



OBTENÇÃO DA CURVA DE CONSUMO DE ÁGUA EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO PARANÁ

OBTAINING THE WATER CONSUMPTION CURVE IN A MUNICIPALITY IN THE INTERIOR OF PARANÁ

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

RESUMO

A curva horária de demanda por água pode demonstrar os hábitos e os padrões de consumo de uma população e auxiliar na avaliação de medidas de gestão e operação de sistemas de abastecimento de água. Nesta pesquisa determinou-se a curva de consumo para um município do interior do Paraná, com cerca de 30 mil habitantes, a partir da coleta de dados de vazão bombeada e de volume do reservatório superior. O estudo foi realizado em um sistema de abastecimento de água composto por um poço tubular profundo, um conjunto motobomba do tipo submerso, uma adutora de água bruta e um reservatório superior do tipo apoiado. Verificou-se que há dois cenários de consumo de água, o que os diferencia é a exportação de água desse sistema para o outro sistema de abastecimento da cidade. O estudo permitiu concluir que a curva de consumo da localidade é semelhante à de outros municípios brasileiros, com aumento do consumo de água em torno das 8 horas, permanecendo elevado até as 20 horas, quando decresce.

Palavras-chave: Abastecimento de água. Água - Consumo. Água - Uso. Curvas de consumo.

ABSTRACT

The hourly water demand curve can demonstrate the habits and consumption patterns of a population and assist in the assessment of management and operation measures for water supply systems. In this research, the consumption curve was determined for a municipality in the interior of Paraná, with about 30 thousand inhabitants, from the collection of pumped flow and upper reservoir volume. The study was carried out in a water supply system composed of a deep tubular well, a submerged pump set, a raw water pipeline and an upper supported reservoir was carried out. It was found that there are two water consumption scenarios, the difference being the export of water from this system to the other supply system in the city. The study allowed us to conclude that the local consumption curve is similar to that of other Brazilian municipalities, with an increase in water consumption around 8 am, remaining high until 8 pm, when it decreases.

Keywords: Water supply. Water - Consumption. Water - Use. Consumption curves.

1 INTRODUÇÃO

A curva horária de demanda por água demonstra os hábitos e os padrões de consumo de uma população, além de orientar as medidas de automação e controle de um sistema de abastecimento de água (SAA) (BRASIL, 2005).

* Engenharia civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; paulohopo@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Guarapuava; marianekempka@professores.utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; joicekuritza@professores.utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; reisgabrielan@gmail.com

¶ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil; isabellafillus@alunos.utfpr.edu.br



O presente trabalho restringe-se na definição da curva horária de consumo de água a partir dos dados de vazão bombeada e de volume de reservatório superior. Os resultados apresentados inserem-se no contexto do projeto de Pesquisa intitulado Metodologia Para Diagnóstico E Promoção Da Eficiência Energética Em Sistemas De Bombeamento De Água, resultado de uma cooperação técnica entre UTFPR-GP e a Sanepar.

Gomes (2009) cita que a quantidade de água consumida em um sistema de abastecimento varia ao longo do dia e do ano, influenciadas, principalmente, pelas atividades e hábitos da população e natureza econômica da cidade. A curva de consumo permite a análise da eficiência da utilização do volume útil do reservatório (DENARO *et al.*, 2017), a possibilidade de paralisação parcial ou total do bombeamento no horário de pico (geralmente entre as 18 e 21 horas) onde a tarifa é consideravelmente maior, além de auxiliar na avaliação de medidas de gestão e operação do sistema de abastecimento de água (SAA) (GOMES; CARVALHO, 2012) (HENRIQUES, 2018). Com a finalidade de implementar medidas de efficientização no município é necessário obter o padrão de consumo, desse modo, qual é a curva de consumo de água da população da cidade analisada?

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo definir a curva horária de consumo de água da população abastecida por manancial subterrâneo de um município do interior do Paraná.

2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA

O município localiza-se na região central do estado do Paraná, a cerca de 350 km da capital, Curitiba. A população estimada no município, em 2020, é de, aproximadamente, 30 mil habitantes. O município analisado tem sua economia baseada no setor primário (IBGE, 2020).

2.1 Caracterização da Instalação

O sistema de abastecimento é composto por um poço tubular profundo, um conjunto motobomba do tipo submerso, uma adutora de água bruta e um reservatório superior do tipo apoiado.

O poço (boca) encontra-se na cota 842,90 m e tem profundidade total de 178 m, com crivo à 66 m de profundidade. O bombeamento é feito por um conjunto motobomba submerso controlado, para operar a uma frequência de 51 Hz, por um conversor de frequência. Ainda, sensores de nível, instalados no reservatório, acionam o conjunto motobomba. Cabe ressaltar que a companhia de abastecimento local vetou o acionamento do poço entre 1 e 5 horas da manhã.

