

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE IMPACTOS VOLUMÉTRICOS DE AÇÕES ESTRUTURANTES E ESTRUTURAIS VISANDO REDUZIR PERDAS

Alexandre Arruda Atalla⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental Pleno (UCDB), pós-graduado em Gerenciamento de projetos (PUC-MG)

Bruno Ken Marchezepe⁽²⁾

Engenheiro Civil Pleno e mestre em Engenharia de Recursos Hídricos pela USP-São Carlos

Márcio Donizeti de Barros Júnior⁽⁴⁾

Cientista de Dados Pleno (UNITRI), especialista em Ciência de Dados (Mackenzie) e especialista em business intelligence

Mário Augusto Baggio⁽⁵⁾

Engenheiro Civil Master (UEL), especialista em Engenharia Hidráulica (USP) e Sistemas de Gestão (Instituto Fleming).

Endereço⁽¹⁾: Rua Quintino Bocaiúva, 1.051 – Vila Seixas – Ribeirão Preto - SP - CEP: 14.020-095 - Brasil - Tel: +55 (16) 3610-3069 - e-mail: contato@waterdb.com.br.

RESUMO

Segundo o SNIS, em 2022 o Brasil apresentou um IPD de 37,8%, 12,8% acima do percentual de 25% de IPD definido como meta para dezembro de 2033. As distribuidoras de água do país trabalham diariamente para atingir tal meta definida, porém, sem ter a certeza de que suas ações realmente trarão resultados na redução das perdas do sistema. Visando prever o impacto de ações por um período de um ano em uma cidade do Centro-Oeste, uma metodologia foi definida para cálculo de Redução de VENT, Aumento de CAUT e Aumento de LA de acordo com cada ação proposta em um plano para um dos sistemas piloto de abastecimento local. Foram definidas 9 ações para impacto volumétrico, visando a meta de 46% de IPD em um ano, uma redução de 8% de IPD no período. O resultado calculado do projeto piloto foi de 890 L/lig/dia de IPL, 53 pontos melhor do que a meta prevista. Com isso, a meta foi atingida e ultrapassada. Em IPD, temos um resultado de 44%, 2% acima do esperado. O estudo do sistema piloto mostra que é possível prever as perdas futuras de um SAA partindo de resultados da literatura, calculando o impacto de cada ação desejada, desde que respeitando as limitações do sistema e a possibilidade de melhorias dentro do ativo.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de Perdas; Metas; Eficiência Operacional.

INTRODUÇÃO

Segundo o SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, em 2022 o Brasil apresentou um Índice de Perdas na Distribuição (IN049 - IPD) de 37,8% (SNIS,2024), 12,8% acima do percentual de 25% de IPD definido como meta para dezembro de 2033 (MDR, 2021). Além disso, os sistemas de distribuição de água das distribuidoras do país devem atingir 216 L/lig/dia de perdas por ligação por dia para o mesmo período.

Para tanto, as distribuidoras de água do país, sejam elas públicas ou privadas, trabalham diariamente para atingir tal meta definida, porém, sem ter a certeza de que suas ações realmente trarão resultados na redução das perdas do sistema. Muito pode ser feito, como gerenciar as pressões ou renovar ativos e o parque de hidrômetros. Mas não há ainda uma definição metodológica para demonstrar qual é o retorno que aquilo gerará ou o quanto se deve investir para gerar redução das perdas, seja real ou aparente, seja em quantidade ou financeiro.

Para definir uma metodologia que visa calcular os impactos das ações para redução de perdas na distribuição de água, sejam elas estruturais ou estruturantes, primeiro deve-se lembrar que: a perda acima da meta, em L/lig/dia, é uma consequência do Volume de Entrada (VENT) acima do esperado, Consumo Autorizado (CAUT) abaixo do esperado e Ligações Ativas (LA) abaixo do esperado. Logo, as ações que visam reduzir as perdas de água, na verdade, impactam diretamente sobre o VENT, o CAUT e o LA, que são os produtos da função perdas.

Visando prever o impacto de ações estruturais e estruturantes, mês a mês, por um período de um ano em uma cidade no Centro-Oeste brasileiro, uma metodologia foi definida para cálculo de Redução de VENT, Aumento de CAUT e Aumento de LA de acordo com cada ação proposta em um plano para um dos sistemas piloto de abastecimento local.

