



**ÍNDICE PROATIVO DE INFRAESTRUTURA: USANDO A MODELAGEM PARA  
MELHORAR A CONFIABILIDADE DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA**

**Andre Luiz de Freitas**

Engenheiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp  
Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Operacional da Produção – MAGG.

**Renato de Sousa Avila**

Tecnólogo da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp  
Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Operacional da Produção – MAGG.

**Marcelo Frugoli**

Engenheiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp  
Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Operacional da Produção – MAGG.

**Kamel Zahed Filho**

Engenheiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp  
Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Operacional da Produção – MAGG.

**Endereço:** Rua Nicolau Gagliardi, 313, Pinheiros, São Paulo - CEP 05429-010 – Brasil –  
Tel. (11)3388 8749,

e-mail: [andrefreitas@sabesp.com.br](mailto:andrefreitas@sabesp.com.br); [andreluiz2001@hotmail.com](mailto:andreluiz2001@hotmail.com)

**RESUMO**

Este trabalho trata de uma nova metodologia criada internamente pela Sabesp para obter um indicador que qualifique de 0 a 100% a infraestrutura do Sistema Adutor Metropolitano (SAM) em funcionamento. Este novo indicador considera a condição hidráulica de abastecimento prevista para daqui 5 anos e com ele é possível reavaliar toda a infraestrutura instalada anualmente e tomar ações de correção de rumo, prevenindo situações indesejadas no futuro. Se o número do Indicador der ruim hoje e nenhuma ação for tomada significa que o impacto no SAM só será daqui a 5 anos.

Este indicador é criado a partir dos resultados fornecidos por um modelo hidráulico calibrado que monitora algumas características importantes da infraestrutura, tais como: velocidade, perda de carga e pressão. Permitindo comparar ano a ano a evolução da confiabilidade do sistema de abastecimento garantindo o abastecimento pleno sem interrupções indesejadas. Será possível saber exatamente o quanto cada obra a ser implantada irá melhorar o indicador e o SAM, além dos impactos e riscos envolvidos.

Esta análise impacta diretamente na operação e nos custos do SAM, pois permite agrupar todos os empreendimentos que devem ser feitos para se obter um melhor planejamento energético e hidráulico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índice, Indicador, Abastecimento



## INTRODUÇÃO

A Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) é responsável pelo fornecimento de água, coleta e tratamento de esgotos de 366 municípios do Estado de São Paulo. É considerada uma das maiores empresas de saneamento do mundo em população atendida. São 28,8 milhões de pessoas abastecidas com água e 23,2 milhões de pessoas com coleta de esgotos. Ela é responsável por cerca de 27% do investimento em saneamento básico feito no Brasil. Dentre esses 366 municípios, a cidade de São Paulo e cidades vizinhas são as que mais se destacam nos serviços de saneamento devido ao seu porte e número de pessoas atendidas. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), possui mais de 21 milhões de habitantes atendidos e para o controle dos serviços de toda essa malha, a Sabesp criou o SAM – Sistema Adutor Metropolitano.

Desde 1983, o principal indicador para avaliar a regularidade de fornecimento de água tratada para os tanques da Região Metropolitana de São Paulo é o Índice de Regularidade da Adução (IRA), que tem o objetivo de melhorar a eficiência e eficácia do Sistema Adutor. Porém, com os contínuos investimentos em infraestrutura e com as ações corretivas das falhas que causam o desabastecimento, ano após ano, o valor do IRA passou a apresentar uma oscilação cada vez menor e quase sempre registra continuamente o valor máximo, mantendo-se inalterado em 100%.

Hoje, a análise do IRA não reflete mais a exigência da sociedade e da Sabesp. O IRA foi criado para identificar falhas sistêmicas de abastecimento no Sistema Adutor, falhas no sistema onde a população repetidamente ficava sem água. Hoje raramente a população fica sem água, as falhas quando ocorrem são devido a fatos isolados não sistêmicos. Por isso o grau de exigência da sociedade também aumentou, a população requer um serviço confiável, sem falhas. A Sabesp necessita de um Sistema Adutor confiável para melhor atender a sociedade, um sistema que opere com segurança e com a certeza que a população não ficará sem água por causa de falhas do sistema de abastecimento.

