



EFICIÊNCIA HIDRAULICA NO SAA DE PALOTINA: REDUÇÃO DE PRESSÕES COM MODELAGEM HIDRAULICA

Everaldo Ulbinski Schuch

Sanepar – Cia de Saneamento do Paraná - Técnico em Edificações; Engenheiro Civil; Bacharel em Ciências Econômicas; Tecnólogo em Gestão Pública; Especialização em Saneamento ambiental.

Rua Guanabara, 168, Sanepar – Jd La Salle - Toledo - Paraná - CEP: 85902-580 - Brasil - Cel: +55 (45) 99107-8968 - Tel: +55 (45) 3421-2615 - e-mail: everaldous@sanepar.com.br

RESUMO

Este trabalho mostra o resultado de um projeto implantado no sistema de distribuição de água de Palotina com uma redução das pressões médias do sistema de abastecimento de água. Papel fundamental no projeto teve a modelagem hidráulica com o software *Watergems* da Bentley, que proporcionou segurança, rapidez e economia na definição das obras necessárias, garantindo o abastecimento aos consumidores com pressão mínima dinâmica e máxima estática recomendada pela NBR 12218. Os resultados que serão disponibilizados mostram que projetos que visam a eficiência operacional dos sistemas amparados pela modelagem hidráulica trazem resultados ambientais, econômicos e sociais. Isso se reflete na redução de perdas de água, redução no consumo de energia elétrica, garantia de abastecimento, redução na demanda por novos investimentos em produção de água, ampliação do uso da estrutura existente de equipamentos e uma importante redução nas reclamações por falta de água.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem hidráulica, redução custo operacional, consumidores satisfeitos.

INTRODUÇÃO

Palotina é um município da região oeste do Paraná forte na produção agropecuária e por isso tem apresentado crescimento econômico e populacional acima da média brasileira. Entre 2010 e 2022, sua população abastecida, ou seja, urbana, cresceu a uma taxa média de 6,13%. Em 2010, a população atendida com água era de 25.336 habitantes e em 2022 passou a ser 43.996. No mesmo período, o número de ligações totais atendidas cresceu a uma taxa de 5,35%, ou seja, em 2010 eram atendidas 8.342 e em 2022 finalizou o ano com 13.704.

A Sanepar presta serviço de saneamento urbano no município através de contrato de concessão. É uma empresa de economia mista, com capital aberto, cujo controle acionário é exercido pelo governo do estado do Paraná. Já tem um histórico de 60 anos de serviços na área de saneamento e atualmente atende 345 municípios dos 399, além do município de Porto União no estado de Santa Catarina.

O sistema de abastecimento de água de Palotina, antes da implantação deste projeto, vinha apresentando problemas de abastecimento nos períodos de verão combinado com períodos de estiagem. Observava-se também dificuldades para fazer um controle de perdas eficiente.

A distribuição de água estava dividida em três Zonas de pressão:

- Uma zona alta abastecida em marcha por elevatória e reservatório elevado determinando o nível máximo e mínimo operacional. Essa zona de pressão abastecia 62,2% do sistema;
- uma zona alta 2, também abastecida por elevatória em marcha com segundo reservatório elevado definindo os níveis operacionais, representando 17,33% do sistema
- uma zona baixa abastecida por gravidade a partir de reservatório apoiado de acúmulo. Essa zona de pressão representava 20,46% do sistema.

Para fazer uma análise detalhada do sistema e propor as soluções, foi elaborado uma modelagem hidráulica completa do sistema de abastecimento de água no software *Watergems* da Bentley.

2015 foi o ano base do projeto e o final 2035, ou seja, 20 anos de horizonte de projeto. No ano de 2015 e 2016 foram elaborados os projetos, o detalhamento executivo e inserido no planejamento. Em 2017 foram adquiridos os materiais, elaboração dos orçamentos e contratadas as obras. Em 2018 iniciaram as obras e foram finalizadas em 2020.

Para que o trabalho consiga mostrar seus resultados, primeiramente descreverá os objetivos que definem o escopo e busca a delimitação do assunto. Esses objetivos foram divididos em objetivo geral que é o assunto principal a ser atingido e depois em objetivos específicos que separam o assunto em tópicos a serem desenvolvidos para atingir o escopo principal. De forma clara, o objetivo geral irá tratar de melhorar a eficiência hidráulica do sistema de abastecimento de água. Para resolver isso, primeiramente será mostrado resultados do modelo hidráulico como ele se apresentava antes da execução do projeto para depois também em resultados da modelagem hidráulica, mostrar como o sistema ficou após a finalização do projeto, que inclui as obras já concluídas.

Depois das obras concluídas, obtém-se os resultados nos indicadores operacionais. Mas para se ter uma visão desses resultados é preciso compará-los com resultados históricos de como estava o sistema de abastecimento de água antes e como ficou depois. Assim serão discutidos os resultados e analisadas novas oportunidades de melhorias que esse projeto mostrou, mas não conseguiu atingir por não ter sido parte do escopo. Essa nova oportunidade de melhoria poderá fazer parte de novos planejamentos como acontece no chamado ciclo PDCA que defende as melhorias contínuas na gestão de negócios.

