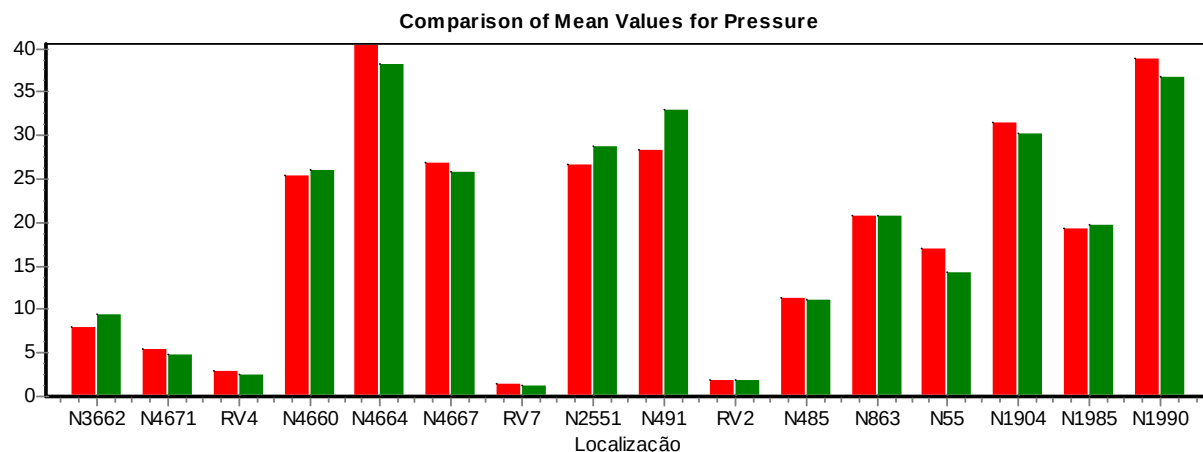


Figura 4.10 ĩ Comparação entre a pressão média diária simulada e a pressão média diária medida.

As cinco figuras seguintes apresentam a comparação entre a variação horária da pressão medida e a variação horária da pressão simulada nos pontos de calibração do sistema.