METODOLOGIA

Um dos sistemas de abastecimento de um município do Centro-Oeste brasileiro foi utilizado como piloto para a obtenção de dados de Volume de Entrada (VENT), Consumo Autorizado (CAUT), Ligações Ativas (LA) e outros componentes necessários para o cálculo dos impactos volumétricos de cada ação proposta no plano. O período para implementação dos projetos é de um ano. Abaixo, na Tabela 01, apresenta-se os dados do Sistema de Abastecimento.

Tabela 01: Dados Gerais do SAA piloto

Volume de Entrada (m³/ano)	35.679.027
Consumo Autorizado (m³/ano)	16.254.627
Ligações Ativas (und.)	41.170
Extensão de rede (Km)	777
Pressão média (mca)	25
Perdas Reais (m³/ano)	14.800.815
Perdas Aparentes (m³/ano)	4.623.585
IPL(L/lig/dia)	1.293
IPD (%)	54%

Para o cálculo das perdas reais e aparentes, foi utilizado o balanço hídrico Top x Down somado ao balanço hídrico Bottom x Up, ambos métodos da AESBE (2015). O Top x Down calcula as perdas utilizando dados históricos, estimando as perdas aparentes e calculando matematicamente a perda real. Já o BH Bottom x Up calcula as perdas reais através de dados de campo, medindo volume de entrada e pressão no ponto médio por 24h em uma área amostral de até 1.500 ligações. Com isso, é possível ajustar os balanços para que tenhamos resultados de perda real equivalente.

Para que as ações pudessem ser avaliadas no período citado, uma meta foi definida com base na perda atual e na meta de 25% até dez/2033. A meta escolhida foi de 46% em um ano, uma redução de 8% de IPD no período. Desdobrando isso nos produtos das perdas, teremos uma redução de -11% (-3.855.976 m³/ano) de VENT, um aumento de 6% (+987.385 m³/ano) de CAUT e um aumento de 3% (+1.179 und.) no LA em um ano de estudo. Isso resultará em um IPL de 943 L/lig/dia de meta.

As ações escolhidas para implementação no projeto piloto, visando redução de VENT, são: Gerenciamento de Pressões, Calibração dos macromedidores, Produção Puxada, Pesquisa e Reparo de Vazamentos e Renovação de Ativos. Abaixo, detalha-se a metodologia de impacto volumétrico de cada ação.

Gerenciamento de Pressões

O gerenciamento das pressões de água é fundamental para garantir a eficiência, a segurança e a sustentabilidade dos sistemas de distribuição de água, proporcionando benefícios tanto para as operadoras de água quanto para os consumidores. É a principal ação dentro do projeto piloto, pois é nele que teremos resultados na redução de volume de vazamentos. Pressões de água muito altas podem aumentar o risco de vazamentos nas tubulações. Ao gerenciar e controlar as pressões, é possível reduzir a incidência de vazamentos, economizando água e evitando desperdícios. Além disso, Pressões excessivas podem causar estresse nas tubulações ao longo do tempo, levando ao desgaste prematuro e aumentando o risco de falhas. Ao manter as pressões dentro de níveis adequados, é possível prolongar a vida útil das tubulações e reduzir os custos de manutenção e reparo. Para o Gerenciamento de Pressões, utilizou-se de um estudo realizado no município utilizando o Programa Para Gerenciamento de Pressão "GPress" (LAMBERT, 1998), onde obteve-se a média de 2.592 m³/mês de redução de volume de entrada após a instalação de VRPs. Esse valor foi multiplicado pelo número de VRPs instaladas e pelos dias de funcionamento, visando calcular o impacto mais preciso possível. A equação 01 demonstra tal cálculo.

VENT Reduzido por VRPs = n° de VRPs a instalar x 2.592 m³/mês x meses de funcionamento (equação 01)

Calibração dos Macromedidores

Calibrar os macromedidores é uma prática essencial para garantir a precisão e confiabilidade das medições, o que impacta diretamente nos resultados do projeto piloto. O impacto da Calibração de macromedidores se vale de Resultados dos testes pitométricos para os macromedidores que contabilizam a água distribuída do sistema piloto, onde houve uma redução de 0,5% de VENT. Esse valor foi aplicado no impacto da ação, conforme equação 02.

