

XI-059 - ESTUDO PARA OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE SÃO CRISTÓVÃO COM O EPANET

Elvilson Pires Sá Teles⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana. Especialista em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental pela Universidade Paulista, *UNIP/INBEC*.

Endereço⁽¹⁾: Rua Petrolândia, 66 –Jardim Acácia –Feira de Santana -BA - CEP: 44004-608 - Brasil - Tel: (75) 3251-8305 e-mail: elvilson.teles@embasa.ba.gov.br

RESUMO

O aumento populacional, acompanhado da intensificação das atividades socioeconômicas, tem tornado a distribuição de água, em quantidade e qualidade adequada, um dos grandes desafios para as companhias de saneamento. Constantemente surgem novas ampliações nas redes de distribuição já existentes, havendo a necessidade da tomada de decisão buscando uma forma mais econômica para garantir o abastecimento com vazão e pressão suficientes em todos os pontos de consumo.

Este trabalho apresenta um estudo de um sistema com problemas no abastecimento com água tratada. Inicialmente é feita a caracterização da situação atual e a partir dos problemas diagnosticados, foram propostas alternativas para regularizar o abastecimento, equilibrar as pressões e otimizar o consumo com energia elétrica. O sistema de abastecimento de água de São Cristóvão, em análise, pertencente ao sistema de abastecimento integrado de Feira de Santana, apresenta regiões com frequentes problemas de desabastecimento e, segundo o balanço hídrico do ano de 2010, o índice de Perdas na Distribuição anual (IPD12) é de 57,64%, estando muito acima do normal para a região de Feira de Santana (IPD12= 36%), além de possuir comunidades sem acesso à água tratada.

Tendo em vista esses problemas apresentados pelo Sistema São Cristóvão, o presente estudo desenvolve uma análise dos parâmetros hidráulicos, energéticos e econômicos, tendo como objetivo propor intervenções para melhoria na operação do mesmo, a fim de regularizar o abastecimento no referido Sistema, reduzir perdas de água e energia, e possibilitar o abastecimento das comunidades sem acesso a água tratada.

PALAVRAS-CHAVE: Epanet, Inversor de frequência, Eficiência Energéticas.

INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água de São Cristóvão, em análise, pertencente ao sistema de abastecimento integrado de Feira de Santana, apresenta regiões com frequentes problemas de desabastecimento e, segundo o balanço hídrico do ano de 2010, o índice de Perdas na Distribuição anual (IPD12) é de 57,64%, estando muito acima do normal para a região de Feira de Santana (IPD12= 36%), além de possuir comunidades sem acesso à água tratada.

Tendo em vista esses problemas apresentados pelo Sistema São Cristóvão, o presente estudo desenvolve uma análise dos parâmetros hidráulicos, energéticos e econômicos, tendo como objetivo propor intervenções para melhoria na operação do mesmo, a fim de regularizar o abastecimento no referido Sistema, reduzir perdas de água e energia, e possibilitar o abastecimento das comunidades sem acesso a água tratada.

MATERIAIS E MÉTODOS

LEVANTAMENTO DE DADOS

Todos os dados necessários para a realização do estudo, Diâmetro e comprimento da tubulação, cotas do terreno, nº de ligações, dados característicos dos equipamentos instalados, foram obtidos através do levantamento em campo e consulta ao cadastro (cadastro técnico, comercial, cartográfico) no setor de geoprocessamento da EMBASA.

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Inicialmente foi efetuado o estudo sobre eficiência energética e operacional em sistemas de abastecimento de água, sendo destacada pelos autores a utilização do EPANET como ferramenta para permitir simular e diagnosticar as alternativas a serem empregadas para o melhoramento da eficiência dos sistemas de abastecimento. Portanto foi necessário pesquisar e estudar sobre o programa EPANET, a fim de utilizar como ferramenta para otimizar o sistema de abastecimento de água em estudo.

Segundo GOMES (2006), o processo de tomada de decisão, em projetos de sistemas de abastecimento de água, pode ser dividido em duas fases: diagnóstico e implantação de medidas corretivas. A elaboração prévia de um diagnóstico é imprescindível em qualquer metodologia empregada na análise de redes hidráulicas, devendo este apresentar todas as características físicas e hidráulicas do sistema, indicando assim, os dados que irão alimentar o modelo. Tais dados podem ser divididos em dados cadastrais e dados experimentais. Os dados cadastrais envolvem os estudos referentes à simplificação do sistema: consumos demandados nos nós; características topográficas da rede; inclusão de componentes da rede (válvulas, acessórios, hidrantes, elementos de medição, elementos de controle, etc.); dentre outros. Os dados experimentais são aqueles coletados in loco e são obtidos através de instrumentação (por exemplo, através de medidores de vazão e pressão).

DESCRIÇÃO E LOCAL DO SISTEMA EM ESTUDO

O Sistema em estudo, é composto pelo Booster de Ovo da Ema e pela EEAT São Cristóvão, localizados na zona rural, pertencente ao SIAA de Feira de Santana.

OBSERVAÇÕES DE CAMPO

Segundo informações obtidas em campo e no setor de operações da EMBASA, o sistema apresenta regiões com problemas de desabastecimento, necessitando que sejam efetuadas manobras diárias, através de válvulas manuais, para possibilitar o abastecimento dessas regiões.

ANÁLISE DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS

Foi modelado inicialmente no EPANET à situação atual, a fim de caracterizar e constatar os problemas geradores de desabastecimento de água. Com o modelo implantado no EPANET referente à situação atual, foi efetuado intervenções buscando diagnosticar as alternativas para regularizar o abastecimento e otimizar o consumo com energia elétrica do sistema. Foi feita avaliação de três alternativas, descritas no capítulo 6.0.

ANÁLISE DOS PARÂMETROS ENERGÉTICOS

Para a análise dos parâmetros energéticos, foi feito levantamento de dados no setor de controle energético da EMBASA em Feira de Santana, referentes ao custo atual com energia elétrica do sistema. A seguir foi estimado o custo do consumo futuro referente às alternativas propostas pelo estudo.

ANÁLISE ECONÔMICA

Para a análise econômica foi avaliado o custo mensal, referente ao investimento, com amortização de capital, somado ao custo de energia elétrica consumida pelo Sistema, considerando um horizonte de projeto de dez anos. Esta análise permitiu comparar as alternativas propostas para otimização do sistema e identificar a mais vantajosa economicamente para a empresa.

