

## **INTEGRAÇÃO DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS ÀS HIDRÁULICAS NO SISTEMA SCOA: UMA FERRAMENTA DE INCREMENTO AO DESEMPENHO OPERACIONAL DO SIM**

### **José Celso Marins**

Engenheiro Eletricista pela Faculdade de Engenharia Sorocaba – SP (1990); Pós Graduado em Administração de Empresas pela UNIMEP – Piracicaba SP (1995), Mestre em Energia no Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (2019).

Atuou no Setor Elétrico por 18 anos, ingressou na SABESP em abril/2011 atualmente é Engenheiro no Departamento de Planejamento Gestão e Operação da Produção da Diretoria Metropolitana da Sabesp.

### **Silvana Corsaro Candido da Silva de Franco**

Engenheira Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1983); Mestre em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1993); Doutora em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2000); ingressou na SABESP em agosto/1992, atualmente é Gerente do Departamento de Planejamento Gestão e Operação da Produção da Diretoria Metropolitana.

### **Nilson Alves de Moura**

Engenheiro Eletricista pela Faculdade Anhanguera de Jundiaí, ingressou na Sabesp em 2013, atualmente é engenheiro da Unidade de Produção de Água da Metropolitana da Sabesp

### **Emerson Issao Yoshida**

Engenheiro Eletricista pela Universidade São Judas Tadeu (1999), Pós-Graduado em Gestão Pública pela Faculdade Integrada Campos Salles (2019), ingressou na SAPESB em julho/1998, atualmente é Engenheiro da Divisão de Operação da Adução da Produção da Diretoria Metropolitana.

## **RESUMO**

O custo de energia elétrica na captação, tratamento, adução e distribuição de água é significativo, com forte impacto nos custos operacionais e consequentemente na tarifa. Propiciar a redução do consumo de energia elétrica sem causar impacto na otimização da operação do sistema de abastecimento traz benefícios importantes. A busca pela sustentabilidade do meio ambiente, redução de emissão de gases efeito estufa são contribuições necessárias do Setor de Saneamento e o uso eficiente de energia é ferramenta de contribuição à minimização de tais impactos globais. A integração das grandezas elétricas às hidráulicas num único sistema de gestão traz a oportunidade incrementar o desempenho operacional do sistema de abastecimento de água, minimizar custos operacionais, aperfeiçoar a gestão de recursos hídricos e melhorar a gestão de gastos com energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** otimização, abastecimento, eficiência energética

## **INTRODUÇÃO**

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2017) apontou que os sistemas de abastecimento de água no Brasil consumiram 11,3 TWh, que representa 2,0 % de toda energia consumida no país. (EPE, 2017)

Os dados históricos SNIS (2017) apontam para uma tendência constante de aumento no consumo de energia, associado ao aumento de consumo per capita de água e também a necessidade de captação de água bruta em reservatórios cada vez mais distantes aos maiores centros de consumo que são as regiões metropolitanas.

O uso de ferramentas de otimização para a redução dos custos de energia elétrica no abastecimento de água tem sido bastante explorado pelos pesquisadores, face à importância deste custo dentro do processo de captação, tratamento e distribuição de água, como veremos nas citações a seguir, com referências bibliográficas de relevantes pesquisas.

Zahed Filho (1990) afirmou sobre a necessidade de uma operação automática visando obter uma maior confiabilidade e eficiência nos resultados. A automação com eficiência nos resultados traz redução de custos em energia elétrica.

Vicente (2005) propôs um modelo de operação em tempo real do sistema adutor metropolitano de São Paulo, voltado para a redução do consumo de energia elétrica, confiabilidade operacional, atendimento pleno à demanda de água e controle de pressão do sistema adutor. Nesta pesquisa foi utilizado o software Watercad, como simulador hidráulico e o Frontline Systems Inc. para o processo de otimização, dentro da periodicidade diária.

Brentam (2014) utilizou-se da metodologia de otimização por enxame de partículas (OEP) desenvolvendo um algoritmo híbrido para determinação de rotinas otimizadas para o recalque de estações elevatórias com variação de velocidade de rotação.

Marins (2019) utilizou-se do modelo SISAGUA (BARROS et al., 2008) de otimização não linear de prioridades preemptivas, com pesquisa para melhoramento na representação dos custos de energia elétrica, tendo como estudo de caso as elevatórias de água bruta da Região Metropolitana de São Paulo.

As referências bibliográficas citadas mostram oportunidades de otimização dos custos operacionais de abastecimento de água. O monitoramento das grandezas elétricas feitas em tempo real, associadas às hidráulicas trarão subsídios para priorização de projetos de incremento da eficiência operacional.