VENT Reduzido por calibração = nº de calibrações x 0,5% de VENT x meses após calibração (equação 02)

Produção Puxada

A Produção Puxada precede do conceito Toyota de Produção (Liker, 2004), que é uma filosofia de gestão focada na eliminação de desperdícios e na melhoria contínua para aumentar a eficiência e a qualidade dos processos produtivos. Embora o TPS seja mais conhecido por sua aplicação na indústria automotiva, seus princípios podem ser adaptados e aplicados a uma variedade de contextos, incluindo o abastecimento de água. No caso, a Produção Puxada visa calcular o Consumo Autorizado do dia seguinte para “puxar” o volume de entrada do sistema, somando tal consumo com as perdas previstas para o local. Para tanto, durante um mês aplicou-se a Produção Puxada no sistema piloto, valendo-se de uma previsão do Consumo Autorizado calculada por vários fatores (temperatura, precipitação, série histórica etc.) e as perdas calculadas (IPD). Com isso, obtêm-se uma redução de 1.223 m³/mês durante os testes. Esse valor multiplicado pelos meses de aplicação da ação foi o resultado do impacto, conforme equação 03.

VENT Reduzido por Produção Puxada = 1.223m³/mês x meses de funcionamento (equação 03)

Pesquisa e Reparo de Vazamentos

O reparo de vazamentos de água é importante para a redução do volume de perdas reais e conseqüentemente gera a economia financeira, redução de utilização de produtos químicos e prevenção de danos estruturais. Essas atividades contribuem para a sustentabilidade e eficiência dos sistemas de abastecimento de água e para o bem-estar dos consumidores. A pesquisa de vazamentos não-visíveis é essencial para a redução de perdas reais, visto que tal tipo de vazamento, por ser indetectável a olho nu, tende a desperdiçar água por um longo período, até atingir o ponto de rompimento e se tornar visível. A detecção precoce e o reparo eficaz desses vazamentos se tornam essenciais. A Pesquisa e Reparo de Vazamentos não-visíveis é baseada no estudo da SABESP (LAMBERT & THORNTON, 2002), onde calculou-se que, para uma pressão de 25 mca, teremos uma redução de volume de vazamentos na ordem de 28,5 m³/mês. Esse valor foi multiplicado pelo número de vazamentos previstos e pelos meses de aplicação, conforme equação 04.

VENT Reduzido por Reparo de vazamentos = nº de reparos x 28.5m³/mês x meses após reparo (equação 04)

Renovação de Ativos

A renovação dos ativos tubulação e ramais de água é uma medida necessária para, principalmente, reduzir vazamentos e melhorar a pressão da água. Tubulações ou ramais antigos ou obstruídos podem resultar em altas perdas de carga e vazamentos frequentes. A renovação de tubulação e ramais é baseada no estudo da SABESP (LAMBERT & THORNTON, 2002), onde obteve-se um retorno de 7.201 m³/mês por Km de rede trocado e 9,50 m³/mês por ramal renovado. Esses valores foram multiplicados pelo número de tubulações e ramais renovados previstos e pelos meses de aplicação da ação para encontrar o impacto, conforme as equações 05 e 06.

VENT Reduzido Renovação de tubos = Km renovados x 7.201 m³/mês x meses após renovação (equação 05)

VENT Reduzido Renovação de ramais = nº de Ramais x 9,50 m³/mês x meses após renovação (equação 06)

As ações escolhidas para implementação no projeto piloto, visando Aumento de CAUT e LA, são: Troca de Hidrômetros, Fiscalização de Irregularidades e Recadastramento de Ligações Inativas. Abaixo, detalha-se a metodologia de impacto volumétrico de cada ação.

Troca de Hidrômetros

A troca dos hidrômetros de água é necessária para garantir uma medição precisa e confiável do consumo de água, evitar faturamentos incorretos e garantir a menor submedição possível. Recomenda-se um estudo de perfil de consumo para instalação de novos medidores, visando prevenir o mal dimensionamento e redução da vida útil do equipamento, impactando diretamente na perda aparente. Para o estudo, recomendou-se a instalação de hidrômetros do tipo volumétrico, devido a maior precisão maior e ampla faixa de medição em comparação aos do tipo velocimétrico (AWWA, 2012). Conforme a SABESP (LAMBERT & THORNTON, 2002), a troca de um hidrômetro traz um aumento no consumo autorizado de 2m³/mês. A equação 07 demonstra o cálculo utilizado.

