



**Encontro Técnico  
AESABESP**  
30º Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente



**FENASAN**  
30ª Feira Nacional de  
Saneamento e Meio Ambiente

parceria:  
**IFAT** World's Leading Trade Fair  
for Water, Sewage, Waste and  
Raw Materials Management



## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HÍDRICA: REDUÇÃO DE PERDAS REAIS DE ÁGUA E ECONOMIA NO CONSUMO ENERGÉTICO

**Thaís Magalhães** <sup>(1)</sup>

B&B Engenharia, Engenheira, São Paulo-SP, Brasil.

Engenheira Mecânica formada pelo Centro Educacional Anhanguera; Engenharia Civil (em andamento); Mestrado (em andamento) em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo- USP; Experiência em sistemas de distribuição, perdas de água, Geoprocessamento (Georreferenciamento e cadastro técnico de redes – água, esgoto e pluviais), Balanço hídrico (IWA) e gestão de projetos.

**Eduardo Augusto Ribeiro Bulhões Filho** <sup>(2)</sup>

B&B Engenharia, sócio-diretor, São Paulo-SP, Brasil.

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Engenharia de Materiais, Brasil.

Fundação Vanzolini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, especialização em Gestão de Projetos.

**João Alex Baldovinotti** <sup>(3)</sup>

Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga – SAEP, Superintendente. Pirassununga-SP, Brasil.

Pontifícia Universidade Católica – PUC, Engenharia Civil, Campinas-SP, Brasil.

**Marcus Cesar Sardinha Valsecchi** <sup>(4)</sup>

Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga – SAEP, Diretor de Projetos e Convênios. Pirassununga-SP, Brasil.

Pontifícia Universidade Católica – PUC, Engenharia Civil, Campinas-SP, Brasil.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Guararapes, 1664, Brooklin Novo, São Paulo-SP - CEP: 04561-000 - Brasil - Tel.: +55 (11) 5103-2013/ (19) 99948-8010 - e-mail: [thais.magalhaesengenharia@gmail.com](mailto:thais.magalhaesengenharia@gmail.com)/ [thais@bbengenharia.com.br](mailto:thais@bbengenharia.com.br)

### RESUMO

Para garantir gestão eficiente em um sistema de saneamento, é necessário o trabalho mútuo entre redução e controle de perdas de água com eficiência energética. Objetivou-se, neste trabalho, a demonstração de como ações de combate às perdas de água impactam no consumo energético. O Distrito de Medição e controle escolhido para tal estudo tem abastecimento direto por ETA, através de bombeamento, refletindo resultados diretamente no consumo energético. Foram realizados balanços hídricos para acompanhamento dos indicadores de perdas de água, com metodologia IWA (*International Water Association*), utilização do software *EasyCalc*. As ações para combate às perdas reais de água, como Pesquisa Ativa de Vazamentos e instalação de Válvulas redutoras para melhor gerenciamento da pressão, mostram, através de comparação entre os anos 2017 e 2018, uma redução de 44% no número dos vazamentos, refletindo em redução de consumo energético médio de 20% e redução de perdas de água em 22%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hídrico; Perdas Reais; Eficiência Energética.

### INTRODUÇÃO

A redução e o controle de perdas de água vêm se tornando cada vez mais uma para uma empresa de saneamento. Essa gestão garante a eficiência e a sustentabilidade no sistema desde captação, produção e distribuição. São muitas variáveis envolvidas neste processo, como recursos humanos especializados, equipamentos compatíveis com a necessidade, investimento financeiro, conservação e renovação de infraestrutura, entre outros. Falando em combate às perdas reais, pode-se dizer que estas são as que causam maiores custos de implantação e retornos para a empresa de saneamento, incluindo o impacto energético. Conseguir produzir a mesma quantidade de água com o aumento populacional, ou até menos, é a gestão das perdas até atingir o limite econômico, ou seja, chegar ao ponto das perdas inerentes.

É necessário que o acompanhamento seja feito juntamente aos impactos causados na redução de energia elétrica. Essas atividades devem contemplar o conhecimento dos conjuntos motor-bombas, suas manutenções, rendimentos dos motores, horários de operação (ponta e fora de ponta), ou seja, só há capacidade de gerenciar o que se conhece.



**Encontro Técnico  
AESABESP**  
30º Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente



**FENASAN**  
30ª Feira Nacional de  
Saneamento e Meio Ambiente

parceria:  
**IFAT** World's Leading Trade Fair  
for Water, Sewage, Waste and  
Raw Materials Management



As atividades que envolvem o controle de perdas dos distritos de Pirassununga seguem padronização tanto no cálculo e acompanhamento de indicadores, utilizando ferramenta IWA, quanto nas ações, como por exemplo metodologia ABENDI aplicada à pesquisa de vazamentos. A padronização possibilita a comparação do município com qualquer outro local que utilize as mesmas ferramentas. Vale ressaltar a importância de manter os cadastros técnicos (redes georreferenciadas) e comerciais atualizados de acordo com a realidade, ou seja, com as interferências que foram realizadas em obras e instalações cadastradas no sistema.

