



77 - Plano de otimização operacional de um setor de abastecimento – estudo de caso

Lucas Fonseca de Oliveira⁽¹⁾

Engenheiro Civil – SABESP MS UGR Billings

Janderson A. Fortunato⁽²⁾

Técnico em Saneamento – SABESP MS UGR Billings

Paulo Renato Vieira⁽³⁾

Técnico em Saneamento – SABESP MS UGR Billings

Marli dos Reis⁽⁴⁾

Tecnóloga – SABESP MS UGR Billings

Paulo Sérgio Macedo Ferreira⁽⁵⁾

Tecnólogo – SABESP MS UGR Billings

Endereço⁽¹⁾: Rua Paulo di Favari, 60 – Vila Caminho do Mar – São Bernardo do Campo - SP - CEP: 09607-140 - Brasil - Tel: +55 (11) 95637-4847 - Fax: +55 (11) 4103-2919 - e-mail: lucasfonseca@sabesp.com.br.

RESUMO

Esse projeto objetivou redução de perdas, criação de microzonas e melhoria do abastecimento em regiões críticas com consequente avanço nos indicadores, além de realizar estudo de viabilidade financeira. Foi construído um modelo matemático **digital twin** que foi base de testes para intervenções após discussões com a equipe. Entre as ações desenvolvidas estão: redução da pressão em áreas de **VRP**, substituição de hidrômetros e reforços de rede. Criou-se então estudo baseado em **análise de Pareto** com as intervenções propostas para redução de perdas de modo a priorizar oito regiões dentro do setor com maior potencial de redução. Para avaliar o retorno financeiro esperado da troca de hidrômetros utilizou-se de metodologia até então inédita na Companhia considerando a estratificação das tarifas. Foram levantados quantitativos de serviços e materiais necessários, bem como realizada planilha orçamentária.

Estima-se **economia de 51 mil m³ em volume distribuído por mês**, e um valor de investimento total de **R\$ 5.073.770,75**. A **TIR esperada é de 9,07% ao ano**. O projeto proporciona a sustentabilidade da empresa garantindo geração de valor às partes interessadas e novos investimentos, bem como aumento da qualidade do abastecimento no setor e a economia de um recurso precioso e não renovável.

PALAVRAS-CHAVE: Operação, modelagem hidráulica, perdas.

1. INTRODUÇÃO E CONCEITUAÇÃO

Segundo a IWA (Associação Internacional da Água), o conceito de perdas é “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”. A Figura 01 traz a esquematização desse conceito.

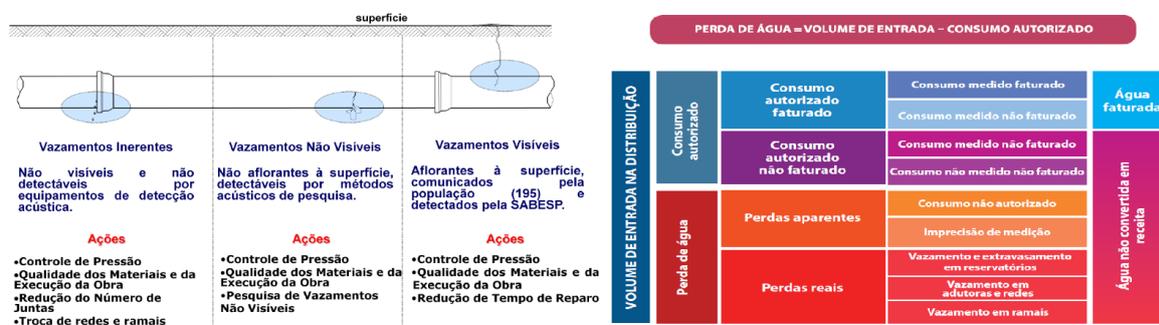


Figura 01: Perdas de água da distribuição ao faturamento (FUNASA, 2014)

Segundo TARDELLI FILHO (2004), as perdas se subdividem em perdas aparentes e perdas reais. Aparentes são as perdas devido às submedições e perdas reais aquelas ocasionadas por vazamentos na rede. Esses

vazamentos podem ser inerentes – situados nas interfaces entre tubulações -, visíveis e não visíveis. A Figura 01 também ilustra essas categorias de perdas bem como traz ações para combatê-las.

Observa-se que as ações mais importantes e efetivas são o controle da pressão (MELATO, 2010.) e a melhoria dos materiais.

Aliado a esses conceitos e objetivando contribuir para atingir as metas da Companhia, a gerência departamental da regional designou à sua célula de engenharia operacional o desafio de otimizar o setor estudado.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

O Setor Alvaranga está situado na região Sudoeste do Município de São Bernardo do Campo, de responsabilidade da Companhia. É um dos mais extensos em área territorial e possui grande variação altimétrica, com ligações em locais baixos, próximos à represa Billings com cotas de 745m, e outros em locais elevados, com cotas de até 856m. Faz fronteira ao norte com o Município de Diadema e ao sul com a represa Billings. A Figura 02 ilustra a localização do Setor.

A população do setor é, em sua maioria, de baixa renda e existem diversos núcleos irregulares e/ou em fase de regularização. Existem, ao todo, mais de 28.000 ligações cadastradas no setor, das quais 7.200 são TL0, isto é, não possuem coleta de esgoto (COMPANHIA, 2019).

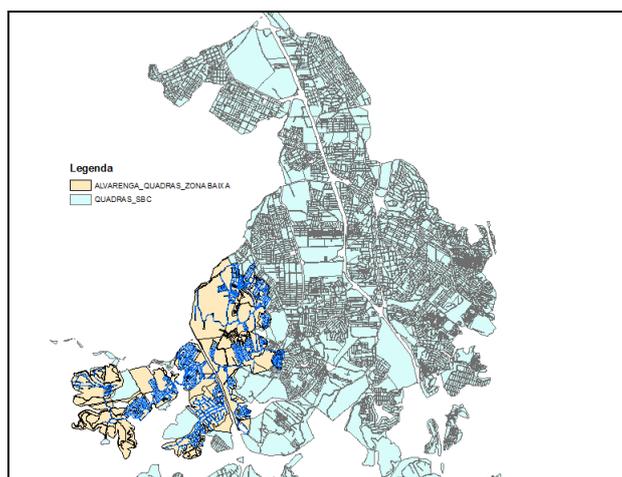


Figura 02: Localização do Setor de Abastecimento.

2.1 ZONAS ALTA E BAIXA

O setor estudado é abastecido pelo reservatório homônimo e seu fluxo é dividido entre Zona Alta e Zona Baixa. A Zona Alta é abastecida por um booster que bombeia água direto da saída do reservatório, enquanto a Zona Baixa é abastecida diretamente por gravidade e possui a gestão noturna controlada pela VRP Riuchi Matsumoto. A Figura 03 ilustra (em vermelho) no modelo matemático as redes abastecidas pela Zona Baixa e a Figura 04 ilustra as redes abastecidas pela Zona Alta.

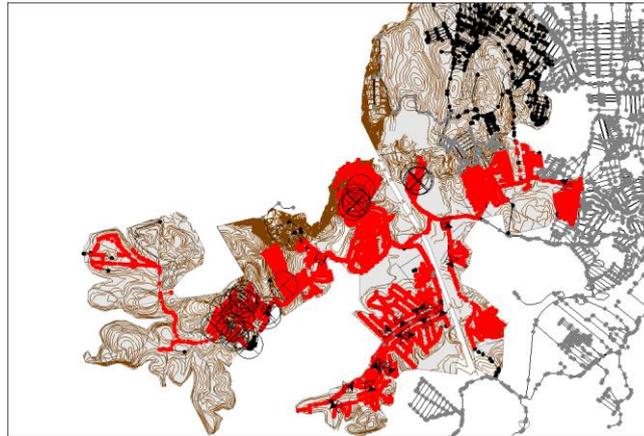


Figura 03: Setor Zona Baixa

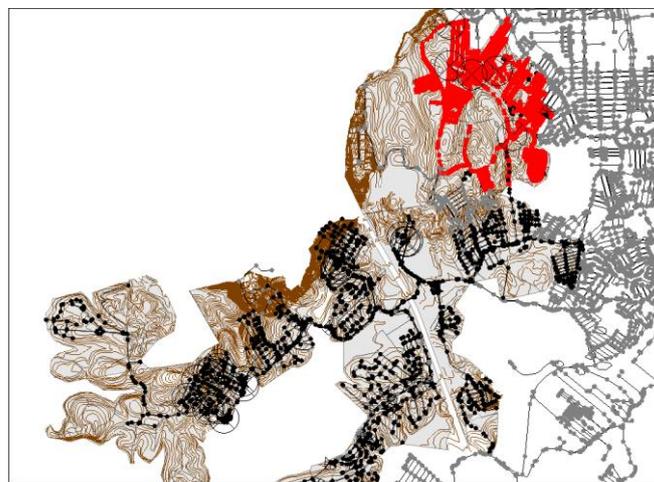


Figura 04: Setor Zona Alta

Essas duas Zonas apresentadas são ainda subdivididas em áreas de VRP menores e de miniboosters conforme detalhadas no organograma da Figura 05.

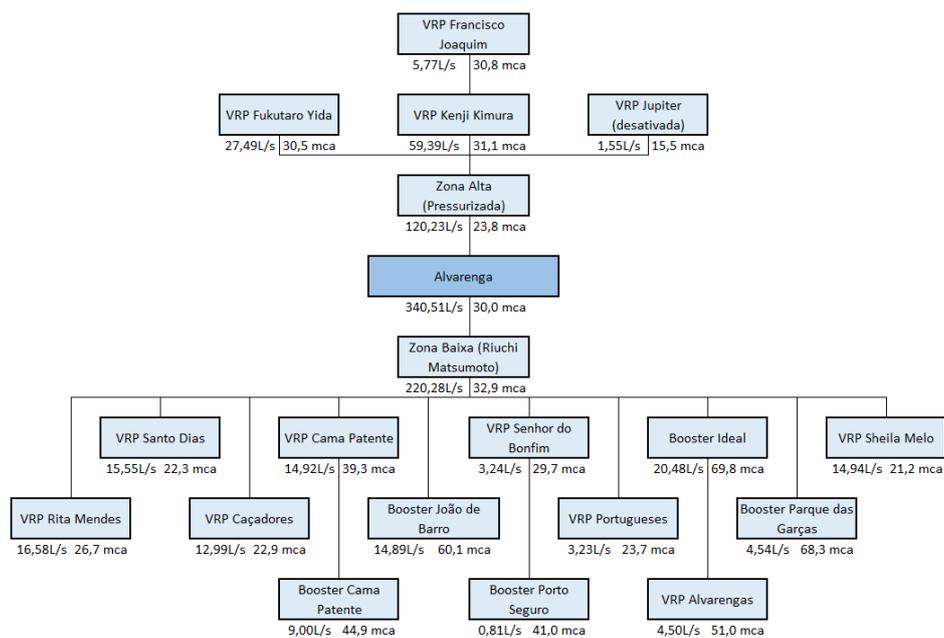


Figura 05: Organograma de setorização

2.2 BOOSTERS

O setor possui ao todo 6 mini-boosters. A Figura 06 identifica as respectivas localizações.