OBJETIVOS

GERAL

Melhorar a eficiência hidráulica no SAA de Palotina.

ESPECÍFICOS

- 1) Modelagem hidráulica do sistema existente;
- 2) Modelagem hidráulica do SAA com as novas zonas de pressão;
- 3) Avaliar resultados na redução de perdas, consumo de energia e reclamação de clientes.

METODOLOGIA

- 1) Modelagem hidráulica do sistema existente
 - Análise do sistema existente: Verificação detalhada do SAA atual de Palotina incluindo os pontos de localização dos reservatórios, altimetria e pressão nas zonas de distribuição.
 - Modelagem hidráulica: Elaborar modelagem hidráulica do sistema existente para verificação das deficiências no abastecimento.
- 2) Modelagem Hidráulica das novas zonas de pressão
 - Projeções de demanda: obtida a partir dos dados populacionais obtidos do Plano Municipal de Saneamento básico (PMSB) do município de Palotina, elaborado no ano de 2013 (SISWEB, 2016).
 - Reunião de dados necessários a simulação: Essas informações foram obtidas no SANEGIS da Sanepar, que são: Cadastro técnico de redes de água, medidores de clientes com geolocalização e consumo, altimetria e mapa urbano básico.
 - Alteração limite de Zonas de pressão: Usar curvas de níveis para definir os novos limites de zona de pressão com mínima estática de 15mca a partir do local dos reservatórios apoiados.
 - Separação de redes de água: Na modelagem hidráulica do sistema existente – software *Watergems*, criar cenário projeto, inserir as novas linhas limitantes e promover a separação das zonas de pressão;
 - Redes virgem: adicionar ao cenário projeto as redes saindo do reservatório apoiado, cruzando áreas que ficarão na zona alta, até chegar nos novos limites de zona baixa;
 - Projeções futuras: determinar um multiplicador para as vazões futuras e aplicar no modelo hidráulico no cenário projeto;

- Simulação: Executar a simulação para verificar que a pressão dinâmica mínima de 10 metros de coluna de água seja garantida. Essa parte é satisfeita com as alterações dos diâmetros das redes virgem;
 - Análise de resultados: Avaliar as pressões resultantes tendo como base as recomendações da NBR 12218.
- 3) Avaliação de resultados após a implantação das obras confrontando com os resultados previstos antes da implantação das obras:
- Redução de perdas: Mostrar gráfico histórico anual do índice de perdas em litros por ligação dia e fazer comparação dos resultados obtidos com os resultados previstos no lançamento do investimento.
 - Redução no consumo de energia: Mostrar gráfico histórico anual do consumo de energia em Kwh/m³ e comparar os resultados previstos com os resultados obtidos.
 - Reclamação de clientes por falta de água ou pressão baixa: Mostrar histórico anual do número de reclamações e fazer uma avaliação se ocorreram reduções a partir da implantação do investimento.

MODELAGEM HIDRAULICA DO SISTEMA BASE DO PROJETO

A partir do cadastro técnico de redes existente até o ano de 2015 foi elaborado um modelo hidráulico de redes de distribuição considerando separadamente as zonas de pressão que estavam operando.

A Figura 1 abaixo mostra as redes divididas por Zona de pressão. Considerando as extensões de redes, a zona alta 1 abastecia 54,77% do sistema, a zona alta 2 abastecia 30,67% e a zona baixa abastecia 14,56% do sistema. A zona alta 1 e 2 precisavam de sistema de recalque para serem abastecidas e a zona baixa era abastecida por gravidade. Dessa forma, observa-se que 85,44% dependia de consumo de energia para distribuição de água.

A zona alta 1 contava com 147,65 km de rede, a zona alta 2 com 82,69 km e a zona baixa com 39,26 km.

Figura 1 – Mapa de zonas de pressão – 2015 – SAA Palotina



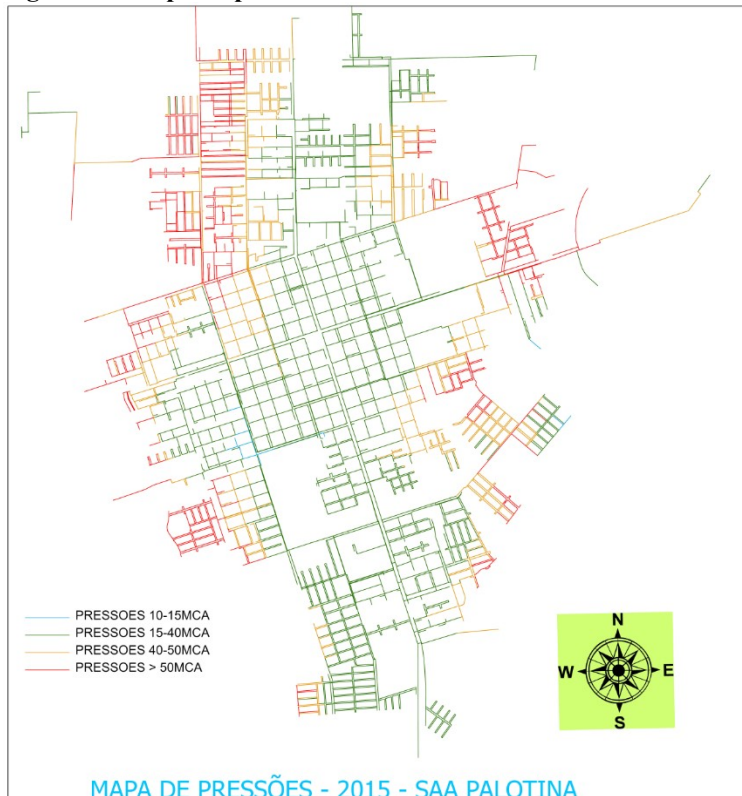
Fonte: Modelo Hidráulico 2015 - Elaborado pelo autor.

