



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Avaliação dos impactos econômicos do novo sistema de captação de água para abastecimento público da sede do município de Governador Valadares-MG

João Paulo Oliveira Silva¹, Roberto César de Almeida Monte-Mor²

¹ Graduando em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Itajubá, campus de Itabira, Itabira, Minas Gerais, Brasil. jpoliveirasilva@unifei.edu.br (autor correspondente). ² Professor Associado, Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, campus de Itabira, Itabira, Minas Gerais, Brasil. rmontemor@unifei.edu.br.

Artigo recebido em 23/11/2021 e aceito em 25/05/2022

RESUMO

Os sistemas de abastecimento de água caracterizam-se pelo elevado consumo de energia elétrica, que impacta na sustentabilidade econômico-financeira dos prestadores do serviço de saneamento e na tarifação. O sistema alternativo para atendimento da sede do município de Governador Valadares (Minas Gerais) captará água no rio Corrente Grande, com adução por gravidade às estações de tratamento de água na área urbana. Tendo em vista que o projeto é uma medida compensatória do rompimento da barragem de rejeitos de minério em Mariana e as discussões de viabilidade da obra, objetivou-se com este estudo avaliar os impactos econômicos do novo sistema de captação e adução para abastecimento público de água da sede de Governador Valadares. Para isso, estimou-se o consumo e as despesas anuais com energia elétrica para operação do sistema em construção, comparando com o sistema atual. Os resultados obtidos apontam que com o novo sistema ocorrerá aumento anual de 114,3% no consumo de energia elétrica, em comparação com o sistema atual, impactando nos custos operacionais da autarquia. Uma vez que o sistema está em construção, sugere-se que estudos mais específicos para substituição ou incremento de vazão a partir da nova captação e adução sejam realizados, no intuito de minimizar os impactos econômicos, ambientais e sociais. Com o estudo pode-se enfatizar a necessidade de análises econômicas na concepção dos sistemas de abastecimento de água, avaliando os custos de operação e manutenção.

Palavras-chave: Consumo de energia elétrica; Custos de operação; Tarifação; Viabilidade econômico-financeira.

Evaluation of the economic impacts of the new water collection system for public supply in the seat of Governador Valadares-MG

ABSTRACT

Water supply systems are characterized by high electricity consumption, which impacts the economic and financial sustainability of sanitation and pricing service providers. The alternative system to attend the head office of Governador Valadares municipality (Minas Gerais) will collect water from the Corrente Grande river, with gravity adduction to wastewater treatment plants, in urban area. Considering that the project is a compensatory measure for the collapse of Mariana ore tailings dam and discussions on the work feasibility, this study aimed to evaluate the economic impacts of the new catchment and adduction system for public water supply at Governador Valadares head office. For this purpose, the annual consumption and the electricity expenses for the operation of the system under construction have been estimated, compared to the current system. The results obtained show that with the new system there will be an annual increase of 114.3% in electricity consumption, compared to the current system. As the system is under construction, it is suggested that more specific studies need to be carried out to substitute or increase the flow from the new catchment and supply, in order to minimize the economic, environmental and social impacts. The study emphasizes the need for economic analysis in the design of water supply systems, evaluating operation and maintenance costs.

Keywords: Electric energy consumption; Operating costs; Charging; Economic-financial viability.

Introdução

A água é um recurso natural essencial para o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano. O fornecimento em quantidade e qualidade adequadas caracteriza-se como um serviço de saneamento básico, em que os sistemas

de abastecimento público desempenham fundamental importância para a garantia da regularidade, segurança e qualidade da água.

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs) são constituídos por unidades de captação,

elevação, adução, tratamento, reservação e distribuição. Nas diferentes etapas do processo utiliza-se energia elétrica, o que permite afirmar que esta é indispensável para o gerenciamento e operação dos sistemas (Lima e Brentan, 2019).

Os recursos hídricos e a energia elétrica possuem estreita relação, também conhecida como “nexo água-energia”, que tem assumido posição de destaque no planejamento de políticas estratégicas no planeta (Lopes, 2020). Schmidt (2020) e Silqueira et al. (2021) apontam que o setor do saneamento possui grandes oportunidades de melhorias e otimização para a redução do consumo de energia elétrica, com implementação de ações de eficiência energética.

De acordo com o diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS (Brasil, 2020a), em 2018 foram consumidos 11,5 TWh (Terawatt-hora) pelos SAAs no Brasil, com representatividade de aproximadamente 2,1% de toda a energia elétrica consumida no país (EPE, 2021).

Fortes (2016) afirma que as despesas com energia tendem a ser uma das mais representativas em relação aos custos totais de operação, precedidas apenas pelos custos com pessoal. Para Cipranic et al. (2021), o consumo de energia nos SAAs, associado ao índice de perdas na distribuição, torna ainda mais desafiadora a gestão das empresas prestadoras do serviço.

Os sistemas de água causam impactos ambiental e energético significativos, em que a operação segura e eficiente é crucial (Luna et al., 2019). Nesse sentido também, o uso racional e sustentável dos recursos energéticos torna-se necessário para a sustentabilidade econômica das companhias de abastecimento de água (Pereira, 2021).

A maior parte da energia elétrica consumida pelos SAAs – estimada por Gomes e Carvalho (2012) em 90% do consumo total – ocorre no funcionamento das estações elevatórias de água, onde há a transformação da energia elétrica em energia hidráulica para a transposição de regiões elevadas e distantes (Lima e Brentan, 2019). Por vezes, os gastos com bombeamento nas etapas de captação, adução e distribuição ultrapassam, ao longo da vida útil, os investimentos iniciais (Gomes, 2009). Nesse sentido, a redução dos altos custos com energia elétrica têm sido interesse das empresas de abastecimento de água (Faccioli, 2021).