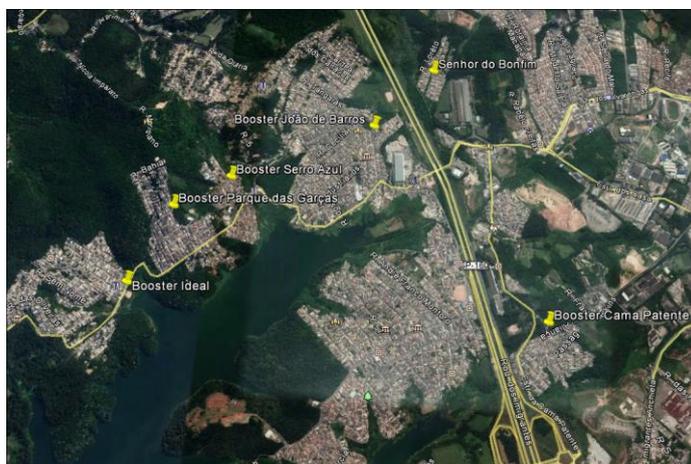


Figura 06: Localização dos Boosters no Setor

Desses miniboosters, 4 estão em operação e 2 em implantação. São eles:

a) **Booster Ideal:** localizado no extremo Oeste, às margens da represa billings, na estrada dos Alvarengas, o booster é objeto de estudo deste trabalho por possuir elevadas pressões dentro de sua área de atuação. Possui pressões a montante em torno de 49 mca e de recalque de 105 mca.

b) **Booster Parque das Garças:** localizado no bairro homônimo, o booster possui pressões elevadas, mas em área bastante inferior ao Ideal. Suas pressões a montante eram de 15 mca e de recalque de 75 mca.

c) **Booster Serro Azul:** localizado no bairro também homônimo, possui a menor área de atuação e o menor número de ligações entre todos os boosters do setor. No momento da elaboração deste trabalho, sua implantação ainda está em execução e financeiramente sua operação se justifica pela necessidade de diminuição de 10 mcas em todo setor estudado, o que desabasteceria a sua área de cobertura. Suas pressões ainda serão ajustadas no decorrer de sua operação.

d) **Booster João de Barros:** localizado no Jardim João de Barros, é um dos boosters com maior número de ligações e possui grande potencial de setorização, que foi abordado neste trabalho. Suas pressões são de 50 mca a montante e 95 mca a jusante.

e) **Booster Porto Seguro/Senhor do Bonfim:** abastecendo apenas 3 logradouros, similarmente ao Booster Serro Azul, financeiramente é justificável devido à redução de pressão em todo setor a ser implementada. Como ainda está em instalação, suas pressões serão definidas conforme sua colocação em operação.

f) **Booster Cama Patente:** localizado no interior da área de atuação da VRP Cama Patente, atende o bairro Parque Esmeralda. Suas pressões não são monitoradas, mas o booster é ajustada para manter o seu ponto crítico a 15 mcas.

Um resumo das informações dos boosters podem ser encontrados na Tabela 01.

Tabela 01: Resumo Boosters do setor estudado

| Booster | Cota Booster (m) | Ponto Crítico | Cota PC (m) | Pressão PC (mca) | Pressão Média a montante (mca) | Pressão Média de recalque (mca) |
|---------------------------|------------------|---------------------------|-------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Booster Ideal | 754 | Rua São Bernardo do Campo | 845 | 22,6 | 49 | 105 |
| Booster Parque das Garças | 790 | Rua Paraíba | 825 | 30 | 15 | 75 |
| Booster Serro Azul | 763 | Rua Milton Pioli | 800 | A definir | A definir | A definir |
| Booster João de Barros | 772 | Rua Águia | 860 | 5 | 49 | 95 |
| Booster Senhor do Bonfim | 783 | Rua Pedro Vitor Massote | 804 | A definir | A definir | A definir |
| Booster Cama Patente | 780 | Rua Nova Terra | 812 | 15 | 22 | 47 |

2.3 VRPs

O setor possui ao todo 12 válvulas redutoras de pressão (VRPs). A Figura 07 identifica as suas respectivas localizações.

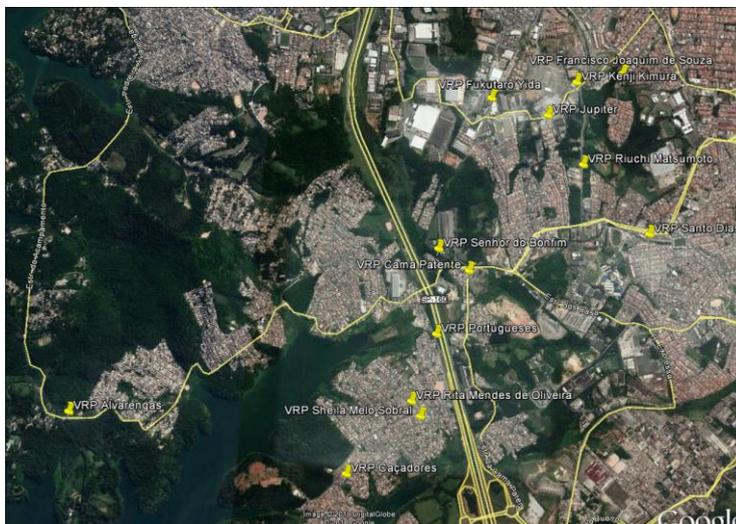


Figura 07: Localização das VRPs

São as VRPs do setor:

- a) VRP Alvarengas: localizada dentro da área do Booster Ideal, na Zona Baixa. Possui pressões de montante de 80 mcas e a jusante de 40 mcas.
- b) VRP Caçadores: localizada dentro da Zona Baixa do Setor. Possui pressões de montante de 25 mcas e a jusante de 19 mcas.
- c) VRP Cama Patente: localizada dentro da Zona Baixa do Setor. Possui pressões de montante de 45 mcas e a jusante de 35 mcas. O Booster Cama Patente está no interior da área desta VRP.
- d) VRP Keiji Kimura: exceto pela VRP Riuchi Matsumoto, é a maior VRP do setor. Está situada na Zona Alta. Pressão a montante de 25 mcas e a jusante de 22 mcas.
- e) VRP Francisco Joaquim: localizada na Zona Alta e dentro da VRP Keiji Kimura. Atualmente fora de operação.
- f) VRP Fukutaro Yida: situada na Zona Alta, possui pressões a montante de 28 mcas e a jusante de 10 mcas.
- g) VRP Jupiter: atualmente fora de funcionamento.
- h) VRP Santo Dias: atualmente fora de funcionamento.
- i) VRP Senhor do Bonfim: até a instalação do Booster Porto Seguro, encontra-se desativada.
- j) VRP Sheila Melo: na Zona Baixa, possui pressões a montante de 40 mca e a jusante de 18 mcas.
- k) VRP Riuchi Matsumoto: é a maior VRP do setor. Sua área de atuação delimita a Zona Baixa do Setor. Atualmente funciona apenas como irrigador, isto é, realizando a gestão noturna sem atuar efetivamente na queda de pressões durante o dia.
- l) VRP Rita Mendes: na Zona Baixa, possui pressões a montante de 33 mca e a jusante de 25 mcas.
- m) VRP Portugueses: na Zona Baixa, possui pressões a montante de 38 mca e a jusante de 24 mcas.

A Tabela 02 a seguir traz um resumo das informações das VRPs.



Tabela 02: Resumo VRPs do setor estudado

| VRP | Cota VRP (m) | Ponto Crítico | Cota PC (m) | Pressão PC (mca) | Pressão Média a montante VRP (mca) | Pressão Média jusante VRP (mca) |
|-----------------------|--------------|---|-------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| VRP Alvarengas | 775 | Rua Juarez Távora, 14 | 780 | Desconhecida | 80 | 40 |
| VRP Caçadores | 775 | Rua Cande, 29007 | 780 | 16 | 25 | 19 |
| VRP Cama Patente | 754 | Rua Victor Maier, 29008 | 775 | 10 | 45 | 35 |
| VRP Keiji Kimura | 813 | Rua 1º de Maio, | 815 | 14 | 25 | 22 |
| VRP Francisco Joaquim | 795 | Própria VRP | 795 | 20 | - | - |
| VRP Fukutaro Yida | 817 | Própria VRP | 820 | 10 | 28 | 10 |
| VRP Jupiter | 805 | Rua Urano, 101 | 830 | Desativada | - | - |
| VRP Santo Dias | 771 | Rua Santo Dias, 389 | 785 | 20 | - | - |
| VRP Senhor do Bonfim | 772 | Rua Jequié, 197 | 795 | Desativada | - | - |
| VRP Sheila Melo | 770 | Rua Sheila Melo Sobral, 96 | 775 | 15 | 40 | 18 |
| VRP Riuchi Matsumoto | 783 | Rua Albécio Vieira de Souza, 4 - Jd. Serro Azul | 800 | 6 | - | - |
| VRP Rita Mendes | 780 | Rua Rita Mendes de Oliveira, 185 | 780 | 23 | 33 | 25 |
| VRP Portugueses | 766 | Rua dos Japoneses, 17 | 760 | 15 | 38 | 24 |

3. OBJETIVOS

O resultado esperado deste trabalho é a otimização da operação do setor estudado em São Bernardo do Campo. Como metas imediatas destacam-se:

- Entendimento do comportamento do setor;
- Redução das pressões médias do setor;
- Proposição de setorizações;
- Proposição de instalação de válvulas redutoras de pressão e boosters.

Indiretamente, por meio das metas mediatas procura-se alcançar:

- Atendimento de áreas com cotas altas que hoje enfrentam dificuldades de abastecimento;
- Redução de pressões excessivas em zonas baixas e, conseqüentemente, da pressão média do setor;
- Redução de perdas;
- Redução de reclamação por falta d'água e ouvidorias;
- Atendimento de melhor qualidade à população.

Estas últimas estão relacionadas com os objetivos a serem atingidos a nível regional, visando a melhoria dos sistemas de abastecimento de água e, conseqüentemente, dos indicadores da Unidade e agregando valor ao produto da Companhia.

4. DIAGNÓSTICO

O índice de perdas do Setor no ano de 2018 foi próximo a 36%, dos quais aproximadamente 69% é real (perdas físicas de água decorrentes de vazamentos na rede de distribuição, conforme conceituação anterior) e 31% aparente (perdas não-físicas, decorrentes de submedição nos hidrômetros, fraudes e falhas do cadastro comercial). Destaca-se que as perdas recuperáveis reais são bastante mais elevadas que as recuperáveis aparentes (76% contra 16%), fato que sugere uma necessidade de intervenção naquelas se comparado com estas. A Figura 08 ilustra o Balanço Hídrico do Setor.