Na figura 1 também pode ser observado, principalmente na área central, que muitas quadras possuem somente um passeio atendido com rede de distribuição. Dessa forma, muitas ligações são atendidas por ramal de travessia. Os ramais de travessia, sendo executado em material mais frágil e sofrendo com as vibrações

provocadas pelo trânsito e variação de pressões, rompem-se com maior frequência. O simples conserto do ramal, apenas resolve o problema a curto prazo e até mesmo torna-se um ponto frágil para que ocorra mais facilmente outro rompimento. A melhor solução seria a substituição completa do ramal com cravação não destrutiva, mas essa ação em diversos ramais torna o custo de implantação maior do que fazer uma rede nova no outro passeio do logradouro.

Essa situação de ramais prediais será resolvida em parte pela inclusão na obra de redes de menor diâmetro para duplicar a malha em alguns logradouros.

Figura 2 – Mapa de pressões – 2015 – SAA Palotina



Fonte: Modelo Hidráulico 2015 - Elaborado pelo autor.

A figura 2 mostra as faixas de pressão máxima estática divididas entre 10 e 15mca, maior que 15 até 40mca, maior que 40 até 50mca e maior que 50mca. Essas faixas foram definidas respeitando a mínima dinâmica de 10mca e máxima estática de 50mca recomendado pela NBR 12218. Na modelagem hidráulica foram identificadas essas faixas de pressões máxima estática que o sistema operava antes do projeto mostrado na sequencia deste trabalho.

Em extensão de redes por faixa de pressão: a)0,75% do sistema estavam com pressões entre 10 e 15mca; b)52,74%, maior que 15mca até 40mca; c)24,57% na faixa maior que 40 até 50mca e d)21,94% com pressões acima de 50mca, sendo que a máxima registrada chegava a 85mca.

Comparando as figuras 1 e 2 pode-se observar que na abrangência da zona alta 1, bem como na zona alta 2, há diversas redes com pressões acima dos 40mca. Dessa forma constatou-se que havia oportunidade de redução de pressões médias do sistema com a finalidade de reduzir perdas nos vazamentos e também redução estatística da possibilidade de surgimento de novos pontos de fugas. Além disso, a redução da área de abastecimento da zona alta 1 fará com que a vida útil da elevatória existente seja prolongada com redução no consumo de energia elétrica.

A redução de pressões para redução de perdas tem embasamento no teorema de Torricelli, que considera que a vazão de um orifício é determinada pela sua área e a pressão atuante. Isso quer dizer que a vazão de um ponto de fuga não é constante durante um dia de consumo, já que as pressões variam com a demanda de consumo. Vale a mesma análise para a redução das pressões médias, pois se as pressões de água forem reduzidas, as vazões dos vazamentos também

serão reduzidas de forma automática, reduzindo as perdas. Segundo VICINGUERA (2009), “a vazão que atravessa um orifício é proporcional a raiz quadrada da pressão, de modo que altas pressões na rede significam maiores perdas no sistema”.

A análise do modelo hidráulico do projeto também constatou que a elevatória da Zona alta 1 já não atendia as demandas máxima horária do sistema. Para resolver isso, a bomba reserva estava sendo acionada, mas se algum dos equipamentos falhasse ou precisasse de manutenção, a zona pressão ficava com o abastecimento comprometido. A demanda máxima diária já vinha registrando demandas de 173m³/h e a vazão de projeto do equipamento era de 150m³/h.

SAA PALOTINA - PROJETADO E IMPLANTADO

VAZÕES

A determinação das vazões do sistema foi determinada a partir do plano municipal de saneamento básico do município de Palotina elaborado no ano de 2013. A Tabela 1 inclui o ano base, 2015 e ano horizonte 2020. A demanda por habitante foi determinada pela coleta de dados de produção na Sanepar.

Tabela 1 – Projeção vazões SAA Palotina 2015 a 2035.

ANO	População	Vol.(m³/dia)	Q.média.Diária(m³/h)	Q.máx.diária (m³/h)	Q.máx.hor.(m³/h)
2015	27.602	6.059	252	303	454
2035	36.384	7.106	296	355	533

Fonte: PMSB e SISWEB (2016), Sanepar.