RESULTADOS

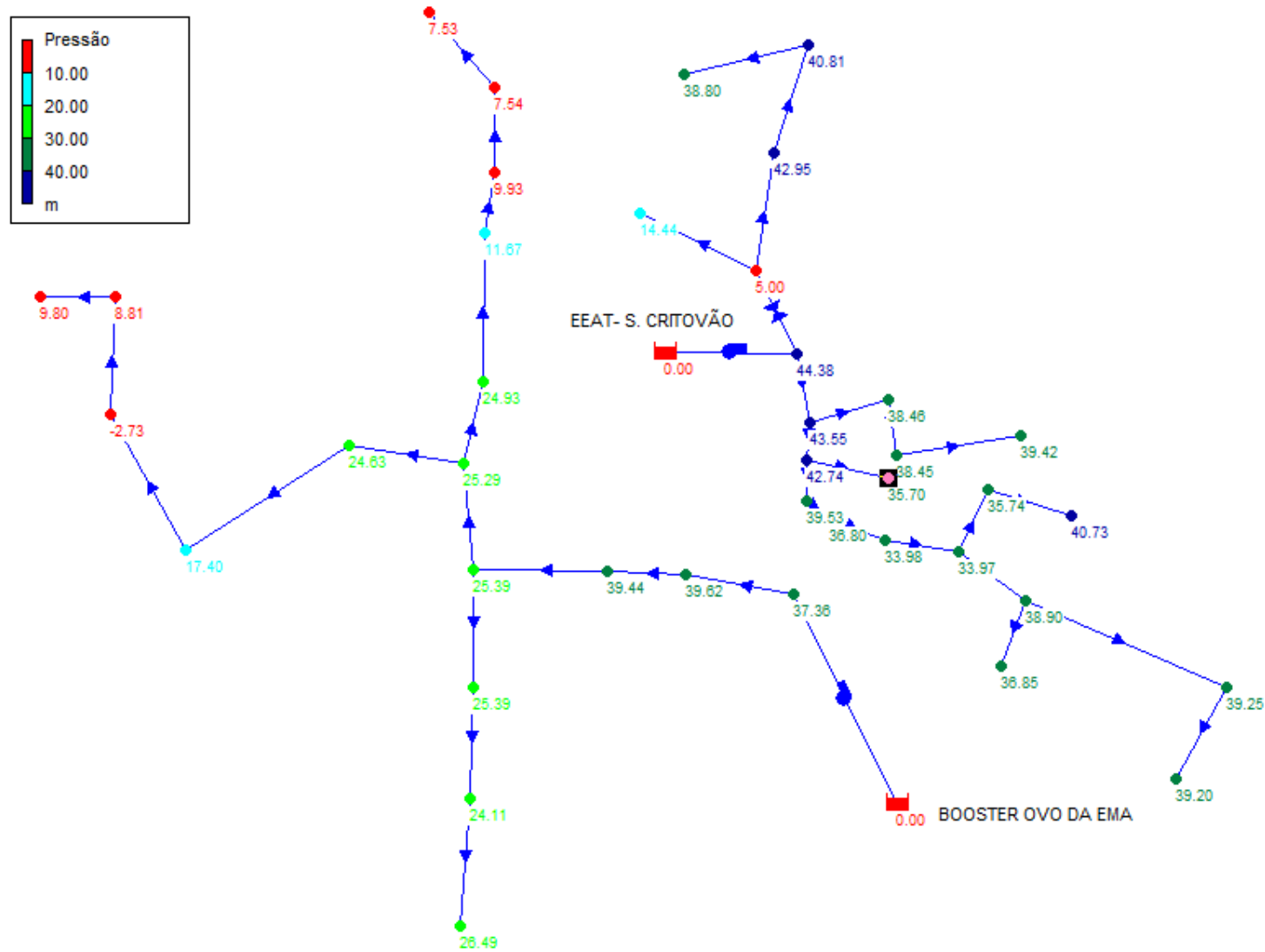
ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo descreve os procedimentos utilizados para caracterizar a situação atual do sistema de abastecimento de água tratada da EEAT São Cristovão e do Booster de Ovo da Ema através da modelagem no EPANET, que permitirão identificar as regiões com problemas no abastecimento de água.

MODELAGEM HIDRÁULICA NO EPANET

Para simular no EPANET a situação atual do Booster de Ovo da Ema e da EEAT São Cristovão foi necessário definir os dados descritos abaixo, de acordo com as informações levantadas no setor de geoprocessamento da EMBASA (cadastro técnico, comercial, cartográfico). A Figura 6.1 apresenta o Layout do sistema.

FIGURA 6.2 - Modelagem do Sistema de abastecimento de água São Cristovão / Ovo da Ema – Situação atual



DADOS:

Consumo per capita: $q = 120$ l/hab/dia

Nº. de habitantes por residência = 05

Coefficiente do dia de maior consumo: $K1 = 1,20$

Coefficiente da hora de maior consumo: $K2 = 1,50$

Nº Horas de Operação = 24h/d

Calculo da vazão específica :

$$q_m = \frac{(Ligações \times 5) \times k1 \times k2 \times q}{86400 \times L} \Rightarrow l / s.m$$

Setor 01: 325 Ligações (São Critovão, Genipapo, entrocamento de tanquinho)

Setor 02: 372 Ligações (Ovo da ema, Garapa, Formiga, Lagoa Salgada)

Ligações = 697 Extensão total da rede: $L = 30256$ m

$$q_m = \frac{(697 \times 5) \times 1,2 \times 1,5 \times 120}{86400 \times 30256} \Rightarrow 2,80 \times 10^{-4} l / s.m$$

PROPRIEDADES DOS NÓS DA REDE:

Tabela 6.1 - Demandas de água, cotas e distâncias entre nós

NO	Demanda (l/s)	COTA	l(m)
5	0,000	259	
6	0,256	254	914
7	0,018	254	65
8	0,365	250	1303
9	0,425	249	1519
10	0,390	246	1394
11	0,234	243	834
12	0,525	243	1874
13	0,842	247	3006
14	0,306	265	1092
15	0,227	253	809
16	0,069	252	246
17	0,057	243	205
18	0,565	243	2019
19	0,551	243	1969
20	0,294	245	1050
21	0,095	245	340
5-	0,0868	247	310
6-	0,28784	247	1028
7-	0,31024	217	1108
8-	0,17556	219	627
9-	0,09772	221	349
10-	0,1358	254	485
11-	0,07812	259	279
12-	0,01624	259	58
13-	0,1176	258	420
14-	0,12068	258	431
15-	0,11732	251	419
16-	0,05096	253	182
17-	0,112	254	400
18-	0,28028	254	1001
19-	0,09408	253	336
20-	0,10136	251	362
21-	0,08764	246	313
22-	0,01484	248	53
23-	0,24304	247	868
24-	0,13384	247	478
25-	0,09688	250	346
Qt=	7,9778		

Setor 01: São Critovão, Genipapo, entrocamento de tanquinho
325 ligações

Setor 02: Ovo da ema, Garapa, Formiga, Lagoa Salgada
372 ligações

PROPRIEDADES DAS TUBULAÇÕES DOS TRECHOS DA REDE:

Para o cálculo de perda de carga continua foi utilizado a Opção Darcy-Weisbach (D-W), selecionada no EPANET.