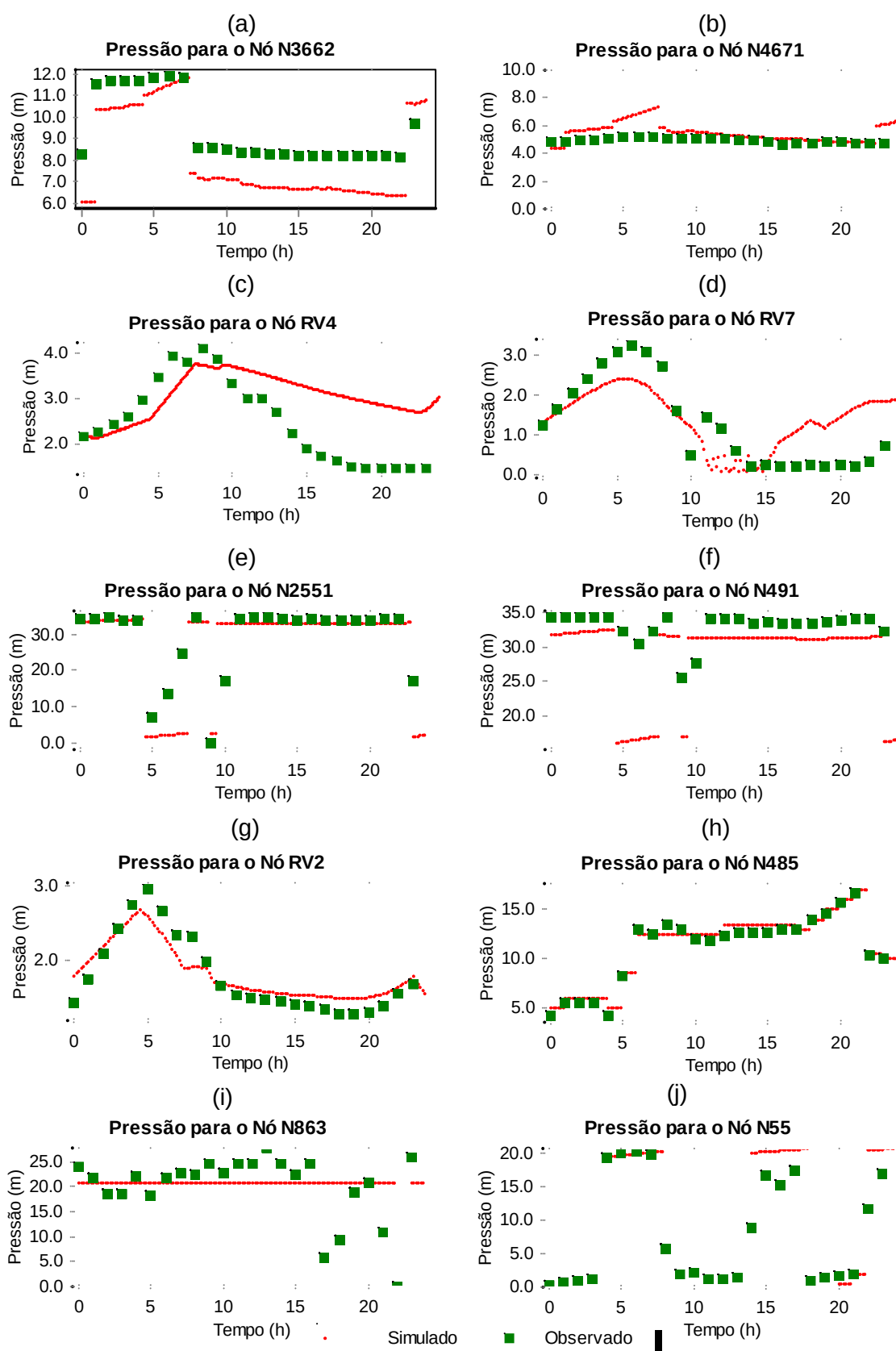


Figura 4.11 ĩ Variação horária de pressão nos nós (a) N3662, (b) N4671, (c) RV4, (d) RV7, (e) N2551, (f) N491, (g) RV2, (h) N485, (i) N863 e (j) N55.