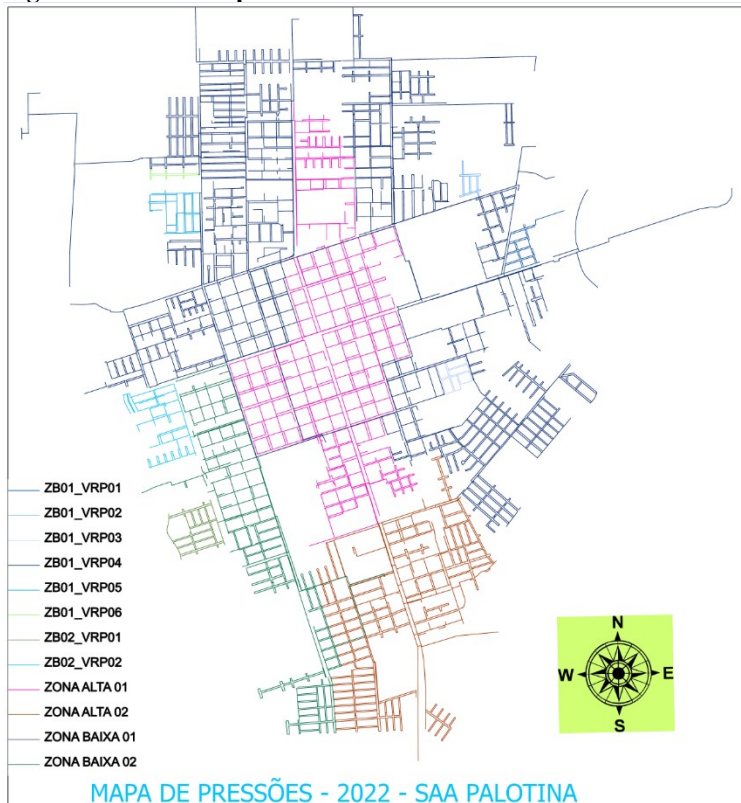
REDEFINIÇÃO DE ZONAS DE PRESSÃO

Para ter um melhor aproveitamento dos reservatórios de acúmulo, chamados de reservatórios apoiados, foi definido pela altimetria uma curva de nível com cota de 15 metros menor que a cota do ponto do reservatório. Essa limitante foi inserida no modelo hidráulico e proporcionou a nova divisão com redução da área da zona alta 1 e zona alta 2 e aumento da área da zona baixa.

Conforme figura 3 Foram criados novos cenários para as novas zonas de pressão e esse modelo proporcionou a criação de outras nove zonas de pressão com instalação de válvulas redutoras de pressão (VRPs). No total o projeto aumentou o número de zonas de pressão de 3 para 12.



Figura 3 – Zonas de pressões – 2022 – SAA Palotina



Fonte: elaboração própria a partir do modelo hidráulico.

A zona alta 1 que apresentava o maior problema e tinha a maior participação no abastecimento com 54,77% do sistema foi reduzido para 18,05%. Conforme se observa na tabela 2, a elevatória que não mais atendia as demandas anteriores, passa a ter capacidade de atender até o horizonte de projeto. Isso além de retardar a necessidade de troca da elevatória, que passaria a ter um maior consumo de energia elétrica, abre agora a possibilidade de substituir a elevatória para redução ainda mais no consumo de energia com implantação de equipamentos com maior rendimento operacional.

Tabela 2 – Projeção vazões Zona Alta 1 – SAA Palotina - 2015 a 2035.

ANO	População	Vol.(m³/dia)	Q.média.Diária(m³/h)	Q.máx.diária (m³/h)	Q.máx.hor.(m³/h)
2015	5.481	1213,57	50,57	60,68	91,02
2035	7.225	1419,42	59,14	70,97	106,46

Fonte: elaboração própria a partir do modelo hidráulico e tabela 1.

A zona alta 2 também teve sua participação reduzida de 30,67% do sistema para 14,58% de participação na distribuição de água para o sistema em termos de estrutura de distribuição, ou seja, extensão de redes. A tabela 3 mostra as novas vazões da zona alta 2.

Tabela 3 – Projeção vazões Zona Alta 2 – SAA Palotina - 2015 a 2043.

ANO	População	Vol.(m³/dia)	Q.média.Diária(m³/h)	Q.máx.diária (m³/h)	Q.máx.hor.(m³/h)
2015	4.566	1.005,48	41,90	50,28	75,42
2035	6.018	1.177,93	49,09	58,91	88,35

Fonte: elaboração própria a partir do modelo hidráulico e tabela 1.

A zona baixa abastecida por gravidade a partir dos reservatórios de acúmulo teve sua participação na distribuição aumentada de 14,56% para 70,86%. A zona baixa 1 teve ampliação a partir da zona alta 1 e a zona baixa 2 foi criada

a partir da divisão da zona alta 2. Esse aumento da zona baixa proporcionou a criação de mais nove zonas de pressão por válvulas redutoras de pressão.

A tabela 4 mostra somadas as novas vazões demandadas nas zonas baixas 1 e 2.

