



# Diagnóstico hidroenergético em uma estação elevatória de água bruta

## *Hydroenergetic diagnosis in a raw water pumping station*

Isabella Fillus (orientado)\*, Joice Cristini Kuritza (orientador)†,  
Gabriela Nascimento Reis‡, Paulo Henrique Baldson da Silva§, Mariane Kempka¶.

### RESUMO

A pesquisa tem por objetivo realizar um diagnóstico hidroenergético de um subsistema de abastecimento de água, realizado por captação superficial em um município do interior do estado do Paraná, Brasil. Com isso, o estudo tem finalidade de identificar pontos sujeitos a implantação de ações de eficiência energética no sistema analisado. Para obter as informações necessárias, foram realizadas visitas ao sistema de abastecimento de água (SAA), onde foram coletadas informações técnicas sobre equipamentos e a operação do subsistema, efetuou-se a coleta de dados de energia, volume de água aduzido e horas de operação das estações elevatórias. A metodologia proposta para os diagnósticos foi mediante o uso de indicadores de desempenho, que sintetizam as informações relevantes. O consumo de energia normalizado (CEN), para todos os conjuntos motobomba avaliados, possui valores abaixo dos valores de referência apontados na Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015, ou seja, insatisfatórios. Denota-se, portanto, que são pontos sujeitos a implantação de ações de eficiência energética.

**Palavras-chave:** indicador de desempenho, eficiência energética, energia no saneamento.

### ABSTRACT

The research aims to perform a hydro-energy diagnosis of a water supply subsystem, carried out by surface capture in a municipality in the interior of the state of Paraná, Brazil. Thus, the study aims to identify points subject to the implementation of energy efficiency actions in the analyzed system. To obtain the necessary information, visits were made to the water supply system, where technical information on equipment and the operation of the subsystem was collected, data on energy, adducted water volume and hours of operation were collected. from the lifting stations. The methodology proposed for the diagnoses was through the use of performance indicators, which summarize the relevant information. The normalized energy consumption, for all the pump sets evaluated, has values below the reference values indicated in the Official Mexican Standard NOM-006-ENER-2015, making it unsatisfactory. Thus, it is noted that these are points subject to the implementation of energy efficiency actions.

**Keywords:** performance indicator, hydroenergetic efficiency, energy in sanitation.

## 1 INTRODUÇÃO

As necessidades de água potável possuem crescimento adjacente ao crescimento populacional e das atividades econômicas. Para o atendimento dessas necessidades, é fundamental um bom sistema de abastecimento de água, que é composto por um conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água de uma comunidade (TSUTIYA, 2006).

\* Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; [isabellafillus@hotmail.com](mailto:isabellafillus@hotmail.com)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Guarapuava; [joicekuritza@professores.utfpr.edu.br](mailto:joicekuritza@professores.utfpr.edu.br)

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; [reisgabrielan@gmail.com](mailto:reisgabrielan@gmail.com)

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; [paulohbaldson@gmail.com](mailto:paulohbaldson@gmail.com)

¶ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; [marianekempka@professores.utfpr.edu.br](mailto:marianekempka@professores.utfpr.edu.br)



Sistemas de abastecimento de água são compostos por um manancial, que pode ser superficial ou subterrâneo, pela captação, que extrai a água do manancial, tornando-a disponível para o transporte, realizado pela adutora. Além disso, possui as estações elevatórias que vencem os desníveis geométricos e as perdas de carga e o tratamento, responsável pela potabilidade da água, que fica armazenada em reservatórios que realizam a compensação entre vazão de produção e vazão de consumo. Por fim, tem-se a rede de distribuição, que são as canalizações responsáveis pela distribuição de água até o consumidor (HELLER, 2010).

Em sistemas de abastecimento de água, para reduzir o consumo de energia elétrica das estações elevatórias, e para reduzir o dispêndio financeiro com esse insumo, deve-se conhecer o sistema tarifário, reduzir a potência dos equipamentos, alterar o sistema operacional, realizar a automação do sistema de abastecimento e, quando possível, gerar energia através de fontes alternativas (TSUTIYA, 2005). De acordo com Bouzon et al. (2013), na maioria dos casos, a maior parte do custo energético dos SAA está associada à operação das estações elevatórias. Deste modo, a operação dos conjuntos motobomba em um padrão ótimo de funcionamento pode reduzir significativamente os custos, por meio de uma otimização do padrão de operação das bombas.