Este trabalho trata de uma nova metodologia criada internamente pela Sabesp para obter um indicador que qualifique de 0 a 100% a infraestrutura em funcionamento. O novo indicador denominado “Indicador de Desempenho da Adução (IDA)” considera a condição hidráulica de abastecimento de água prevista para daqui 5 anos e com ele é possível reavaliar toda a infraestrutura instalada anualmente e tomar ações de correção de rumo, prevenindo situações indesejadas no futuro. Se o número do Indicador der ruim hoje, significa que o impacto no Sistema Adutor Metropolitano só será daqui a 5 anos, se nada for feito. O IDA permite ainda reavaliar anualmente o Plano Diretor, que tem a validade de 30 anos e o mesmo só é reavaliado a cada 10 anos.

Com esta nova metodologia criada a partir dos dados do modelo hidráulico calibrado, os gestores e tomadores de decisão poderão contar com uma importante informação para ser inserida na Matriz AHP - *Analytic Hierarchy Process* e escolher a hora e o local certo para investir com base nos reais impactos na área de abrangência da obra. Pois, saberão exatamente o quanto cada obra a ser implantada irá melhorar o indicador e consequentemente o sistema adutor, os impactos caso a obra não seja feita e quais os riscos que estão envolvidos.

Com este indicador é possível trabalhar antes do problema acontecer, seja na simples manutenção de uma bomba ou troca de tubulação, ou até a ampliação de um sistema de abastecimento. Uma outra grande vantagem deste novo indicador é a questão Custo x Relevância que não estava bem relacionada, não considerava o sistema como um todo. Antes, a estimativa da população afetada era em função da vazão total transportada. Agora, será possível analisar quem ou o que exatamente será afetado.

## OBJETIVO

Criar de um novo indicador que avalie a credibilidade do Sistema Adutor, que tenha a capacidade de medir preventivamente as falhas antes que elas aconteçam, que auxilie a tomada de decisão de ações preventivas para não se transformarem em falhas no futuro e que permita acompanhar a evolução da qualidade infraestrutura instalada, de forma a controlar a qualidade do serviço de abastecimento para a população garantindo assim a confiabilidade do sistema adutor. Além de: Antecipar-se aos problemas, evitando interrupções no abastecimento; analisar a infraestrutura de forma a melhorar a condição energética/hidráulica; tornar a tomada de decisão mais rápida e assertiva; e antecipar obras do Plano Diretor para corrigir o curso se necessário, reduzindo assim a margem de erro.



## **METODOLOGIA UTILIZADA**

A metodologia do Indicador foi criada em 2017 e foi utilizado pela primeira vez no início de 2018. Sua análise é anual e baseia-se nos dados extraídos do software de modelagem hidráulica. Para cada setor são inseridas as médias reais de consumo do ano anterior obtidas pelo SCADA, multiplicadas pela taxa de crescimento populacional para os próximos 5 anos e multiplicadas também pela taxa do dia de maior consumo K1.

O indicador considera as condições hidráulicas da infraestrutura em funcionamento de todo o Sistema Adutor Metropolitano, e analisa em no modelo as seguintes variáveis:

- Velocidade da água nas tubulações;
- Perda de carga nas tubulações;
- Pressões nas válvulas de entrada dos tanques;
- Quantidade total de tanques abastecidos.

A metodologia criada para o cálculo do indicador funciona da seguinte maneira: São identificados e fechados no modelo as tubulações com velocidade alta e perda de carga alta, simulando a interrupção do abastecimento por estes tubos. Na sequência são identificadas e fechadas as válvulas com baixas pressões na entrada dos tanques. Por fim, são identificados os tanques que deixaram de receber água. O número do indicador é proveniente da divisão entre a quantidade de tanques que recebem água pela quantidade total de tanques. Quanto maior o índice, melhor.

Com este indicador, é possível comparar ano a ano a evolução da confiabilidade do sistema de abastecimento, é possível simular obra a obra qual o real impacto na população abastecida e quantos pontos percentuais cada obra reflete no indicador.

Com a análise da perda de carga na tubulação. Espera-se identificar pontos com possibilidade de ganho de energia, que poderá ser convertida para o aumento de vazão ou para a redução de energia elétrica consumida pelo bombeamento. Com a análise da velocidade da água nas adutoras, espera-se uma maior garantia de segurança física e de não haver rompimento das tubulações. Com a análise da falta de pressão ou pressão baixa nos pontos de entrada dos tanques, espera-se um abastecimento contínuo sem intermitências para o cliente final.

Estas análises só foram possíveis porque o modelo hidráulico permite que se crie facilmente filtros (Queries) personalizados com seleções de tubos, válvulas e tanques automaticamente em função dos resultados obtidos com as variáveis pré-selecionadas.