Tabela 4 – Projeção vazões Zonas Baixa – SAA Palotina - 2015 a 2043.

ANO	População	Vol.(m ³ /dia)	Q.média.Diária(m ³ /h)	Q.máx.diária (m ³ /h)	Q.máx.hor.(m ³ /h)
2015	17.555	3.840,31	160,01	192,02	288,03
2035	23.141	4.508,35	187,85	225,41	338,13

Fonte: elaboração própria a partir do modelo hidráulico e tabela 1.

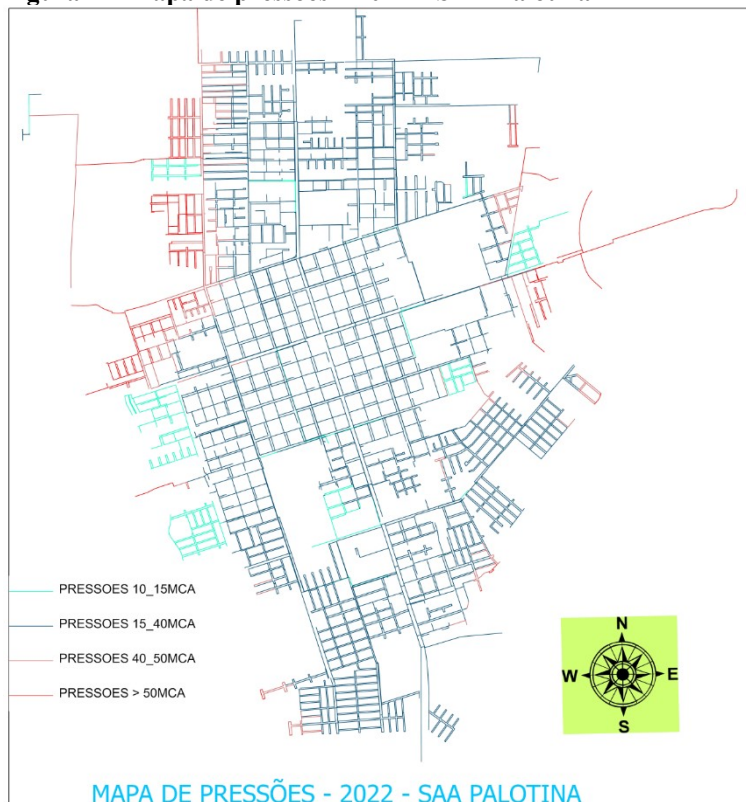
PRESSÕES DO SISTEMA IMPLANTADO

A figura 4 abaixo, mostra as redes em função das faixas de pressão máxima estática de funcionamento com a implantação do projeto.

As pressões nas redes ficaram divididas da seguinte forma:

1. As pressões entre 10 e 15mca tiveram um aumento na extensão de redes de 2 km para 26 km de 2015 para 2022.
2. Também se observa na figura 4, que as pressões da faixa de 15 a 40mca, considerada a faixa ótima, tiveram sua área de abrangência aumentada significativamente, ou seja, em termos de extensão de redes, aumentou a abrangência de 52,74% para 77,55% ou de 142 km de redes para 257 km de redes.
3. As pressões acima de 50mca tiveram redução de 21,94% das redes para 3,45%, ou, reduziu de 59 km de redes para 20 km de redes.
4. As pressões da faixa de 40 a 50mca tiveram redução na extensão de redes de abrangência de 24,57% para 8,53%, reduziu de 66 km de rede para 30 km.

Figura 4 – Mapa de pressões – 2022 – SAA Palotina



Fonte: elaboração própria a partir do modelo hidráulico.

Uma constatação que não aparece nos mapas, mas é importante informa, através da modelagem hidráulica foi observado que as pressões da zona alta 1 ficaram entre 15 e 30mca. Isso significa uma redução nas pressões máxima de 45mca, pois anteriormente essa zona de pressão registrava pressão máxima estática de 85mca.

Para atender a inclusão de novas áreas na zona baixa de pressão, foram criadas redes virgens, com diâmetros definidos pela modelagem hidráulica considerando as vazões de horizonte de projeto, passando pela área da zona alta 1 até o ponto de interligação da zona baixa.

Dentro da zona baixa também foram necessárias a implantação de redes de reforço também definidas pela modelagem hidráulica com base nas vazões futuras.

Na Zonas alta 1 existiam diversas redes implantadas no meio da rua e com diâmetros já fora do padrão na Sanepar e que causam dificuldades para obtenção de peças de reparo. Essas redes foram substituídas por redes implantadas no passeio público com diâmetros definidos pela modelagem hidráulica.

Na zona alta 1 também havia diversos trechos com rede de distribuição em apenas um dos passeios com consequência de inúmeros ramais de travessia facilitando rompimentos. O projeto também resolveu esse problema implantado redes nos trechos necessários, eliminando os ramais de travessia e transferindo os ramais para as redes criadas no passeio.

