



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



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



### **33 - ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA PERDIDA INERENTE A OPERAÇÃO DA MACRO DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA**

#### **André Schramm Brandão<sup>(1)</sup>**

Graduado em engenharia civil e doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais na Universidade Federal do Ceará. Especialista em construção e montagem pelo PROMINP/PETROBRAS/UFC. Professor visitante desde 2005 do curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade de Fortaleza. Engenheiro III (Sênior) da Companhia de água e esgoto do Ceará, aonde atuou como gerente de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica 2015/2016.

#### **Paulo Henrique Holanda Pascoal<sup>(2)</sup>**

Graduado em engenharia civil. Engenheiro III (Sênior) da Companhia de água e esgoto do Ceará, aonde atua como gerente de apoio técnico operacional.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Ribeiro Leitão, 1, Companhia de Água e Esgoto do Ceará, Gerência de Apoio Técnico Operacional – Pici - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.520-470 - Brasil - Tel: +55 (85) 999984-5554 - e-mail: [andresb@alu.ufc.br](mailto:andresb@alu.ufc.br).

#### **RESUMO**

Os projetos de melhoria visando a sustentabilidade ambiental, energética e financeira são de grande importância para melhorar a imagem de uma empresa de saneamento, visando nisto o trabalho a seguir mostra a possibilidade e os benefícios da substituição de válvulas redutoras de pressão por turbo-geradores (ou hidro geradores) de energia, afim de transformar a energia potencial hidráulica perdida inerente da operação do sistema (necessária para abastecer sem sobrecarregar as redes) em energia elétrica. Desta forma, com forma de avaliar a viabilidade foi realizada uma simulação com a substituição de válvulas redutoras de pressão do sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Fortaleza no estado do Ceará, da Companhia de Água e Esgoto do Ceará no final de 2018, verificando uma redução de despesas além do ganho energético.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, válvulas redutoras de pressão, turbo-geradores de energia.

#### **INTRODUÇÃO**

O uso racional e o cuidado com os recursos naturais são imprescindíveis, em uma companhia que presta serviços de saneamento básico.

Em 2014, o Brasil passou por um período de estiagem prolongada, que incidiu diretamente tanto na disponibilidade de água para abastecimento quanto na geração de energia elétrica, revelando a fragilidade destes sistemas. Grandes investimentos para aumentar a oferta destas “comodites” deverão ser feitos nos próximos anos. Para tanto, pequenas ações de otimização em alguns sistemas, como os de abastecimento de água, feitas em larga escala, reduziriam a demanda por novas fontes de energia e água, reduzindo os custos e impactos ambientais.

Os sistemas de abastecimento de água no Brasil possuem uma baixa credibilidade no que diz respeito à eficiência.

Muitos são os trabalhos que mostram a realidade de grande parte dos sistemas, apresentando elevados índices de perda, baixo rendimento de estações elevatórias, falta de manutenção de equipamentos, falta de planejamento da operação, dentre outros aspectos [1] [2] [3]

As soluções mais comuns para alguns destes problemas são conhecidos, como o uso de válvulas redutoras de pressão automatizadas (VRPs) para controlar pressões em tempo real aliado a um confinamento de áreas (chamados de distritos de medição e controle, DMCs), o uso de inversores de frequência para modular a



operação dos conjuntos motor bombas (reduzindo o consumo de energia), a limpeza de adutoras para reduzir a perda de carga no transporte de água, o uso de reservatórios em horários de ponta para reduzir a demanda de energia neste período, dentre outras alternativas.

Alguns sistemas de abastecimento de água são beneficiados por sua topografia, reduzindo a necessidade de estações elevatórias e utilizando apenas a gravidade para realizar o transporte de água a diferentes regiões. Nestes casos, entende-se que estes são altamente eficientes por praticamente não necessitar de energia elétrica.

No entanto, válvulas redutoras de pressão são utilizadas, afim de controlar pressão e vazão em diferentes locais da região, desperdiçando energia, e divergindo com o conceito de eficiência energética, que busca otimizar as fontes de energia disponíveis.

A busca de fontes alternativas de energia, para diversificar a matriz energética nas empresas prestadoras de serviços de saneamento básico é uma realidade premente. Um dos vetores desta matriz é otimizar a operação das redes de abastecimento de água que utilizam válvulas redutoras de pressão, substituindo-as por turbo-geradores de energia, isto é transformar a energia potencial hidráulica perdida (necessária para abastecer sem sobrecarregar as redes) em energia elétrica.