Tabela 6.2 - Diâmetros, comprimentos e rugosidades dos tubos

Trecho	Comprimento (m)	DN	Material	Diâmetro interno (mm)	Rugosidade(mm)
2	766	50	PVC	53.4	0,01
4	53	50	PVC	53.4	0,01
5	862	50	PVC	53.4	0,01
6	313	50	PVC	53.4	0,01
7	336	50	PVC	53.4	0,01
8	549	50	PVC	53.4	0,01
10	431	50	PVC	53.4	0,01
11	419	50	PVC	53.4	0,01
12	279	50	PVC	53.4	0,01
13	58	50	PVC	53.4	0,01
14	420	50	PVC	53.4	0,01
9	182	50	PVC	53.4	0,01
16	282	50	PVC	53.4	0,01
17	946	50	PVC	53.4	0,01
19	1028	50	PVC	53.4	0,01
20	1108	50	PVC	53.4	0,01
21	278	50	PVC	53.4	0,01
22	229	50	PVC	53.4	0,01
24	914	100	PVC	108.4	0,01
27	673	50	PVC	53.4	0,01
28	834	75	PVC	77.2	0,01
29	245	75	PVC	77.2	0,01
30	205	75	PVC	77.2	0,01
31	2069	75	PVC	77.2	0,01
32	1092	50	PVC	53.4	0,01
33	809	50	PVC	53.4	0,01
34	1363	50	PVC	53.4	0,01
35	409	50	PVC	53.4	0,01
36	421	50	PVC	53.4	0,01
37	340	50	PVC	53.4	0,01
38	65	100	PVC	108.4	0,01
39	1303	75	PVC	77.2	0,01
23	246	50	PVC	53.4	0,01
1	478	50	PVC	53.4	0,01
26	689	50	PVC	53.4	0,01
3	438	50	PVC	53.4	0,01

PROPRIEDADES DO CONJUNTO MOTOR-BOMBA

As Curvas das bombas foram obtidas através de consulta nos Manuais de Bombas Centrífugas dos fabricantes KSB e DACOR, de acordo com os modelos das bombas instaladas no Booster de Ovo da Ema e na EEAT São Cristovão. Para calibrar o modelo no EPANET foi efetuado o levantamento das curvas reais no campo, através da equipe de pitometria da EMBASA.

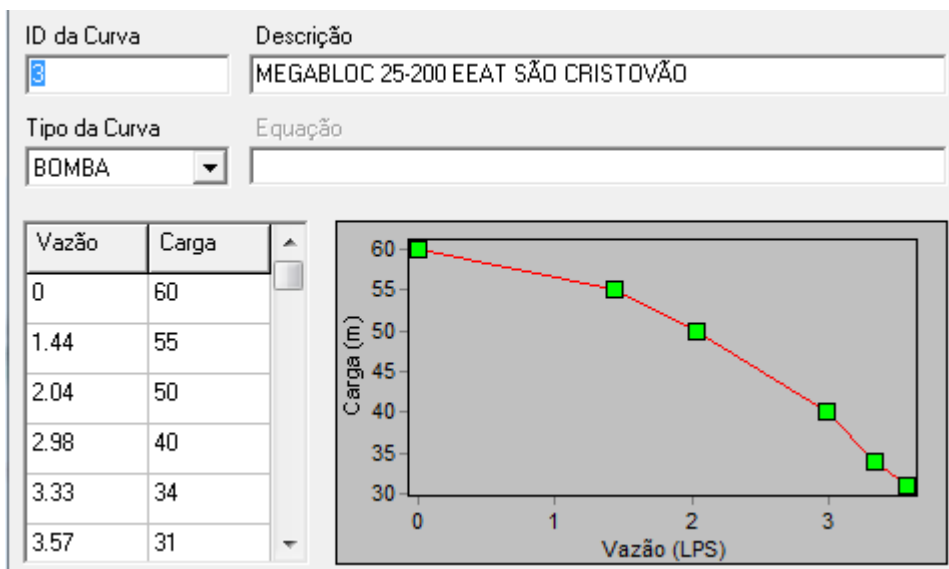
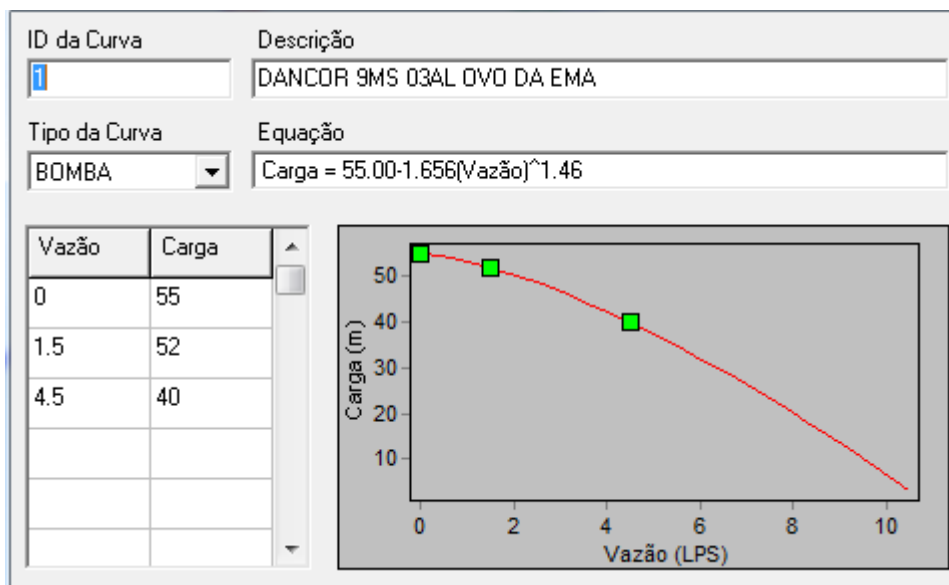