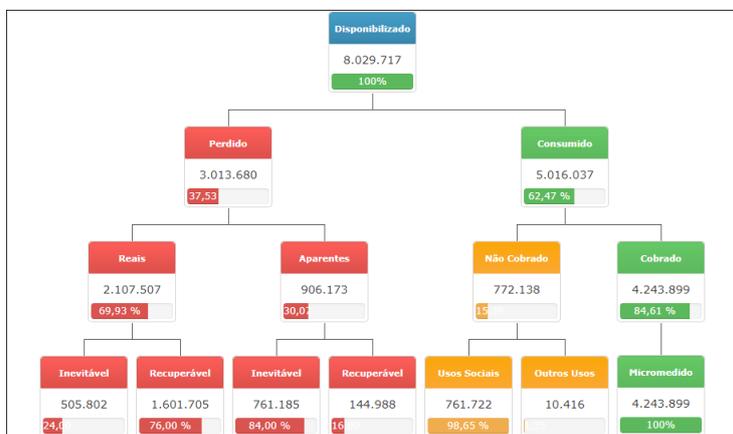


Figura 08 Balanço Hídrico do setor estudado (COMPANHIA, 2018)



Em termos práticos, essa diferença perceptível no Balanço Hídrico significa que intervenções na rede como substituição de trechos, correções de vazamentos, diminuição de pressões e setorizações, por exemplo, possuem maior potencial de redução de perdas se comparados a intervenções na micromedição, como troca de hidrômetros. Por outro lado, a troca de hidrômetros possui maior potencial para melhorar o desempenho econômico do setor, uma vez que tende a aumentar o volume micromedido e, em consequência, o valor faturado.

Em termos de volume perdido, no ano de 2018, o setor teve um dos maiores quantitativos de volume entre os setores da regional posicionando-se em 5º lugar com aproximadamente 3 milhões de litros perdidos no ano. Em termos de IPDT, isto é, quando se equaciona esse valor com a quantidade de ligações do setor, o resultado é de 363 litros por ligação x dia, o que faz o setor se posicionar na 15ª colocação na regional. A Tabela 03 ilustra a situação descrita.

Tabela 03: Ranking dos setores da regional.

| Volume Perdido - 2018 | | | IPDT - Anualizado | | |
|-----------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|
| Posição | Setor | Vol. Perdas (m³) | Posição | Setor | IPDT (L / (Lig x dia)) |
| 1 | DIADEMA - PARQUE REAL | 5.458.502 | 1 | RIB PIRES - CENTRO | 84 |
| 2 | SBC - N PETROPOLIS | 4.572.814 | 2 | SBC - VILA MARCHI | 116 |
| 3 | DIADEMA - JARDIM DAS NAÇÕES | 3.953.520 | 3 | SBC - DERIV. VILA MARCHI | 127 |
| 4 | SBC - PLANALTO | 3.167.570 | 4 | RIO GRANDE DA SERRA | 147 |
| 5 | SBC - ALVARENGA | 3.013.680 | 5 | SBC - CAPELINHA | 165 |
| 6 | SBC - BATISTINI | 3.002.703 | 6 | SBC - BAETA NEVES | 180 |
| 7 | SBC - DERIV ALVARENGA | 2.115.885 | 7 | DIADEMA - INAMAR | 184 |
| 8 | RIB PIRES - OURO FINO | 2.018.752 | 8 | RIB PIRES - DERIV OURO FINO | 213 |
| 9 | SBC - MUSSOLINI | 1.789.651 | 9 | DIADEMA - JARDIM DAS NAÇÕES | 220 |
| 10 | SBC - PAULICEIA | 1.555.940 | 10 | SBC - BATISTINI | 255 |
| 11 | SBC - VILA CACILDA | 1.360.601 | 11 | DIADEMA - PARQUE REAL | 302 |
| 12 | SBC - SAO JOSE | 1.222.987 | 12 | SBC - SAO JOSE | 308 |
| 13 | SBC - DERIV RIACHO GD | 1.089.480 | 13 | RIB PIRES - OURO FINO | 310 |
| 14 | SBC - VILA SÃO PEDRO | 1.026.540 | 14 | RIB PIRES - DERIV JARDIM VERA0 | 334 |
| 15 | SBC - TABOAO | 932.767 | 15 | SBC - ALVARENGA | 363 |
| 16 | SBC - BAETA NEVES | 853.329 | 16 | SBC - PQ SELECTA | 382 |
| 17 | DIADEMA - INAMAR | 768.681 | 17 | SBC - DERIV RIACHO GD | 388 |
| 18 | SBC - DERIV. PEDREIRA | 667.098 | 18 | SBC - DERIV. PEDREIRA | 409 |
| 19 | RIO GRANDE DA SERRA | 579.841 | 19 | SBC - TABOAO | 419 |
| 20 | SBC - PQ SELECTA | 494.980 | 20 | SBC - JD JUSSARA | 420 |
| 21 | RIB PIRES - CENTRO | 328.011 | 21 | SBC - MUSSOLINI | 429 |
| 22 | RIB PIRES - DERIV JARDIM VERA0 | 318.714 | 22 | SBC - VILA SÃO PEDRO | 430 |
| 23 | SBC - JD JUSSARA | 173.042 | 23 | SBC - DERIV ALVARENGA | 490 |
| 24 | SBC - TATETOS | 151.809 | 24 | SBC - PLANALTO | 512 |
| 25 | SBC - VILA MARCHI | 136.116 | 25 | SBC - VILA CACILDA | 569 |
| 26 | RIB PIRES - DERIV OURO FINO | 131.400 | 26 | SBC - PAULICEIA | 604 |
| 27 | SBC - DERIV. VILA MARCHI | 131.319 | 27 | SBC - SANTA CRUZ | 616 |
| 28 | SBC - SANTA CRUZ | 129.950 | 28 | SBC - N PETROPOLIS | 632 |
| 29 | SBC - CAPELINHA | 45.160 | 29 | SBC - TATETOS | 883 |

5. FERRAMENTAS

São ferramentas utilizadas neste plano de otimização do setor estudado:

- Modelo matemático, por meio do software WaterGems;
- Ferramenta COP da Companhia;
- Banco de dados e informações sobre hidrometria, extraídos do sistema da Companhia e do setor responsável;
- Banco de dados com redes, ligações, peças, quadras e topografia por meio do sistema SIGNOS;
- Ferramenta ArcMap para seleção, organização e montagem de mapas do Banco de Dados da Companhia;
- Conhecimento tácito da equipe de operação, manobra e manutenção do setor.

5.1 MODELO MATEMÁTICO

Um modelo é uma representação ou interpretação simplificada da realidade, ou uma interpretação de um fragmento de um sistema segundo uma estrutura de conceitos. Um modelo apresenta uma visão ou cenário de um fragmento do todo. Normalmente, para estudar um determinado fenômeno complexo, criam-se vários modelos.

Ao criar-se um modelo representativo do sistema de distribuição de água, faz-se necessário o uso de modelagem computacional, uma área de conhecimento multidisciplinar que trata da aplicação de modelos matemáticos e técnicas da computação à análise, compreensão e estudo da fenomenologia de problemas complexos (como é a questão do funcionamento das redes de distribuição).



O modelo criado não representa o sistema com perfeição, tal fato seria impossível devido às diversas variáveis e interferências existentes. Com a finalidade de torná-lo possível, são feitas simplificações aceitáveis que não comprometam seu entendimento global. As simplificações realizadas são feitas dentro de uma tolerância, ou materialidade do modelo.

Dentro do modelo existem distorções em comparação com o sistema real. Quatro tipos de distorção podem ser obtidas:

- Distorção matemática: gerada pela diferença entre a representatividade de fórmulas e equações matemáticas aplicadas ao modelo (como equações de perdas de carga, etc) em comparação com o sistema real. Estima-se que seja a distorção menos significativa, por isso nenhuma ação foi prevista a fim de corrigir essa distorção.
- Distorção por desconhecimento: causada pelo desconhecimento do sistema, falta de cadastro e da constante modificação do sistema real em face da dificuldade de acompanhamento pelo modelo. É a distorção que possui, teoricamente, o maior potencial de desvio entre o modelo e realidade, sendo inclusive de elevada dificuldade em estimar-se. Encaixam-se neste conceito as distorções causadas por ligações clandestinas desconhecidas, por exemplo. Para diminuir seus impactos, é feito um alinhamento com a equipe de manobra e manutenção, que possui conhecimento do sistema.
- Distorção de materialidade: causada pela materialidade (simplificações) adotada para os dados de modelo ou resultado do tratamento dos dados de entrada. Ao contrário da distorção por desconhecimento, que é inerente ao sistema e é dada a priori e pela falta de informações sobre o sistema real, a distorção de materialidade é criada por meio de aproximações intencionais do autor do modelo para fatos do sistema de que se tem conhecimento, porém não se pode mensurar. A distorção de materialidade pode ser a distorção causada pela estimativa de uma cota desconhecida de uma tubulação, por exemplo. Para diminuir seus impactos no modelo, procura-se fazer aproximações mais representativas e conforme literatura ou dados históricos do setor.
- Distorção por automação: gerada pela automação dos softwares ao se converter arquivos entre diferentes formatos e por aproximação de cálculos de software. Nenhuma ação foi prevista a fim de corrigir essa distorção, uma vez que seus impactos são pouco significativos.

Tais conceitos de materialidade, relevância e distorções foram extraídos de Normas Brasileiras de Auditoria (NBC TA 315 e NBC TA 320), que, embora não tratem de temas de engenharia, trazem conceitos de análise e controle bastante relevantes e aplicáveis à criação do modelo. O próprio conceito de modelo implica a existência dessas distorções. Cabe ao profissional responsável assegurar-se de dirimi-las.

Apesar disso, a utilização de modelos é um dos meios mais seguros e eficientes de se entender o comportamento de um sistema complexo real e de se estudar o impacto gerado nesse por possíveis alterações. Desta forma, implantam-se as intervenções primeiramente no modelo, como forma de teste, avaliam-se os resultados e, somente após certa garantia de sucesso, replica-se ao sistema real. Tal metodologia garante que valor seja sempre agregado ao produto e possibilita avaliar o retorno sobre o investimento e a taxa interna de retorno de empreendimentos de melhoria.

Para elaboração do modelo matemático é utilizado o software WaterGems. Este é um software multiplataforma (GIS, CAD e Stand-alone) de modelagem de redes de distribuição de água. Com ele é possível simular e analisar todos os elementos hidráulicos do sistema, criar e simular cenários, alocar peças e consumos, verificar pressões e vazões, entre outras funções.

5.2 BASE CADASTRAL DA COMPANHIA

Talvez o ativo mais substancial e a partir do qual o modelo toma sua forma básica, a Base Cadastral da Companhia constitui-se do conhecimento do traçado, material e extensão dos trechos de tubulação, localização e cotas de peças, localização de pontos de abastecimento e outras informações do cadastro. Ela pode ser utilizada e manipulada por meio de softwares como o SIGNOS e o ARCMAP.

SIGNOS (Sistema de Informações Geográficas no Saneamento) é a ferramenta que funciona como uma interface e meio de acesso ao banco de dados da companhia, contendo a possibilidade de visualização de um mapa digital das estruturas de saneamento da empresa. É o meio pelo qual a base de conhecimento cadastral se armazena e se materializa.

ARCMAP é o software que permite a consulta e geração de “views” da base cadastral. Utilizado para geração de mapas e extração e manipulação de shape files que são a base para a geração do modelo no WaterGems.

5.3 CONHECIMENTO TÁCITO

O conhecimento tácito, em especial do corpo operacional da empresa, é fundamental para a otimização do setor. Procura-se ouvir as opiniões dos envolvidos dos setores de operação, manobra e manutenção quanto a possíveis intervenções e os seus respectivos impactos no sistema. Um exemplo de conhecimento tácito diz respeito aos locais de maior incidência de ar na rede, onde evita-se a instalação de hidrômetros volumétricos.