## METODOLOGIA

A utilização de válvulas redutoras de pressão (VRP) no transporte de água tratada é necessária para equilibrar o sistema de abastecimento de água em sua área de atuação, gerenciando volumes e controlando perdas. [4] [9]

Assim, na utilização destes equipamentos perdemos a energia potencial da massa de água, através da diferença de pressão. A potência (P) em kW é representada pela Equação 01.[5] [6] [7] [10] [11]

$$P = \eta * \frac{(Q * \Delta h * g * \rho)}{10^3} \quad (1)$$

*Quadro 1. Legenda da equação*

Parâmetros	Valores adotados
$\eta$	65%
$Q$	Via CECOP das UTRs
$\Delta h$	Via CECOP das UTRs
$g$	9,81 m/s <sup>2</sup>
$P$	976,40 Kg/m <sup>3</sup>

Para o quadro 1, as variáveis tais como rendimento, aceleração da gravidade e peso específico da água a 30°C, foram adotados os seguintes valores respectivamente: 65% (conservadoramente), 9,81 m/s<sup>2</sup> e 976,4Kg/m<sup>3</sup>, estes dois últimos da literatura. Já a vazão e diferença de pressão (jussante menos montante), foram extraídos os dados históricos dos últimos 12 meses das 32 (trinta e duas) Unidades de Transmissão Remota (UTR) que possuíam válvulas redutoras de pressão (VRPs) do Centro de Controle e Operação (CECOP).

O CECOP opera remotamente tais VRP e monitora vários parâmetros hidráulicos e de qualidade da água que abastece a Região Metropolitana de Fortaleza. [8]

Assim, nesta simulação propomos a substituição destas VRPs por hidro geradores que também controlam remotamente as pressões sem perder o modu operanti via sistema supervisorío (ELIPSE E3), podendo replicar-se em outras concessionárias de saneamento.

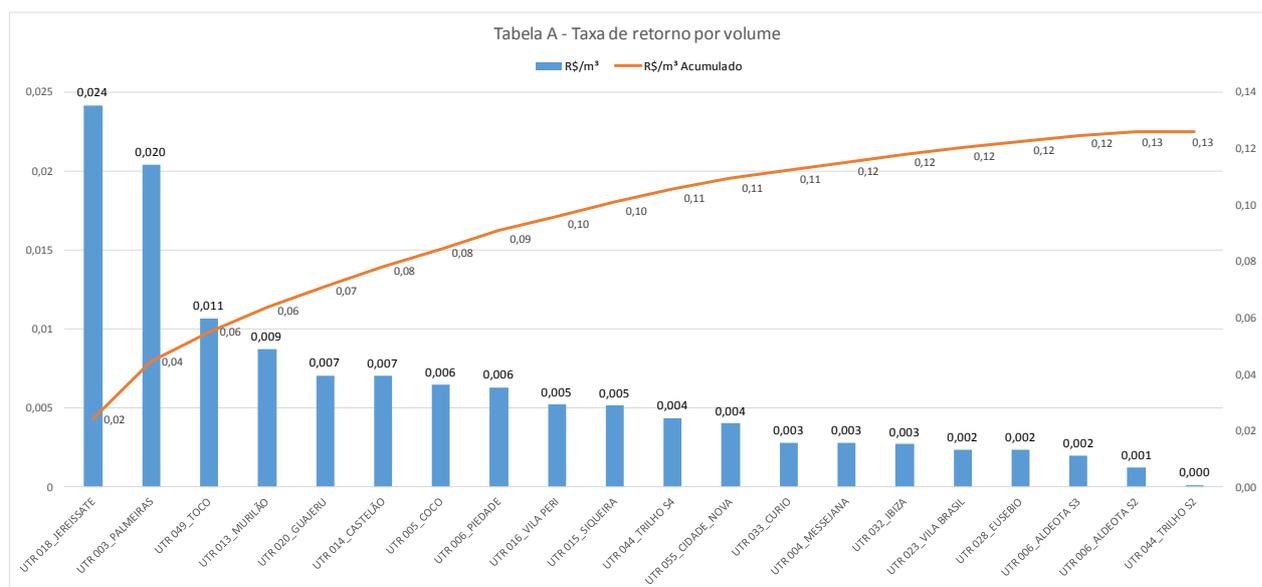
Desta forma, abrem-se os horizontes e quebram-se alguns paradigmas na concepção dos projetos de sistemas de abastecimento de água e sua implantação, visto adicionalmente deve-se incluir um estudo de potencial hidro

energético no transporte de água (distribuição), levando-se em consideração as perdas de energia hidráulica inerente da operação e sua recuperação.