No Brasil, os SAAs ainda apresentam vários problemas, entre os quais está a baixa eficiência energética. De acordo com Gomes

(2009), estima-se entre 25 e 30% a ineficiência energética na área de saneamento básico, que reflete aos consumidores nas taxas e tarifas cobradas. Na maioria dos sistemas podem ocorrer redução do consumo de energia implementando ações nas áreas construtivas, operacionais e administrativas.

Diante da problemática, estudos teóricos e práticos têm sido realizados para análise dos sistemas e otimização das condições técnico-operacionais, com avaliação de desempenho energético (Guanais, Cohim e Medeiros, 2017; Kuritza, 2017; Ferreira, Lopes e Pereira, 2020), propostas de substituição dos sistemas de bombeamento (Lemos, 2019; Raminelli, 2019; Sousa, Guedes e Roggen, 2021), análise de resultados das ações de operação (Andrade Sobrinho e Borja, 2016; Velloso et al., 2020), automação dos sistemas (Vasconcelos, Rocha e Alexandria, 2018; Fritz, Gimenes e Pina Filho, 2020; Pereira, 2021), implementação de medidas administrativas (Diniz, Silva e Dias Filho, 2017; Correia, Lucena e Cavalcante, 2021), entre outros.

Segundo Kuritza (2017), os estudos sobre consumo energético são indispensáveis para gestão e operação dos sistemas de saneamento. A implementação de ações contínuas de eficiência energética, sob as perspectivas econômica e financeira, proporciona redução das despesas, que representam custos evitáveis aos prestadores dos serviços e, consequentemente, aos usuários (Parras, 2020; Faccioli, 2021).

Destaca-se a necessidade de definir medidas de eficiência hidroenergética anteriores aos investimentos e construção dos SAAs. No planejamento de projetos devem ser realizados estudos criteriosos de viabilidade técnica, social, ambiental e econômica. Gomes (2014) afirma que para a confirmação de viabilidade do projeto, a análise econômica é imprescindível, uma vez que as despesas normalmente são elevadas. Além dos custos de investimento e implantação, os custos de operação e manutenção das instalações devem ser considerados.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) é o prestador responsável pelo abastecimento público de água do município de Governador Valadares – Minas Gerais. Por estar inserido na bacia hidrográfica do rio Doce e este curso d'água passar no território municipal, as captações de água ocorrem no próprio rio e em seus afluentes. O índice de atendimento de abastecimento de água da população urbana corresponde a 99,5%, por meio de 741 km de rede de distribuição (Brasil, 2020a).

A sede do município é atendida por quatro sistemas produtores, sendo eles, Estação de Tratamento de Água (ETA) Central, Penha, Santa Rita e Vila Isa, com capacidades individuais de 900 L/s, 55 L/s, 26 L/s e 216 L/s, respectivamente. A ETA Central, sistema com maior capacidade de produção, é responsável pelo atendimento superior a 60% da população urbana (PMSBGV, 2015).

Em novembro de 2015, com o rompimento da barragem de rejeitos de minério em Mariana, houve a interrupção da captação, tratamento e distribuição de água para a sede do município, devido a contaminação das águas do principal manancial utilizado para o abastecimento público (Agroflor, 2017).

O rompimento da barragem causou diversos impactos sociais, econômicos e ambientais. A liberação de um volume estimado de 44 milhões de metros cúbicos de rejeitos da atividade minerária causou a perda de 19 vidas humanas, além de diversos outros impactos diretos e indiretos nos cursos d'água locais e na bacia hidrográfica do rio Doce (Igam, 2020).

O aporte de sedimentos afetou, em maior ou menor grau, todos os rios a jusante, suas várzeas e áreas adjacentes, com impactos aos ecossistemas aquáticos, usos da água ao longo dos cursos d'água e perda de biodiversidade (NHC-RHAMA, 2017). A alta carga de sedimentos causou a interrupção do abastecimento público de água, assim como o comprometimento das atividades de geração de energia elétrica, indústria, irrigação, pecuária, pesca, balneabilidade e turismo (ANA, 2019).

Diante dos danos causados pelo evento, o Ministério Público vem cobrando que as empresas responsáveis pela atividade mineradora realizem ações de reparação e compensação. O Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), celebrado entre o Ministério Público, os órgãos federais e estaduais e as mineradoras, inclui programas a serem desenvolvidos na recuperação da bacia hidrográfica atingida, por meio da Fundação Renova (TTAC, 2016).

A melhoria dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário é um dos programas de reparação, que tem como objetivo o uso de fontes alternativas para captação de água e redução da dependência do rio Doce, enquanto medida de segurança hídrica. O município de Governador Valadares é um dos contemplados no programa, que inclui levantamentos de campo, estudos de concepção e projetos básicos (Renova, 2021).

O TTAC, na cláusula 171, estabelece que nas localidades onde o sistema de abastecimento

público ficou com inviabilidade temporária devem construir sistemas alternativos de captação e adução e promover melhorias nas ETAs que possuem captação direta na calha do rio Doce. O município de Governador Valadares possui uma população de 282.164 habitantes (IBGE, 2021), população superior a 100.000 habitantes estabelecida no TTAC, e por isso, foi estabelecido que deveria reduzir em até 50% a dependência do abastecimento direto do rio Doce, a partir dos valores anteriores ao rompimento (TTAC, 2016).