Para tanto, há necessidade de ter uma Plano de Gestão eficiente e coerente, que contenha objetivos, critérios e indicadores claros a serem alcançados a curto, médio e longo prazo, e que sejam continuamente analisados. No caso do SAEP (Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga), os cronogramas são estipulados de acordo com o Plano municipal de Saneamento Básico (PMSB) e Plano de Gestão de Água e Energia (PGAE), recentemente elabora de acordo com o PMSB, no programa ProEESA, juntamente à Agência Reguladora ARES-PCJ, Ministérios do Desenvolvimento Regional e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento da Alemanha.

Neste estudo, objetivou-se trazer de forma conjunta o ganho hídrico e energético do DMC Cachoeira de Emas, após as intervenções com ações de combate direto às reduções de perdas reais, com foco no gerenciamento de pressão na rede de distribuição, instalando Válvulas redutoras de pressão, bem como pesquisa ativa de vazamentos por metodologia ABENDI. O investimento para instalações de válvulas redutoras de pressão é baixo em relação ao potencial qualitativo e quantitativo apresentado, já que os vazamentos de redes e ramais prediais estão diretamente ligados à pressão de abastecimento. Os resultados mostraram que de fato houve reduções nas quantidades de vazamentos, na produção e distribuição total dos volumes e no gasto energético.

## OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar e quantificar ações para redução de perdas reais de água, com gerenciamento de pressão em rede de distribuição com instalação de Válvulas redutoras de pressão e pesquisa ativa de vazamentos, com metodologia ABENDI, e o impacto que tais atividades causaram nos indicadores de perdas bem como no consumo energético.

## METODOLOGIA

No estudo, levou-se em consideração o período entre outubro 2017, primeiro mês do DMC a estar setorizado pelos macromedidores, até dezembro 2019, sendo analisado o período antes (out/2017 a out/18) e após (nov/18 a dez/19) o gerenciamento da pressão na rede de distribuição do DMC Cachoeira de Emas, com 625 economias com ligações de água ativas e 78 inativas. Este, possui dois macromedidores tipo *Wolmann*, DN 50mm instalados em rede DN 50mm, antecipados por válvula redutora de pressão de mesmo diâmetro nominal, corpo em Y e ação direta, ou seja, atuam diretamente no fluido causando a perda de carga necessária para o fluxo à sua jusante.

Este DMC, ilustrado suas características técnicas na Figura 1, foi escolhido por fatores importantes: elevado índice de perdas reais; histórico de fraudes no sistema; oscilação de pressão na distribuição; rede de abastecimento derivada diretamente de elevatória com bombeamento; população sazonal, devido ser local turístico.

Os índices de perdas são acompanhados através de Balanços Hídricos mensais, com intervalos entre 28 e 33 dias, acompanhando o calendário de micromedição e realizados por metodologia IWA (*International Water Association*) por software *EasyCalc*.

O monitoramento de pressão por *dataloggers* dos pontos de entrada de macromedidores e válvulas redutoras, bem como pontos críticos (alto e baixo). Seguindo metodologia ABENDI (Associação Brasileira de Ensaio não destrutivos e Inspeção) foram realizados três ciclos de pesquisa de vazamentos, acompanhando o indicador vazamentos por quilometro de rede pesquisados, até que atingisse o mínimo (0/0) ou pelo menos 0,1vaz/km. Ressalta-se que em alguns pontos de vazamentos, os ramais eram de material PEAD reciclado e baixa qualidade. Portanto, nessas manutenções, foram feitas a troca de todo o ramal, desde a entrada de água do