A adutora de água bruta possui 200 mm de diâmetro e apresenta um comprimento de 1856 m, sendo 1256 m feito de PVC FoFo e 600 m feito de RPVC. O reservatório, que armazena a água recalçada, é do tipo apoiado e construído em concreto armado. No quadro 1 são apresentadas as cotas de instalação do reservatório, bem como os níveis máximos e mínimos.

Quadro 1 – Caracterização do reservatório.

Volume nominal (m ³)	500,00
Volume útil (m ³)	460,00
Elevação do terreno (m)	938,00
Elevação do nível de água mínimo (m)	938,10
Elevação do nível de água máximo (m)	941,57
Altura de água útil (m)	3,47
Altura mínima de água no reservatório (m)	3,00

Fonte: Sanepar (2020).



2.2 Coleta de Dados

Para a pesquisa, foi instalado, entre os dias 06 e 25 de agosto de 2020, um medidor de vazão marca CONAUT com modelo IFC300W, número de série C13503336, que registrou a vazão a cada 1 minuto, totalizando 25920 aquisições de vazão. O data logger utilizado no medidor de vazão é modelo LogBox-DA, número de série 18022811.

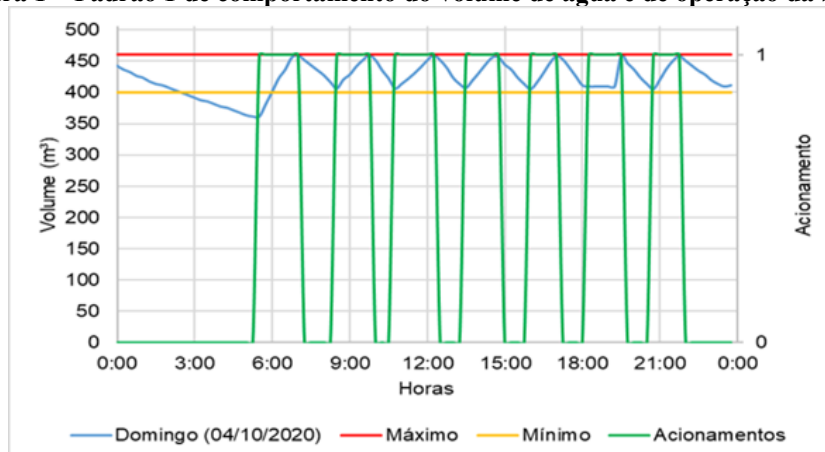
Os níveis do reservatório superior foram obtidos por meio da instalação de um medidor de nível da marca WIKA e modelo LH-10, que registrou os níveis de a cada 15 minutos, entre os dias 30 de setembro e 16 de outubro, totalizando 1552 aquisições de nível. O data logger utilizado no medidor de nível é modelo LogBox-AA, número de série 12350560.

3 RESULTADOS

A partir da curva de permanência dos registros de vazões foi possível identificar que a vazão de bombeamento de $90 \text{ m}^3/\text{h}$ ocorre em 50% do tempo de funcionamento da elevatória, dessa forma, adotou-se essa vazão como a de entrada do reservatório. Com os registros dos dados de nível do reservatório superior pode-se determinar os acionamentos do conjunto motobomba e, aliado a vazão de entrada do reservatório, o consumo horário de água.

Assim, identificou-se dois padrões de comportamento do volume de água. No primeiro padrão, fig. 1, foi possível identificar os acionamentos e desligamentos da bomba em virtude da ocorrência do volume máximo, 460 m^3 , o volume mínimo identificado foi de 400 m^3 , a diferença de 60 m^3 representa 47 cm de rebaixamento no nível do reservatório. Cabe ressaltar que o volume de água no reservatório atinge valores abaixo de 400 m^3 antes das 5 horas da manhã, pois foi programado para não operar antes desse horário.