Para a sede do município, os estudos preliminares apontaram duas principais alternativas: o rio Suaçuí Grande e o rio Corrente Grande, ambos afluentes do rio Doce. Após estudos mais específicos, o rio Corrente Grande foi identificado como melhor alternativa para a nova captação. Apesar da necessidade de maior comprimento da adutora, a decisão baseou-se principalmente na possibilidade de adução por gravidade do manancial às ETAs do município (Renova, 2021).

A bacia hidrográfica do rio Corrente Grande possui área de drenagem de 2.474,99 km², com vazão sem regularização de 3.267,24 L/s. Segundo NHC-RHAMA (2017), o trecho do curso d'água próximo ao ponto de captação estudado possui bom estado de conservação, com presença de remanescente florestal e mata ciliar. Quanto ao uso e ocupação, os autores observaram pastagens, cultivos nas zonas de várzea e pequenos povoados na bacia hidrográfica.

A captação no manancial ocorrerá em trecho há 3,0 km da foz no rio Doce, sob as coordenadas geográficas UTM X 797.267 e Y 7.894.245, Zona 23S. O sistema terá capacidade nominal de 900 L/s, correspondente à capacidade máxima admitida, com aplicação de 20% de fator de projeto (Agroflor, 2017). A nova adutora possuirá extensão total de 38 km, em trechos subterrâneos e superficiais (Renova, 2021).

A adutora irá transpor água bruta às ETAs Central, Vila Isa e Santa Rita, em que duas situações distintas foram propostas para divisão das vazões. Na primeira, a alimentação nominal das estações Santa Rita, Vila Isa e Central será de 36 L/s, 214 L/s e 650 L/s, respectivamente. Quando as ETAs Santa Rita e Vila Isa não estiverem em operação toda a vazão captada será direcionada à estação Central (Agroflor, 2017). A captação superficial para abastecimento público foi autorizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), com deferimento de outorga de 20 anos (Renova, 2021).

As obras foram iniciadas em junho de 2018, em que a previsão inicial de conclusão da nova adutora era dezembro de 2021. Sob supervisão da Prefeitura Municipal, Câmara de Vereadores e do SAAE do município, o sistema possui custo total estimado de 155 milhões de reais. Todo o processo de regularização ambiental para o sistema alternativo será formalizado pelo SAAE, assim como a operação e manutenção (Renova, 2021). Portanto, a importância de avaliar os impactos do projeto sob a perspectiva da autarquia.

Nesse sentido, o objetivo geral do estudo foi avaliar os impactos econômicos do novo sistema de captação de água para abastecimento público da sede do município de Governador Valadares-MG. Os objetivos específicos foram: estimar o consumo energético do bombeamento e adução de água bruta à ETA Central; avaliar a despesa anual de energia elétrica da etapa de captação de água; comparar os benefícios e custos do sistema de recalque atual e alternativo; e determinar a relação custo/benefício dos sistemas.

A hipótese deste estudo é que os custos com energia elétrica na operação do novo sistema de captação de água para o município de Governador Valadares serão elevados, impactando a sustentabilidade econômico-financeira da autarquia responsável pelo serviço de saneamento.

Material e métodos

Caracterização do estudo

O presente estudo é caracterizado, quanto aos objetivos propostos, por uma pesquisa exploratória. Prodanov e Freitas (2013) afirmam que nesse tipo de pesquisa ocorre a maior familiaridade com o assunto para torná-lo mais explícito, com possibilidades de formulação de hipóteses e aprimoramento de ideias.

Quanto aos procedimentos, o trabalho é um estudo de caso, o que consiste no estudo aprofundado de um tema, de forma que permita seu amplo e detalhado conhecimento (Gil, 2002). O estudo de caso possui como essência a tentativa de esclarecer uma ou mais decisões, seus motivos, implementações e resultados (Prodanov e Freitas, 2013).

Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi dividida em quatro principais etapas, sendo elas: obtenção de dados e caracterização dos sistemas de captação e adução; definição das tarifas a serem consideradas; cálculos e comparação dos custos com energia elétrica; e análise econômica dos sistemas.

O sistema alternativo de água contemplará as etapas de captação no rio Corrente Grande e adução às ETAs na sede municipal, em que o tratamento, reservação e distribuição serão realizados utilizando a estrutura já existente. As análises do presente trabalho foram delimitadas à situação em que toda a vazão de água captada (900 L/s) será destinada ao principal sistema produtor do município (ETA Central). Para a comparação considerou-se as etapas de captação e adução dos sistemas atual e alternativo, avaliando os custos energéticos e os impactos a partir da perspectiva do prestador do serviço de abastecimento e dos usuários.

Além disso, adotou-se a condição de substituição da fonte de captação (rio Doce pelo rio Corrente Grande), uma vez que para o incremento da vazão seria necessário o aumento da capacidade de tratamento e reservação do sistema de abastecimento atual.

Para a obtenção dos dados e caracterização do sistema atual de abastecimento foram consultados os diagnósticos do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Governador Valadares (PMSBGV, 2015) e do SNIS (Brasil, 2020a). O sistema alternativo foi caracterizado por meio de análise de estudos preliminares, relatórios técnicos e documentos fornecidos pelos órgãos responsáveis pela avaliação dos processos de outorga (Igam e Superintendência de Projetos Prioritários - Suppri).

Uma vez que não foram fornecidos dados detalhados pelo prestador do serviço de abastecimento, considerou-se a tarifa média de fornecimento de energia elétrica com impostos para o ano de 2020. Dentre as classificações, os sistemas de abastecimento de água se enquadram na categoria de Serviço Público, com nível de média ou alta tensão (Gomes, 2014). Nesse sentido, o dado obtido corresponde à classe de consumo Serviço público (água, esgoto e saneamento) e faixa de tensão A4 (2,3 a 25 kV), específico da Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG Distribuição (ANEEL, 2021).