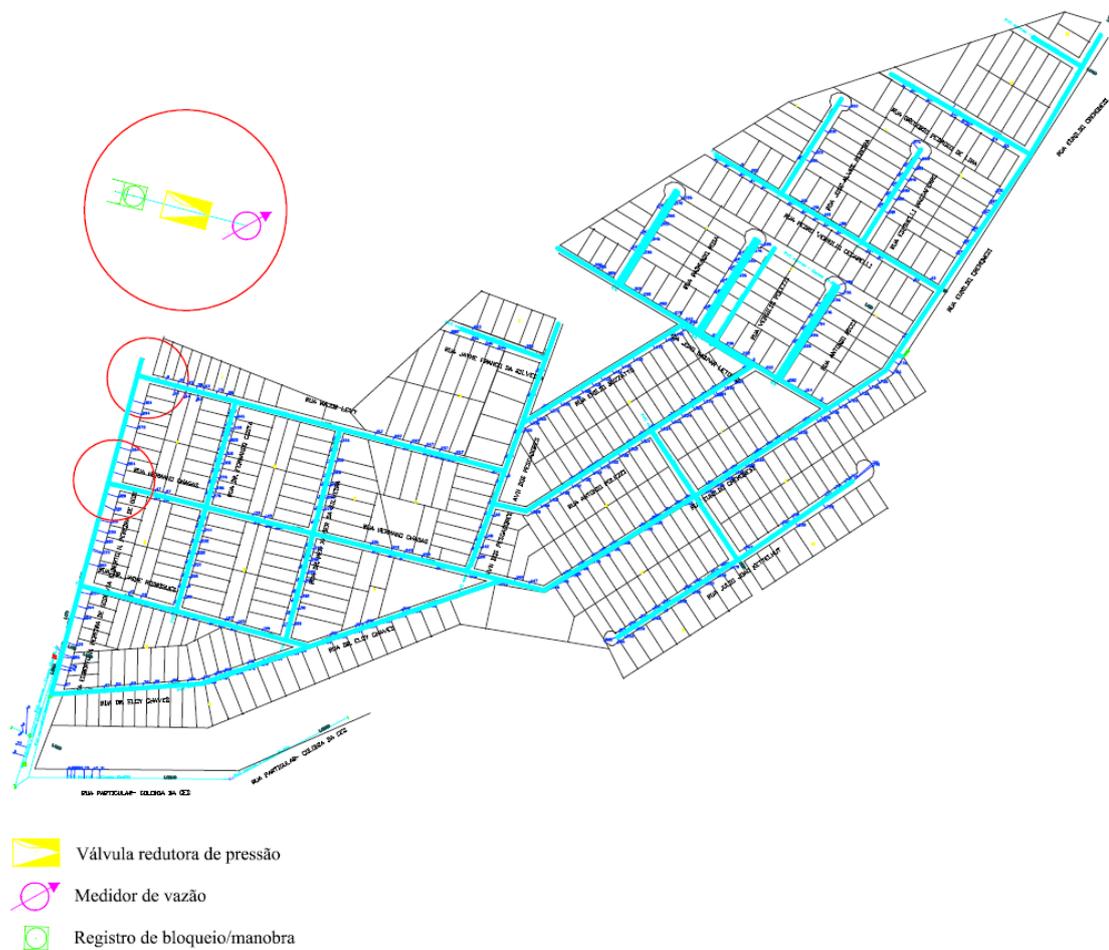


consumidor (cavalete ou caixa padrão) até o colar da rede, evitando assim reincidência de vazamentos em emendas. Esse padrão de trabalho aplica-se para todas as regiões da cidade.

Todas as intervenções realizadas de manutenção são atualizadas no software de georreferenciamento, para mantê-lo atualizado pois, através dele é que são realizados os estudos iniciais para as setorizações.

As características eletromecânicas dos conjuntos moto-bombas foram estudadas, para conhecimento de rendimento dos motores e o custo benefício em relação à manutenção ou troca dos equipamentos.

Através de software técnico (SaneGeo) com redes georreferenciadas e cadastro/histórico de ordens de serviço, bem como software comercial (SIA- Fiorilli), houve o acompanhamento dos resultados relacionados à quantidade de vazamentos, quantidade de economias cadastradas e micromedição, comparando-se o período compreendido entre outubro/2017 a dezembro 2019.



**Figura 1: DMC Cachoeira de Emas- Curso d'água e instalações.**

O Distrito de medição e controle escolhido para estudo, Cachoeira de Emas, é abastecimento diretamente por bombeamento da Estação de Tratamento de água localizada na Vila Santa Fé, por rede com diâmetro nominal 150mm, extensão de aproximadamente 3km, no município de Pirassununga. Abaixo, na Tabela 1, segue característica dos conjuntos moto-bomba:

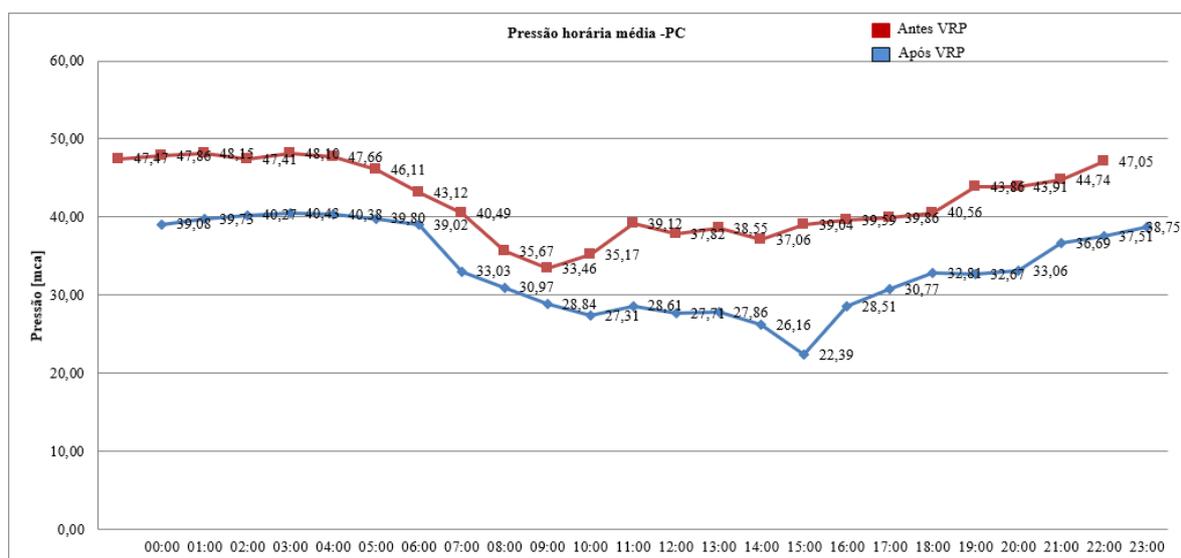


**Tabela 1: Características conjunto moto bomba (placa da bomba)**

Nome	Bombas em trabalho simultâneo	Tipo de motor	Potência de cada motor [cv]	Vazão [m³/h]	Erro relativo ao volume [±%]	Altura manométrica média [m]
Estação elevatória Santa Fé – Bomba 1	1	Externo	10	20,7	5	41
Estação elevatória Santa Fé – Bomba 1	1	Externo	30	13,8	5	41