TABELA 6.3 - Resumo da Simulação - Situação Atual

Nós às 17:00 Horas				
	Cota	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
ID do Nó	m	LPS	m	m
Nó 24	247	0.13	286.20	39.20
Nó 23	247	0.24	286.25	39.25
Nó 22	248	0.01	286.90	38.90
Nó 19	253	0.09	286.97	33.97
Nó 20	251	0.10	286.74	35.74
Nó 21	246	0.09	286.73	40.73
Nó 18	254	0.28	287.98	33.98
Nó 17	254	0.11	290.80	36.80
Nó 15	251	0.12	293.74	42.74
Nó 14	258	0.12	293.70	35.70
Nó 13	258	0.12	297.42	39.42
Nó 12	259	0.02	297.45	38.45
Nó 11	259	0.08	297.46	38.46
Nó 10	254	0.14	297.55	43.55
Nó 1-EEAT	259	0.00	303.38	44.38
Nó 16	253	0.05	292.53	39.53
Nó 25	250	0.10	286.85	36.85
Nó 6	247	0.29	261.44	14.44
Nó 7	217	0.31	259.95	42.95
Nó 8	219	0.18	259.81	40.81
Nó 9	221	0.10	259.80	38.80
Nó 5	257	0.09	262.00	5.00
Nó 5-	259	0.00	296.36	37.36
Nó 6-	254	0.26	293.62	39.62
Nó 8-	250	0.37	275.39	25.39
Nó 11-	243	0.23	268.29	25.29
Nó 17-	243	0.06	267.93	24.93
Nó 12-	243	0.52	267.63	24.63
Nó 18-	243	0.56	254.67	11.67
Nó 19-	243	0.55	252.93	9.93
Nó 20-	245	0.29	252.54	7.54
Nó 21-	245	0.09	252.53	7.53
Nó 13-	247	0.84	264.40	17.40
Nó 14-	265	0.31	262.27	-2.73
Nó 15-	253	0.23	261.81	8.81
Nó 9-	249	0.42	273.11	24.11
Nó 10-	246	0.39	272.49	26.49
Nó 7-	254	0.02	293.44	39.44
Nó 16-	252	0.07	261.80	9.80
Nó d	250	0.00	275.39	25.39
RNF CXR	261	-2.76	261.00	0.00
RNF 1	260	-5.22	260.00	0.00

DIAGNÓSTICO E SIMULAÇÃO REFERENTE À SITUAÇÃO ATUAL:

O modelo implementado no EPANET encontra-se em processo de calibração através de ajustes com os levantamentos e ensaios no campo, com o intuito de obter uma simulação confiável. Mas de acordo com a modelagem e simulação efetuadas do sistema em análise no EPANET, já foi possível constatar regiões com pressões negativas e pontos com pressões dinâmicas abaixo da preconizada pela NBR 12218 de 10 m.c.a, identificadas na figura 6.2, o que caracteriza regiões com problemas de desabastecimento com água tratada. A tabela 6.3 apresenta o resumo da simulação.

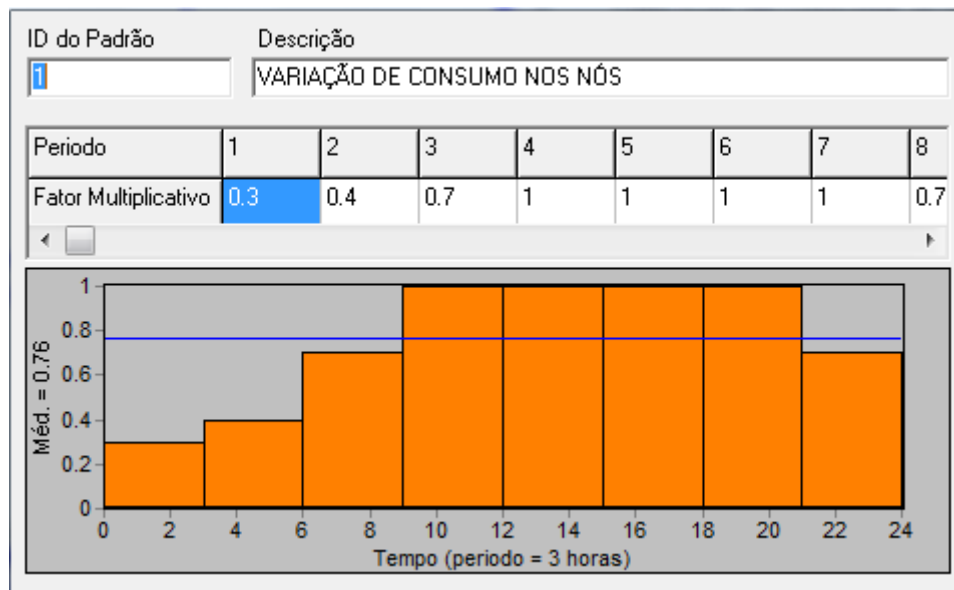
ESTUDO DAS ALTERNATIVAS

Esse capítulo apresenta as alternativas possíveis, diagnosticadas através das simulações com o EPANET, para regularizar o abastecimento com água tratada, equilibrar as pressões e melhorar a eficiência do consumo com energia elétrica do sistema de abastecimento de água São Cristóvão / Ovo da Ema.

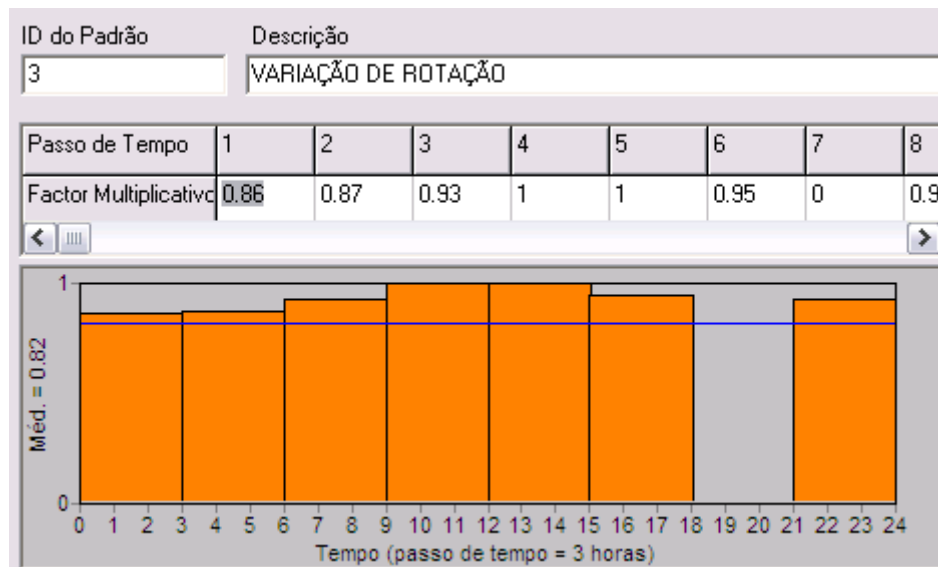
ALTERNATIVA 01

Essa alternativa tem como proposta integrar o sistema na EEAT- São Cristóvão. Ela foi obtida através da modelagem (Figura 6.3) e simulações (Relatório completo - anexo 04) com o EPANET, efetuando intervenções no modelo referente a situação atual. As intervenções necessárias para otimizar o sistema de abastecimento São Cristóvão / Ovo da Ema estão descritas abaixo:

- Implantar 1.300m de rede de distribuição interligando a rede alimentadora de Ovo da Ema a Lagoa Salgada;
- Substituir tubulação (trecho 12-13: DN 75 para DN 100);
- Instalar válvula redutora de pressão (trecho 1-5);
- Implantar 1.700m, DN 100 mm, de rede de distribuição interligando a EEAT São Cristóvão a rede alimentadora de Ovo da Ema ;
- Execução de 110 ligações domiciliares;
- Instalar novo conjunto motor-bomba (KSB 32-200 202mm 15cv);
- Instalação do painel de comando elétrico com inversor de frequência para acionamento do novo conjunto motor-bomba.



Para equilibrar hidráulicamente o sistema diante das variações de consumo foi inserido o gráfico de variação de velocidade do motor elétrico, representando a utilização do inversor de frequência.



Para executar a simulação dinâmica foi criada a curva de modulação, para representar a variação periódica dos consumos nos nós ao longo do tempo.

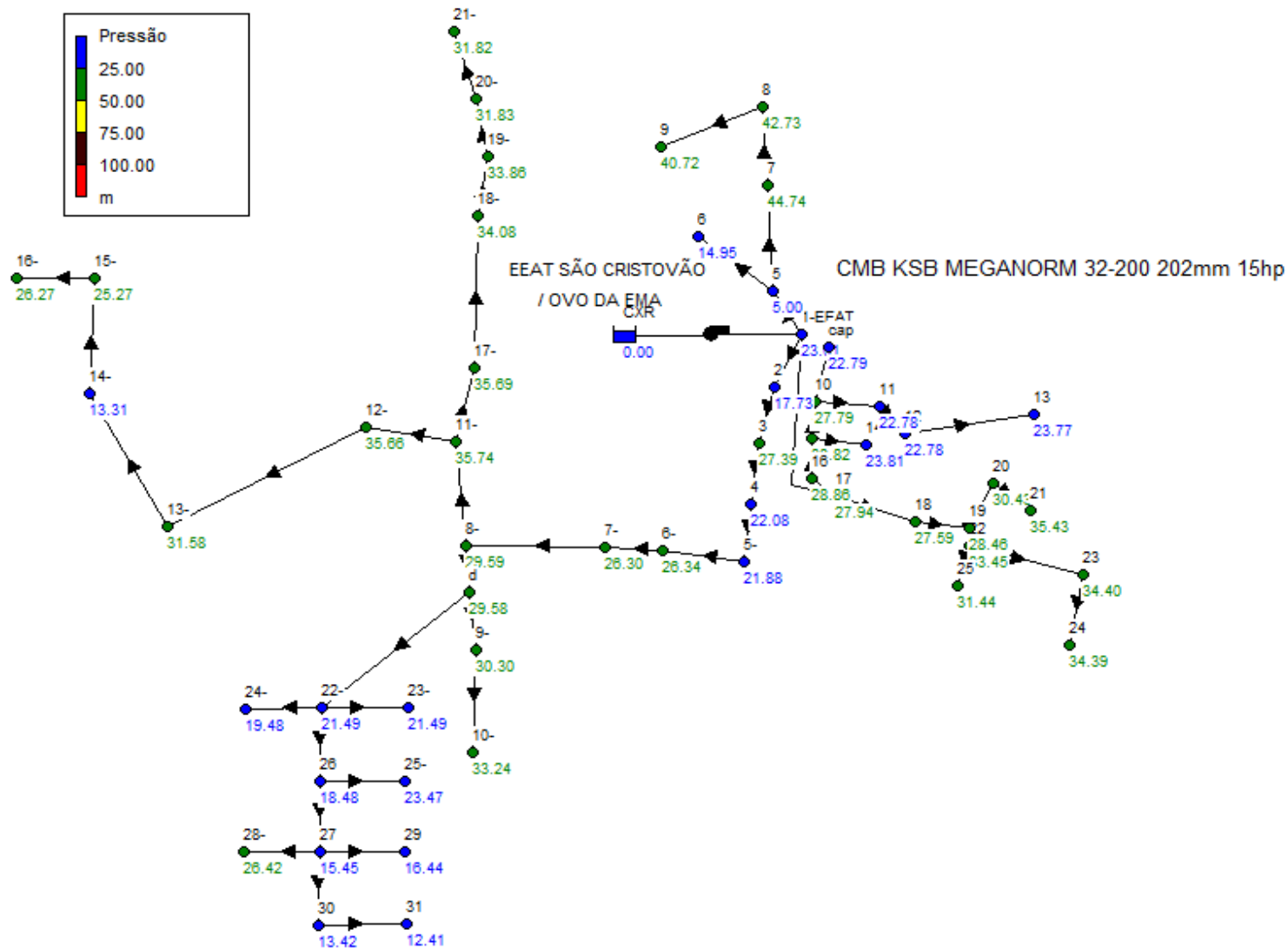


FIGURA 6.3 - Modelagem do Sistema Integrado São Cristovão / Ovo da Ema – Alternativa 01

CUSTO ESTIMADO COM ENERGIA ELÉTRICA REFERENTE A ALTERNATIVA 01

Essa alternativa tem como proposta redimensionar e integrar o sistema na EEAT – São Cristóvão, que possui uma tarifa contratada de 0,15233 \$/KWh, desativar o Booster de Ovo da Ema, com tarifa contratada no valor 0,44228 \$/kWh, e utilizar o inversor de frequência para acionar o motor elétrico.

Para análise energética do SIAA São Cristóvão foram verificadas as limitações do contrato (Nº 32186696) junto à concessionária de energia elétrica (Coelba). Com as informações obtidas constatou-se que o contrato existente contempla as mudanças da alternativa analisada.

