



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA PASSAGEM DE PIG EM ADUTORAS DE ÁGUA BRUTA

Gustavo Rucks⁽¹⁾

Coordenador de Engenharia Eficiência Energética na Corsan/Aegea.

Leandro Daniel Fonseca

Especialista Eficiência e Tecnologia Sr na Aegea

Matheus Melo dos Santos

Especialista Eficiência e Tecnologia Jr na Aegea

Sabrina Suelen de Assis Bilio

Analista de Eficiência Energética Jr na Aegea

Victor Veloso Vieira Ramos

Estagiário na Aegea

Endereço⁽¹⁾: Rua Caldas Jr, 120 – 18º andar – Centro Histórico – Porto Alegre - RS - CEP: 90010-260 - Brasil
- Tel: +55 (51) 995 940 857 - e-mail: gustavo.rucks@corsan.com.br.

RESUMO

Este trabalho técnico explora a eficiência energética através da passagem de PIG em adutoras de água bruta. A limpeza de adutoras com PIG (Pipeline Inspection Gauge) é uma técnica que remove incrustações nas tubulações, garantindo a qualidade da água transportada e reduzindo a resistência ao fluxo, o que diminui o consumo de energia necessário para o bombeamento. A análise é baseada em dados de consumo de energia das Estações de Bombeamento de Água e Esgoto (EABs) da CORSAN, identificando potenciais reduções de consumo de energia e custos operacionais. Além disso, culmina na elaboração de uma ferramenta de análise e determinação do retorno esperado a partir da passagem de PIG em cada uma das adutoras da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: PIG, Eficiência Energética, Adutora

INTRODUÇÃO

A eficiência energética é um aspecto crucial no setor de saneamento, especialmente devido à alta representatividade dos custos de energia nas operações de bombeamento de água e esgoto. As Estações de Bombeamento de Água e Esgoto (EABs) são responsáveis por uma parte significativa do consumo de energia elétrica, o que impacta diretamente os custos operacionais das empresas de saneamento.

A limpeza de adutoras com PIG (Pipeline Inspection Gauge) é uma técnica que pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência energética. Ao remover incrustações e obstruções nas tubulações, essa metodologia não apenas garante a qualidade da água transportada, mas também reduz a resistência ao fluxo, diminuindo o consumo de energia necessário para o bombeamento.

Este trabalho técnico visa explorar os benefícios da limpeza de adutoras com PIG, correlacionando-os com a eficiência energética nas EABs, e demonstrar como essa prática pode resultar em reduções significativas de consumo de energia e custos operacionais no setor de saneamento.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto da limpeza de adutoras com PIG na eficiência energética das EABs da CORSAN, identificando potenciais reduções de consumo de energia e custos operacionais. Além disso, culminará na elaboração de uma ferramenta de análise e determinação do retorno esperado a partir da passagem de PIG em cada uma das adutoras da empresa. Tal ferramenta é uma planilha que também serve para acompanhamento dos indicadores relacionados, como kWh/m³ e o coeficiente C da tubulação, de modo a indicar o momento adequado do ponto de vista operacional e econômico para a nova limpeza da adutora.



METODOLOGIA UTILIZADA

O Consumo Específico Normalizado (CEN) é uma medida da eficiência energética da adutora, calculado com base nas características da tubulação e do sistema de bombeamento. Para calcular o CEN, utiliza-se a equação 1:

$$CEN = \frac{100 \cdot E[kWh]}{V[m^3]AMT[mca]} \left[\frac{kWh}{m^3(100m)} \right] \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

- E é a energia consumida em kWh,
- V é o volume de água bombeado em m^3 ,
- AMT é a altura manométrica total em metros de coluna de água (mca).