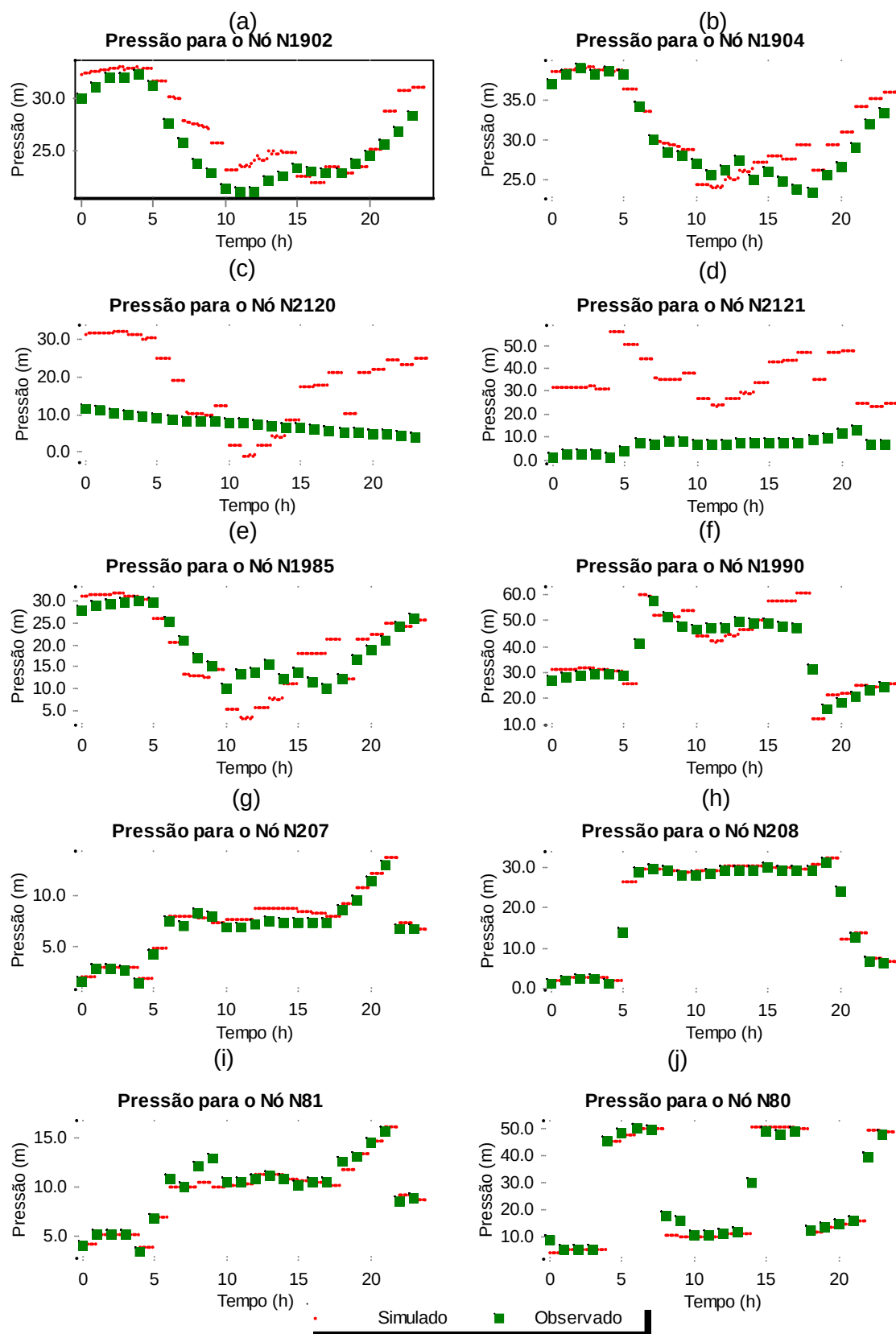


Figura 4.12 ĩ Variação horária de pressão nos nós (a) N1902, (b) N1904, (c) N2120, (d) N2121 (e) N1985, (f) N1990, (g) N207, (h) N208, (l) N81 e (j) N80.