## RESULTADOS

Na perspectiva econômico-financeira, de acordo com os últimos dados do sistema de controle operacional, da base de novembro de 2018 da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, cerca de 63% do volume produzido consumido, de um total de 31 milhões, está na região metropolitana de Fortaleza. As 32 VRPs da macro distribuição, atualmente não geram receita, somente despesas, sendo em torno de R\$0,21/m<sup>3</sup>. Deste total cerca de R\$0,18/m<sup>3</sup> é a despesa com energia elétrica, representando 86% desta quota.

De acordo com o estudo realizado, considerando a substituição de 08 válvulas da macro distribuição, apresentadas na Figura 01, teríamos uma taxa de retorno por volume que passa por estas UTRs de R\$0,09/m<sup>3</sup>, comparativamente com a despesa com energia, seria 50%. Analisando na perspectiva global da macro distribuição, ainda de acordo com o estudo, a receita mensal com energia com a substituição destas válvulas é de R\$326.636,54. Sabendo que a despesa de exploração média mensal da macro distribuição é R\$0,21/m<sup>3</sup> e que volume total médio Fortaleza é de 19.530.000 m<sup>3</sup>/mês, logo a despesa total mensal média de R\$4.101.300. Assim, subtraindo aquela receita mensal com energia daquela despesa total mensal, teremos uma redução de 19,3% da despesa mensal total da macro distribuição.



**Figura 01 – Taxa de retorno por volume com a substituição de 8 válvulas**

Na perspectiva mercado, teríamos impacto positivo nos dois macros processos. O impacto no macroprocesso para elevar o nível de satisfação dos clientes e melhorar a imagem institucional é intangível, mas incidiria positivamente, pois toda perspectiva de implantação de inovação para eficiência operacional de forma sustentável traz uma boa impressão tanto dos clientes quanto da imagem institucional.

Na perspectiva processos, teríamos o impacto direto no macroprocesso em promover inovação e a efetividade dos mesmos, como o objeto é inovador, efetivo e sustentável, através da recuperação da energia hidráulica perdida inerente a operação, e ainda gerando receita aonde hoje somente temos despesa, estamos sendo mais efetivos dentro deste contexto.

Já na perspectiva sócio ambiental, atuando de forma efetiva e sustentável, esta última tanto no que concerne ao meio ambiente quanto de recursos de uma empresa de prestação de serviços públicos, estamos sendo

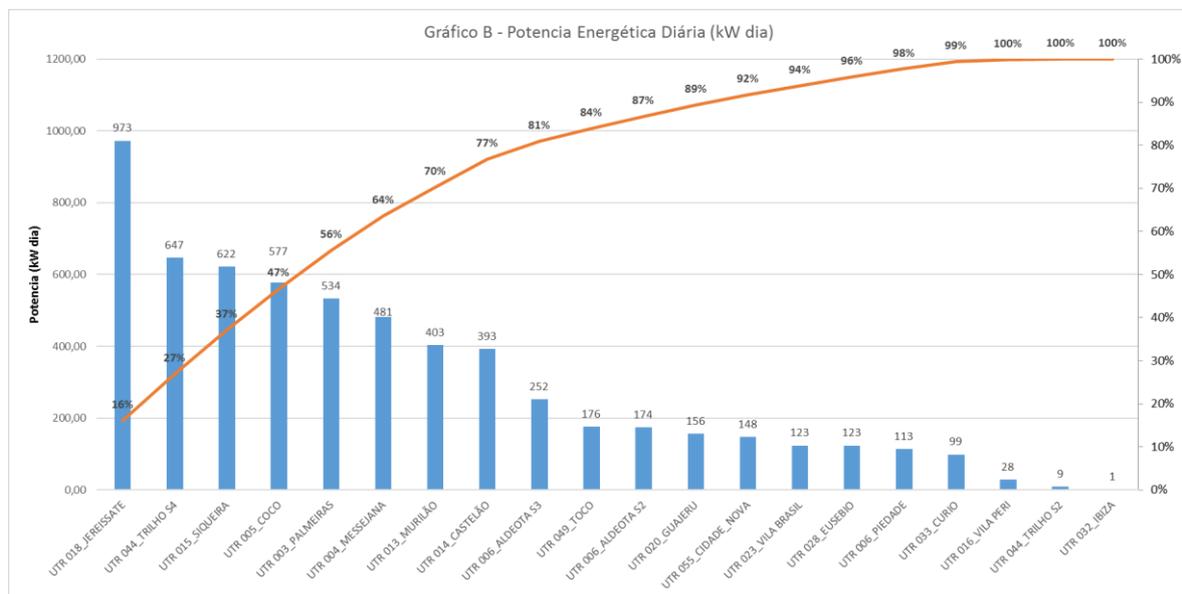


responsáveis socioambientalmente, extraindo receita através da recuperação energética da operação inerente hidráulica.