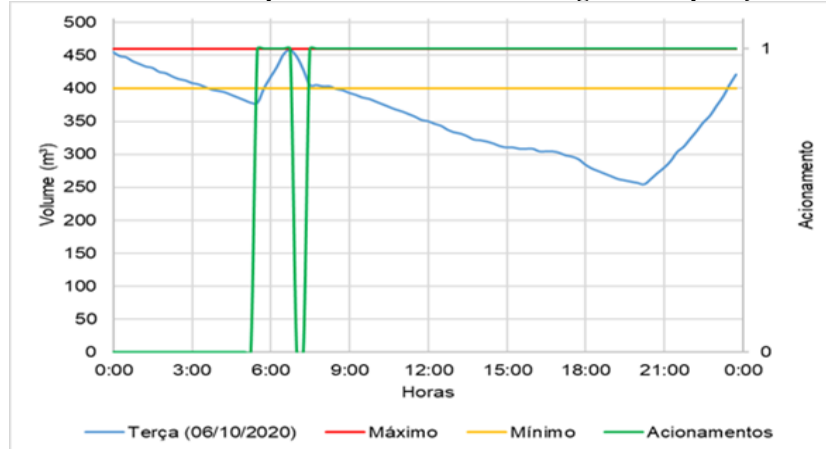
Figura 1 – Padrão 1 de comportamento do volume de água e de operação da bomba



Fonte: Autoria própria (2021)

No segundo padrão, fig. 2, não são evidentes os acionamentos e desligamentos do sistema, já que o volume de água inicialmente decresce, tem um aumento próximo as 6 horas da manhã, com o acionamento do conjunto conforme a programação do sistema. Nas situações em que o volume de água atingiu valores menores do que 400 m^3 considerou-se que a bomba permanecia acionada, pois essa elevatória exportava água para o subsistema da estação de tratamento.

Figura 2 – Padrão 2 de comportamento do volume de água e de operação da bomba



Fonte: Autoria própria (2021)

Para o cálculo do volume consumido com o sistema de bombeamento ligado utilizou-se a Eq. (1). A constante 22,5 refere-se a vazão de entrada, 90 m³/h, dividida em quatro intervalos de 15 minutos. Para a elevatória desligada, utilizou-se somente a diferença entre duas medições de volume sucessivas.

$$\text{Con} = V_n - V_{n-1} + 22,5 \quad (1)$$

Onde:

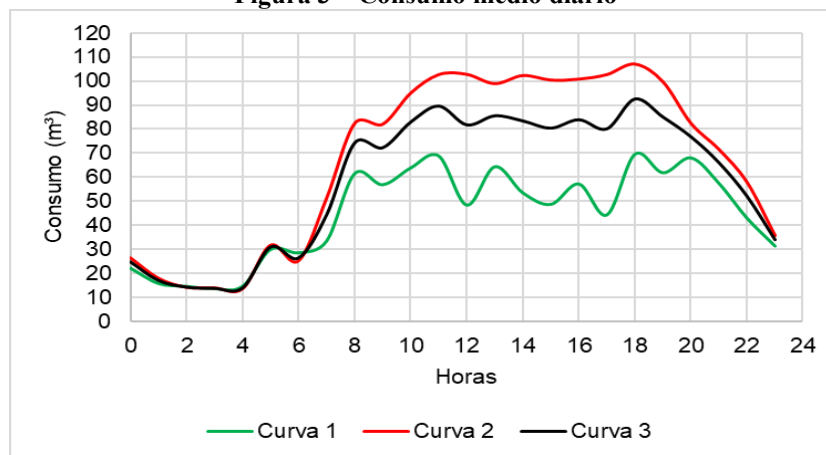
Con: consumo (m³/15 min);

V_n: volume registrado no instante (n) (m³/15 min);

V_{n-1}: volume registrado no instante (n-1) (m³/15 min).

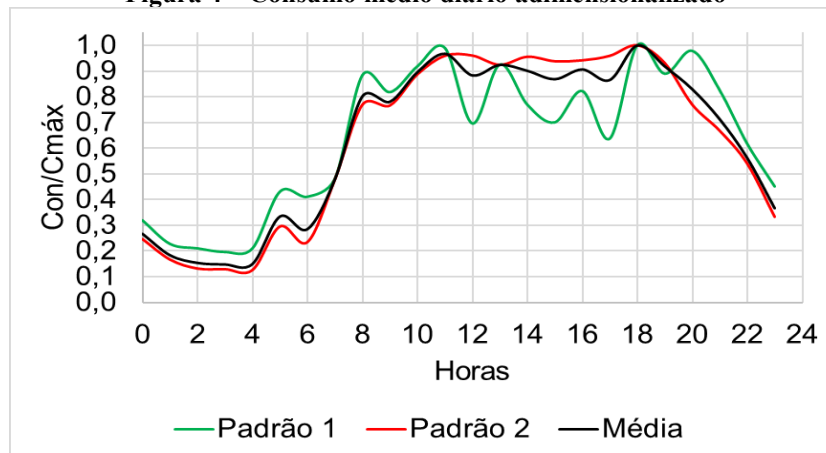
Da avaliação realizada, construiu-se três curvas de consumo médias que podem ser visualizadas na fig. 3. A curva 1 resultou do padrão de operação 1 e a curva 2 resultou do padrão 2, já a curva 3 representa a média entre ambos os padrões. O consumo diário para a curva 1 é de 1073,40 m³, para a curva 2 é de 1618,31 m³ e 1408,73 m³ para a curva 3. Na fig. 4 estão as curvas de consumo adimensionalizadas utilizando o consumo máximo (C_{máx.}).