CAUT aumentado por HD Trocado = nº de HDs x 2 m³/mês x meses após troca (equação 07)

Fiscalização de Irregularidades

A fiscalização de irregularidades em consumidores de água é essencial para garantir a equidade no pagamento pelo consumo de água, sustentar os serviços de água, combater o desperdício e prevenir eventuais danos a distribuição de água. Como base para o retorno ocasionado pela remoção de Fraudes e Clandestinos, utilizou-se um estudo realizado na região da Grande Vitória-ES, onde 40% das ligações inativas são fraudes e 10% das ligações ativas são fraudes. Para os clandestinos, houve um aumento de 1% nas ligações causadas pela fiscalização dessa irregularidade (Atalla et al., 2022). Como padrão da concessionária local, toda irregularidade é obrigada a pagar por 6 meses de volume retroativo, equivalente a 60 m³. Como base, foi definido que cada irregularidade traria 10 m³/mês de aumento no CAUT. A equação 08 demonstra o cálculo para o impacto das ações, onde IR equivale a Irregularidades.

CAUT aumentado por IR = (nº de IR x 10 m³/mês x meses após fiscalização) + 60 m³ x nº de IR (equação 08)

Recadastramento de Inativas

O recadastramento de ligações inativas de água é importante para manter registros atualizados, detectar possíveis problemas, otimizar os recursos, melhorar a eficiência operacional e aumentar o número de clientes ativos. Para tanto, utilizou-se um estudo da COMPESA (LOPES, 2023), onde se demonstra um ganho de CAUT de 4,89 m³/mês por ligação reativada. Destaca-se que ligações novas não entram na equação, pois essas demandam também o aumento de VENT. O aumento de LA também será impactado por essa ação. A equação 09 demonstra tal cálculo, onde LAi equivale a Ligações inativas reativadas.

CAUT aumentado por LAi = nº de LAi x 4,89 m³/mês x meses após reativação (equação 09)

Cada ação teve uma quantidade necessária aplicada com o objetivo de se atingir as metas estabelecidas para VENT, CAUT e LA. A Tabela 02 demonstra a quantidade por ações aplicada no estudo para se atingir as metas e a Tabela 03 demonstra a quantidade de ações por mês de estudo.

Tabela 02: Quantidade base para cálculo dos impactos volumétricos

Medida	Impacto	Ação	Ganho (m ³ /mês)	Quantidade Base	Quantidade Total
Estruturante	Redução de VENT	Gerenciamento de pressão (Instalação de VRPs)	-2.592	30% de cobertura da rede com gerenciamento de pressão	12
Estruturante	Redução de VENT	Calibração Anual dos Macromedidores	-14.663	1 calibração ao ano	1
Estruturante	Redução de VENT	Produção Puxada	-1.222	Produção Puxada aplicada diariamente	12
Estrutural	Redução de VENT	Renovação de Ativos Tubulação	-7.201	10% da cobertura de rede	78
Estrutural	Redução de VENT	Renovação de Ativos Ramais	-9,50	10% da cobertura de rede	7770
Estrutural	Redução de VENT	Pesquisa e Reparo de Vazamentos	-28,50	10% dos ramais totais	100
Estrutural	Aumento de CAUT	Troca de HDs	2	30% do parque de HD	13.835
Estrutural	Aumento de CAUT	Fiscalização de Irregularidades	10	40% das inativas + 1% de incremento de Clandestinos	6.507
Estrutural	Aumento de CAUT e LA	Redução de Ligações Inativas	4,89	25% das ligações Inativas	1236

Tabela 03: Quantidade mensal por ação para cálculo dos impactos volumétricos

Ação	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Gerenciamento de pressão (Instalação de VRPs)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calibração Anual dos Macromedidores	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção Puxada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Renovação de Ativos Tubulação	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Renovação de Ativos Ramais	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648
Pesquisa e Reparo de Vazamentos	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Troca de HDs	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153
Fiscalização de Irregularidades	542	542	542	542	542	542	542	542	542	542	542	542
Redução de Ligações Inativas	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103

RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 04 demonstra os resultados obtidos a partir da quantidade mensal de ações, resultando em um ganho acumulado final.