O monitoramento das pressões foi realizado durante 30 dias, com dados de pressão instantânea horária. Para manipulação dos dados e gráficos, foi considerada pressão média horária diária. As curvas dos pontos críticos, considerando o ponto com cota mais baixa do DMC e o mais alto, foram sobrepostas a fim de se obter um valor ótimo para quebra da pressão no sistema, mantendo a qualidade do serviço prestado, ao mesmo tempo que respeitasse a NBR 12.218/1994, com pressões mínimas dinâmicas de 10mca e máxima estática de 50mca. A pressão do ponto crítico (cota 578m) é o que estabelece valor ideal de abastecimento dentro da delimitação da área da VRP, devido apresentar o menor valor de pressão.

## RESULTADOS



**Figura 2: Monitoramento de pressão PC (578m)**

O gráfico da Figura 2 acima apresenta a quebra de pressão causada pela instalação das válvulas redutoras de pressão, de acordo com monitoramento do ponto crítico, o qual foi utilizado como referência para manobras nas válvulas até chegar ao ponto de equilíbrio no abastecimento. Devido a relação direta entre elevadas pressões de abastecimento e vazões por vazamento em redes e ramais, a instalação das válvulas contribuiu para o impacto nos resultados de menos vazamentos no setor.

Fica aqui esclarecido que o uso de VRP deve ser feito de forma pontual, quando bem estudado e analisado o caso em questão, bem como o correto dimensionamento da válvula. Válvulas redutoras que são instaladas superdimensionadas ou subdimensionadas, podem ocasionar rompimentos de redes através de golpes de aríete, cavitações e até mesmo a redução na vida útil da válvula, que trabalhará em um perfil não adequado para seu comando, havendo desgaste prematuro de suas peças internas. Tais estudos podem ser formulados em softwares de simulação hidráulica, como por exemplo Epanet, que mostrará a eficácia da válvula no comportamento hidráulico do sistema.

Com base no acompanhamento de relatórios de reclamações por ramal, houve diminuição na quantidade de vazamentos em redes e ramais, bem como reclamações de consumidores sobre pressões elevadas no



abastecimento que corroboravam para vazamentos internos ou extravasamentos em reservatórios. Os gráficos ilustrados nas Figuras 3 e 4 trazem o comparativo de vazamentos em redes e ramais registrados, para o mesmo período, entre 2017 a 2019.