O cálculo do consumo com energia elétrica foi determinado a partir da seguinte fórmula:

$$C_{energia} = (P \times N_b \times p) + Demanda = 11,25 \times 630 \times 0,15233 + (30 \times 20,43) = \$1692,5$$

$$C_{anual} = 12 \times 1692,5 = \$20.310,00$$

$C_{energia}$: Custo mensal com energia da alternativa I, em unidades monetária (\$);

POT: Potência dimensionada na alternativa I (11,25 KW);

N_b = Número de horas de bombeamento por mês (21x30=630 h / mês);

p : custo da energia, de acordo com o contrato (Nº 32186696), tarifa: A4-HV= 0,15233 \$/kWh.

ANÁLISE ECONÔMICA REFERENTE À ALTERNATIVA 01

O Custo mensal para o horizonte de projeto de 10 anos da Alternativa I, foi determinado de acordo com o investimento referente às intervenções necessárias para a Alternativa analisada, discriminadas no orçamento da alternativa I (anexo 01), somado ao custo mensal de energia elétrica. Os cálculos estão descritos a seguir:

$$A = \frac{P \times i_{a.m} (1 + i_{a.m})^n}{(1 + i_{a.m})^n - 1} \Rightarrow A = \$1.888,99$$

$$(1 + 0,12)^1 = (1 + i_{a.m})^{12} \Rightarrow i_{a.m} = \sqrt[12]{1,12} - 1 = 0,949\%$$

$$C_{Total} = A + C_{energia} = 1.888,99 + 1,692,5 = \$3.581,49$$

P: Valor presente (investimento de acordo orçamento alternativa I) = \$ 134.971,03;

A: Valor das parcelas com amortização de capital (mês);

$i_{a.m}$: Taxa de juros ao mês;

$i_{a.a}$: Taxa de juros anual = 12 % a.a;

C_{Total} = Custo Total mensal;

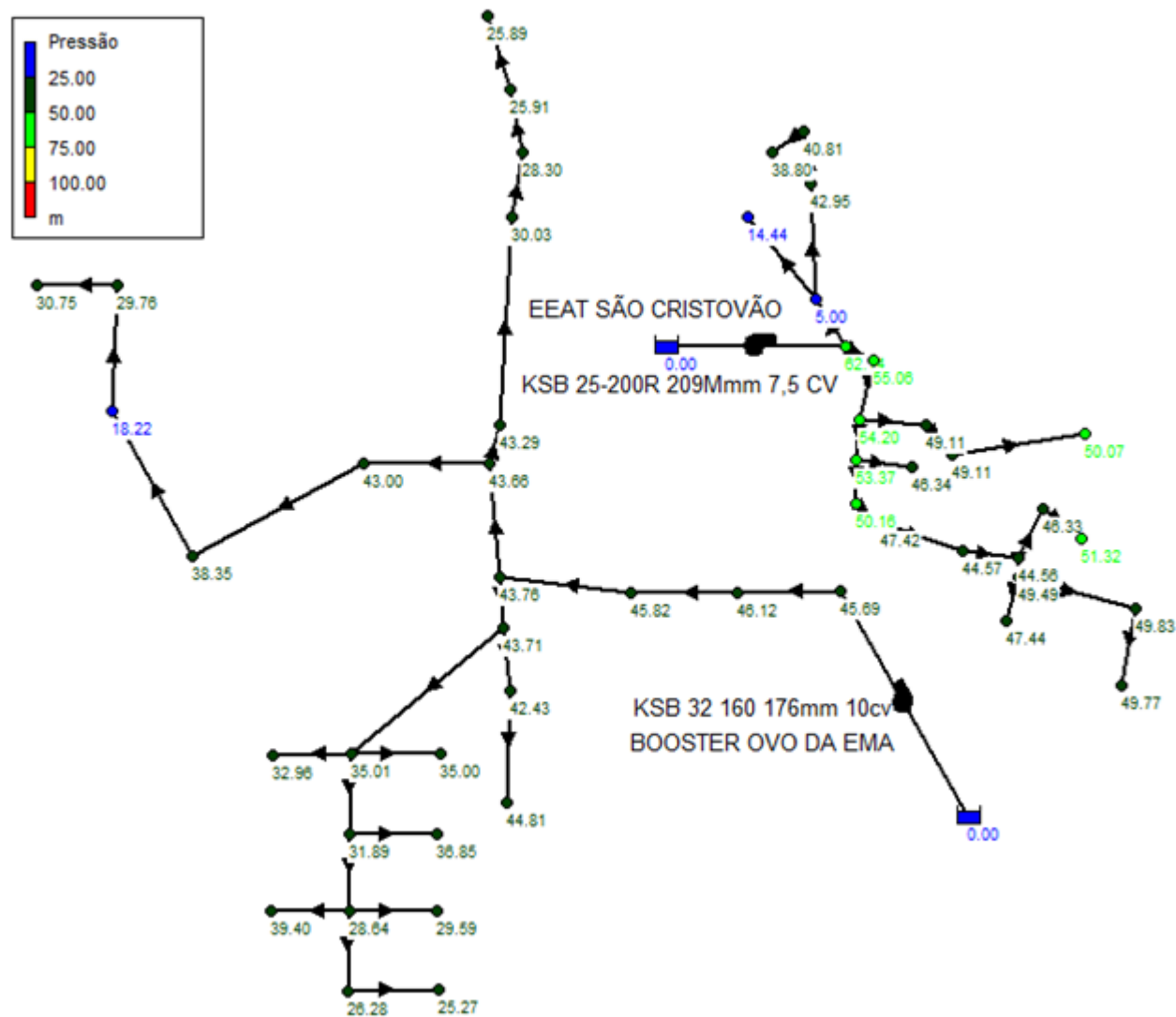
ALTERNATIVA 02

Essa alternativa tem como proposta redimensionar o booster de Ovo da Ema. Ela foi obtida através da modelagem (Figura 6.4) e simulações com o EPANET, efetuando intervenções no modelo referente a situação atual. As intervenções necessárias para otimizar o sistema de abastecimento São Cristóvão / Ovo da Ema estão descritas abaixo:

- Implantar 1.300m de rede de distribuição interligando a rede alimentadora de Ovo da Ema a Lagoa Salgada;
- Substituir tubulação (trecho 12-13: DN 75 para DN 100);

- Instalar válvula redutora de pressão (trecho 1-5);
- Execução de 110 ligações domiciliares;
- Instalar novo conjunto motor-bomba no booster (KSB 32-160 176mm 10cv);
- Instalação de painéis de comando elétrico com inversor de frequência para acionamento dos conjuntos motor-bomba, na EEAT São Cristovão e no Booster Ovo da Ema.