6. AÇÕES

6.1 CALIBRAÇÃO DO MODELO

O modelo matemático é calibrado em função dos seguintes parâmetros:

- Resultado de pressões de loggers instalados no setor: permite verificar se as pressões dos diversos pontos do modelo condizem com as pressões reais. As distorções são corrigidas por alterações nos coeficientes de rugosidade dos trechos de rede.
- Medições históricas de vazões da saída do reservatório: permite verificar as variações horárias de consumo do setor a fim de se determinar os patterns de consumo do setor.
- Sistema COP da Companhia: permite verificar a vazão total do setor em volume distribuído, que é aplicado distribuidamente nos nós.
- Sistema VRP da Companhia: permite verificar as vazões, pressões a montante e a jusante das VRPs do sistema a fim de se ajustar esses parâmetros.
- Sistema Vectora da Companhia: similarmente ao Sistema VRP, permite ajustar os parâmetros de pressões de sucção e recalque dos boosters.

6.2 VRP PRINCIPAL

A VRP Riuchi Matsumoto é a VRP de alça, isto é, promove o fechamento de todo o sistema e historicamente trabalhava como “irrigador”, isto é, apenas se abrindo totalmente durante o dia e fechando-se no período noturno para promoção da gestão noturna. Foi proposta a redução de 10 mca na saída da VRP em questão como alternativa de combater as elevadas pressões em grande parte do setor. Espera-se economia de 16.000 m³/mês com essa ação. Entretanto, tal procedimento, se realizado isoladamente, provocaria o desabastecimento de cotas mais elevadas, o que levou a equipe a propor a instalação de boosters e válvulas conforme descrito a seguir.

Habitada por população de baixa renda, em grande maioria por meio de ocupações ilegais, a área denominada Cerro Azul é um ponto crítico da VRP Riuchi, com cotas elevadas e dificuldade de abastecimento. Segundo o modelo, a diminuição das pressões a jusante da VRP de alça provocaria o desabastecimento da localidade. Portanto, foi proposto a instalação de um mini-booster para sustentação das suas pressões.

A localidade conhecida como Senhor do Bonfim, área com habitações de padrão social mais elevados que a média do setor e que também é ponto crítico da VRP Riuchi, possui na entrada de sua setorização uma VRP (VRP Senhor do Bonfim) que vem de histórico de operar desativada, isto é, por meio do by-pass para que sejam atendidos seus pontos mais altos. Para otimização da localidade com a redução da VRP principal, foi proposto a instalação de outro mini-booster para atendimento de pontos mais altos.

Terceiro ponto crítico da VRP Riuchi, a localidade denominada João de Barros atualmente é atendida pelo booster homônimo a fim de garantir que haja pressões suficientes para seu abastecimento. Entretanto, era necessário que parte de uma comunidade na Avenida principal (Av. Laura) entrasse na área de atendimento do booster. Para tal, foi proposto a instalação de válvulas e interligação de tubulações.

6.3 INTERVENÇÕES INDEPENDENTES DA VRP PRINCIPAL

Apesar de ser a intervenção com maiores resultados em volume de distribuição, a VRP Riuchi Matsumoto não seria suficiente para viabilizar as intervenções no setor. Diante disso, foi proposto:



- Instalação de loggers em pontos estratégicos em todo o setor a fim de calibrar o modelo e permitir melhorias;
- Identificação e proposição de melhorias e intervenções com o intuito de reduzir pressões médias;
- Trocas de hidrômetros com submedição;
- Estudo e proposições de intervenções em núcleos habitacionais em situação de regularização, em especial no Núcleo Cruzeiro do Sul, em processo de regularização.

Na Figura 05, apresentada anteriormente, o setor estudado está organizado conforme sua setorização e com cada VRP/Booster com sua respectiva vazão de distribuição e pressões médias. Observa-se que a Zona Baixa possui duas vezes mais vazão que a Zona Alta. A partir do organograma é possível montar a Tabela 04 a seguir.

Tabela 04: Ranking ABC – Pressão x Vazão do setor

| Setor | Vazão | Pressão | Vazão x Pressão | Ranking ABC |
|---------------------------|----------|----------|-----------------|-------------|
| VRP Francisco Joaquim | 5,77L/s | 30,8 mca | 177,7 | 13 |
| VRP Kenji Kimura | 59,39L/s | 31,1 mca | 1846,4 | 1 |
| VRP Fukutaro Yida | 27,49L/s | 30,5 mca | 839,1 | 4 |
| VRP Jupiter | 1,55L/s | 15,5 mca | 23,9 | 17 |
| VRP Santo Dias | 15,55L/s | 22,3 mca | 347,4 | 8 |
| VRP Cama Patente | 14,92L/s | 39,3 mca | 585,9 | 5 |
| VRP Senhor do Bonfim | 3,24L/s | 29,7 mca | 96,0 | 14 |
| VRP Sheila Melo | 14,94L/s | 21,2 mca | 317,1 | 9 |
| VRP Rita Mendes | 16,58L/s | 26,7 mca | 443,1 | 6 |
| VRP Caçadores | 12,99L/s | 22,9 mca | 297,0 | 11 |
| VRP Portugueses | 3,23L/s | 23,7 mca | 76,5 | 15 |
| VRP Alvarengas | 4,50L/s | 51,0 mca | 229,4 | 12 |
| Booster Ideal | 20,48L/s | 69,8 mca | 1430,0 | 2 |
| Booster João de Barro | 14,89L/s | 60,1 mca | 895,1 | 3 |
| Booster Parque das Garças | 4,54L/s | 68,3 mca | 309,7 | 10 |
| Booster Cama Patente | 9,00L/s | 44,9 mca | 403,6 | 7 |
| Booster Porto Seguro | 0,81L/s | 41,0 mca | 33,1 | 16 |

Da Tabela 04, foi montada por meio de metodologia que multiplica a pressão média do setor (obtida por meio do modelo matemático computacional) e a vazão total média mensal (obtida por meio do Signos). A partir desse fator, depreende-se o Ranking ABC de regiões mais suscetíveis a perdas significativas e que, potencialmente, mais carenciam de intervenção. São, respectivamente, as localidades a serem priorizadas a fim de diminuir as pressões médias:

- VRP Kenji Kimura
- Booster Ideal
- Booster João de Barro
- VRP Fukutaro Yida
- VRP Cama Patente
- VRP Rita Mendes
- Booster Cama Patente
- VRP Santo Dias

6.4 SUBSTITUIÇÃO DE REDE

O setor possui elevado índice de deficiência de rede. Para identificar quais os trechos prioritários de substituição, organizou-se por meio do software WaterGems uma listagem ABC com os trechos de maior perda de carga por metro linear de tubulação e maior perda de carga total. A Figura 09 ilustra em vermelho os trechos de rede a serem substituídos. São ao todo 7,5 km de rede, distribuídos conforme Tabela 05.

Tabela 05: Trocas de rede

| Comprimento de rede a ser trocado (m) | | | |
|---------------------------------------|--------------------|---------|--------|
| Diâmetro atual (mm) | Novo diâmetro (mm) | | |
| | 100 | 150 | 200 |
| 20 | 450,78 | 0 | 0 |
| 50 | 3795,37 | 129,81 | 0 |
| 75 | 467,78 | 198,42 | 0 |
| 100 | 11,06 | 1295,19 | 440,52 |
| 150 | 0 | 5,63 | 0 |



Figura 09: Distribuição das Trocas de Rede no setor estudado

6.5 BOOSTER IDEAL

Localizado próximo à Estrada dos Alvarenga no bairro Jardim Novo Horizonte II, o Booster Ideal abastece todo o Parque dos Químicos, Jardim Novo Horizonte II, Parque Ideal e adjacências da represa Billings. A Figura 10 ilustra a localidade.



Figura 10: Booster Ideal e Núcleo Cruzeiro do Sul

O Booster está setorizado em 2 principais áreas: Zona Alta saída diretamente do recalque do booster e Área de influência da VRP Alvarengas instalado no recalque deste. A Figura 11 ilustra sua setorização.

Verificou-se que a área em amarelo (conforme Figura 11) carecia de uma melhor gestão, uma vez que operava diretamente com a saída do booster em estudo. Trabalhando com pressões próximas a 105 mcas, toda área encontrava-se com pressões acima do aceitável. A pressão média da região era de 71 mcas, para um consumo médio de 12,03 L/s em 9.900 metros de rede. A Figura 12 representa as pressões do local.

Por meio da modelagem, foram propostas setorizações, implantações de válvulas e construções de trechos de rede a fim de diminuir a pressão média do setor. Foi proposto a instalação de 13 registros, 588 metros de tubulação e a instalação de 2 VADs para setorizar o local. Além disso, o Núcleo Cruzeiro do Sul (a ser tratado em tópico posterior) foi incluído no modelo e setorizado.

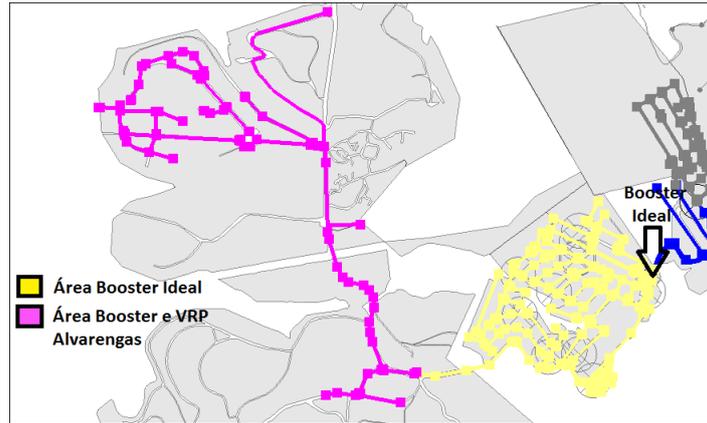


Figura 11: Zonas de pressão do Booster Ideal

Com as alterações sugeridas, a pressão média do setor no modelo foi reduzida para 35 mcas. A Figura 13 ilustra o panorama das pressões após as alterações no modelo. A Figura 13 também ilustra a nova setorização da região em comparação com a antiga.