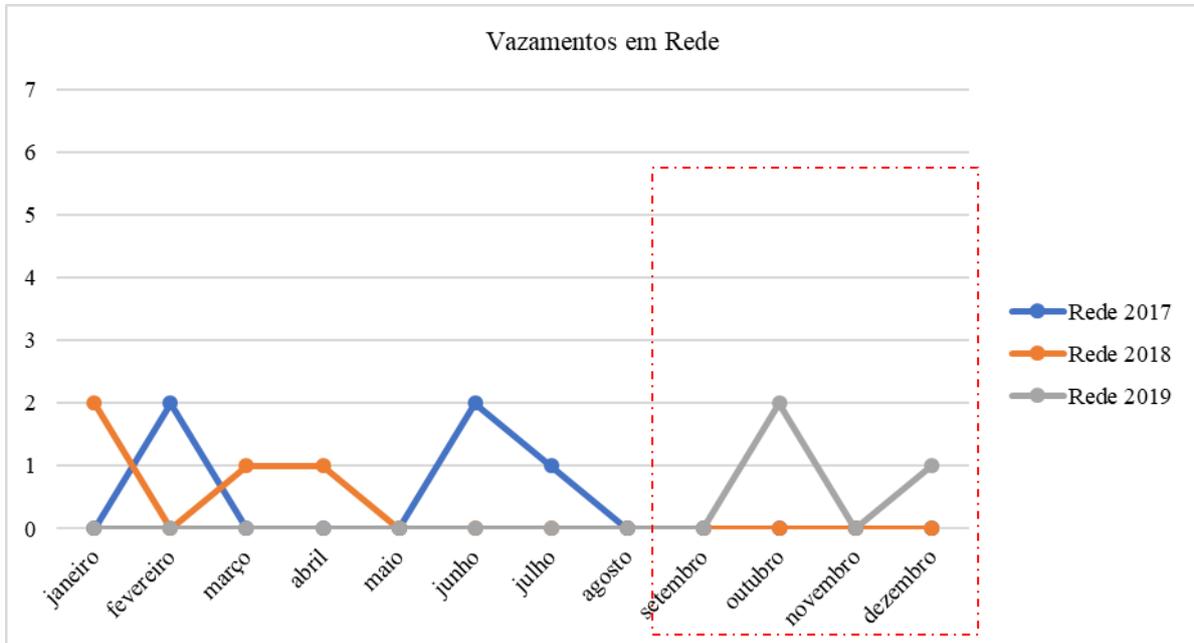
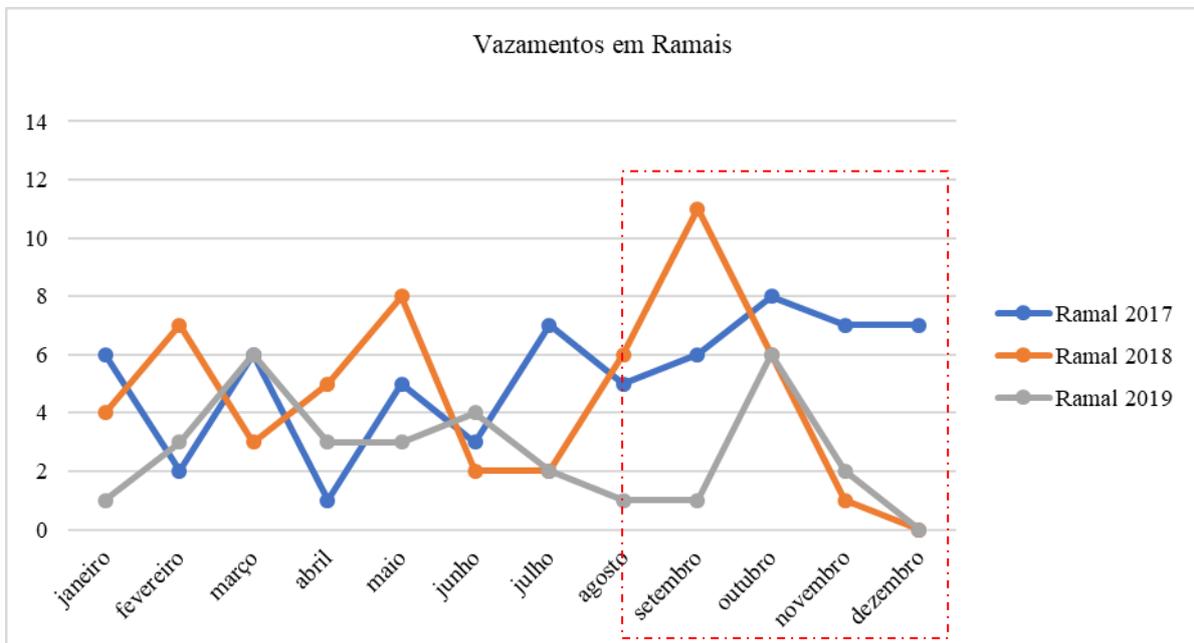
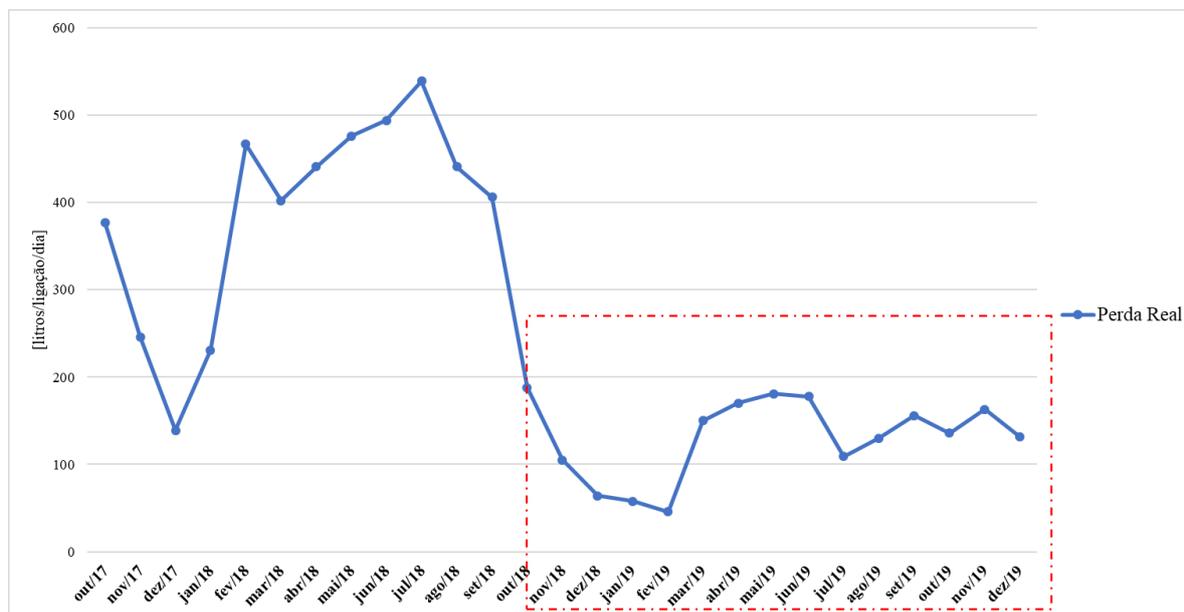


Figura 3: registro de vazamentos em redes.