INVESTIMENTOS

Para atender a zona baixa 01 e 02 que tiveram suas áreas aumentadas, foram definidas pela modelagem hidráulica as redes de distribuição conforme tabela 5. No total foram implantados aproximadamente 16 km de redes com diâmetros entre DE63 a DE315 em tubos de polietileno. Foi investido entre aquisição de materiais e execução da obra o valor de R\$4.6 milhões de reais.

Tabela 5 – Extensão de redes projetadas e implantadas.

Descrição do material	Total (m)
Tubo Polietileno PN10 PE 100 DE63	5.552
Tubo Polietileno PN10 PE 100 DE110	1.711
Tubo Polietileno PN10 PE 100 DE160	2.645
Tubo Polietileno PN10 PE 100 DE225	3.181
Tubo Polietileno PN10 PE 100 DE280	901
Tubo Polietileno PN10 PE 100 DE315	1.327

Fonte: elaboração própria a partir do modelo hidráulico.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

REDUÇÃO DE PERDAS

No lançamento do projeto foi elaborado uma estimativa gradual de redução de perdas de acordo com o recomendado pelo fator delta desenvolvido por DEPEXE (2016). A linha azul do gráfico 1 mostra essa estimativa desde o ano de 2016 até o ano de 2035.

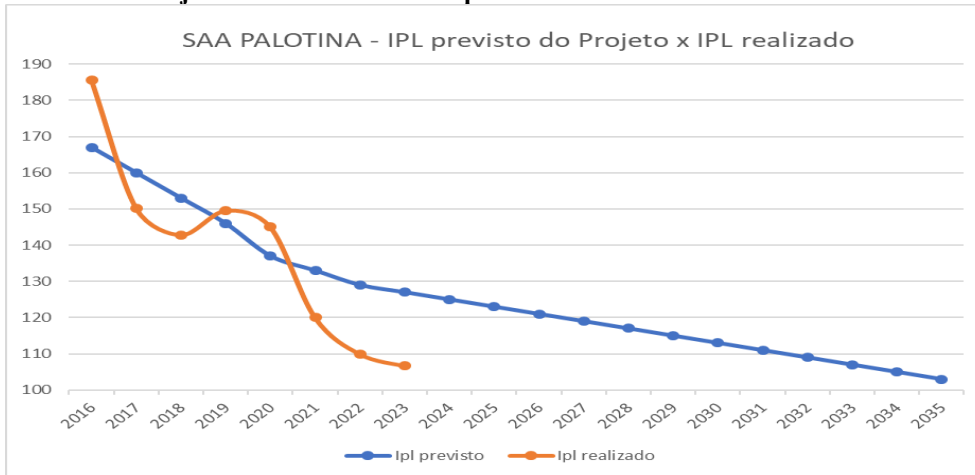
As obras foram concluídas no final do ano de 2020. A linha laranja mostra os resultados já realizados entre os anos de 2016 e 2023, sendo que 2016, o resultado observado ainda é parcial.

É possível observar que os resultados já estão superando a previsão em 20,38 litros a mais de redução. Comparando a redução de todo o período com média de IPL de 138,70 litros, já foram reduzidos 32,08 litros de IPL em média.

A redução do IPL de 32,08 litros com 13.771 ligações atualmente no sistema representa um volume de 161.247,39 m³ anual que está deixando de ser produzido. Isso representa uma redução diária de 441.77 litros.



Gráfico 1 – Projeto SAA Palotina – IPL previsto x IPL realizado



Fonte: Elaboração própria a partir do fator Delta de redução de perdas de DEPEXE (2016).

Tabela 6 – Projeção redução índice de perdas IPL (litros/lig/dia) 2016-2035.

Ano	IPL	Ano	IPL	Ano	IPL	Ano	IPL
2016	167	2021	133	2026	121	2031	111
2017	160	2022	129	2027	119	2032	109
2018	153	2023	127	2028	117	2033	107
2019	146	2024	125	2029	115	2034	105
2020	137	2025	123	2030	113	2035	103

Fonte: Elaboração própria a partir do fator Delta de redução de perdas (DEPEXE, 2016).

A tabela 6 mostra as projeções do IPL previstas pelo projeto que foram elaboradas de acordo com o fator delta de redução de perdas (DEPEXE, 2016).

REDUÇÃO NO CUSTO DE PRODUÇÃO

A elevatória da zona alta 1 teve seu tempo de funcionamento reduzido em 29,33%. Entre os anos de 2016 a 2019 elevatória funcionava 5.582 horas por ano em média. Com a finalização do projeto, a elevatória passou a operar em média entre os anos de 2020 a 2022, 4.156 horas por ano.

Essa redução pequena mostra a oportunidade de revisar o sistema de bombeamento que opera com bombas submersíveis de baixo rendimento instaladas dentro do reservatório de acúmulo. Seria necessário a instalação de uma elevatória de eixo horizontal com ponto operacional condizente com a nova demanda para substituir esse padrão de elevatória obsoleto com a finalidade de reduzir o consumo de energia elétrica ainda mais.