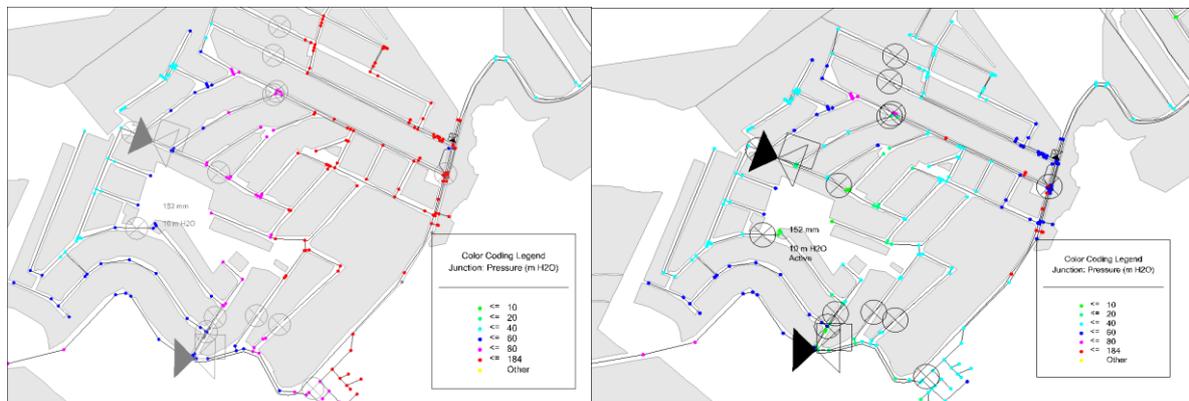


Figura 12: Pressões atuais e de projeto do Booster Ideal

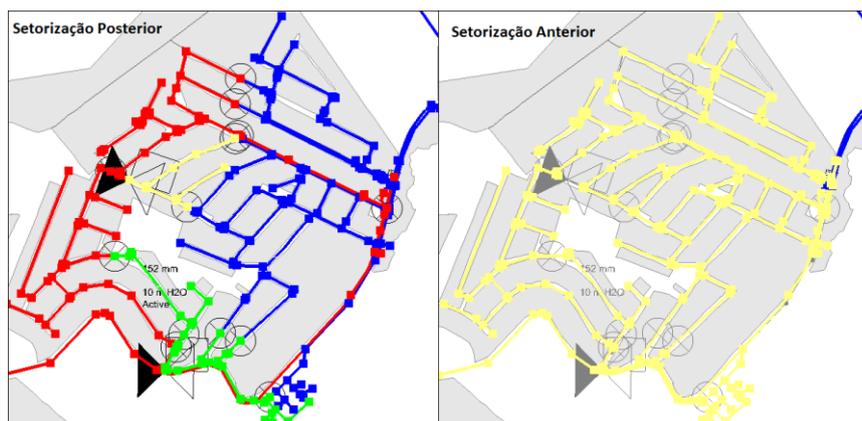


Figura 13: Setorização do Booster Ideal

Para fins de melhoria na qualidade e velocidade da correção de arrematados, aproveitou-se da situação da setorização a ser implantada no local e foi proposta também a instalação de registros para criação de microzonas (pequenos setores de manobra a fim de se isolar uma parte da rede para manutenção). Ao total foram criadas 5 microzonas.

6.6 NÚCLEO CRUZEIRO DO SUL

Localizado às margens da represa Billings e confrontando com o Bairro Jardim Novo Horizonte II, o núcleo Cruzeiro do Sul está em fase de regularização junto a prefeitura. A Figura 10, apresentada anteriormente, ilustra a localização do empreendimento.

Como as ligações são novas, não há histórico de consumo da população local e para fins de avaliação considerou-se o consumo médio do setor por RGI: 16,26m³/mês para as 170 ligações, resultando em uma vazão total de 1,42 L/s. As redes instaladas são, em sua maioria, de 75mm em PVC.

Entretanto, segundo informações coletadas da equipe operacional da Companhia, a rede da localidade foi conectada na saída do booster, região de Zona Alta e com pressões próximas a 100 mca, o que ocasiona problemas nos cavaletes das residências, além de proporcionar elevados índices de vazamentos. Objetivou-se, portanto, lançar a rede local no modelo matemático (Figura 14), por meio do qual foram constatadas pressões em torno de 90 mca no local, e transferir a sua rede para a zona baixa.

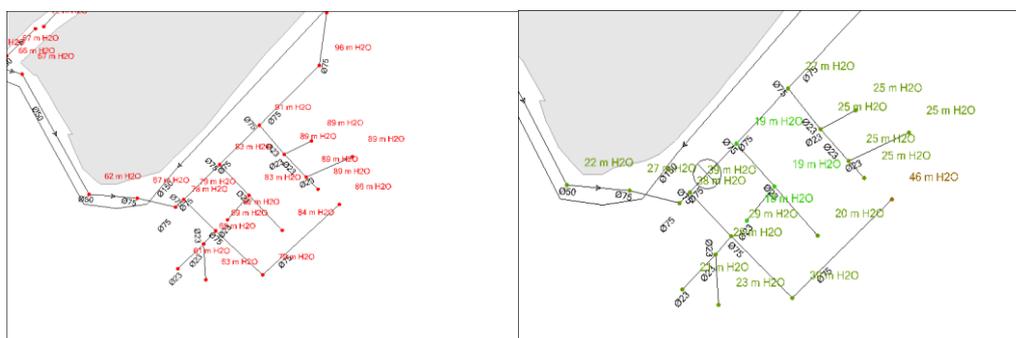


Figura 14: Pressões atuais e de projeto no núcleo Cruzeiro do Sul (modelo)

Após diversas simulações no modelo, observou-se que parte da localidade pôde ser incluída na zona baixa e ser abastecida por gravidade, enquanto o restante teve de ser mantido em Zona Alta no recalque do booster ideal, onde foi planejado a instalação de uma Válvula de Alívio Direto (VAD). A Figura 14 também ilustra as pressões após as alterações.

6.7 BOOSTER JOÃO DE BARROS

Localizado no Bairro Jardim João de Barro, próximo à Rodovia Imigrantes, o booster homônimo fora instalado para atendimento de economias localizadas em área de cotas elevadas que ultrapassam 850 metros de altitude. Entretanto, a elevação média da sua área de atendimento é de apenas 800 metros, o que faz com que o booster sobrecarregue e mantenha pressões demasiadamente elevadas em boa parte das suas redes.

Dessa forma, objetivou-se a setorização e instalação de VRPs a fim de se reduzir as pressões médias. Foram, portanto, instaladas 2 válvulas para reduzir a pressão e a área do booster foi setorizada em 3 zonas de pressão. As válvulas foram instaladas na Rua das Andorinhas e na Rua Ave do Paraíso. A Figura 15 ilustra a setorização antes e depois e a localização das VRPs.

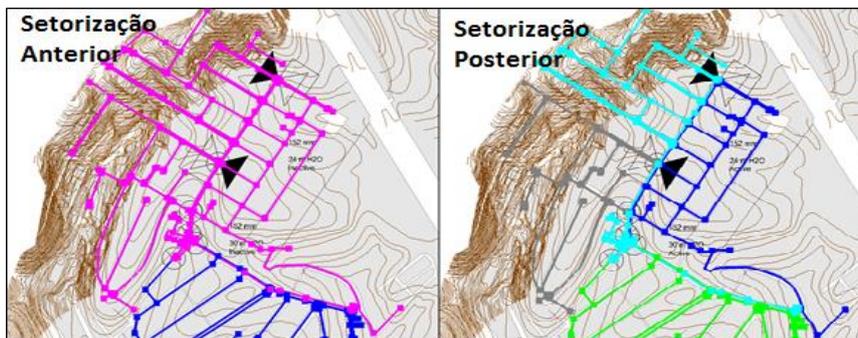


Figura 15: Setorização e VRPs do Booster João de Barros

6.8 VRP FUKUTARO YIDA

Abastecendo o bairro Cooperativa, a VRP Fukutaro Yida, posicionada em rede de 300 mm de diâmetro de ferro fundido, possui seu ponto crítico em si própria, isto é, toda sua área de abastecimento está com cota abaixo da própria VRP.

Com pressões de saída de aproximadamente 10 mcas, suas redes atuam com pressão média de 30 mcas durante o dia. Entretanto, algumas localidades mais baixas se aproximam de 50 mcas. Devido a tal condição e a uma disposição favorável das quadras e topografia local, é possível setorizar a região e instalar uma pequena VRP.

Foi proposta setorização conforme Figura 16 e instalação de VRP na Rua João XXIII.

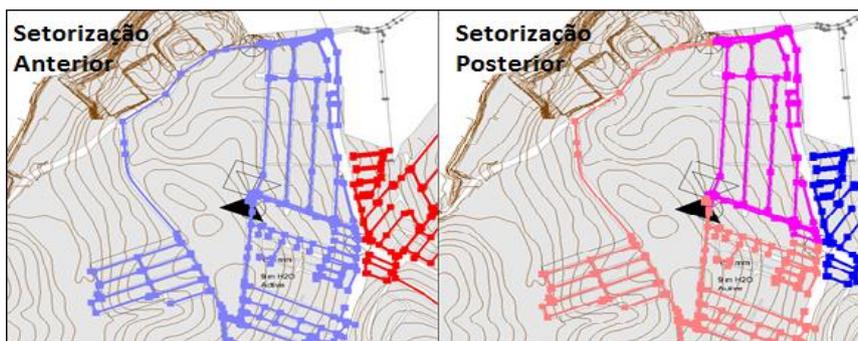


Figura 16: Setorização da VRP Fukutaro Yida

6.9 VRP KENJI KIMURA

A VRP Kenji Kimura, posicionada em rede de 300 mm de diâmetro de ferro fundido, abastece parte da Zona Alta do setor estudado. Com cerca de 60 L/s e pressão média de abastecimento de 31 mcas, possui elevado potencial de redução de perdas, uma vez que possui locais com pressões acima de 40 mcas.

Propôs-se a setorização da Figura 17 com instalação de válvula em rede de 200 mm na rua Francisco Pimentel e uma nova VRP em rede de 200 mm na Rua Cultura da Cidadania.

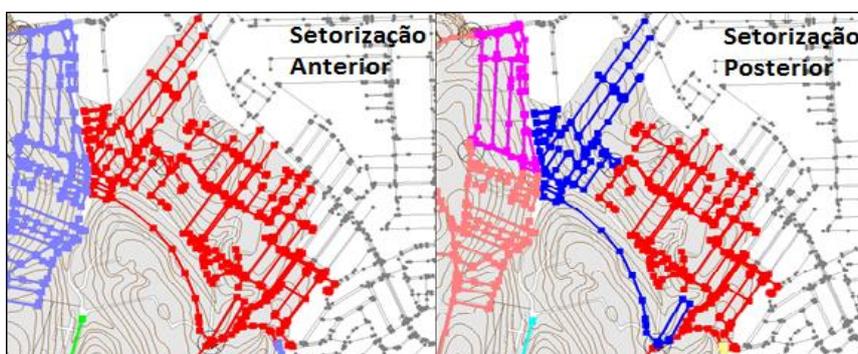


Figura 17: Setorização da VRP Kenji Kimura

6.10 VRP FRANCISCO JOAQUIM

A VRP Francisco Joaquim, atualmente desativada, possui potencial de reativação e redução em seu setpoint para diminuir cerca de 10 mcas, abaixando as pressões médias de sua área sem prejudicar o abastecimento do seu ponto crítico.

6.11 VRP SANTO DIAS

A VRP Santo Dias, possui potencial de redução em seu setpoint para diminuir cerca de 6 mcas, abaixando as pressões médias de sua área sem prejudicar o abastecimento do seu ponto crítico.

6.12 VRP E BOOSTER CAMA PATENTE

A VRP Cama Patente, posicionada em rede de 150 mm de diâmetro de ferro fundido, abastece parte da Zona Baixa do setor estudado. Com cerca de 15 L/s e pressão média de abastecimento de 40 mcas, possui elevado potencial de redução de perdas, uma vez que possui locais com pressões acima de 60 mcas.

Propôs-se a mudança do local da VRP para uma rede de 200mm paralela à tubulação em que atualmente ela está locada. Foi proposto também a instalação de válvulas a fim de setorizar a região e fazer com que o Booster homônimo, localizado no interior desta, possa abastecer somente as áreas mais elevadas, de maneira que as partes com cota inferior sejam atendidas por gravidade. A Figura 18 ilustra a nova setorização.