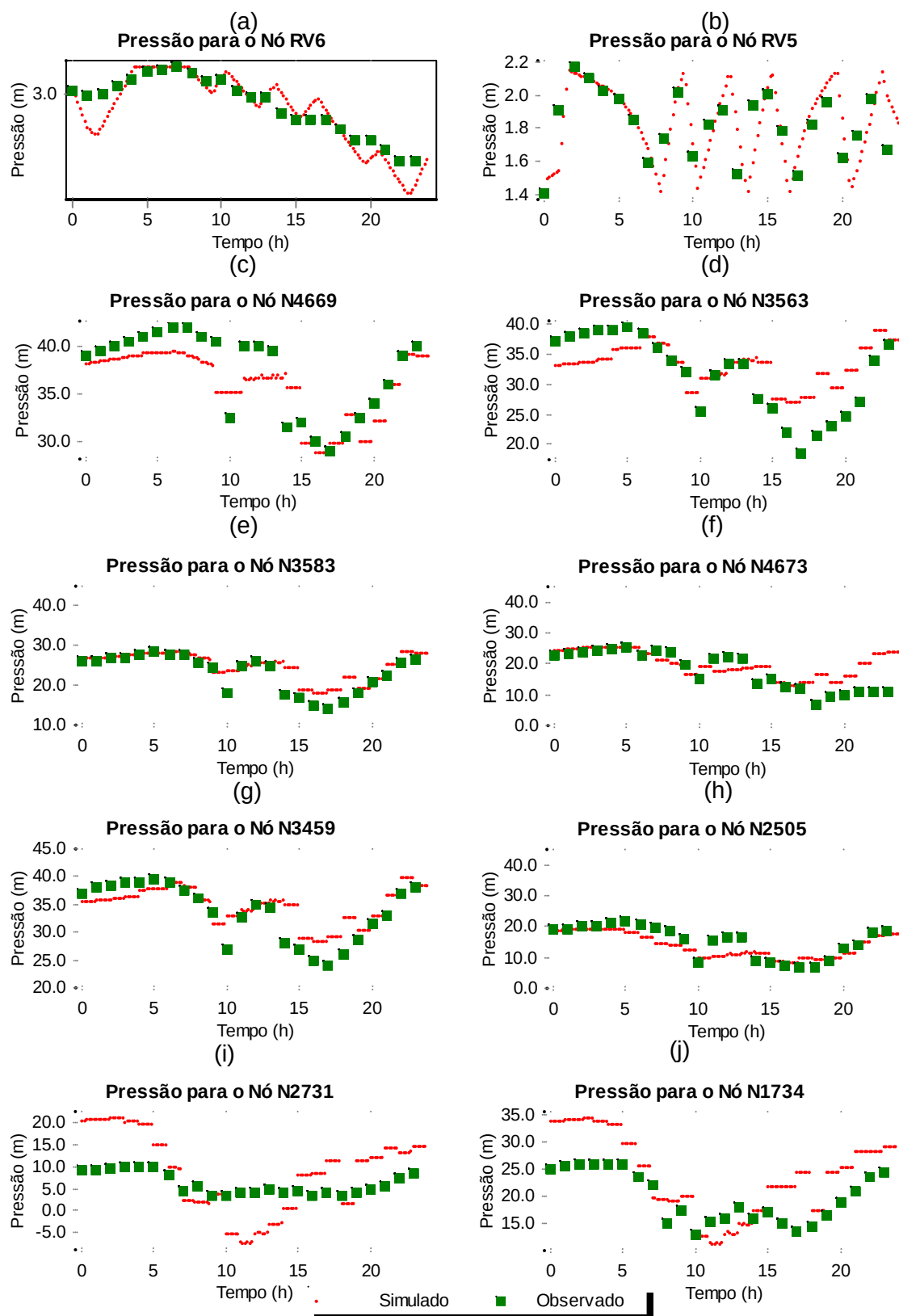
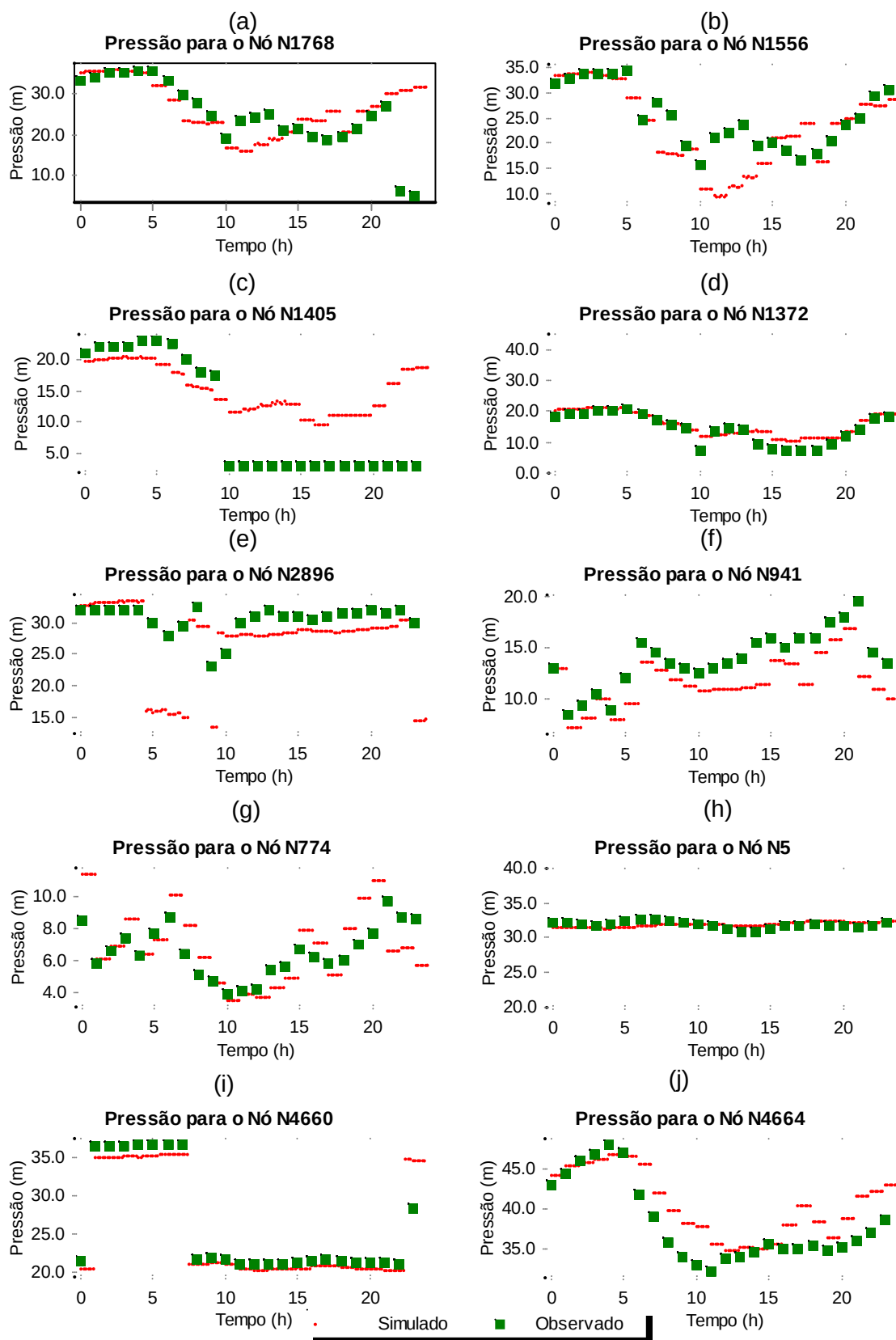


Figura 4.13 ĩ Variação horária de pressão nos nós (a) RV6, (b) RV5, (c) N4669, (d) N3563 (e) N3583, (f) N4673, (g) N3459, (h) N2505, (i) N3731 e (j) N1734.