## **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é descrever as etapas e os resultados esperados com a implantação de sistema de medição de grandezas elétricas individualizadas por conjunto motobomba, utilizando-se de infraestrutura de telemetria existente nas estações do sistema SCOA. A obtenção dos dados de campo armazenados no historiador do SCOA proporcionará o desenvolvimento de ferramentas que incrementam o desempenho operacional e pode subsidiar o Sistema de Suporte de Decisão – SSD da Sabesp.

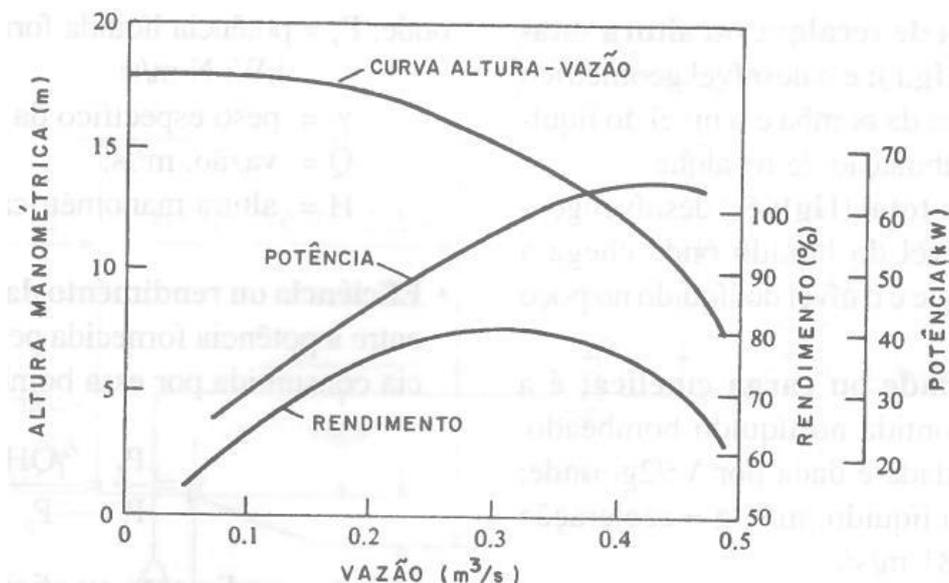
## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Os principais equipamentos de uma elevatória são a bomba e o motor que juntos são denominados de conjunto motobomba (CMB).

As bombas mais utilizadas, nos sistemas de abastecimento, são as centrífugas que aceleram a massa líquida através da força centrífuga fornecida pelo giro do rotor, transformando a energia cinética internamente em energia de pressão, através da carcaça da bomba. São projetadas para elevar uma determinada vazão a uma certa altura manométrica, em condições de máxima eficiência. À medida que o par Q e H se afasta das condições ótimas de operação, o rendimento da bomba tende a cair.



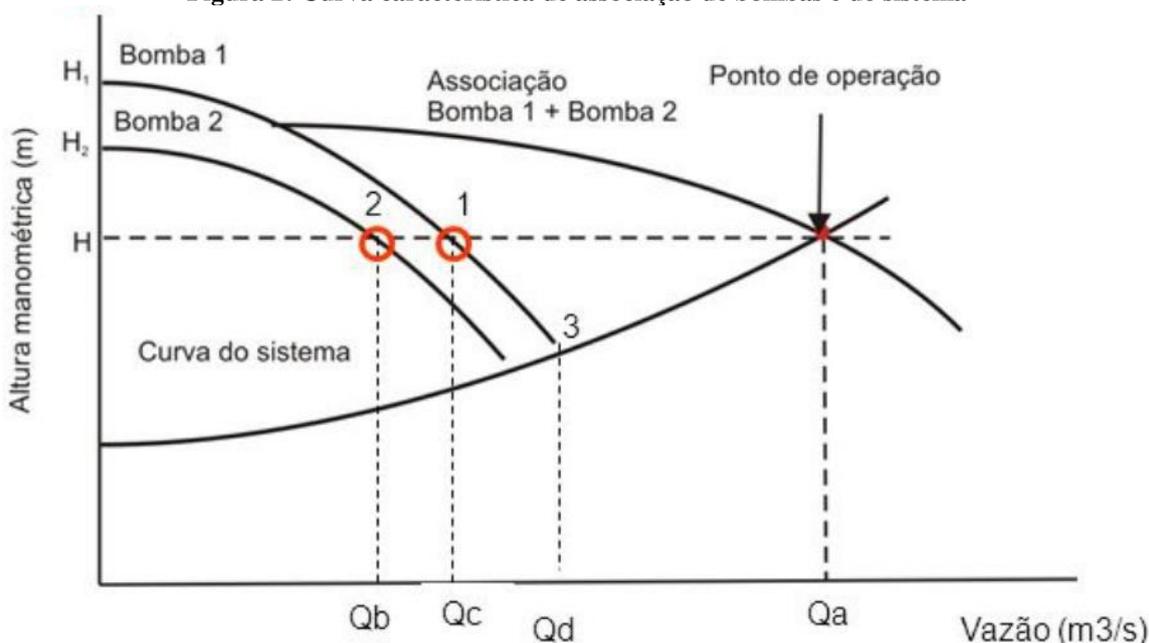
**Figura 1: Curva característica de uma bomba centrífuga**