De posse de um modelo hidráulico calibrado, a extração do indicador torna-se simples. São comparados dois cenários:

- 1º) Cenário Inicial, onde o modelo é alimentado com o consumo médio atual e todos os tanques recebem água. Deste cenário inicial é obtido o número total de tanques abastecidos, este número será utilizado como o denominador da fórmula.
- 2º) Cenário Futuro, onde o modelo é alimentado com o consumo máximo diário para daqui 5 anos. Neste cenário são feitas as interrupções do abastecimento nos pontos com os resultados indesejados das variáveis, conseqüentemente alguns tanques passam a não mais receber água. O número de tanques que continua recebendo água é utilizado como o numerador da fórmula.

Sendo assim, a cálculo em porcentagem (%) é demonstrado na Fórmula 1.

**= N° Tanques abastecidos do Cenário Futuro / N° Tanques abastecidos do Cenário Inicial (Fórmula 1)**

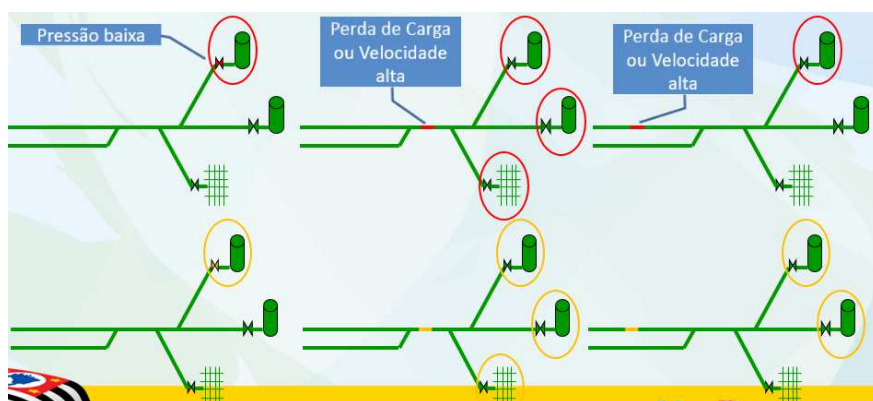
Previamente foram estabelecidos quais seriam os resultados indesejados. Foram utilizados os seguintes valores para o filtro:

- Redução de Pressão na válvula de entrada dos Tanques: São identificadas as válvulas com redução de pressão inferior a 5mH2O;



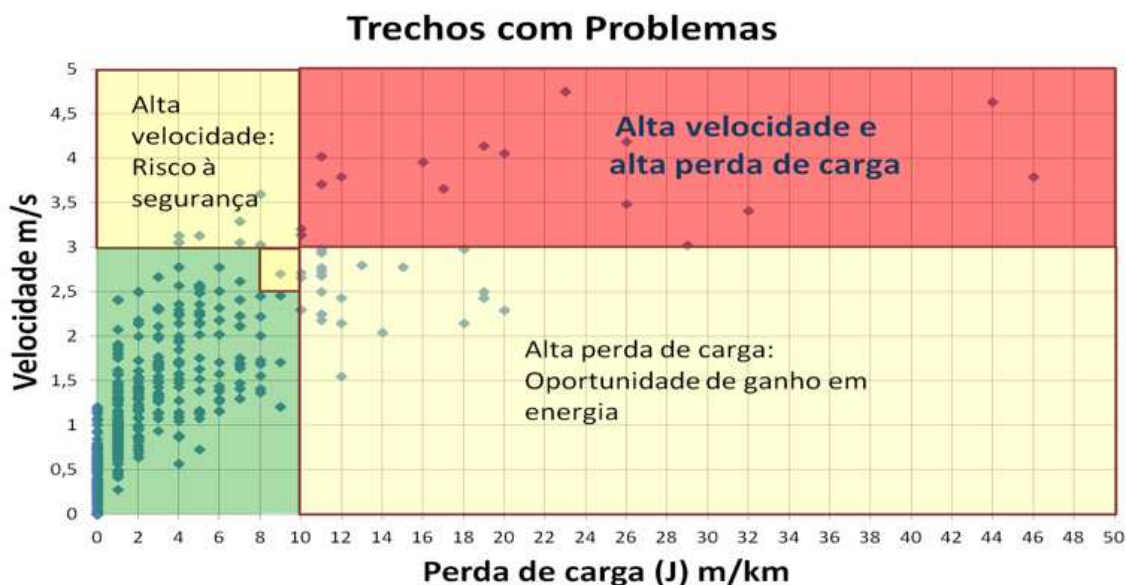
- Para Velocidade e Perda de Carga a análise é feita em conjunto: São identificadas as tubulações com Velocidade maior que 3m/s e Perda de Carga maior que 10 m/km.