## CONCLUSÕES

Diante da situação de melhoramento direto no macroprocesso em promover inovação, efetividade, sustentabilidade e satisfação da população, a substituição de válvulas redutoras de pressão por turbo-geradores de energia é necessária para dar sinergia a esta nova receita agregando mais receitas, como a ampliação da cobertura, redução de perdas de água e inovação tecnológica para diversificar as matrizes de commodities.

Desta forma, a substituição das 8 (oito) destas válvulas redutoras de pressão (VRP) obtém-se 19,3% de redução das despesas da macro distribuição, com o aproveitamento de 77% do potencial energético total instalado atualmente (vide gráfico B), gerando com isto todos os benefícios que esta medida pode trazer.



Ainda de acordo com os gráficos A e B, as válvulas redutoras de pressão das Unidades de Transmissão Remota Palmeiras-003 e Jereissati-018, representam 25% de todo o potencial energético instalado para recuperação da energia inerente da operação e 49% da receita total de retorno das VRPs elencadas para substituição. A receita estimada com a substituição das VRPs por hidrogeradores pagaria o custo mensal de energia das respectivas UTRs nas primeiras 14 horas, para o Jereissate-003, e 19 horas, para o Palmeiras-003.

## AGRADECIMENTOS

À minha família e orientadores, Dr. Enio Pontes de Deus e Dr. Antonio Eduardo Cabral Bezerra. À Companhia de Água e Esgoto do Ceará. À empresa HIGRA Industrial Ltda, ao engenheiro Altair Weiss.

### Nomenclatura

$\eta$	Rendimento do equipamento
$Q$	Vazão
$\Delta h$	Diferença de pressão, jussante e montante
$g$	Aceleração da gravidade
$\rho$	Peso específico da água a 30°C



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



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



## REFERÊNCIAS

1. SAMPAIO FILHO, G., ALCALDE, J. L. "Análise de Qualidade de Energia e Eficiência Energética em Sistemas de Água e Saneamento". In: IV SEREA– Seminário Hispano Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água", João Pessoa-Brasil, 2004.
2. VIEIRA, J. M., BAPTISTA, J. M. "Indicadores de desempenho para melhoria dos serviços de saneamento básico". Engenharia Civil-UM, 33, 87-112, 2008.
3. BRAGHIROLI, M., SANTOS, M., & BRAGA, D. "Estação Elevatória de Água de Santana: Um Caso de Sucesso na Redução de Perdas e Consumo de Energia no Setor de Saneamento". In International Workshop Advances in Cleaner Production, 2011.
4. CHEUNG, P.B.; KIPERSTOK, A.; COHIM, E.; ALVES, W. C.; PHILIPPI, L.S.; ZANELLA, L.; ABE, N.; GOMES, H.P.; SILVA, B.C.; PERTEL, M.; GONÇALVES, R.F. (2009) Consumo de água. In: GONÇALVES, R.F. (Org.) Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES. p. 36-98.
5. LIMA, G. M. Geração de energia e controle de pressão em redes de abastecimento de água utilizando bombas funcionando como turbina. Tese de Doutorado, L628g. Campinas, SP : 138 P. 2017.
6. CZNADY, G. T. Theory of Turbomachines, 1 st Edition, McGraw-Hill Book Co, 1964.
7. DEANE, J.P., GALLACHO, B. P. O., MCKEOGH, E. J. "Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant", Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 14, p. 1293–1302, 2010.
8. BRANDAO, A.S.; OLIVEIRA, F.D.A.; RIBEIRO, M.M.; "Automação em um Sistema de Abastecimento de Água: Análise de Dados Operacionais". In: XIII Simpósio Iberoamericano de Redes de Água, Esgoto e Drenagem, Fortaleza-CE, 2014.
9. TSUTIYA, M.T. (2004) Abastecimento de água. São Paulo: ABES. 634 p.
10. Yuce, M.I. e Muratoglu, A. Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V. 43, p. 72-82, 2015.
11. Brasil Jr, C.P.B.J. Turbina hidrocínética geração 3. Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica – Citenel. ANEEL, 2007.