Figura 3 – Consumo médio diário



Fonte: Autoria própria (2021)

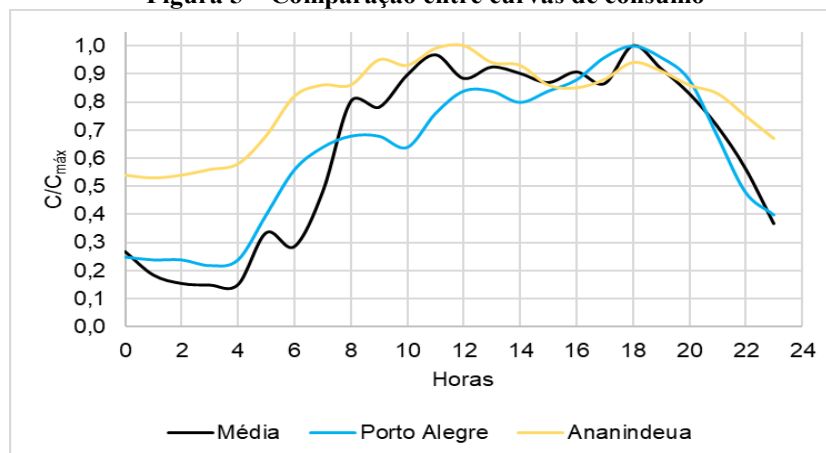
Figura 4 – Consumo médio diário adimensionalizado



Fonte: Autoria própria (2021)

Como pode ser visto na fig. 4, o período da madrugada, meia a noite às 6 horas, apresenta os menores valores de consumo. Das 6 às 8 horas o consumo aumenta em virtude das atividades domésticas, comerciais e industriais, após esse aumento, o consumo mantém-se constante até as 20 horas, horário em que, geralmente, as atividades comerciais são encerradas. Após as 20 horas o consumo diminui. Portanto, o período de tempo com maior consumo ocorre entre as 8 e 20 horas. Esse resultado é corroborado quando a curva média é comparada à curva de consumo do município de Ananindeua, PA, e de Porto Alegre, RS, como pode ser visualizado na fig. 5.

Figura 5 – Comparação entre curvas de consumo



Fonte: Autoria própria (2021)

4 CONCLUSÃO

Diante da análise dos padrões de comportamento do nível de água no reservatório ficou evidenciado que a elevatória tem dois padrões de acionamentos. No primeiro padrão, situação em que não há exportação de água, o rebaixamento máximo do nível é da ordem de 0,47 m, após esse rebaixamento a elevatória é ligada. No segundo padrão o subsistema passa a exportar água para o outro subsistema, em virtude do aumento do consumo de água. Nesse caso, o sistema é acionado e não desliga, pois, a demanda de água é maior que a vazão bombeada, e o nível máximo não é alcançado.



Conclui-se que o período das 8h às 20h é o período crítico para a operação do sistema de abastecimento de água. Também é possível concluir que a curva de consumo dessa cidade é similar com a curva de consumo de Porto Alegre capital do Rio Grande do Sul e, também, de cidade com clima diferente, caso de Ananindeua, PA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de saneamento do Paraná pela parceria técnica. Agradeço a professora Dra. Mariane Kempka pela orientação nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA. **Guia Técnico: Gestão Energética**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.
- DENARO, S.; ANGHILERI, D.; GIULIANI, M.; CASTELLETTI. *Informing the operations of water reservoirs over multiple temporal scales by direct use of hydro-meteorological data*. *Advances in Water Resources*, n. 103, p. 51-63, 2017.
- GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias**. 3 ed. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2009. 272p.
- GOMES, H. P.; CARVALHO, P. S. **Manual de Sistema de Bombeamento Eficiência Energética**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2012. 189p.
- HENRIQUES, K. R. Da S. **Diagnóstico hidroenergético e otimização operacional pela aplicação de algoritmos genéticos, de uma estação elevatória de água** (Dissertação de mestrado) / Kenny Rogers da Silva Henriques. - João Pessoa, 2018.
- IBGE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pitanga/panorama>>. Acesso em: 06 ago. 2021.
- SANEPAR. **CROQUI_GRGA_PITANGA_2020** (Arquivo não publicado). 2020.