O novo indicador leva em conta para determinar se uma obra é mais importante que a outra o fato dos setores de abastecimento (tanques) possuírem ou não mais de 1 linha de abastecimento. Uma obra que leva água por somente uma linha impactará muito mais o indicador do que uma obra que leva água para um tanque que é abastecido por mais de uma linha. A Figura 1 exemplifica pela origem da falha e análise hidráulica a quantidade de setores afetados (Circulo).



**Figura 1: Consequência da falha**

Com esta mesma metodologia de cálculo é obtido uma segunda faixa para análise, uma faixa intermediária entre o que está bom e o que está ruim, esta faixa indica o que está começando a sair da normalidade porem ainda não requer nenhuma ação, para se obter esta faixa utiliza-se para os filtros valores menos restritivos. Denominamos a faixa ruim de Vermelho, a faixa intermediária de Amarelo e a faixa boa de Verde. Pode-se desta forma facilmente identificar a situação da infraestrutura e as oportunidades de melhoria tanto no software de modelagem quanto em uma em planilha ou em um gráfico conforme demonstrado na Figura 2.



**Figura 2: Classificação dos trechos com problemas.**

Com esta mesma metodologia de cálculo é obtido a projeção do indicador para daqui 10, 15, 20 anos, com isto é possível analisar o quanto a infraestrutura em funcionamento perde a confiabilidade ao longo dos anos.



**Encontro Técnico  
AESABESP**

29º Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente



**FENASAN**

parceiro

**IFAT**

2018

## **RESULTADOS OBTIDOS**

Os resultados obtidos através da análise deste indicador proativo que analisa a redução de pressão nas válvulas de entrada dos tanques juntamente com a velocidade da água nas adutoras e a perda de carga da tubulação são apresentados em uma lista de empreendimentos detalhada e hierarquizadas, onde constam a população afetada se a obra não for feita, a variação em pontos percentuais do indicador por obra e a justificativa da obra juntamente com custo estimado.

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Esta análise impacta diretamente na operação e nos custos do Sistema Adutor Metropolitano, pois permite agrupar todos os empreendimentos que devem ser feitos para se obter um melhor planejamento energético e hidráulico, através da identificação e do mapeamento das tubulações que podem ser substituídas por outras com menor atrito e assim aproveitar a energia residual para bombear mais água ou para reduzir os custos operacionais de energia elétrica, otimizando os recursos naturais e o retorno do investimento.

A análise deste indicador permite também identificar as tubulações que ao longo do tempo tiveram o seu diâmetro reduzido por causa de incrustações.



## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A população é diretamente beneficiada com as ações de melhoria do Sistema Adutor tomadas a partir da análise deste indicador proativo, que possibilita o aumento da confiabilidade de todo o serviço de abastecimento de água que é oferecido a população, por identificar e monitorar previamente as situações indesejadas antes que elas aconteçam.

Os desafios encontrados no desenvolvimento desta metodologia foram:

- Elaborar um indicador proativo, representativo, sensível ao crescimento populacional e que não sofresse interferências de processos externos pontuais, como a falta de energia elétrica fornecida pela concessionária, as paradas para manutenção, condições climáticas e outros;
- Mudar uma cultura empresarial que já estava acostumada com o antigo indicador – IRA.

Para isso foi necessário:

- Estratificar o processo de adução para identificar as variáveis de controle para análise e criar uma métrica para traduzir estas análises em números.
- Fazer reuniões para explicar a diferença entre os indicadores, como os indicadores eram obtidos antes (IRA) e como será a partir de agora com o IDA.

O IDA - Indicador de Desempenho da Adução - foi tido como uma grande inovação e que poderá afetar todo o ecossistema das concessionárias de água não só do Brasil como de todo o mundo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WALSKI, T.M. et ali. *Advanced water distribution modeling and management*. Haestad Methods *First Edition*, 2003.
2. PORTO, RODRIGO DE MELO. *Hidráulica básica*, 4ª edição, EESC-USP, 2006.
3. BENTLEY WATERCAD/GEMS V8i, Projeto e Modelagem de Redes de Distribuição de Água, curso completo (metric).