No contexto dos sistemas de abastecimento de água, um diagnóstico hidroenergético pode ser realizado para definir as ações de eficiência a serem implantadas e os estudos que serão executados para sua melhoria, que tem por finalidade detectar pontos de desperdício de energia elétrica e perdas de água (GOMES; CARVALHO, 2012). Nessa perspectiva, indicadores de desempenho (ID) tornam-se instrumento oportuno para as empresas de abastecimento (ALEGRE *et. al.*, 2004), pois retratam o estado de um fenômeno, sintetizam as informações relevantes e possibilitam comparação com outras empresas, a partir de critérios adequadamente selecionados.

A pesquisa foi desenvolvida no SAA de uma cidade de pequeno porte localizada na região central do Paraná, especificamente na estação elevatória de água bruta (EEB-01) localizada junto à estação de tratamento de água (ETA), com objetivo de avaliar a eficiência hidroenergética da sua operação. Por meio de coleta de dados de volume bombeado e energia consumida, buscou-se responder, qual o potencial de efficientização dos conjuntos motobomba (CMB) que compõem a estação elevatória?

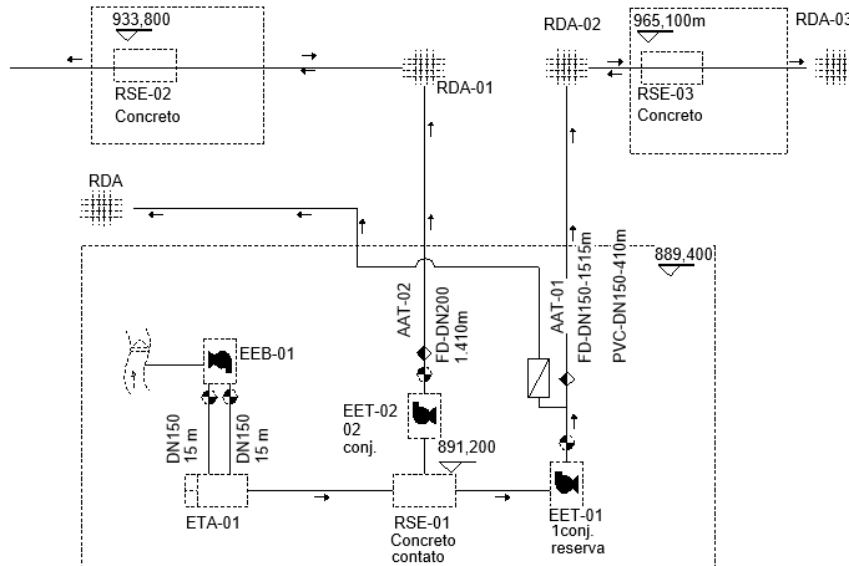
## 2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA

Neste tópico serão apresentados os dados para diagnóstico hidroenergético e reconhecimento do SAA em estudo, que se localiza na região central do estado do Paraná, em uma cidade com aproximadamente 30 mil habitantes (IBGE, 2010).

A captação de água bruta ocorre num manancial superficial localizado próximo à ETA, onde a companhia de saneamento possui outorga para captação e tratamento de 170 m<sup>3</sup>/h. A energia necessária para que a água seja recalçada até o local de tratamento é fornecida por dois conjuntos elevatórias que fazem parte da Estação Elevatória de Água Bruta, EEB – 01. A vazão é encaminhada por duas adutoras de água bruta AAB-01 e o volume tratado fica armazenado em uma unidade de reservação de concreto (câmara de contato) semienterrado, com capacidade de reservação nominal de 50 m<sup>3</sup>. O nível d'água do reservatório oscila de acordo com a vazão afluyente (proveniente da ETA) e a vazão requerida pelas estações elevatórias de água tratada.

A distribuição da água tratada é efetuada por meio das estações elevatórias de água tratada, EET-01 e EET-02, e de suas respectivas adutoras, nas quais ocorre distribuição em marcha e a água excedente fica armazenada em dois reservatórios de jusante. Na Figura 1 pode-se observar o processo de distribuição de água do SAA.

**Figura 1 - Diagrama Hidráulico simplificado da distribuição de água da ETA.**



Fonte: Companhia de saneamento do município (2021).

## 2.1 Diagnóstico Hidroenergético

O diagnóstico hidroenergético foi realizado a partir de algumas etapas, como: visitas ao SAA, aquisição de informações técnicas sobre os equipamentos e a operação das estações elevatórias e da ETA, coleta de dados de energia, volume de água aduzido e, por fim, análise de dados. Os principais dados utilizados na pesquisa são a vazão na elevatória EEB-01, os dados de energia obtidos através do analisador de energia da marca Fluke, modelo 434II e os dados construtivos do sistema de abastecimento de água.