**Figura 4: registro de vazamentos em ramais.**



**Figura 5: Indicador de perdas mensal [litros/ligação/dia].**

A partir das intensificações de ações conjuntas, pesquisa de vazamentos somada ao gerenciamento da pressão e ao acompanhamento mensal dos balanços hídricos, pode-se ver os resultados de forma mais precisa e clara nos índices de perdas, em litros/ligação/dia, demonstrados no gráfico da Figura 5. Em relação ao período de outubro/17 a outubro/2018, o índice médio de perdas reais foi de 372,84 litros/ligação/dia, já o período entre novembro/18 a dezembro/19 apresentou índice de perdas reais médio de 127 litros/ligação/dia.

**Tabela 2: Impacto hídrico e financeiro com implantação VRP.**

<b>VRP</b>	<b>PC-cota 578 m</b>
<b>DN [mm]</b>	2 VRP DN 50mm
<b>Vol. Antes da instalação VRP [m³]</b>	139.454,70
<b>Vol. Após instalação VRP [m³]</b>	88.231,70
<b>Volume economizado após pesquisa vazamentos + VRP [m³/mês]</b>	51.223 [5.122,3 m³ mensal]
<b>Custo instalação VRP + Pesquisa Vazamento</b>	R\$ 2.846,60
<b>Retorno Investimento [meses]</b>	0,3

A tabela 2 apresenta os volumes comparativos entre antes e depois das instalações das válvulas redutoras e o impacto hídrico e financeiro causado. Para o cálculo do retorno financeiro foi utilizado como base custo de produção e distribuição da água, sendo a soma de gastos em recursos humanos, energia elétrica e produtos químicos, o que totalizou aproximadamente R\$1,90/m³.

O período analisado para os dados referentes na Tabela 2 foram considerados como antes VRP os meses de dezembro/17 a setembro/18 e, após instalação VRP, dezembro/18 a setembro/19. Isso devido a instalação das válvulas terem ocorrido no dia 06 de novembro de 2018, bem como plano de ação para Pesquisa Ativa de vazamentos.

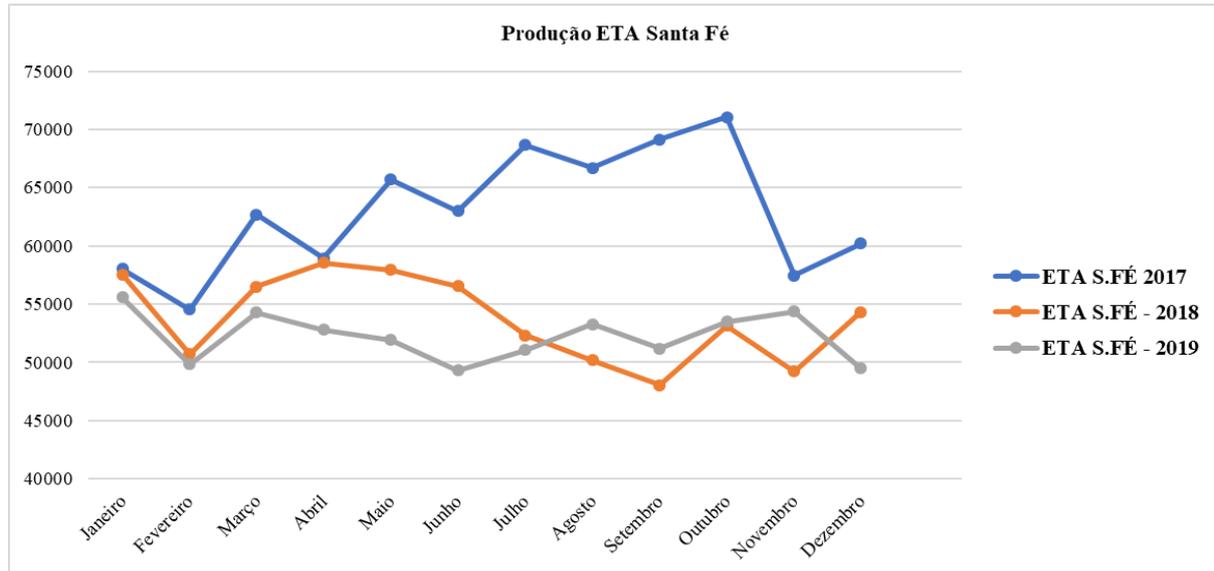
Comparando as informações trazidas pelos gráficos das Figuras 3 e 4, juntamente aos dados relacionados na Tabela 2, entende-se o porquê da economia de água após instalação das válvulas redutoras de pressão. O volume registrado anteriormente contava com a maior parte referente à vazamentos na rede, devido elevada pressão na distribuição.

Segundo a Norma Técnica NBR 12.218/1994, da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, as pressões nas tubulações não devem ultrapassar a máxima estática de 50 mca e a mínima dinâmica de 10 mca.