Ó

Figura 4.14 – Variação horária de pressão nos nós (a) N1768, (b) N1556, (c) N1405, (d) N1372 (e) N2896, (f) N941, (g) N774, (h) N5, (i) N4660 e (j) N4664.

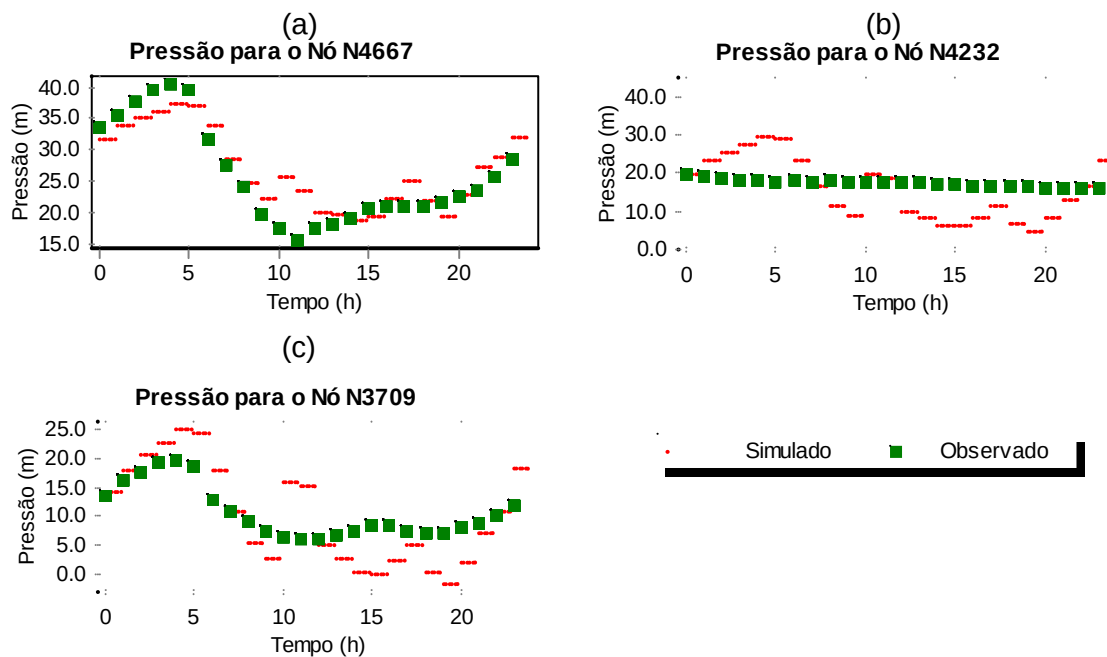


Figura 4.15 – Variação horária de pressão nos nós (a) N4667, (b) N4232, (c) N3709.

Como pode ser verificado nas figuras acima, quase a totalidade dos pontos avaliados apresenta distorções muito pequenas entre as pressões médias horárias simuladas e as pressões médias horárias observadas, de forma que podem ser desprezadas considerando toda a incerteza nos dados cadastrais do sistema.

4.5 Diagnóstico do Sistema Existente

O diagnóstico da área de estudo foi compatível com as informações recolhidas junto à equipe de operação da CESAN, tendo sido verificadas as seguintes deficiências no sistema de abastecimento de água:

- pressões muito baixas em diversas áreas;
- pressões elevadas em regiões mais baixas;
- distribuição de água intermitente em vários locais, causada pelo funcionamento temporário de alguns boosters.

Além das deficiências acima apontadas é importante salientar que outros fatores contribuem com a diminuição da eficiência do sistema, como:

- hidrômetros antigos e sem calibração, que subestimam as medições;
- ligações clandestinas;
- fraudes;
- tubulações antigas;

- cadastro comercial desatualizado;
- vazamentos provocados pelo excesso de pressão, devido aos grandes desníveis encontrados no setor.