Com isso, aplicou-se a metodologia de diagnóstico hidroenergético desenvolvida através do Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (ProEESA). No estudo, apontam-se valores de desempenho de referência para avaliação dos motores de acordo com a potência elétrica instalada.

No que concerne ao sistema de bombeamento, dois indicadores relevantes são o consumo específico de energia elétrica (CE) e o consumo específico de energia elétrica normalizado (CEN). O primeiro dos indicadores estabelece a energia elétrica despendida para aduzir um metro cúbico do líquido, descrito na Equação (1).

$$CE = \frac{E}{V} \quad (1)$$

Em que:

CE: Consumo específico de energia, em kWh/m<sup>3</sup>;

E: Energia elétrica consumida, em kWh;

V: Volume do líquido bombeado, em m<sup>3</sup>.

O CE mostra-se conveniente como parâmetro de avaliação do sistema quando comparado com outras situações de operação do próprio sistema. Nesse viés, ele é oportuno para avaliar a efetividade de intervenções operacionais e na infraestrutura do sistema, como por exemplo, o uso de inversores de frequência. Contudo, o indicador não permite um diagnóstico comparativo com outros sistemas, para tal, o CEN mostra-se mais apropriado (ALEGRE *et al.*, 2004). A distinção entre os indicadores se dá pelo CEN representar a energia elétrica despendida para bombear o líquido a altura manométrica de 100 metros. O consumo específico



normalizado (CEN) possibilita que sistemas com diferentes características físicas e topográficas sejam comparados. O indicador é calculado por meio da Equação (2).

$$CEN = \frac{E}{Vx \left(\frac{Hm}{100}\right)} \quad (2)$$

Em que:

CEN: consumo específico normalizado, em KWh/m<sup>3</sup>/100m;

Hm: Altura manométrica, em m;

E: Energia elétrica consumida, em KWh;

V: Volume do líquido bombeado, em m<sup>3</sup>.

No que tange os indicadores hidroenergéticos, tem-se como referência os valores de bom desempenho de acordo com a Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015, como representado no Quadro 1.

**Quadro 1 - Valores de desempenho de referência de acordo com a potência elétrica instalada.**

Tipo de motor	Externo			
	0	16	38	96
Potência a partir de [kW]				
Bom desempenho (kWh/m <sup>3</sup> x100m)	0,426	0,401	0,378	0,378

Fonte: Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015.

### 3 RESULTADOS

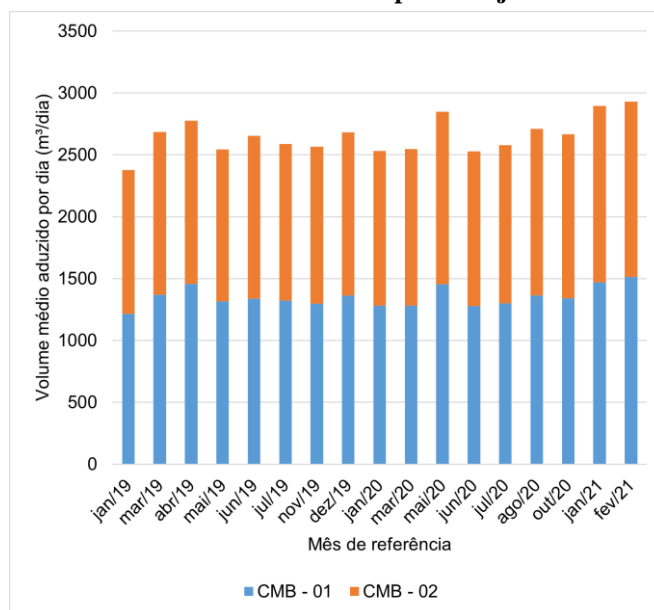
O diagnóstico hidroenergético de um SAA tem por finalidade detectar perdas substanciais de energia elétrica e água. Nesta pesquisa, a avaliação dos dados de energia elétrica dos equipamentos foi realizada mediante a instalação *in loco* de um analisador de energia e, também, da avaliação das faturas de energia elétrica da unidade consumidora. Os dados de produção de água foram obtidos junto aos relatórios operacionais da companhia de saneamento e o diagnóstico foi finalizado utilizando-se indicadores de desempenho.

A adução da água bruta do SAA é efetuada por dois conjuntos motobomba que fazem parte da Estação Elevatória de Água Bruta, EEB-01. Inicialmente, a EEB – 01 operava em regime 1+1, ou seja, com um conjunto motobomba reserva. No entanto, devido ao aumento de demanda, foi necessário modificar o regime de operação acionando os conjuntos simultaneamente. Ainda, cabe ressaltar que o CMB – 02 opera com uma válvula de estrangulamento para controle de vazão.