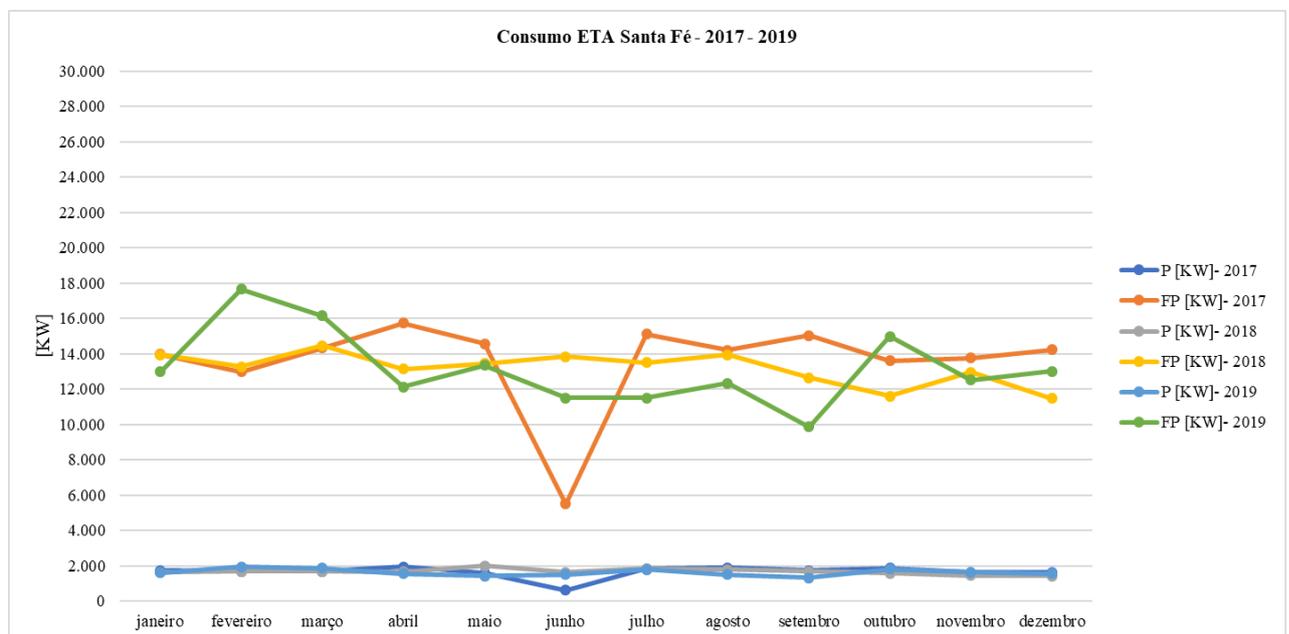


Este controle deve assegurar as pressões mínimas e máximas permitidas para os consumidores finais, obedecendo aos limites pré-fixados (GONÇALVES; VIEIRA LIMA, 2007).

Como dito anteriormente, o DMC Cachoeira de Emas é abastecido por rede diretamente de ETA, por bombeamento. Essas economias geraram um impacto expressivo no gasto energético. Através das ações para o combate às perdas reais, possibilitou que a ETA trabalhasse de forma a desligar mais os motores em horário de ponta, bem como uma menor produção de água e utilização de produto químico. Neste estudo, está exposto o ganho energético.



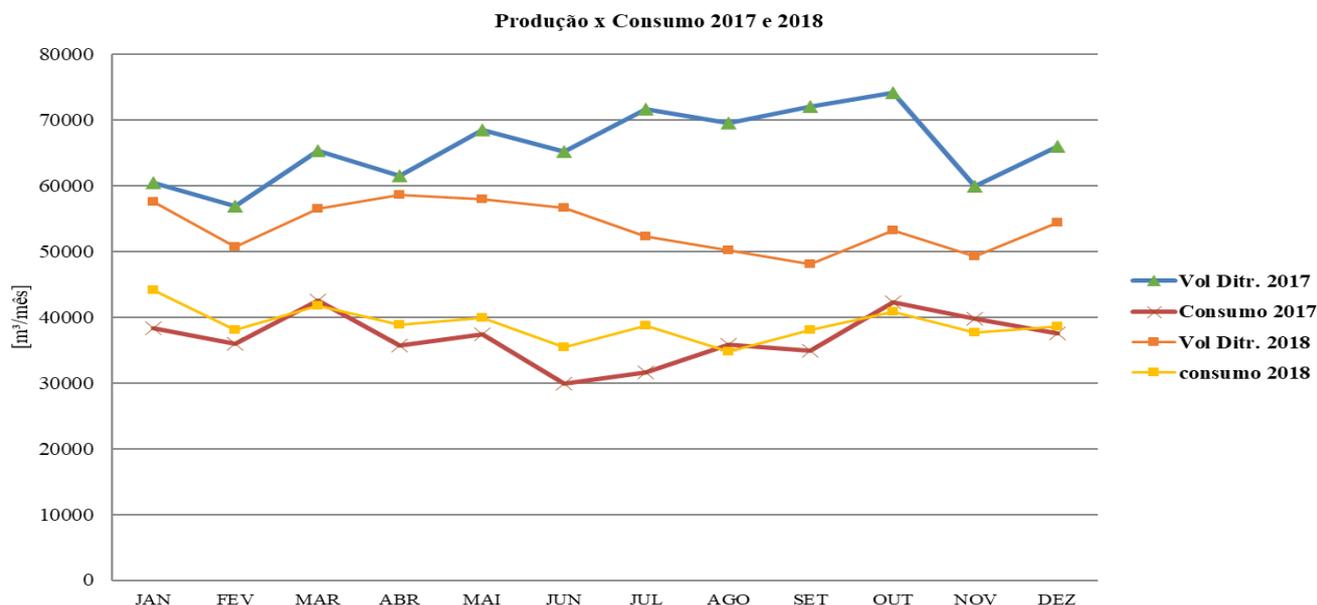
**Figura 6: Produção total [m³] mensal ETA Santa Fé.**