FIGURA 6.4 - Modelagem do sistema de distribuição de água - Alternativa 02



CUSTO ESTIMADO COM ENERGIA ELÉTRICA REFERENTE À ALTERNATIVA 02

Para análise energética do Booster Ovo da Ema foi verificado as limitações do contrato (Nº 0200276353) junto à concessionária de energia elétrica (Coelba). Com as informações obtidas constatou-se que o contrato existente contempla as mudanças da alternativa analisada.

O cálculo do consumo de energia elétrica foi determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$C_{energia} = P \times N_b \times p = 7,36 \times 630 \times 0,44228 = 2.050,76$$

$C_{energia}$: Custo mensal com energia da alternativa II, em unidades monetária (\$);

P_{OT} : Potência dimensionada na alternativa II (7,36 KW);

N_b = Número de horas de bombeamento por mês (21x30=630 h / mês);

p : custo da energia, de acordo com o contrato (Nº 0200276353), tarifa: B3 = 0,44228 \$/kWh

ANÁLISE ECONÔMICA REFERENTE À ALTERNATIVA 02

O Custo mensal para o horizonte de projeto de 10 anos da Alternativa II, foi determinado de acordo com o investimento referente as intervenções necessárias para a Alternativa analisada, discriminadas no orçamento da alternativa II (anexo 02), somado com o custo mensal de energia elétrica. Os cálculos estão descritos a seguir:

$$A = \frac{P \times i_{a.m} (1 + i_{a.m})^n}{(1 + i_{a.m})^n - 1} \Rightarrow A = \$1.337,29$$

$$(1 + 0,12)^1 = (1 + i_{a.m})^{12} \Rightarrow i_{a.m} = \sqrt[12]{1,12} - 1 = 0,949\%$$

$$C_{Total} = A + C_{energia} = 1.337,29 + 1.779,32 + 2.050,76 = \$5.167,37$$

P: Valor presente (investimento de acordo orçamento alternativa II) = \$ 95.551,40;

A: Valor das parcelas com amortização de capital (mês);

$i_{a.m}$: Taxa de juros ao mês;

$i_{a.a}$: Taxa de juros anual = 12 % a.a;

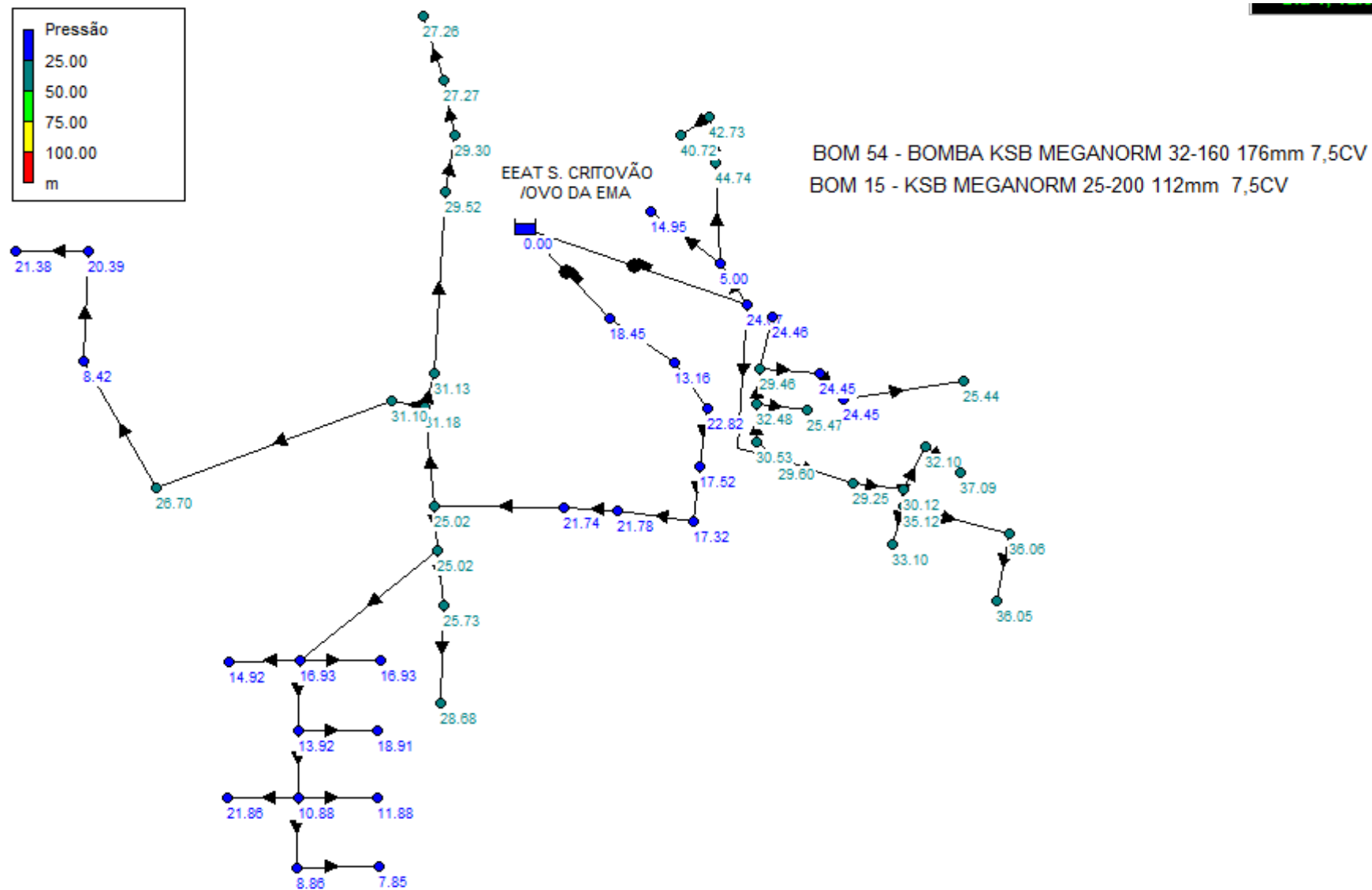
C_{Total} = Custo Total mensal;

ALTERNATIVA 03

Essa alternativa tem como proposta integrar o sistema na EEAT- São Cristovão, com o dimensionamento de equipamentos independentes para o sistema de Ovo da Ema e São Cristovão. Ela foi obtida através da modelagem (Figura 6.5) e simulações com o EPANET, efetuando intervenções no modelo referente a situação atual. As intervenções necessárias para otimizar o sistema de abastecimento São Cristovão / O da ema estão descritas abaixo:

- Implantar 1.300m de rede de distribuição interligando a rede alimentadora de Ovo da Ema a Lagoa Salgada;
- Substituir tubulação (trecho 12-13: DN 75 para DN 100);
- Instalar válvula redutora de pressão (trecho 1-5);
- Implantar 1.700m, DN 100 mm, de rede de distribuição interligando a EEAT São Cristovão a rede alimentadora de Ovo da Ema ;
- Execução de 110 ligações domiciliares;
- Instalar novo conjunto motor-bomba (KSB 32-200 202mm 7,5cv);
- Instalação do painel de comando elétrico com inversor de frequência para acionamento dos conjuntos motor-bomba.