Tabela 04: Impactos volumétricos acumulados por ação prevista

Ação	Ganho Acumulado Anual (m ³ /ano)
Gerenciamento de pressão (Instalação de VRPs)	-202.176
Calibração Anual dos Macromedidores	-175.951
Produção Puxada	-95.307
Renovação de Ativos Tubulação	-3.636.840
Renovação de Ativos Ramais	-480.000
Pesquisa e Reparo de Vazamentos	-18.525
Troca de HDs	179.849
Fiscalização de Irregularidades	813.338
Redução de Ligações Inativas	39.294

Separando os Ganhos em VENT, CAUT e LA e comparando com as metas em m³/ano, temos conforme o disposto na Tabela 05.

Tabela 05: Impactos volumétricos acumulados

Ganhos	Meta VENT (m ³ /ano)	Meta CAUT (m ³ /ano)	Meta LA (und.)	IPL (L/lig/dia)
Meta	-3.855.976	987.385	1.179	349
Calculado	-4.608.799	1.032.480	1.236	402

Analisando os resultados calculados e comparando-os com a meta (Tabela 05), vemos que, com as quantidades por ação previstas em plano, ultrapassaremos a meta prevista em 12 meses. A Tabela 06 demonstra os resultados previstos em 12 meses após aplicação do plano.

Tabela 06: Resultado das ações calculadas

Ganhos	Meta VENT (m ³ /ano)	Meta CAUT (m ³ /ano)	Meta LA (und.)	IPL (L/lig/dia)	IPD (%)
Meta	31.823.051	17.242.012	42.349	943	46%
Calculado	31.070.228	17.287.107	42.406	890	44%

A Tabela 06 demonstra um resultado calculado de 890 L/lig/dia de IPL, 53 pontos melhor do que a meta prevista. Com isso, a meta foi atingida e ultrapassada. Em IPD, temos um resultado de 44%, 2% acima do esperado.

CONCLUSÕES

O estudo do sistema piloto mostra que é possível prever as perdas futuras de um SAA partindo de resultados da literatura, calculando o impacto de cada ação desejada, desde que respeitando as limitações do sistema e a possibilidade de melhorias dentro do ativo em questão. Com isso, é possível planejar as ações, executá-las e checar se realmente o previsto está sendo atingido, podendo agir para ou devolver a execução das ações dentro do previsto ou recalculando o impacto volumétrico das ações, utilizando simplesmente de um PDCA. Isso auxiliará o município nas tomadas de decisões, sabendo a quantidade de ações necessárias para se atingir as metas e até a viabilidade financeira da redução de perdas, visto que também é possível calcular o OPEX e CAPEX necessário para implantação de cada ação estrutural e estruturante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AESBE - Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. Guias práticos: Série balanço Hídrico. 1º Vol. Brasília, DF: AESBE. 2015.
2. ATALLA, A.A; MARCHEZEPE, B.K; BARROS, M. S; BARROS JÚNIOR, M. D; BÁGGIO, M.A. SANTANA, C.W.S; DOELINGER, F.A. CLUSTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE AMOSTRAS ESTATÍSTICAS APLICADAS NA OBTENÇÃO DE DADOS DE CAMPO EM SANEAMENTO. Encontro Técnico AESABESP, 33º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2022.
3. AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Manual M36: Water Meters— Selection, Installation, Testing, and Maintenance. 5ª ED. 2012.
4. LAMBERT, A; THORNTON, J. Avaliação de Perdas Reais. SABESP, UNIDADE LESTE. 2002.
5. LAMBERT. A. O. Programa Para Gerenciamento de Pressão "GPress" Brasil Versão 4.B. BBL Bureau Brasileiro S/C LTDA. A.O Lambert Consultancy LTD. 1998.
6. LIKER. J. K. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. MCGraw-Hill, 2004.
7. LOPES, A. Paineis 4: Hidrômetros: Tecnologias e Usos com Foco na Redução de Perdas e Aumento do Faturamento. 10º Seminário Nacional de Gestão de Perdas de Água e Eficiência Energética, 2023.
8. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MDR. Portaria nº 490, de 22 de março de 2021. Diário Oficial da União. Publicado em: 23/03/2021, Edição: 55, Seção: 1, Página: 30.
9. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS, 2024. Disponível em www.snis.gov.br. Acesso em 19/02/2024.