Devido à falta de informações detalhadas da autarquia – como economias por categorias (residencial, comercial, industrial, pública ou residencial social) e faixas de consumo – e o município não possuir agência reguladora dos serviços de saneamento básico, foi adotada a tarifa média de água (IN005_AE) de Governador Valadares, obtida junto ao diagnóstico do SNIS, referente ao ano de 2019.

Para a análise econômica é indispensável considerar os benefícios adquiridos com o serviço

de abastecimento público, que correspondem ao valor monetário arrecadado na captação, tratamento e distribuição de água. O volume anual faturado se manterá com o sistema alternativo, portanto, os benefícios serão iguais. Os benefícios anuais foram calculados pela equação a seguir.

$$B = VA_{\text{dist}} \times Tar_{\text{med}} \quad (1)$$

onde,

B – benefício anual do sistema (R\$/ano);

VA_{dist} – volume anual distribuído, correspondente ao volume faturado (m^3 /ano);

Tar_{med} – tarifa média de água cobrada pelo SAAE (R\$/ m^3).

Os SAAs possuem perdas de água na distribuição, logo, o volume de água tratada e distribuída não equivale ao volume efetivamente faturado. O índice de perdas na distribuição (IN049_AE) foi consultado no diagnóstico do SNIS, em que os dados são disponibilizados pela própria empresa.

O custo anual do consumo de energia elétrica do sistema de bombeamento e adução foi estimado pela Equação 2, conforme Gomes (2014).

$$C_e = P \times T_c \times n_b \quad (2)$$

em que:

C_e – custo anual total da energia elétrica, em R\$/ano;

P – potência total requerida pelos motores elétricos, em kW;

T_c – tarifa relativa ao consumo de energia elétrica, em R\$/kWh;

n_b – número de horas de bombeamento anual, em horas/ano.

Para os cálculos de consumo de energia elétrica, a definição do número de horas de bombeamento é indispensável. Segundo Gomes (2014) a tarifa no horário de ponta, ou horário de pico de energia, é significativamente maior do que a tarifa fora de ponta, o que pode corresponder a dez vezes mais. Para evitar o funcionamento nesse horário, utiliza-se a capacidade de reserva dos sistemas de tratamento e distribuição.

Devido ao aumento da tarifa de energia elétrica no horário de ponta, Kuritza (2017) ressalta que deve ser evitada a operação do sistema nesse

intervalo de tempo, de forma parcial ou total. Por isso, este estudo considerou a interrupção do bombeamento no período, que no estado de Minas Gerais ocorre das 17h às 20h (CEMIG, 2021). Em vista disto, o número de horas diárias de funcionamento do conjunto motobomba equivale a 21 horas, com operação em 365 dias no ano.

Para avaliação econômica, utilizou-se o método de relação custo/benefício, segundo Gomes (2014). Este método possibilita a análise de viabilidade econômica em valores monetários. Neste estudo, os benefícios correspondem às arrecadações diretas com o serviço prestado e as despesas relacionadas ao consumo e custos com energia elétrica nas etapas de captação e adução. Os cálculos permitiram a comparação entre os dois sistemas.

Resultados e discussão

Os diagnósticos anuais do SNIS fornecem os dados disponibilizados pelos próprios prestadores dos serviços de saneamento básico para cada município. Para o ano de 2019 – diagnóstico mais atual – o índice de perda de água na distribuição do município de Governador Valadares correspondeu a 47,48% e a tarifa média de água a R\$ 3,24 por m^3 .

Por meio da Equação 1, considerando a vazão captada e o índice de perdas na distribuição, os benefícios anuais de ambos os sistemas, com a cobrança das tarifas, são iguais a R\$ 48.296.854,20, por ano. Esse valor, somado às taxas de serviço (como ligações de água) e multas subsidiam no desempenho financeiro da autarquia.

Pasin (2015) afirma que os valores arrecadados contribuem para a sustentabilidade financeira dos prestadores de serviço de abastecimento, uma vez que cobrem parcial ou totalmente as despesas fixas e possibilitam investimentos nos setores.

O dimensionamento de conjuntos motobombas considera a necessidade de superação de cotas altimétricas e as perdas de carga para a transposição da água. A Tabela 1 apresenta as características dos conjuntos motobombas da instalação atual e do sistema projetado.

Tabela 1. Caracterização dos sistemas de captação atual e alternativo

Sistemas	Atual		Alternativo
	Principal	Auxiliar	
Quantidade de bombas (operação)	2	2	3
Vazão individual (L/s)	350	80	360
Potência de cada bomba (kW)	110	37	210

Fonte: PMSBGV (2015); Agroflor (2017).

A ETA Central localiza-se às margens do rio Doce, no centro da sede urbana. O sistema possui duas captações no rio Doce: a principal e a auxiliar. No início da captação principal ocorre o gradeamento, logo após o desarenador e o poço de sucção para tomada das bombas de eixo vertical. Na outra captação, a tomada de água bruta ocorre diretamente no rio, por meio bombas centrífugas horizontais (PMSBGV, 2015).

A nova adutora possuirá diâmetro da tubulação de 900 milímetros e extensão de 38 km. A captação ocorrerá no rio Corrente Grande na cota 185 metros (m) e a ETA Central localiza-se na altitude de 179 m, com elevação mais desfavorável no trajeto da adução de 222,4 m. Diante das características topográficas, o sistema foi dimensionado com adução por gravidade da água bruta até às ETAs (Agroflor, 2017).