A Figura 4.16 apresenta a variação de pressão nos nós do sistema às 4 h (quando se verificam as maiores pressões), enquanto a Figura 4.17 apresenta a variação de pressão nos nós do sistema às 12 h (quando se verificam as menores pressões).

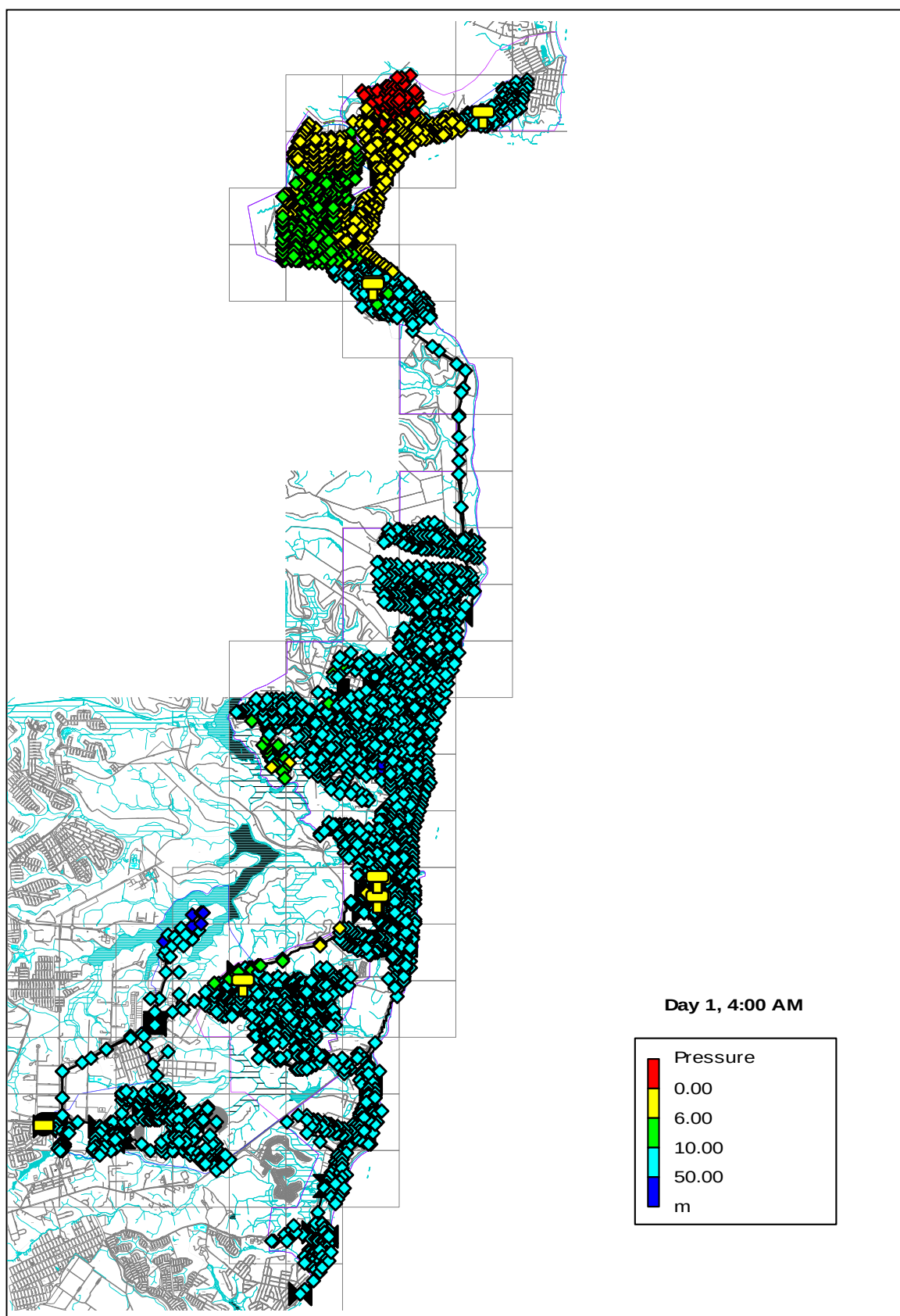


Figura 4.16 ĩ Variação espacial da pressão às 4 h (maiores pressões).