**Figura 7: Histórico anual consumo Ponta e Fora Ponta ETA Santa Fé 2017 a 2019.**

As Figuras 6 e 7 trazem, respectivamente, os gráficos de produção total mensal (m³) e gasto energético em Ponta (P) e Fora de Ponta (FP) da ETA Santa Fé, comparando os anos 2017, 2018 e 2019. Analisando-os, em relação à 2017, os anos seguintes tiveram uma menor produção de água e menor gasto energético. Analisando o período a partir de novembro/2018 até dezembro/2019, devido implantação das valvulas e aumento da

intensidade de ações combate às perdas reais, começa a haver um declive no consumo energético, bem como produção e, além disso, acompanhando os ganhos apresentados em litros/ligação/dia do gráfico de indicadores de perdas da Figura 5.



**Figura 8: Produção versus consumo micromedido.**

De acordo com a Figura 8 o volume distribuído em 2018 foi menor que o volume distribuído em 2017, para este setor, e em adição, verifica-se que o consumo de 2018 registrado pela micromedição foi maior que em 2017. Portanto, houve maior consumo e menos distribuição. Remetendo-se ao comportamento ideal ao combate às perdas reais, com necessidade de menos produção e distribuição, para a mesma população atendida, ou até mesmo com crescimento esperado da população

## CONCLUSÃO

**Tabela 3: Valores conclusivos das ações realizadas.**

	Implantação VRPs		Economia
	Antes	após	
<b>Pressão média horária [mca]</b>	42,4	33,3	
<b>Vazamentos em ramais [qtd.]</b>	55	32	44%
<b>Vazamentos em redes [qtd.]</b>	4	1	
<b>Volume produzido [m³/mês]</b>	756.216	626.742	17%
<b>Índice de perdas reais [l/lig./dia]</b>	372,84	127	63%
<b>Índice de perdas reais [%]</b>	44,77	22,93	21,84
<b>Consumo energético [KW]</b>	<b>Nov/17</b>	<b>dez/17</b>	6%
	15.369	15.884	
	<b>Nov/18</b>	<b>dez/18</b>	19%
	14390	12800	

Os resultados obtidos mostram o potencial de retorno hídrico e financeiro de ações para o combate de perda reais, principalmente através de gerenciamento de pressões nas redes de distribuição. Os resultados irão variar de acordo com o setor de estudo, sendo que este apresentado possuía características que corroboraram para o impacto mais rápido nos resultados de economia.

Além de gerar benefícios financeiros, hídrico e energéticos, há menor reincidência de vazamentos nos locais críticos, evitando corte de asfalto e interrupção no fornecimento que, em uma análise mais crítica, pode-se



**Encontro Técnico  
AESABESP**  
30º Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente



**FENASAN**  
30ª Feira Nacional de  
Saneamento e Meio Ambiente

parceria:  
**IFAT** World's Leading Trade Fair  
for Water, Sewage, Waste and  
Raw Materials Management



citar, quando submetida a frequente intermitência devido a manutenções, gera golpes e cavitações que corroboram para menor vida útil de equipamentos, redes e ramais.

Este estudo, além de trazer já resultados gratificantes, trouxe a oportunidade de estudos mais analíticos para a área analisada e também outros Distritos de Medição e Controle. Para o DMC Cachoeira de Emas, deste estudo, está em fase de instalação no ano de 2020, válvulas redutoras de pressão tipo *day-night*, possibilitando regulagem de acordo com vazões e pressões oscilantes diárias, o que trará, provavelmente, resultados mais expressivos.

Com a instalação de medidores eletromagnéticos, sem necessidade de trecho reto, haverá menor erro na submedição e, através da instalação adjunta de dataloggers para monitoramento constante por Centro de controle operacional, será possível uma avaliação mais sensível dos resultados, chegando ao conhecimento do limite técnico e econômico para tais intervenções e o combate às perdas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GONÇALVES, E.; LIMA, C.V. Controle de pressões e operação de válvulas reguladoras de pressão. Guias práticos: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água. V.4, 2007.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, p. 3. 1994.