O sistema de captação em construção funcionará por meio de canal de adução, que possuirá dois desarenadores. Após o canal de adução, a água será encaminhada para um reservatório, onde quatro bombas verticais, sendo uma reserva, serão instaladas. As bombas possuirão inversor de frequência, assim será possível controlar a partida e ajustar a vazão captada. A casa de bombas será alimentada por uma subestação elétrica de 13 kV de tensão (Agroflor, 2017).

No requerimento de outorga foram apresentadas as curvas de referência das bombas dimensionadas para atender os objetivos do projeto. Adotou-se o diâmetro de sucção de 679 mm, o maior diâmetro apresentado, e, portanto, potência correspondente de 210 kW.

O sistema de distribuição atual, que também atenderá o sistema alternativo, possui seis estações elevatórias de água tratada, sendo elas: Central, Vila Rica, Ilha dos Araújo, Conjunto Sir, Vila Mariana e Central Altinópolis (PMSBGV, 2015). Somado ao bombeamento para a captação e adução de água bruta, o consumo de energia elétrica nessas estações de recalque representará as principais despesas com eletricidade da autarquia.

No ano de 2020, a tarifa média de fornecimento de energia elétrica com impostos da CEMIG Distribuição para a classe de consumo Serviço público e faixa de tensão A4 (2,3 a 25 kV) foi de R\$ 626,70, por MWh consumido (ANEEL, 2021).

A Equação 2 foi utilizada para a determinação do consumo anual de energia elétrica nas etapas de captação e adução dos sistemas. A tabela a seguir apresenta o resumo dos valores considerados e os resultados obtidos com os cálculos.

Tabela 2. Consumo e custo anual com energia elétrica dos sistemas.

Sistemas	Atual	Alternativo
Tarifa média de fornecimento com impostos (R\$/kWh)		0,6267
Horas de bombeamento anual (h/ano)		7.665
Potência total requerida pelo sistema (kW)	294	630
Consumo anual (kWh/ano)	2.253.510	4.828.950
Custo anual com energia elétrica (R\$/ano)	1.412.274,72	3.026.302,97

Uma vez que a vazão faturada, considerando o mesmo índice de perdas na distribuição, é semelhante nos dois sistemas, pode-se fazer a comparação entre os resultados obtidos. Infere-se que o sistema alternativo requer maior

potência para bombeamento da água captada, o que eleva o consumo energético e os custos com energia elétrica.

A adução por gravidade, comparada com as outras aduções, é um processo mais econômico.

A transposição de fluídos somente por gravidade, além de facilitar a operação e manutenção dos sistemas, atenuam no custo com energia elétrica, tendo em vista as despesas com bombeamento (Heller e Pádua, 2006). Pereira e Condurú (2014) também afirmam que o escoamento por gravidade em adutora minimiza as despesas com energia elétrica, porém, reiteram que outros fatores influenciam no consumo energético, entre eles, a extensão da adutora.

Kuritz (2017), simulando diferentes combinações de alturas geométricas, comprimentos e diâmetros de uma linha adutora, verificou que, para a mesma altura geométrica e diâmetro ótimo, o maior comprimento da adutora é um fator que eleva o consumo de energia elétrica.

Segundo a autora, com a maior extensão da adutora ocorre o aumento do consumo específico, indicador da relação entre o consumo de energia e o volume bombeado.

Apesar da possibilidade de adução da água bruta por gravidade do rio Corrente Grande à ETA Central, nota-se que os custos de operação do novo sistema são elevados e irão superar o atual, devido, principalmente, ao comprimento da nova adutora. Mesmo com o desnível favorável para a adoção do método, a potência requerida pelo conjunto motobomba na captação e transposição da água bruta justifica a elevação do consumo de eletricidade. O Gráfico 1 apresenta os dados de consumo e as despesas com energia elétrica no sistema operado pelo SAAE do município.

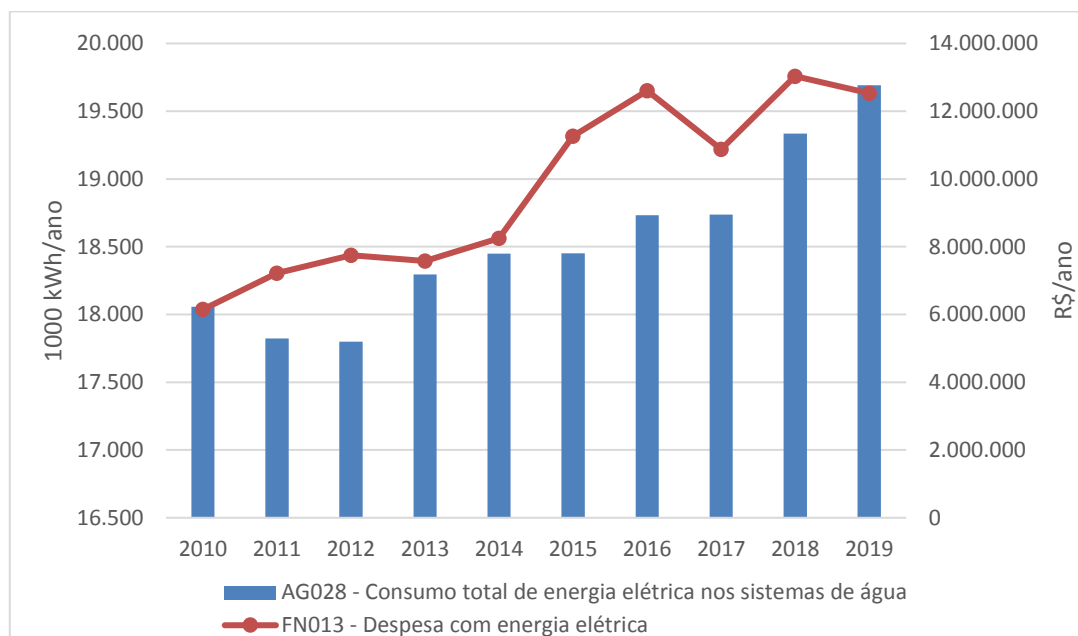


Gráfico 1. Consumo e despesa de energia elétrica do SAAE de Governador Valadares.