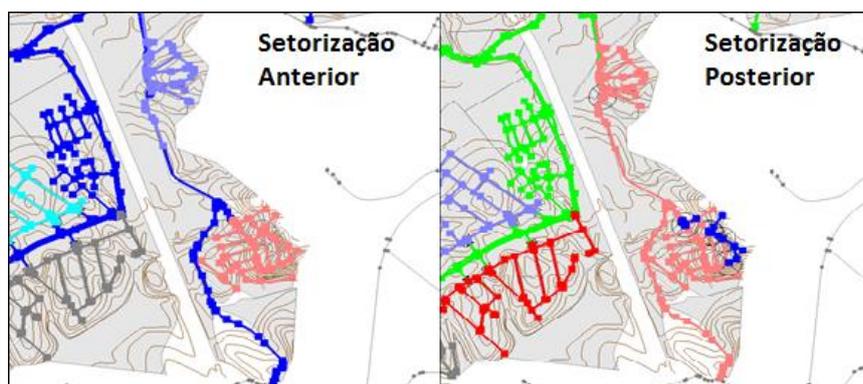


Figura 18: Setorização da VRP e Booster Cama Patente

6.13 BOOSTER PARQUE DAS GARÇAS

O Booster Parque das Garças foi instalado para abastecer os pontos altos da Rua Bahia, entretanto existe grande área que é afetada pelas pressões de 75 mcas. Dessa forma, foi proposta setorização e instalação de uma VAD para diminuir as pressões na localidade. A Figura 19 ilustra a nova setorização.

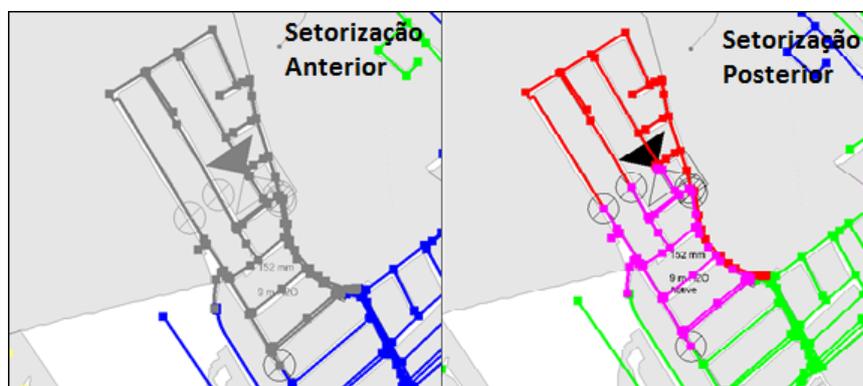


Figura 19: Setorização Booster Parque das Garças

6.14 BAIRRO JARDIM LAURA

O Bairro Jardim Laura, localizado ao lado da Estrada dos Alvarengas, abastece-se de tubulação tronco. Observou-se que era possível a instalação de VADs afim de diminuir as pressões na localidade.

6.15 TROCAS DE HIDRÔMETROS

Os hidrômetros (micromedidores de ligações) possuem vida útil limitada e é conhecido que existem erros de submedição inerentes em todos os sistemas (IPT, 2007). Após certo tempo de utilização, esses instrumentos tendem a apresentar submedição, que passa a aumentar as perdas aparentes e diminuir o faturamento da companhia.

A fim de aumentar o retorno financeiro do projeto, de maneira a viabilizá-lo, são planejadas trocas de hidrômetros para os lotes com medição abaixo da média do setor. Para tal, o setor de hidrometria da regional, levantou a média de consumos micromedidos por lote de hidrômetros e indicou a troca dos lotes com medição abaixo da média.



Inicialmente, de 6429 hidrômetros foram indicados para substituição. Entretanto, a última troca do setor, ainda segundo a responsável pela hidrometria, apresentou diminuição da micromedição devido a instalação de medidores volumétricos em locais que possuem elevada incidência de ar na rede. Tal quantidade, portanto, não deve ser trocada cegamente. É necessário a aplicação de parâmetros de filtragem a fim de dirimir problemas e quedas na medição – o que acarretaria em efeito contrário ao pretendido.

Alguns critérios de exclusão foram aplicados a fim de obstar-se que o explicitado ocorra. São eles:

- a) Exclusão das trocas dos RGIs fisicamente próximos às localidades em que a última troca apresentou queda na medição. Segundo a hidrometria, essas localidades são:
 - R. Edson Roberto Vismara
 - Rua Beta Dragone
 - Rua Bahia
 - Rua Alexandre Bonicio
 - Rua João Antonio Butricio
 - Rua João Batista Capitanio (atual Rua Caminho da Educação)
 - Bairro Cooperativa
 - Bairro Alves Dias
- b) Exclusão das trocas em áreas de booster, que estão suscetíveis a desabastecimentos mais frequentes e esvaziamento da rede durante a gestão noturna.
- c) Exclusão das trocas de RGIs próximos a finais de rede sem ventosas, onde o ar tende a se acumular.
- d) Exclusão das trocas de RGIs em cotas mais elevadas, ainda que abastecidos por gravidade.

Dessa forma, as trocas de hidrômetro foram reduzidas a 3908 unidades e se distribuem conforme Tabela 06 a seguir.

Tabela 06: Lotes e quantitativo de hidrômetros para troca

| Lote | Quantidade | Medição média atual (m³/mês) | Medição média prevista (m³/mês) | Medição prevista acima do faturamento mínimo (m³/mês) |
|--------------|-------------|------------------------------|---------------------------------|---|
| A04F | 127 | 9,06 | 10,28 | 0,28 |
| A04S | 104 | 8,84 | 10,06 | 0,06 |
| Y04N | 175 | 8,54 | 9,76 | -0,24 |
| Y04X | 315 | 8,87 | 10,09 | 0,09 |
| Y05L | 59 | 9,92 | 11,14 | 1,14 |
| Y05X | 39 | 9,45 | 10,67 | 0,67 |
| Y06X | 371 | 9,56 | 10,78 | 0,78 |
| Y08L | 43 | 9,68 | 10,9 | 0,9 |
| Y09F | 714 | 10,15 | 11,37 | 1,37 |
| Y10L | 273 | 9,77 | 10,99 | 0,99 |
| Y10T | 52 | 9,82 | 11,04 | 1,04 |
| Y11F | 240 | 9,55 | 10,77 | 0,77 |
| Y11L | 141 | 9,5 | 10,72 | 0,72 |
| Y11T | 127 | 10,1 | 11,32 | 1,32 |
| Y15F | 164 | 8,46 | 9,68 | -0,32 |
| Y15N | 81 | 10,17 | 11,39 | 1,39 |
| Y15T | 883 | 9,7 | 10,92 | 0,92 |
| Total | 3908 | 37.390,82 | 42.158,58 | 3.078,58 |

Os números apresentados são para todo o setor estudado e apenas para ligações residenciais e serão repassados ao setor comercial para a viabilidade operacional das trocas. Estimou-se um ganho médio de 1,22 m³/mês por troca, o que representa 4.767 m³/mês a mais em micromedição e de 3.079 m³/mês a mais de faturamento (apenas considerando-se os ganhos acima do faturamento mínimo).

7. RESULTADOS E VIABILIDADE FINANCEIRA

Os resultados das ações projetadas podem ser classificados em dois grupos: resultados VD e Resultados VM/VF. Para o primeiro, são previstos ganhos com a diminuição de perdas proporcionados pela diminuição das pressões médias do setor e da extensiva investigação de vazamentos. Já os Resultados VM/VF são proporcionados pela melhoria na micromedição proporcionada pela troca de hidrômetros. Ambos podem ser mensurados através de formulação teórica e aplicados em fluxos de caixa conjuntamente com os custos das ações propostas a fim de avaliar a viabilidade financeira do projeto.



7.1 RESULTADOS VD

Os Resultados VD proporcionados pela eliminação de vazamentos é estimado por meio da teorização de LAMBERT, 2002. Totalizam 2.099 m³/mês de ganhos em VD.

Já os Resultados VD proporcionados pela diminuição de pressões médias foram estimados através da teorização de LAMBERT, 2002. e os resultados podem ser visualizados na Tabela 07. Estima-se um volume total recuperado com ações propostas de 49.202 m³.

Tabela 07: VD Recuperado estimado com diminuição de pressões

| VD Recuperado estimado com diminuição de pressões | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| Ação | Perdas reais antes | Perdas reais depois | Retorno esperado | Unidade | Onde? | Como |
| Booster Ideal - Setorização e VRPs | 8.229,73 | 3.648,52 | 4.581,21 | m ³ /mês | Ideal | Setorização e VRPs |
| | 4,16 | 1,85 | 2,32 | L/s | | |
| VRP Kenji Kimura - Setorização e VRPs | 30.731,00 | 22.331,43 | 8.399,56 | m ³ /mês | Kenji Kimura | Setorização e VRPs |
| | 15,55 | 11,30 | 4,25 | L/s | | |
| VRP Fukutaro Yida - Setorização e VRPs | 14.226,84 | 11.535,86 | 2.690,98 | m ³ /mês | Fukutaro Yida | Setorização e VRPs |
| | 7,20 | 5,84 | 1,36 | L/s | | |
| Booster João de Barros - Setorização e VRPs | 7.703,32 | 5.465,11 | 2.238,21 | m ³ /mês | João Barros | Setorização e VRPs |
| | 3,90 | 2,77 | 1,13 | L/s | | |
| VRP Santo Dias - Reativação e Redução 6 mcas p/ 32 mcas | 8.047,58 | 5.048,48 | 2.999,10 | m ³ /mês | Santo Dias | Reativação VRPs |
| | 4,07 | 2,55 | 1,52 | L/s | | |
| VRP e Booster Cama Patente - Setorização do Booster e Redução e remanejamento | 7.720,03 | 4.417,10 | 3.302,93 | m ³ /mês | Cama Patente | Setorização e VRPs |
| | 3,91 | 2,23 | 1,67 | L/s | | |
| VRP Francisco Joaquim - Redução 20 mca p/ 20 mca | 2.988,09 | 1.184,84 | 1.803,25 | m ³ /mês | Francisco Joaquim | Redução VRP |
| | 1,51 | 0,60 | 0,91 | L/s | | |
| Booster Parque das Garcas - Setorização e VAD | 2.401,94 | 1.144,45 | 1.257,50 | m ³ /mês | Parque Garcas | Setorização e VADs |
| | 1,22 | 0,58 | 0,64 | L/s | | |
| Jardim Laura - Instalação de VADs | 2.114,67 | 883,32 | 1.231,35 | m ³ /mês | Jardim Laura | Instalação de VADs |
| | 1,07 | 0,45 | 0,62 | L/s | | |
| VRP Rita Mendes - Redução p/ 13 mcas | 7.049,11 | 3.176,51 | 3.872,60 | m ³ /mês | Rita Mendes | Redução VRP |
| | 3,57 | 1,61 | 1,96 | L/s | | |
| VRP Riuchi Matsumoto - Redução p/ 20 mcas | 53.896,26 | 37.070,64 | 16.825,62 | m ³ /mês | Riuchi Matsumoto | Redução VRP |
| | 27,27 | 18,76 | 8,51 | L/s | | |
| Total | | | 49.202,31 m ³ /mês | 24,89 L/s | | |

Ao todo, os Resultados VD, se somados os ganhos provenientes da eliminação de vazamentos e da diminuição de pressões, totalizam 51.301 m³ por mês a serem inclusos no fluxo de caixa da viabilidade quando logo sejam finalizadas as obras e intervenções no sistema – prazo estimado em 1 ano. Tal volume afeta o fluxo de caixa positivamente por meio da diminuição da aquisição de água tratada pela regional, hoje em R\$ 0,70 por metro cúbico.