Fonte: Tsutiya (2005)

O mais comum é haver duas ou mais bombas que podem operar individualmente ou associadas em paralelo, sendo que cada bomba fica responsável por uma parcela da vazão. Como ilustra a Figura 02, o ponto de intersecção da curva das bombas em operação simultânea com a curva do sistema elevatório será o ponto de operação do sistema, fornecendo a vazão total de recalque.

**Figura 2: Curva característica de associação de bombas e do sistema**



Fonte: Tsutiya (2005)

O motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em mecânica. É o mais utilizado para acionamento de bombas, pela sua simplicidade, confiabilidade e menor custo. (TSUTIYA, 2005). Os motores de indução com rotor em gaiola são amplamente utilizados nos sistemas de bombeamento, com mais de 90% da totalidade. (LOBOSCO e DIAS, 1988 apud. TSUTIYA, 2005).

Conhecer a potência absorvida da rede de energia elétrica de cada motor associado ao tempo de funcionamento é importante para se apurar o consumo específico de um conjunto motobomba que é a relação:

$$CE = (P \times t) / (Q \times t) \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

- CE*: consumo específico do conjunto motobomba (kWh/m<sup>3</sup>)  
*P*: potência elétrica absorvida da rede de energia elétrica (kW)  
*t*: período de funcionamento do conjunto motobomba (h)  
*Q*: vazão (m<sup>3</sup>/h)

Obter de forma permanente a apuração do *CE* de cada conjunto motobomba só é possível com a instalação de medidores de grandezas elétricas e hidráulicas. O *CE* associado a tarifa de energia elétrica determina o custo de energia elétrica associado a cada equipamento.

O indicador normalizado de eficiência energética utilizado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos ERSAR, submete os conjuntos motobomba a um mesmo parâmetro de altura manométrica (100 mca) para mensurar o desempenho energético do equipamento ou elevatória.

$$CEN = (P \times t \times Hman) / (Q \times t \times 100) \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

- CEN*: consumo específico do conjunto motobomba proporcional a 100 mca (kWh/(m<sup>3</sup> x 100))  
*P*: potência elétrica absorvida da rede de energia elétrica (kW)  
*t*: período de funcionamento do conjunto motobomba (h)  
*Q*: vazão (m<sup>3</sup>/h)  
*Hman*: altura manométrica total (mca)

A tabela 1 abaixo indica os parâmetros de referência de desempenho energético de conjuntos motobomba.

**Tabela 1: Parâmetros de referência de CEN**

Qualidade do serviço boa	[0,27; 0,45]
Qualidade do serviço mediana	]0,45; 0,68]
Qualidade do serviço insatisfatória	]0,68; 5[

Fonte: ERSAR (2016)

Para que se possa utilizar essa metodologia de monitoramento de desempenho energético e custos operacionais é necessário prover os conjuntos motobomba com multimedidores de grandezas elétricas, integrando tais medições às variáveis hidráulicas já presentes no SCOA.

## RESULTADOS ESPERADOS

Este é um trabalho técnico em fase de projeto, portanto não temos resultados obtidos, mas é possível estimar resultados com a implantação da metodologia utilizada.

**Tabela 2: Resultados esperados com a metodologia utilizada**

<i>CE</i>	- apuração do custo de energia elétrica individualizado; - comparar consumo específico com os demais motores da mesma elevatória identificando distorções de desempenho energético e necessidade de manutenções preventivas; - subsídio ao sistema SSD da Sabesp para tomada de decisão, com a melhor representação do custo de energia elétrica e do sistema integrado de abastecimento.
<i>CEN</i>	- apuração do desempenho energético de conjuntos motobomba - subsidiar prioridades de projetos de eficiência energética, considerando o monitoramento <i>online</i> e histórico dos dados do <i>CEN</i> por meio do historiador do