Fonte: Brasil (2020a).

Observa-se a tendência de crescimento no consumo de energia elétrica no sistema de abastecimento de água. Os aumentos no atendimento da população com o serviço de saneamento básico e no volume produzido e tratado explicam os dados apresentados no gráfico.

A partir do gráfico, infere-se também que ocorreram elevações e quedas nas despesas com energia elétrica no período, mesmo comportamento observado por Lopes et al. (2020). Brasil (2020a) justifica que os cenários de escassez hídrica, os reajustes tarifários e o sistema de bandeiras têm impactado no comportamento das despesas dos prestadores do serviço de abastecimento de água.

O autor reforça a necessidade da gestão adequada dos recursos energéticos para que não ocorram impactos negativos na sustentabilidade econômico-financeira.

Utilizando modelos, Costa e Cortês (2015) também verificaram a tendência de aumento no consumo e despesas com energia elétrica nas companhias de abastecimento de água. Os autores estimaram que aumentando em 1% o consumo total de energia elétrica nos SAAs, ocorre, em média, o crescimento de 0,77% nas despesas com energia elétrica para os prestadores do serviço, e explica que essas despesas possuem relação diretamente proporcional com o consumo.

Avaliando as etapas de captação e adução dos sistemas estudados (Tabela 2), mesmo diante das incertezas com as tarifas de energia elétrica, pode-se afirmar que a maior potência requerida na operação do novo sistema elevará o consumo e as despesas com energia elétrica do SAAE.

Os custos com a substituição do sistema resultarão em acréscimo de R\$ 1.614.028,25 por ano nas despesas operacionais do SAAE, apenas em relação ao consumo de energia elétrica, o que representa 114,3% de aumento na prestação do serviço, comparado com o sistema atual.

Para a análise financeira calculou-se a relação custo/benefício das etapas de captação e adução. Considerando essas etapas, o sistema atual possui relação de 2,92%, enquanto no sistema alternativo a projeção indica que corresponderá a 6,27%. Ou seja, maior será a representatividade dos custos com a captação e adução no novo sistema, impactando no desempenho financeiro da autarquia e, ou, nas tarifas estabelecidas aos usuários do serviço.

No SAAE de Governador Valadares a tarifa é revisada e ajustada periodicamente. Dados do SNIS apontam tendência crescente no valor da tarifa média de água e esgoto (tarifa média praticada) cobrada pela autarquia. Em 2019, a tarifa média de água correspondia a R\$ 3,24, por m³ (Brasil, 2020a).

A remuneração pela cobrança dos serviços de abastecimento de água é um dos mais importantes instrumentos que auxiliam os prestadores na sustentabilidade econômico-financeira. Segundo a Lei Federal nº 14.026/2020 (novo marco legal do saneamento básico), na regulação dos serviços deve-se definir tarifas que assegurem o equilíbrio econômico-financeiro, por meio de mecanismos que promovam eficiência e eficácia dos serviços, compartilhando os ganhos de produtividade com os usuários (Brasil, 2020b). No contexto, Ghinis e Fochezatto (2021) destacam que custos provenientes de ineficiências na prestação dos serviços de saneamento não podem ser repassados aos usuários.

Nos últimos dez diagnósticos, apenas em dois (2014 e 2018) o SAAE municipal apresentou desempenho financeiro superior a 100%, ou seja, as arrecadações foram superiores do que as despesas totais (Brasil, 2020a).

As despesas com energia elétrica constituem custos variáveis na operação dos sistemas, no entanto, correspondem a consideráveis porcentagens. Entre os anos de 2010 e 2019, as despesas com energia elétrica representaram entre 12,6 e 16,9% das despesas

totais com serviços do SAAE. O aumento e redução das despesas influenciam no desempenho financeiro dos prestadores do serviço e investimentos.

Visto a representatividade das despesas da autarquia com energia elétrica e a constatação deste estudo (aumento no consumo e despesa com energia elétrica), espera-se que ocorra aumento nos custos operacionais do novo sistema. Para manter o equilíbrio econômico-financeiro, há a tendência de acréscimos nas tarifas cobradas, que devem ser analisados na revisão e ajustes periódicos.

Cruz e Ramos (2015) afirmam que a regulação econômica ideal dos sistemas de saneamento deve maximizar o bem-estar social, com a promoção da universalização do acesso, a equidade e eficiência no consumo para as gerações atual e futura. Nesse sentido, com a possibilidade de aumento nos custos operacionais, pode-se afirmar que a substituição do sistema causará impactos negativos na esfera social.

Não foi objetivo da presente pesquisa avaliar os custos de manutenção do sistema, contudo, essa variável influenciará nas despesas do SAAE de Governador Valadares e, como consequência, também impactará na tarifa de água. Dado que a captação atual ocorre próximo do rio Doce, espera-se que ocorra aumento dos custos na prestação do serviço, devido a extensão da adutora em construção.

Sob uma perspectiva ambiental, o consumo elevado de energia elétrica nos SAAs impacta o meio ambiente por meio da emissão dos gases do efeito estufa, resultante da etapa de geração de energia. A substituição do sistema e o aumento do consumo de energia elétrica tornam-se contrários às iniciativas nos setores energético e industrial (Guanais, Cohim e Medeiros, 2017).