7.2 RESULTADOS VM/VF

Os Resultados em VM e VF são proporcionados principalmente pela elevação da capacidade de distribuição quando o sistema está em sub-adição – o que não é a situação do Setor estudado – e pela troca de hidrômetros. Esta situação foi evidenciada na Tabela 07, apresentada anteriormente, e resultou em um ganho de VM de 4.767 m³/mês e um ganho de VF de 3.078 m³/mês. A metodologia adotada para encontrar os correspondentes valores em fluxo de caixa difere-se da historicamente adotada para análises de viabilidade na regional, uma vez que considera a estratificação dos preços da tarifa (inclusive a tarifa mínima de 10m³) e é capaz de encontrar um valor mais próximo da realidade. A Tabela 08 traz essa análise e o valor mensal a ser lançado em fluxo de caixa com o ganho de VM/VF.

Tabela 08: Estratificação dos ganhos com VM e VF conforme política tarifária

| Estratificação do VM/VF conforme tarifas | | | | | |
|--|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| Categoria | Quantidade | Aumento VM mensal (m ³) | Aumento VF mensal (m ³) | Tarifa (R\$) | Aumento Faturamento mensal (R\$) |
| Até 10 m ³ | 1767 | 2155,74 | 0 | R\$ - | R\$ - |
| 11 a 20 m ³ | 1527 | 1862,94 | 1862,94 | R\$ 3,91 | R\$ 7.284,10 |
| 21 a 30 m ³ | 454 | 553,88 | 553,88 | R\$ 9,77 | R\$ 5.411,41 |
| 31 a 50 m ³ | 143 | 174,46 | 174,46 | R\$ 9,77 | R\$ 1.704,47 |
| Acima de 50m ³ | 31 | 37,82 | 37,82 | R\$ 10,76 | R\$ 369,50 |
| Total | | | | | R\$ 14.769,48 |



7.3 FLUXO DE CAIXA E VIABILIDADE FINANCEIRA

Para elaboração do fluxo de caixa foram considerados os seguintes parâmetros:

- Orçamento elaborado conforme base em banco de preços da Companhia, histórico de preços de licitações e composições de custos totalizando R\$ 5.073.770,75 (planilha orçamentária no Apêndice 1);
- Início das ações em janeiro de 2020;
- Curva de Obra e de investimentos de 12 meses;
- Período de avaliação de 25 anos;
- Elaboração de fluxo mensal e posterior condensação em fluxo anual para aferição de TIR, ROI e Payback.

O fluxo montado em sua versão sintética anual pode ser visualizado na Tabela 09.

Tabela 09: Fluxo de Caixa Sintético das ações do Setor estudado

| Fluxo de Caixa Sintético Anual SABESP - UGR BILLINGS Empreendimento : Setor Alvarenga - SBC / SP | | | | | | | | | | Resultados | | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|------------|-------------------|-----------|----------------|-------------|-----------------|------------------------------|----------|------------|-----------|-------------|
| Data | Receitas | | | Despesas | | | | Saldo | | Gráfico - Valores Acumulados | | | | |
| | Ganhos VF (R\$) | Ganhos VD (R\$) | Total Receitas (R\$) | % de Obra | Despesas c/ Obras | BDI | Total Despesas | Saldo anual | Saldo Acumulado | Ano | Receitas | Despesas | Saldo | |
| # | ANO | 4.348.732 | 10.573.970 | 14.922.702 | - | 3.506.076 | 1.051.823 | 4.557.899 | 10.364.802 | - | - | - | - | |
| 1 | 2020 | 95.260 | 231.625 | 326.885 | 100% | 3.506.076 | 1.051.823 | 4.557.899 | (4.231.014) | (4.231.014) | 2.020 | 326.885 | 4.557.899 | (4.231.014) |
| 2 | 2021 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | (3.622.855) | 2.021 | 935.044 | 4.557.899 | (3.622.855) |
| 3 | 2022 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | (3.014.696) | 2.022 | 1.543.203 | 4.557.899 | (3.014.696) |
| 4 | 2023 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | (2.406.537) | 2.023 | 2.151.362 | 4.557.899 | (2.406.537) |
| 5 | 2024 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | (1.798.378) | 2.024 | 2.759.521 | 4.557.899 | (1.798.378) |
| 6 | 2025 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | (1.190.219) | 2.025 | 3.367.680 | 4.557.899 | (1.190.219) |
| 7 | 2026 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | (582.060) | 2.026 | 3.975.839 | 4.557.899 | (582.060) |
| 8 | 2027 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 26.099 | 2.027 | 4.583.998 | 4.557.899 | 26.099 |
| 9 | 2028 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 634.258 | 2.028 | 5.192.157 | 4.557.899 | 634.258 |
| 10 | 2029 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 1.242.417 | 2.029 | 5.800.317 | 4.557.899 | 1.242.417 |
| 11 | 2030 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 1.850.576 | 2.030 | 6.408.476 | 4.557.899 | 1.850.576 |
| 12 | 2031 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 2.458.735 | 2.031 | 7.016.635 | 4.557.899 | 2.458.735 |
| 13 | 2032 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 3.066.894 | 2.032 | 7.624.794 | 4.557.899 | 3.066.894 |
| 14 | 2033 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 3.675.053 | 2.033 | 8.232.953 | 4.557.899 | 3.675.053 |
| 15 | 2034 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 4.283.212 | 2.034 | 8.841.112 | 4.557.899 | 4.283.212 |
| 16 | 2035 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 4.891.371 | 2.035 | 9.449.271 | 4.557.899 | 4.891.371 |
| 17 | 2036 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 5.499.530 | 2.036 | 10.057.430 | 4.557.899 | 5.499.530 |
| 18 | 2037 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 6.107.689 | 2.037 | 10.665.589 | 4.557.899 | 6.107.689 |
| 19 | 2038 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 6.715.848 | 2.038 | 11.273.748 | 4.557.899 | 6.715.848 |
| 20 | 2039 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 7.324.007 | 2.039 | 11.881.907 | 4.557.899 | 7.324.007 |
| 21 | 2040 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 7.932.166 | 2.040 | 12.490.066 | 4.557.899 | 7.932.166 |
| 22 | 2041 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 8.540.325 | 2.041 | 13.098.225 | 4.557.899 | 8.540.325 |
| 23 | 2042 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 9.148.484 | 2.042 | 13.706.384 | 4.557.899 | 9.148.484 |
| 24 | 2043 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 9.756.643 | 2.043 | 14.314.543 | 4.557.899 | 9.756.643 |
| 25 | 2044 | 177.228 | 430.931 | 608.159 | 0% | - | - | - | 608.159 | 10.364.802 | 2.044 | 14.922.702 | 4.557.899 | 10.364.802 |

Os parâmetros financeiros resultantes do projeto são:

- TIR: 9,07% a.a;
- ROI: 1,94;
- Payback: 2028 (8 anos).

8. CONCLUSÃO

Baseados nos pilares de conhecimento operacional, monitoramento e registro de pressões e modelagem hidráulica apresentadas neste trabalho, foram propostas ações de setorização, redução de pressões, eliminação de vazamentos, trocas de hidrômetros, trocas e reforços de rede e criação de zonas de monitoramento e controle, que permitem uma redução de mais de 51 mil metros cúbicos de Volume Distribuído e economia de até R\$ 608.000,00 anuais.

Apesar de ainda estar em fase de implantação, os resultados já podem ser mensurados. As ações relativas à VRP principal (Riuchi Matsumoto), booster Serro Azul e Booster Senhor do Bonfim já foram adotadas e já é observado economia aproximada de 15.000 m³/mês, resultado próximo ao previsto.



Com a implementação deste projeto, o setor estudado avançaria em todos os indicadores relacionados à economia de água, conforme exemplificado na Tabela 10 em que o setor é comparado com o restante da regional.

Tabela 10: Projeção de Indicadores do setor

| Indicador | Atualmente | | Pós - projeto | | UGR Billings |
|-----------|------------|----------------|---------------|----------------|--------------|
| | Valor | Ranking na UGR | Valor | Ranking na UGR | Valor |
| IPDT | 363 | 15º | 238 | 10º | 328 |
| IANC | 47,2% | 24º | 32,4% | 9º | 37,51 |
| VD x lig | 29,42 | 16º | 27,18 | 12º | 29,68 |

Este projeto não possui apenas benefícios econômicos, ele vai ao encontro dos objetivos estratégicos da Companhia: é um projeto sustentável à medida que combate perdas e gera retorno financeiro, satisfaz os clientes ajudando a garantir a disponibilidade e segurança hídrica, leva abastecimento para novos núcleos de baixa renda e aperfeiçoa os processos de operação de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. NBC TA 315: Identificação e Avaliação dos Riscos de Distorção Relevante por meio do Entendimento da Entidade e do seu Ambiente. São Paulo. 2014.
2. CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. NBC TA 320: Materialidade no Planejamento e na Execução da Auditoria. São Paulo. 2014.
3. COP - Companhia: Companhia, 2019. Disponível em: <[http:// portal.companhia.com.br](http://portal.companhia.com.br)>. Acesso em: 10 março 2019.
4. FUNASA. Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água. 2ª edição. Brasília, 2014.
5. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Determinação e caracterização da Submedição no Rol Comum em cada Unidade de Negócio da SABESP – RMSP. São Paulo: IPT, 2007.
6. LAMBERT, A. Accounting for Losses – The Bursts and Background Estimates Concepts. Journal of the Institution of Water and Environmental Management, 1994, Volume 8 (2), pp 205-214.
7. LAMBERT, A.; BROWN, T. G.; TAKIZAWA, M.; WEIMER, D. A review of performance indicators for real losses from water supply systems. Editorial. Journal of Water Supply: Reserch and Technology – AQUA. London, 1999.
8. MELATO, D. S. Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2010.
9. TARIFAS Companhia. COMPANHIA. Disponível em: < <http://site.companhia.com.br> >. Acesso em: 01 abril. 2019.