Conforme os parâmetros monitorados, nota-se que o CMB – 01 permaneceu acionado, em média, 19h diárias e que o CMB -02 operou, em média, 20h diárias. As vazões, em média, para o CMB -01 e para o CMB -02 foram, respectivamente, 77,7 m<sup>3</sup>/h e 71,9 m<sup>3</sup>/h.

Deste modo, na Figura 2 é apresentado o volume médio mensal bombeado pelos conjuntos 1 e 2 da EEB – 01. Na Figura 2, verifica-se que o CMB – 01 e o CMB - 02 possuem um comportamento muito semelhante quanto ao volume diário bombeado. Destaca-se que o CMB – 01 é responsável, em média, por aproximadamente, 51% do volume aduzido pela EEB - 01.

**Figura 2 - Volume médio mensal bombeado pelos conjuntos 1 e 2 da EEB – 01.**



Os valores dos indicadores de consumo de energia (CE) e consumo de energia normalizado (CEN) correspondentes aos CMB – 01 e CMB - 02 da EEB – 01 estão apresentados no Quadro 3 e no Quadro 4.

**Quadro 3 - Indicadores hidroenergéticos do CMB 01 da EEB – 01.**

Dia de referência	Volume (m³)	Energia Ativa (kWh)	CE médio (kWh/m³)	CEN médio (kWh/m³/100m)
13/02/2021	1359,000	55,293	0,041±0,003	0,970±0,071
14/02/2021	1261,000	44,633		
15/02/2021	1492,000	59,573		
16/02/2021	1744,000	76,603		
17/02/2021	1655,000	70,843		
18/02/2021	1696,000	70,841		

**Quadro 4 - Indicadores hidroenergéticos do CMB 02 da EEB – 01.**

Dia de referência	Volume (m³)	Energia Ativa (kWh)	CE médio (kWh/m³)	CEN médio (kWh/m³/100m)
28/01/2021	1328,000	79,206	0,060±0,001	1,435±0,035
29/01/2021	1387,000	85,947		
30/01/2021	1093,000	65,266		
31/01/2021	1168,000	72,503		
01/02/2021	1260,000	75,551		
02/02/2021	1548,000	90,193		

O valor de referência do indicador hidroenergético CEN para motores de até 16 kW é 0,426 kWh/m³/100m, apresentado no Quadro 1. Assim, das avaliações, observa-se que o indicador apresentou valor insatisfatório para os conjuntos pertencentes à EEB – 01. A diferença entre o CEN dos conjuntos e o CEN de referência, é aproximadamente 0,544 e 1,009 kWh/m³/100m para o CMB-01 e CMB-02, respectivamente. Logo, pode-se inferir que a diferença apresentada é o potencial de economia em cada um dos conjuntos motobomba da EEB-01.



## 4 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar, de modo geral, a eficiência hidroenergética de uma estação elevatória de água bruta. A metodologia proposta foi mediante o uso de indicadores de desempenho, em virtude de sintetizarem as informações relevantes e possibilitar uma comparação com outras empresas, a partir de critérios adequadamente selecionados. No que tange o indicador hidroenergético de consumo de energia normalizado (CEN), para todos os conjuntos motobomba avaliados, os valores encontrados foram abaixo dos valores de referência apontados na Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015, mostrando-se, dessa forma, insatisfatórios. Assim, nota-se que são pontos sujeitos a implantação de ações de eficiência energética.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo auxílio financeiro e à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), pelo apoio para realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água**: versão portuguesa de Performance indicators for water supply services. Tradução Patrícia Duarte, Helena Alegre, Jaime Melo Baptista. Londres: IWA/IRAR/LNEC, 2004.
- BOUZON, M.; COELHO, A.S.; RODRIGUEZ, C. M. T. **Determinação do padrão de operação ótimo para o custo energético de um sistema de distribuição de água**, Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.13, n. 2, p. 500-519, abr./jun. 2013.
- Comité Consultivo Nacional De Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, México (2015), **Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015**, Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación. Límites y método de prueba. publicado no Diário Oficial de la Federación em 21/05/2015.
- GOMES, H. P.; CARVALHO, P. S. O. **Manual de Sistemas de Bombeamento: eficiência energética**. 1. ed. João Pessoa: UFPB, 2012.
- HELLER, L. PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.
- IBGE. Cidade: Pitanga. Site. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pitanga/panorama>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- SANEPAR (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ). **Dados construtivos - 2021**. Pitanga, 2021: Sanepar. Não publicado.
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3 ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- TSUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. São Paulo, 2005: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 185 p.