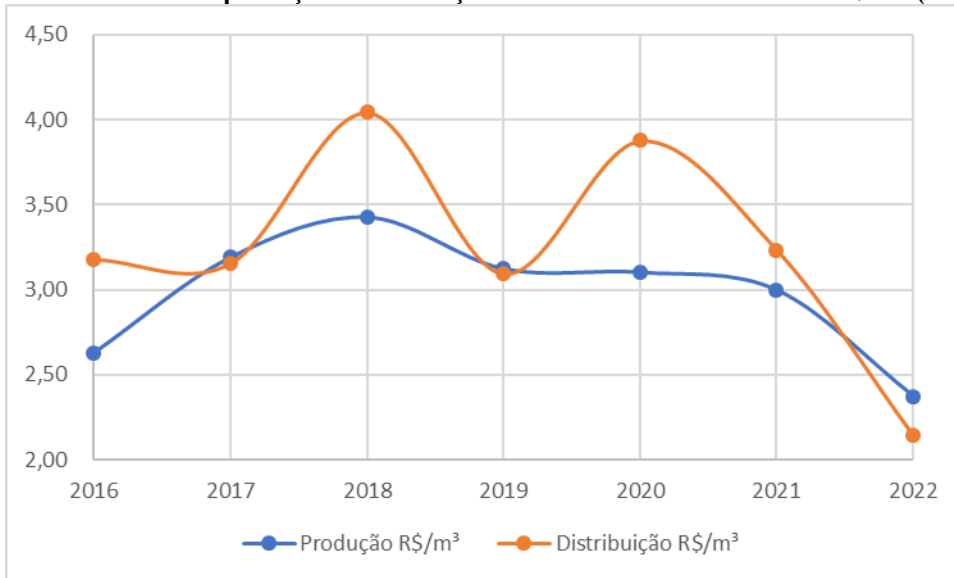
Além da redução do IPL e redução nas reclamações de clientes, um dos dados que também mostram a viabilidade deste projeto estão no gráfico 2, o qual mostra no ano de 2022 uma significativa redução nos custos de produção e distribuição do sistema.

Esses valores tiveram uma atualização pelo IPCA-IBGE e também há um multiplicador para preservar dados privados da Sanepar.

A média de custo do ano de 2016 a 2020 em comparação com o ano de 2022 teve uma redução no custo de produção de 22,93% e no custo de distribuição de 37,56%.



Gráfico 2 – Custos produção e distribuição SAA Palotina - 2016 a 2022 - R\$/m³ (VPL-IPCA-IBGE).



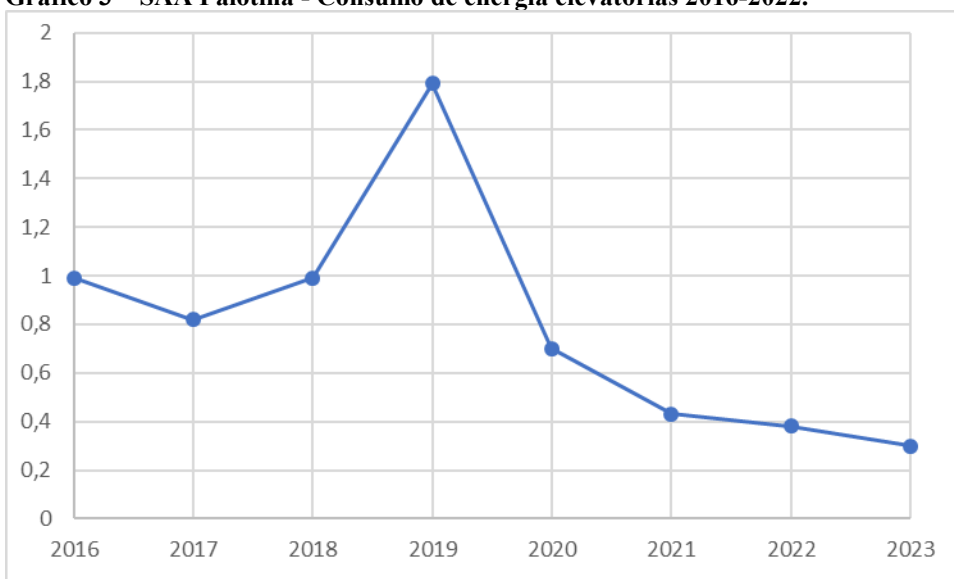
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Sanepar.

ÍNDICE DE RECLAMAÇÃO DE CLIENTES

O SAA de Palotina estava passando por dificuldades constantes para abastecer seus clientes, principalmente nos períodos de verão que automaticamente ocorre aumento das demandas por consumo. Aliados a isso, em alguns verões acontecem estiagem prolongadas que também reduz a capacidade de vazão dos mananciais. A tabela 6 mostra no período de 2015 a 2022 o índice de reclamações de clientes, o que mostra a satisfação direta do consumidor em relação ao seu fornecedor.

Esse pico de reclamações que ocorreu no ano de 2019 coincide com uma estiagem no período de execução das obras.

Gráfico 3 – SAA Palotina - Consumo de energia elevatórias 2016-2022.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Sanepar.