| APÊNDICE I - ORÇAMENTO DE OBRAS | | | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------|-------|---------------|----------|-------------------------|
| ITEM | DESCRIÇÃO | Nº DO PREÇO | UNID. | PREÇO UNIT. | QUANT. | TOTAL |
| 1000000 | ITENS SPO | | | | | R\$ 4.056.349,09 |
| 1010000 | SERVIÇOS TÉCNICOS | | | | | R\$ 361.207,67 |
| 1010100 | DETALHAMENTO DE PROJETO | | | | | R\$ 361.207,67 |
| 1020000 | MOVIMENTO DE TERRA | | | | | R\$ 757.604,99 |
| 1020100 | ESCAVAÇÃO DE VALAS - REDES DE DISTRIB. | | | | | R\$ 198.262,06 |
| 1020101 | ESC. QQ. TERRENO, EX. ROCHA 1,25 A 3,00M(B) | 70030063 | M3 | R\$ 8,29 | 23915,81 | R\$ 198.262,06 |
| 1020200 | ATERRO DE VALAS, POÇOS E CAVAS | | | | | R\$ 559.342,93 |
| 1020201 | ATERRO VL/PC/CV COMP. MEC. C/G.C. >=95%(B) | 70030026 | M3 | R\$ 19,49 | 28698,97 | R\$ 559.342,93 |
| 1030000 | ESGOTAMENTO | | | | | R\$ 162.222,36 |
| 1030100 | REBAIX. LENÇOL FREÁT. C/PONTEIRAS - VALAS | | | | | R\$ 162.222,36 |
| 1030101 | REBAIX. LENÇOL FREAT. CJ. PONT. ATE 4,00M | 70050003 | M | R\$ 144,14 | 1125,45 | R\$ 162.222,36 |
| 1040000 | ASSENTAMENTO | | | | | R\$ 87.211,03 |
| 1040100 | ASS. TUB/PÇ PVC/PE P/REDE DISTR. ÁGUA | | | | | R\$ 87.211,03 |
| 1040101 | ASS. P/R. AG. 50MM PVC RIG/RPVC/DEFOFO(B) | 70080012 | M | R\$ 9,83 | 112 | R\$ 1.100,96 |
| 1040102 | ASS. P/R. AG. 75MM PVC RIG/RPVC/DEFOFO(B) | 70080013 | M | R\$ 10,20 | 134 | R\$ 1.366,80 |
| 1040103 | ASS. P/R. AG. 100MM PVC RIG/RPVC/DEFOFO(B) | 70080014 | M | R\$ 10,96 | 4792 | R\$ 52.520,32 |
| 1040104 | ASS. P/R. AG. 150MM PVC RIG/RPVC/DEFOFO(B) | 70080015 | M | R\$ 12,87 | 2020 | R\$ 25.997,40 |
| 1040105 | ASS. P/R. AG. 200MM PVC RIG/RPVC/DEFOFO(B) | 70080016 | M | R\$ 13,99 | 445 | R\$ 6.225,55 |
| 1050000 | PAVIMENTAÇÃO | | | | | R\$ 2.315.414,21 |
| 1050100 | LEVANTAMENTO DE PAVIMENTAÇÃO | | | | | R\$ 223.739,46 |
| 1050101 | LEVANTAM. PAVIM. ASFALTICA(B) | 70090014 | M2 | R\$ 14,91 | 15006 | R\$ 223.739,46 |
| 1050200 | REGULARIZAÇÃO E REVESTIMENTO | | | | | R\$ 6.602,64 |
| 1050201 | REGULARIZ. MECANIZADA SUPERFÍCIES(B) | 70090044 | M2 | R\$ 0,44 | 15006 | R\$ 6.602,64 |
| 1050300 | PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA | | | | | R\$ 2.085.072,11 |
| 1050301 | SUB-BASE BRITA OU MACADAME HIDRAULICO(B) | 70090091 | M3 | R\$ 118,99 | 2250,9 | R\$ 267.834,59 |
| 1050302 | IMPRIMACAO LIGANTE(B) | 70090093 | M2 | R\$ 7,92 | 15006 | R\$ 118.847,52 |
| 1050303 | BINDER(B) | 70090094 | M3 | R\$ 871,30 | 150 | R\$ 130.695,00 |
| 1050304 | CAPA DE CONCRETO ASFALTICO (B) | 70090095 | M3 | R\$ 1.045,13 | 1500 | R\$ 1.567.695,00 |
| 1060000 | LIGAÇÕES PREDIAIS | | | | | R\$ 53.900,39 |
| 1060100 | LIGAÇÕES DOMICILIARES DE ÁGUA | | | | | R\$ 53.900,39 |
| 1060101 | LIG. DOM. ÁGUA - INTERL. RAM. ÁGUA A R. PUBL. | 70100001 | UN | R\$ 33,51 | 453 | R\$ 15.180,03 |
| 1060102 | LIG. DOM. ÁGUA - ASSENTAM. TUBULACAO - PE | 70100002 | M | R\$ 17,08 | 2267 | R\$ 38.720,36 |
| 1070000 | INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO | | | | | R\$ 82.689,45 |
| 1070100 | MONTAGEM DE VÁLVULAS | | | | | R\$ 43.965,41 |
| 1070101 | VALV. GAV. FOF. ATE DN 200MM | 70140057 | UN | R\$ 365,71 | 71 | R\$ 25.965,41 |
| 1070102 | VALV. REDUTORA DE PRESSÃO | - | UN | R\$ 2.000,00 | 9 | R\$ 18.000,00 |
| 1070200 | MONTAGEM DE CONJUNTOS MOTO-BOMBA | | | | | R\$ 38.724,04 |
| 1070201 | CJ. MOTO-BOMBA CENTRIFUGA 51-100CV | 70140097 | CJ | R\$ 9.681,01 | 4 | R\$ 38.724,04 |
| 1080000 | SERVIÇOS DIVERSOS | | | | | R\$ 236.098,99 |
| 1080100 | INTERLIGAÇÕES C/REDES DE ÁGUA EXISTENTES | | | | | R\$ 25.239,26 |
| 1080200 | REPARO EM REDE DE ÁGUA COM PAVIMENTAÇÃO | | | | | R\$ 210.859,73 |
| 2000000 | ITENS SGL | | | | | R\$ 623.528,84 |
| 2010000 | TUBULAÇÃO | | | | | R\$ 442.290,89 |
| 2010100 | TUBULAÇÃO REDE DE DISTRIBUIÇÃO | | | | | R\$ 416.401,75 |
| 2010101 | TUBO PEAD AG PE 100 DE 63 PN 16 | SGL 07.0294.0706.8 | M | R\$ 11,42 | 112 | R\$ 1.279,04 |
| 2010102 | TUBO PEAD AG PE 100 DE 90 PN 16 | SGL 07.0294.0709.3 | M | R\$ 22,98 | 134 | R\$ 3.079,32 |
| 2010103 | TUBO PEAD AG PE 100 DE 110 PN 16 | SGL 07.0294.0711.1 | M | R\$ 34,07 | 4792 | R\$ 163.263,44 |
| 2010104 | TUBO PEAD AG PE 100 DE 180 PN 16 | SGL 07.0294.0718.4 | M | R\$ 91,57 | 2020 | R\$ 184.971,40 |
| 2010105 | TUBO PEAD AG PE 100 DE 225 PN 16 | SGL 07.0294.0722.6 | M | R\$ 143,39 | 445 | R\$ 63.808,55 |
| 2010200 | TUBULAÇÃO RAMAIS | | | | | R\$ 25.889,14 |
| 2010201 | TUBO PEAD AG PE 100 DE 63 PN 16 | SGL 07.0294.0706.8 | M | R\$ 11,42 | 2267 | R\$ 25.889,14 |
| 2020000 | VÁLVULAS | | | | | R\$ 113.993,95 |
| 2020100 | VÁLVULA DE GAVETA | | | | | R\$ 71.355,00 |
| 2020101 | VALVULA GAV MC FLS VOL H ASC DN50 PN10 | SGL 45.0772.0005.0 | UN | R\$ 550,00 | 13 | R\$ 7.150,00 |
| 2020102 | VALVULA GAV FF MO FLS CAB DN 75 NTS 063 | SGL 45.0772.0007.4 | UN | R\$ 892,50 | 18 | R\$ 16.065,00 |
| 2020103 | VALVULA GAV FF MO FLS CAB DN 100 NTS 063 | SGL 45.0772.0010.4 | UN | R\$ 1.050,00 | 7 | R\$ 7.350,00 |
| 2020105 | VALVULA GAV FF MO FLS CAB DN 150 NTS 063 | SGL 45.0772.0015.3 | UN | R\$ 1.850,00 | 7 | R\$ 12.950,00 |
| 2020106 | VALVULA GAVETA FF - MO - C/FLANGES E CABECOTE DN 200 | SGL 45.0772.0020.7 | UN | R\$ 3.480,00 | 8 | R\$ 27.840,00 |
| 2020200 | VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO | | | | | R\$ 42.638,95 |
| 2020201 | VRP DN 50 (2 POL) - PN 10 | SGL 45.0930.0120.2 | UN | R\$ 2.339,00 | 2 | R\$ 4.678,00 |
| 2020202 | VRP DN 75 (3 POL) - PN 10 | SGL 45.0930.0130.5 | UN | R\$ 2.913,00 | 2 | R\$ 5.826,00 |
| 2020203 | VRP DN 100 (4 POL) - PN 10 | SGL 45.0930.0140.8 | UN | R\$ 3.900,00 | 1 | R\$ 3.900,00 |
| 2020204 | VRP DN 150 (6 POL) - PN 10 | SGL 45.0930.0160.3 | UN | R\$ 6.000,00 | 1 | R\$ 6.000,00 |
| 2020205 | VRP DN 200 (8 POL) - PN 10 | SGL 45.0930.0200.0 | UN | R\$ 7.411,65 | 3 | R\$ 22.234,95 |
| 2030000 | BOOSTERS | | | | | R\$ 67.244,00 |
| 2030100 | BOOSTERS | | | | | R\$ 67.244,00 |
| 2030101 | BOOSTER MOVEL C/INVERSOR FREQUENCIA-Q=4L/S-HM=25MCA | SGL 19.0067.0012.5 | UN | R\$ 67.244,00 | 1 | R\$ 67.244,00 |
| 3000000 | COMPOSIÇÕES | | | | | R\$ 393.892,82 |
| 3010000 | CAIXAS E PVs | | | | | R\$ 272.750,38 |
| 3010100 | CAIXA TD5 P/ REGISTROS | | | | | R\$ 17.750,00 |
| 3010101 | CAIXA "TD5" COM TAMPA ARTICULADA | - | UN | R\$ 250,00 | 71 | R\$ 17.750,00 |
| 3010200 | CAIXA ADUELA P/ VRPs | | | | | R\$ 255.000,38 |
| 3010201 | CAIXA ADUELA (2,00 X 2,00 M) - 50 MM | - | UN | R\$ 19.998,79 | 2 | R\$ 39.997,58 |
| 3010201 | CAIXA ADUELA (2,00 X 2,00 M) - 75 MM | - | UN | R\$ 21.881,79 | 2 | R\$ 43.763,58 |
| 3010201 | CAIXA ADUELA (2,00 X 2,00 M) - 100 MM | - | UN | R\$ 27.484,14 | 1 | R\$ 27.484,14 |
| 3010201 | CAIXA ADUELA (2,00 X 2,00 M) - 150 MM | - | UN | R\$ 31.166,79 | 1 | R\$ 31.166,79 |
| 3010201 | CAIXA ADUELA (2,00 X 2,00 M) - 200 MM | - | UN | R\$ 37.529,43 | 3 | R\$ 112.588,29 |
| 3020000 | TROCAS HIDRÔMETROS | | | | | R\$ 121.142,44 |
| 3020100 | TROCAS HIDRÔMETROS | | | | | R\$ 121.142,44 |
| 3020101 | TROCAS HIDRÔMETROS PREVENTIVA | - | UN | R\$ 29,23 | 2764 | R\$ 80.791,72 |
| 3020102 | TROCAS HIDRÔMETROS CORRETIVA | - | UN | R\$ 34,08 | 1184 | R\$ 40.350,72 |
| TOTAL | | | | | | R\$ 5.073.770,75 |