Devido à falta de informações detalhadas sobre a operação do sistema, este estudo considerou a substituição do sistema atual. Mesmo que a vazão do sistema alternativo seja utilizada como incremento àquela captada no rio Doce, espera-se que ocorra o aumento nas tarifas, uma vez que o consumo de energia elétrica será maior e, como consequência, as despesas operacionais serão mais elevadas.

Tendo em vista o contexto de segurança hídrica associado ao novo sistema de abastecimento de água e a conservação da bacia hidrográfica do rio Corrente Grande (considerada muito boa nos estudos preliminares), pode-se apontar a possibilidade de economia na etapa de tratamento, como, por exemplo, na redução de consumo de produtos químicos. Nesse sentido,

menores ou nulos poderão ser os impactos negativos na tarificação.

No intuito de otimizar o serviço de abastecimento de água no município de Governador Valadares, contribuindo com a eficiência energética, sugere-se que sejam implementadas medidas para redução no índice de perdas de distribuição. De acordo com Wyatt et al. (2021), a redução de perdas de água representa custos evitáveis para as companhias de abastecimento de água, impactando positivamente a gestão econômica.

No contexto de escassez hídrica e necessidade de captações alternativas para abastecimento público de água, destaca-se a necessidade de realizar prognósticos dos custos operacionais e de manutenção dos sistemas, a fim de verificar sua viabilidade econômico-financeira. Além da disponibilidade hídrica e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, torna-se necessário o estudo das fases de operação e manutenção, no intuito de minimizar os impactos ambiental, social e econômico.

Conclusões

Os serviços de abastecimento de água contribuem para o bem-estar da população e universalização do acesso ao saneamento. Os sistemas caracterizam-se pelo elevado consumo de energia elétrica, gerando despesas que impactam na sustentabilidade econômico-financeira dos prestadores e na tarificação.

O novo sistema de abastecimento de água do município de Governador Valadares, enquanto medida compensatória do rompimento de barragem de minério em Mariana, captará água no rio Corrente Grande, com adução por gravidade às três estações de tratamento de água na sede urbana. Devido o consumo de eletricidade nas etapas de captação e adução, estima-se o aumento de 114,3% no consumo de energia elétrica, que poderá impactar negativamente na tarificação.

Uma vez que o sistema alternativo está em construção, com altos investimentos e expectativa dos gestores municipais e da população, sugere-se que estudos específicos para substituição ou incremento de vazão a partir da nova captação sejam realizados, no intuito de implementar ações que minimizem os impactos nas esferas econômica, ambiental e social.

Em vista do contexto de avaliação de mananciais e sistemas alternativos para atender a demanda e dos princípios de segurança hídrica, com a pesquisa pode-se enfatizar a importância da

análise econômico-financeira anterior aos investimentos com obras.

Referências

- Agroflor. Agroflor Engenharia e Assessoria em Gestão Empresarial, 2017. Relatório técnico de outorga de uso de recursos hídricos: captação em corpos de água. Governador Valadares.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília.
- Andrade Sobrinho, R.; Borja, P. C., 2016. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental* [online] 21. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016116037>. Acesso: 07 ago. 2021.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2021. Relatórios de consumo e receita de distribuição. Disponível: <https://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>. Acesso: 09 set. 2021.
- Brasil(a). Ministério do Desenvolvimento Regional - Secretaria Nacional de Saneamento, 2020a. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília.
- Brasil(b). Lei nº 14.026, de 15 de Julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. 2020b. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm. Acesso: 20 out. 2021.
- CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. 2021. Valores de tarifas e serviços. Disponível: <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>. Acesso: 09 set. 2021.
- Cipranic, I.; Jevric, M.; Radulovic, M.; Sekulic, G., 2021. The energy – pressure nexus in the water supply system. *Water Supply* [online] 21. Disponível: <https://doi.org/10.2166/ws.2020.285>. Acesso: 03 nov. 2021.
- Correia, T. S., Lucena, W. G. L., Cavalcante, P. R. N., 2020. Desempenho, Gestão das Perdas Técnicas e Eficiência Energética do setor de saneamento. *Management Control Review* [online] 6. Disponível: <http://dx.doi.org/10.51720/mcr.v6i1.4168>. Acesso: 15 set. 2021.
- Costa, S. A. B., Cortês, L. S., 2013. Avaliação dos componentes da tarifa média e da estrutura de custos dos prestadores regionais de água e de