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O projeto melhorou a eficiência hidráulica do sistema de distribuição de água de Palotina e mostrou que a modelagem hidráulica no software *Watergems* proporcionou segurança na tomada de decisões com a finalidade de reduzir as pressões médias sem comprometer a disponibilidade de água dentro da pressão mínima dinâmica de 10mca, mesmo que para isso a pressão mínima estática tenha sido definida em apenas 15mca, ou seja, uma perda de carga de apenas 5mca.

Essa melhora na eficiência operacional trouxe ao sistema redução nos custos operacionais pela redução no consumo de energia na elevatória da zona alta 1 e redução nos índices de perdas em 32,08 litros por ligação dia. Além disso houve melhora na satisfação dos clientes com relação a empresa. Além disso, há outros resultados intangíveis não avaliados, como a redução da necessidade de investimentos em produção em aproximadamente 441 m³/dia, ganhos ambientais pela redução dos desperdícios e redução no consumo de energia bem como no aumento da vida útil das estruturas.

A redução no consumo de energia não ocorreu na intensidade da redução nos volumes recalçados, mas isso se deve pela não inclusão da revisão da elevatória da zona alta 1, que opera com bombas submersíveis de baixa eficiência operacional dentro do reservatório de acúmulo. Isso abre nova oportunidade de melhorar a eficiência operacional do sistema pela substituição dessa elevatória por bombas de eixo horizontal com maior eficiência operacional.

A redução nas perdas de água foi um dos maiores ganhos do projeto. Isso mostra a viabilidade de se investir em redução de pressões médias. A redução de pressão teve uma influência direta na redução de perdas, pois os trabalhos de pesquisa de vazamentos sempre foram executados da mesma forma e antes do projeto implantado não se conseguia resultados significativos como ocorreu depois. As pressões desnecessariamente elevadas aumentam a frequência e velocidade no aparecimento de novos rompimentos e as equipes de pesquisa possuem dificuldades para resolver isso. Tentar reduzir perdas com pressões elevadas é como um “cãozinho tentar pegar o próprio rabo”.

Outra observação, que pode servir de exemplo desse trabalho é que o SAA de Palotina, apesar de ser um sistema novo, foi projetado num conceito antigo sem preocupação com as perdas de água, apenas para atender as recomendações da NBR entre pressão mínima dinâmica de 10mca e pressão máxima estática de 50mca. Dessa forma, o sistema foi projetado com um reservatório elevado padrão de altura máxima de 20 metros, e a partir dele buscava-se atender a pressão máxima estática de 50mca. Só que com o passar dos tempos, isso fugiu do controle e todas as novas expansões eram interligadas a partir desse padrão operacional e isso causou a ultrapassagem da pressão máxima estática, que agora com este projeto foi quase totalmente resolvida.

Outro resultado positivo foi na satisfação dos clientes externos e também internos. Era claro que um dos grandes vilões eram as estiagens anuais devido a problemas climáticos, já que provocavam a necessidade de parada ou redução da produção de água, mas a perda elevada também contribuía para agravar o problema. Com os problemas no abastecimento resolvidos, ocorreu uma redução significativa nas reclamações. O índice atual está em 0,30, mas está relacionado a outro tipo de reclamação, não mais a falta de água.

Por fim, é importante ressaltar a importância do software de modelagem hidráulica *Watergems*, que atualmente possui uma facilidade de montar o modelo hidráulico completo de um sistema que torna menos oneroso a análise para a tomada de decisão. Cálculos hidráulicos que antes eram demorados e executado por poucos profissionais com alto nível intelectual, atualmente está acessível e de fácil implementação para todos os interessados. Dessa forma, sua difusão pode aumentar muito a produtividade do setor de saneamento e resolução mais assertiva dos problemas relacionados a falta de eficiência operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEPEXE, Marcelo Dacul, fator Delta aplicado planejamento redução de perdas. SANEPAR – Cia de Saneamento do Paraná, Sanepar, Curitiba, Agosto 2016. Enviado por email agosto, 2016.
2. IBGE. Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor. Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA, séries históricas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e->

[custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidoramplo.html?edicao=20932&t=series-historicas](https://www.aesabesp.org.br/custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidoramplo.html?edicao=20932&t=series-historicas)
Acesso em: 01 de maio de 2023.

3. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1994. 4p.
4. SANEGIS – GIS corporativo da Sanepar, relatório cadastral de ligações de Palotina, Sanepar, Curitiba, Acesso em: jan. 2015.
5. SCI – Sistema Corporativo de gestão industrial da Sanepar, histórico de consumo de energia elétrica, Sanepar, Curitiba, Acesso em: jul. 2016.
6. SISWEB – Sistema de informações da Sanepar, volume produzido em litros por ligação dia e Plano Municipal de Saneamento Básico de Palotina, Sanepar, Curitiba, Acesso em: ago/ 2016.
7. VINCINGUERA, Wagner, Avaliação do impacto da redução de pressão nas perdas reais de um setor de distribuição de água no município de Campo Grande, Ms. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Centro de ciências exatas e tecnologia, Programa de Pós-graduação em tecnologias ambientais. Campo Grande, MS, 2009.