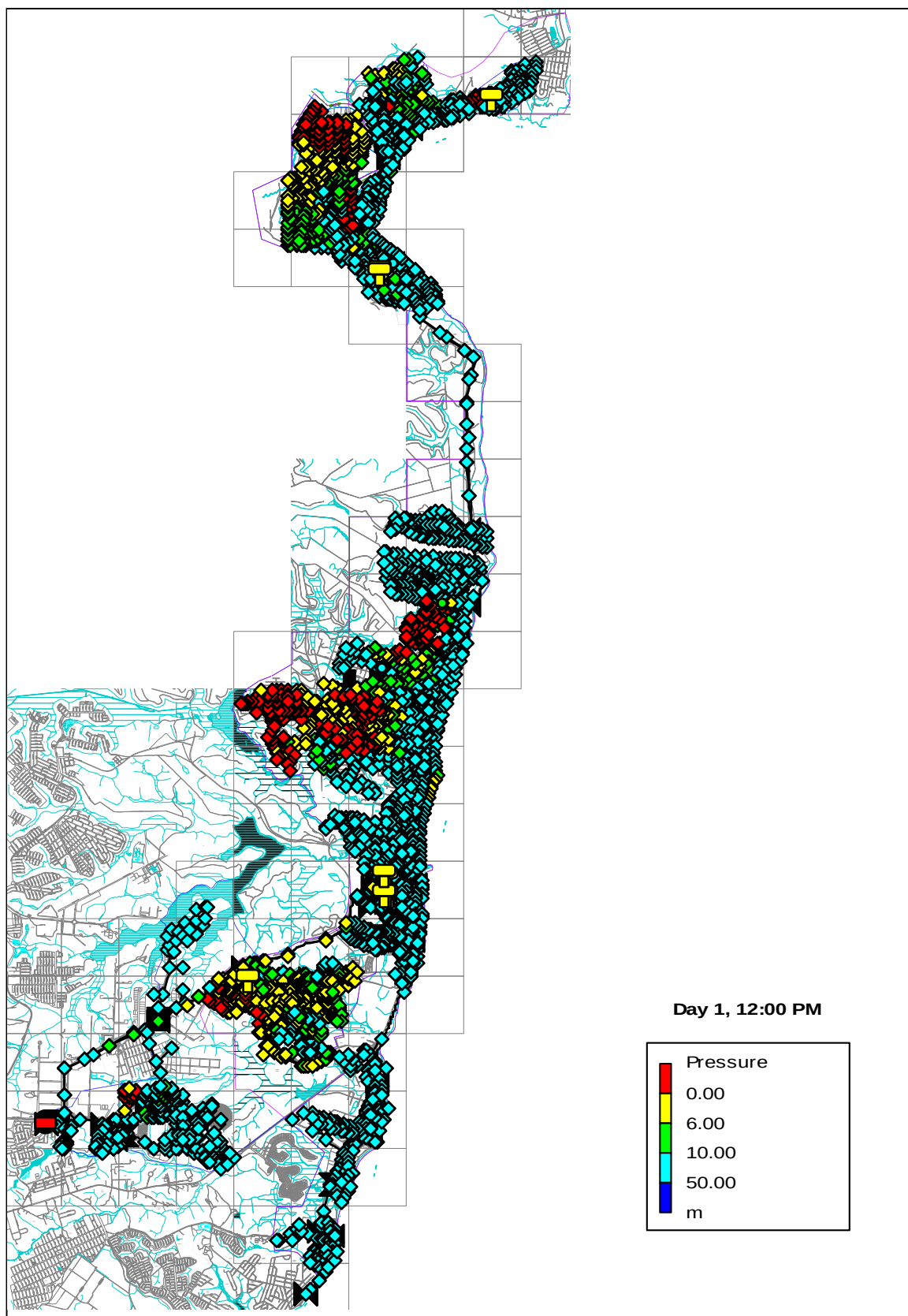


Figura 4.17 i Variação espacial da pressão às 12 h (menores pressões).