Após, podemos calcular o rendimento estimado da elevatória através da equação 2.

$$\eta = \frac{0,2725}{CEN} [\%] \quad \text{equação (2)}$$

No próximo passo precisamos do coeficiente C da tubulação, também conhecido como coeficiente de Hazen-Williams, que é uma medida da rugosidade interna da tubulação e influencia diretamente a perda de carga ao longo do sistema de bombeamento. Este coeficiente é essencial para determinar a eficiência do transporte de água através das adutoras. É calculado através da equação 3 a seguir, já com o coeficiente C isolado.

$$C = \left[\frac{10,64 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{(P_{saída} - H_{geo})D^{4,87}} \right]^{1/1,85} \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

- P é a pressão de saída da adutora mca,
- H_{geo} é o desnível geométrico que a tubulação precisa vencer em mca,
- Q é a vazão em m^3/s
- L é o comprimento em m;
- D é o diâmetro em m;

O coeficiente C varia de acordo com o material da tubulação e seu estado de conservação. Tubulações novas e lisas, como as de PVC, tendem a ter um coeficiente C mais alto, enquanto tubulações antigas e com incrustações, como as de ferro fundido, apresentam um coeficiente C mais baixo. A determinação do coeficiente C atual é feita através de medições e cálculos baseados nas características físicas da tubulação e nas condições operacionais.

O coeficiente C atual é comparado com um coeficiente C alvo, que é baseado no material da adutora. Esta comparação permite determinar a diferença de perda de carga entre o coeficiente C atual e o coeficiente C alvo.

Depois disso, a perda de carga é calculada tanto com o coeficiente C atual quanto com o coeficiente C alvo. A diferença entre essas perdas de carga indica a potencial economia de energia, como demonstrado na equação 4.

$$\Delta L = \frac{10,641 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

- ΔL é a perda de carga da adutora em mca,
- C é o coeficiente de Hazen Willians, atual ou alvo.
- Q é a vazão em m^3/s
- L é o comprimento em m;
- D é o diâmetro em m;



A partir da diferença da perda de carga com C atual versus C alvo, podem-se utilizar diversas formas para calcular a potência em kW que será economizada, da qual se pode facilmente multiplicar pelas horas de operação e obter o consumo em kWh. Esse consumo ainda não reflete a economia real de energia elétrica, pois é necessário aplicar o rendimento estimado da elevatória, conforme a seguir na equação 5.

$$E = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H \cdot Horas_{operação}}{rend. elevatória} \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

- E é a energia que pode ser economizada, em kWh
- H é a diferença de perda de carga em mca entre o coeficiente C atual e coeficiente C alvo.
- Q é a vazão em m³/s

Finalmente, de posse do consumo real economizado, basta calcular a economia financeira aplicando a tarifa média de energia da unidade.

RESULTADOS

Com a metodologia aplicada, chegou-se na planilha demonstrada em parte na figura 1, onde se pode monitorar o coeficiente C de todas as adutoras de água bruta da Corsan, elencando as melhores oportunidades de redução de consumo energético através da passagem de PIG.

Figura 1

Equipamento	Hgeo (m)	H (mca)	Vazão (L/s)	Coef. C	Coef. C alvo	Hf atual	Hf Alvo	Saving (mca)	Saving (kW)	T.Oper. (horas/dia)	Saving (kWh) anual	Saving (R\$) anual
EAB - EAB 01 - 20812591 - Alvorada	62	86	1480	71,68	120	24	9	15	216	24	2.761.686	R\$ 1.242.759
EAB - EAB 01 - 3082167967 - Cruz Alta	55	100	200	104,72	120	45	35	10	19	24	356.245	R\$ 160.310
EAB - EAB 01 - 65627679 - Camaquã	37	65	197	103,64	120	28	21	7	13	24	174.005	R\$ 78.302
EAB - EAB 01 - 3095803318 - Dois Irmãos	46	58	89	105,93	120	12	10	2	2	24	51.666	R\$ 23.250.

Exemplo de resultados obtidos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MANZI, D. *A Hidráulica de todo dia no saneamento*. Editora Apris. 1º ed. Curitiba
2. GOMES, H. P. *Eficiência hidráulica e energética no saneamento*. Editora ABES. 1º ed. São Paulo
3. NETO, A., FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, M. *Manual de Hidráulica*. Editora Edgar Blucher. 9º ed. São Paulo