	PISYSTEM
<i>FP – Fator de Potência</i>	- monitoramento <i>online</i> de energia reativa excedente, por meio do historiador do PISYSTEM; - manutenção preventiva de banco de capacitores; - minimização das penalidades adicionais nas faturas de energia elétrica.
<i>D – demanda registrada</i>	- monitoramento <i>online</i> da demanda de potência da instalação ; - minimização das penalidades adicionais de ultrapassagem nas faturas de energia elétrica por meio do historiador do PISYSTEM.
<i>I – intensidade de corrente elétrica</i>	- identificação <i>online</i> das correntes elétricas de cada motor por fase excedente ; - possibilidade de apurar sobrecargas em motores e antecipar a manutenção do equipamento por meio do historiador do PISYSTEM.
<i>V – nível de tensão</i>	- identificação de anomalias no fornecimento de energia elétrica, possibilitando apresentar à distribuidora maiores detalhes quando da abertura de protocolo de reclamação, por meio da tela SCADA do SCOA.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS ESPERADOS

A implantação da metodologia utilizada traz benefícios em diversas áreas de atuação:

### Operacional:

- ✓ obtenção *online* da qualidade dos níveis de tensão facilitando o contato com a distribuidora e minimizando o tempo de interrupção da operação da estação;
- ✓ poder priorizar a operação de conjuntos motobomba com maior desempenho energético, minimizando os custos operacionais.

### Manutenção:

- ✓ minimizar impactos financeiros de penalidade causado por banco de capacitores com defeito;
- ✓ minimizar impactos de sobrecorrente em motores e consequente interrupção do funcionamento do equipamento;
- ✓ identificar eventos de anomalias na tensão de fornecimento, minimizando impactos na vida útil do motor.

### Engenharia:

- ✓ avaliar desempenho operacional de elevatórias, identificando necessidades de projetos de incremento no rendimento;
- ✓ utilizar-se do custo da água aduzida para desenvolvimento de projetos de ampliação e modificação do sistema adutor metropolitano.

### Gestão de Recursos Hídricos:

- ✓ obter dados de custo operacional de recalque para utilizar como variável no SSD

### Gestão de energia

- ✓ gestão e controle do faturamento de energia elétrica;
- ✓ controle e minimização das penalidades (ultrapassagem de demanda e energia reativa excedente);
- ✓ elaboração de orçamentos de custos de energia elétrica;
- ✓ identificação de oportunidades de projetos de eficiência energética.

## **CONCLUSÕES**

A metodologia utilizada de medição e monitoramento das grandezas elétricas integradas às variáveis hidráulicas mostraram-se importantes ferramentas ao monitoramento do desempenho operacional de elevatórias do SIM.

Os benefícios e oportunidades de redução de custos abrangem de forma compartilhada diversas áreas dentro de uma concessionária de serviços de saneamento básico.

A presença das medições hidráulicas e de uma infraestrutura de comunicação de dados nas estações juntamente com o armazenamento das informações no historiador do sistema SCOA, reduz o investimento necessário para a implantação dessa metodologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, M. T. L.; ZAMBON, R. C.; DELGADO, D. M.; BARBOSA, P. S. F.; YEH, W. W. G. - 2008. Planning and Operation of Large-Scale Water Distribution System with Preemptive Priorities. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 134, n. 3, p. 247-256, 2008.
2. BRENTAN, B. M. – PSO com refinamento para definição de manobras visando à redução de custos energético no bombeamento de água. Campinas, 2014, p. 104. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.
3. EPE – Empresa de Pesquisa Energética – Anuário de Estatística de Energia Elétrica – 2017, ano base 2016, p. 52-53, 86. Rio de Janeiro, 2017.
4. ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos. Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos em Portugal-2016, p. 143, Lisboa, Portugal.
5. MARINS, J. C. – Eficiência energética na operação de elevatórias em sistemas de adução para abastecimento de água. 2019, p. 123. Dissertação de mestrado – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.
6. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2017, p. 41, 50 e 65, Brasília, 2017
7. TSUTIYA, M. T. – Abastecimento de Água. São Paulo, 2005, p. 242, 249. Departamento de Engenharia hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
8. VICENTE, R. V. Modelo de operação para centros de controle de sistemas de abastecimento de água, estudo de caso: Sistema adutor metropolitano de São Paulo. São Paulo, 2005, p. 129. Dissertação de mestrado - Departamento de Engenharia hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
9. ZAHED FILHO, K. Previsão de demanda de consumo em tempo real no desenvolvimento operacional dos sistemas de distribuição de água. São Paulo, 1990, p. 78, 135, 140. Tese de doutorado – Departamento de Engenharia hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.