FIGURA 6.5 - Modelagem do sistema de distribuição de água - Alternativa 03



CUSTO ESTIMADO COM ENERGIA ELÉTRICA REFERENTE À ALTERNATIVA 03

Essa alternativa tem como proposta redimensionar equipamentos independentes para o Sistema de Ovo da Ema e São Cristovão instalados na EEAT – São Cristovão, que possui uma tarifa contratada de 0,15233 \$/kWh, desativar o Booster de Ovo da Ema com tarifa contratada no valor 0,44228 \$/kWh, e utilizar o inversor de frequência para acionar o motor elétrico.

O cálculo do consumo de energia elétrica foi determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$C_{energia} = (P \times N_b \times p) + Demanda = 11,25 \times 630 \times 0,15233 + (30 \times 20,43) = \$1692,5$$

$C_{energia}$: Consumo de energia da alternativa I, em unidades monetária (\$);

P_{OT} : Potência dimensionada na alternativa I (11,25 KW);

N_b = Número de horas de bombeamento por mês (21x30=630 h / mês);

p : custo da energia, de acordo com o contrato (Nº 32186696), tarifa: A4-HV= 0,15233 \$/kWh,

Demanda = 20,43\$/KW.

ANÁLISE ECONÔMICA REFERENTE À ALTERNATIVA 03

O Custo mensal para o horizonte de projeto de 10 anos da Alternativa 03, foi determinado de acordo com o investimento referente às intervenções necessárias para a Alternativa analisada, discriminadas no orçamento da alternativa 03 (anexo 03), somado ao custo mensal de energia elétrica. Os cálculos estão descritos a seguir:

$$A = \frac{P \times i_{a.m} (1 + i_{a.m})^n}{(1 + i_{a.m})^n - 1} \Rightarrow A = \$1.959,00$$

$$(1 + 0,12)^1 = (1 + i_{a.m})^{12} \Rightarrow i_{a.m} = \sqrt[12]{1,12} - 1 = 0,949\%$$

$$C_{Total} = A + C_{energia} = 1.959,00 + 1,692,5 = \$3.651,60$$

P : Valor presente (investimento de acordo orçamento alternativa I) = \$ 139.980,04;

A : Valor das parcelas com amortização de capital (mês);

$i_{a.m}$: Taxa de juros ao mês;

$i_{a.a}$: Taxa de juros anual = 12 % a.a;

C_{Total} = Custo Total mensal;

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

De acordo com avaliação das alternativas propostas foi constatado que a alternativa I é mais vantajosa economicamente, apresentando para o horizonte de projeto de 10 anos um custo mensal menor. A questão energética foi o principal fator para demonstrar a economia da alternativa I, caracterizada com sistema trifásico 380V e tarifa contratada (A4: horosazonal - verde) no valor de 0,15233 \$/kWh, enquanto a alternativa II possui uma tarifa contratada no valor 0,44228 \$/kWh referente ao contrato Bifásico B3.

Como medida em curto prazo a Embasa executou implantação de rede paralela ao trecho crítico, diagnosticado na modelagem com o EPANET. Com essa intervenção já foi possível regularizar o abastecimento da região.

A metodologia apresentada neste trabalho representa uma importante alternativa para a tomada de decisão sobre sistemas de distribuição de água que se encontram com deficiência de vazão e pressão nos pontos de consumo, de maneira que a solução encontrada proporcione o menor custo possível de investimento e operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROSO, Lidiane Bittencourt. Estudo da minimização das perdas físicas em sistema de distribuição de água utilizando o modelo EPANET. 2005. 97 p. Dissertação (Mestrado em recursos Hídricos e Saneamento ambiental) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.
2. CAPELLI, A., Inversores de Frequência Vetorial, Revista Saber Eletrônico nº 337, Fevereiro de 2001.
3. CAPELLI, A., Inversores de Frequência, Revista Mecatrônica Atual nº 2, Fevereiro de 2002.
4. CESARIO, A. L. & DAVIS, J. O. Calibrating Water System Models. Journal of the American Water Works Association, v. 76, n. 7, p. 66-69, July 1984. Apud Barroso, 2005.
5. DIAS, M. C. B. F.; VIEIRA, J. M. P.; VALENTE, J. C. T.; COELHO, S. T. Calibração de Modelos de Simulação de Quantidade e Qualidade de Água em Redes de Distribuição: O Caso da Zona Oeste da Cidade de Bragança. In: 9º Encontro Nacional de Saneamento Básico, Loures, Portugal. 2000. http://www.apesb.pt/comunicacoes/com_6.htm. Apud Barroso, 2005.
6. GOMES, H. P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos. 112p. Editora Universitária da UFPB, João Pessoa, 2004.
7. GOMES, H. P. Sistema de abastecimento de água: dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias. 242p. Editora Universitária da UFPB, João Pessoa, 2004.
8. GOMES, H. P.. Otimização Econômica para a Reabilitação De Rede De Distribuição, Considerando A Instalação De Boosters. VI SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, 15p. JOÃO PESSOA, 2006.
9. NBR 12218 – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. 1994.
10. NETTO, Azevedo - FERNANDEZ, Miguel F. Manual de Hidráulica. Editor Edgard Blücher Ltda – 1998. São Paulo.
11. ROSSMAN, L. A. EPANET 2 - Users manual. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2000. Tradução e Adaptação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
12. SILVA, F. G. B.; GRATÃO, U.; PORTO, R. M.; CHAUDHRY, F. H. Avaliação de Parâmetros do Modelo Pressão-Vazamento para Sub-Setor da Cidade de São Carlos, SP. In: IX SILUBESA - Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro, BA. 2000. Anais. Apud Barroso, 2005.
13. TSUTUYIA, M. T. Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água. São Paulo: ABES/SP, 2001. 185p.
14. VIEGAS, J. V. Redução de Pressão – uma alternativa técnica para melhorar a eficiência operacional. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, PB. 2001. Anais... Apud Barroso, 2005.