- esgoto do Sudeste brasileiro: um estudo baseado no SNIS 2010. Regulação – Associação Brasileira de Agências de Regulação 8, 1-28.
- Cruz, K. E. A.; Ramos, S. F., 2015. Em busca de uma regulação econômica adequada ao sistema de saneamento: uma análise da regulação sob a ótica da universalização no acesso e da eficiência econômica. Engenharia Sanitária e Ambiental 28.
- Diniz, C. D.; Silva, L. P.; Dias Filho, R., 2017. Diagnóstico Energético em um Sistema de Abastecimento de Água. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada [online] 4. Disponível: <https://doi.org/10.25286/rep.v2i4.271>. Acesso: 15 out. 2021.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2021. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021. Brasília.
- Faccioli, A. C., 2021. Otimização energética em sistemas de abastecimento de água utilizando o EPANET. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Ferreira, J. F.H.; Lopes, R. M.; Pereira, J. A. R., 2020. Impacto do desempenho hidroenergético de sistema de abastecimento de água no consumo de energia elétrica em campus universitário. Revista DAE [online] 68. Disponível: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.019>. Acesso: 12 set. 2021.
- Fortes, L. R., 2016. Análise de sistema de distribuição de água com a aplicação de balanço hídrico energético. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá.
- Fritz, R. T.; Gimenes, J. C.; Pina Filho, A. C., 2020. Um estudo da automação para redução de perdas na rede de distribuição de água. Brazilian Journal Of Development [online] 6. Disponível: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n8-161>. Acesso: 15 set. 2021.
- Ghinis, C. P.; Fochezatto, A., 2021. Impactos regulatórios no desempenho econômico das empresas de saneamento básico no Brasil: estimativas com o uso de dados em painel, 1995-2017. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento 10, 79-98.
- Gil, A. C., 2002. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo.
- Gomes, H. P., 2014. Avaliação Econômica: eficiência energética. João Pessoa.
- Gomes, H. P., 2009. Eficiência hidráulica e energética em saneamento. João Pessoa.
- Gomes, H. G.; Carvalho, P. S., 2012. Manual de sistemas de bombeamento: eficiência energética. João Pessoa.
- Guanais, A. L. R.; Cohim, E. B.; Medeiros, D. L., 2017. Avaliação energética de um sistema integrado de abastecimento de água. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental [online] 22. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017146180>. Acesso: 15 abr. 2021.
- Heller, L.; Pádua, V. L., 2006. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Governador Valadares. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/governador-valadares/panorama>. Acesso: 15 out. 2021.
- Igam. Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2020. Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 5 anos de rompimento da barragem de Fundão 2015-2020. Disponível: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3215>. Acesso: 15 abr. 2021.
- Kuritza, J. C., 2017. Metodologia para avaliação da eficiência energética de sistemas de bombeamento de água com velocidade de rotação variável. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Lemos, V. C., 2019. Análise da eficiência hidroenergética e dimensionamento econômico do sistema de recalque de água bruta do rio Mumbaba para o rio Marés, localizado no município de João Pessoa-PB. Monografia de Graduação. Universidade Federal da Paraíba.
- Lima, G. M.; Brentan, B. M., 2019. Uso racional de energia em sistemas de abastecimento de água. Revista UFMG 12, 108-135.
- Lopes, R. M., 2020. Metodologia para otimização da regra de operação e avaliação do custo do ciclo de vida de sistemas de bombeamento de água. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Lopes, R. M. et al., 2020. Determinação da despesa com energia elétrica na lavagem de filtro rápido de estação de tratamento de água. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental [online] 25, 145-155. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020176367>. Acesso: 15 dez. 2021.
- Luna, T. et al. Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization. Journal of Cleaner Production [online] 213. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.190>. Acesso: 29 out. 2021.
- NHC-RHAMA. NHC Brasil Consultores Ltda.; RHAMA Consultoria Ambiental Ltda, 2017. Estudos de capacidade de mananciais

- superficiais e subterrâneos, visando a construção de sistemas alternativos de abastecimento de água. São Paulo.
- Parras, I. G., 2020. Modelo matemático para a otimização energética em sistemas de abastecimento, considerando zonas de pressão e condições estruturais. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Pasian, V. L., 2015. Sustentabilidade financeira de uma empresa prestadora de serviços de abastecimento de água e sua relação com a tarifa mínima de consumo. Monografia de Graduação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Pereira, C. A., 2021. Otimização de sistemas de abastecimento de água para redução do custo com energia elétrica: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Pereira, J. A. R.; Condurú, M. T., 2014. Abastecimento de água: informação para eficiência hidroenergética. João Pessoa.
- PMSBGV. Plano Municipal de Saneamento Básico de Governador Valadares, 2015. Diagnóstico da Situação da Prestação dos Serviços de Saneamento Básico: Sistemas de Abastecimento de Água. Governador Valadares.
- Prodanov, C. C.; Freitas, E. C. 2013. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo.
- Raminelli, L. K., 2019. Hierarquização de ações de eficiência hidroenergética em sistemas de abastecimento de água. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.
- Renova. Fundação Renova, 2021. Nova captação de água em Governador Valadares. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/adutoragv/>. Acesso: 15 abr. 2021.
- Schmidt, N. L., 2020. Avaliação da medição e verificação de resultados em eficiência energética: estudo de caso do PEE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá.
- Silqueira, M. G. et al, 2021. Methodological analysis for assessing the relation of the energy cost with losses of water – a case study. Research, Society and Development [online] 10. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20265>. Acesso: 15 nov. 2021.
- Sousa, S.; Guedes, M.; Roggen, L., 2021. Melhoria energética no sistema de bombeamento Copasa Cataguases/MG, Brasil. Água 15.
- TTAC. Termo de Transação e Ajustamento de Conduta, 2016. Dispõe sobre acordo entre o Governo Federal, Governo do estado de Minas Gerais, Governo do estado Espírito Santo e as mineradoras Samarco Mineração S/A, Vale S/A e BHP Billiton Brasil Ltda. Brasília.
- Vasconcelos, F. B.; Rocha, M. X.; Alexandria, A. R., 2018. Automação em um Sistema de Tratamento e Distribuição de Água: um estudo de caso. Conexões - Ciência e Tecnologia [online] 12. Disponível: <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v12i3.132> 3. Acesso: 15 set. 2021.
- Velloso, E. J. F.; Belchior, F. N.; Domingos, J. L.; Souza, D. A. S.; Faria, A. F., 2020. Eficiência energética em empresas de saneamento: estudo de caso da Companhia de Saneamento de Goiás S/A – Saneago. Engenharia de Produção [online] 1. Disponível: <http://dx.doi.org/10.37885/200901253>. Acesso: 03 nov. 2021.
- Wyatt, A. et al, 2021. Perdas de água: guia para determinar o nível econômico e metas progressivas de controle.