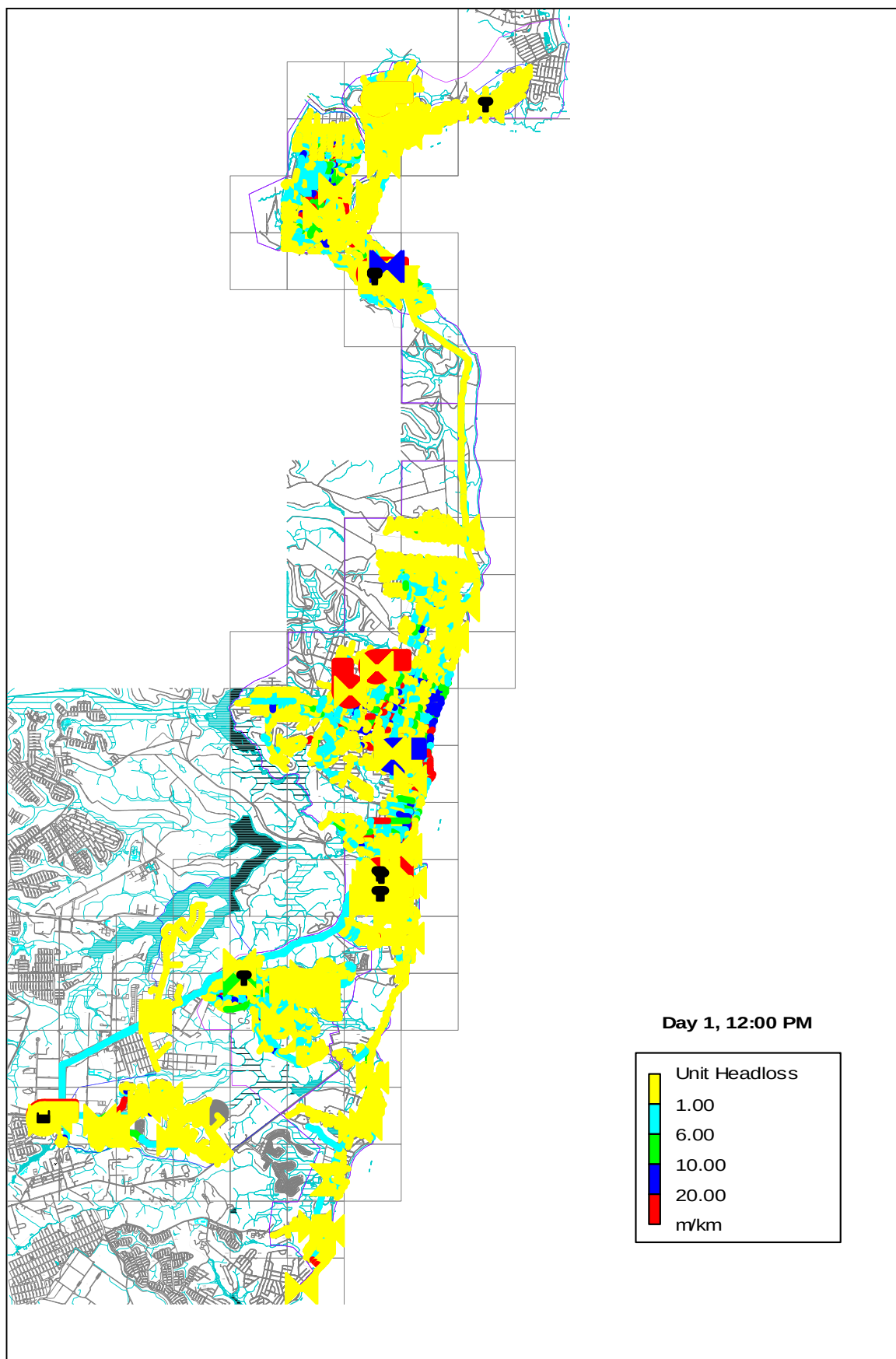


Figura 4.18 i Variação espacial da perda de carga às 12 h (maiores consumos).

Conforme pode ser observado na Figura 4.16 há diversos pontos com pressão muito alta, que contribuem para a elevação do índice de perdas físicas no sistema, enquanto outros pontos encontram-se com pressões muito baixas. O mesmo pode ser observado na Figura 4.17, entretanto, nesse caso, observa-se um número muito maior de pontos com baixa pressão, o que provoca o desabastecimento nessas regiões do setor.

A Figura 4.18 mostra a variação espacial de perda de carga pelos trechos do sistema às 12 h (quando se verificam os maiores consumos). Observa-se que, em alguns locais, há uma deficiência de rede de distribuição, demonstrada pela excessiva perda de carga, cujos valores ultrapassam os 20 m/km. Foram verificados cerca de 12.22 km de rede com perda de carga excessiva no horário de pico do consumo, sendo a grande maioria (11.17 km) de redes com diâmetro igual ou inferior a 100 mm.

No capítulo 5 serão apresentadas alternativas de melhoria do sistema, tendo como base as premissas do Planejamento Global e os projetos resultantes de estudos anteriores.