



AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ZONA URBANA DE SANT'ANA DO LIVRAMENTO (RS)

**Pedro Guido Mottes Bassegio¹, Leandro do Espírito Santo Soares², Mauricio
Dai Prá³, Eder Daniel Teixeira⁴, Guilherme Santanna Castiglio⁵**

^{1,3,4,5} Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas,
Avenida Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre - RS

² Departamento de Água e Esgoto de Sant'Ana do Livramento (DAE), Rua Moisés
Viana, 322 – Parque da Hidráulica, Sant'Ana do Livramento – RS

¹*pedroguido33@hotmail.com*

RESUMO

O presente artigo apresenta um panorama das condições operativas e de gestão dos recursos hidronegéticos dos sistemas urbanos de abastecimento de água do município de Sant'Ana do Livramento, localizado no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, no intuito de diagnosticar potenciais incongruências operacionais e de gestão. O trabalho encontra-se dividido em análises globais, compreendida pela avaliação da dinâmica do consumo de água, e análises individuais, caracterizadas pela determinação do balanço hídrico e cálculo do indicador de desempenho consumo específico de energia (CEE). Os resultados referentes à dinâmica de consumo de água para o ano de 2021 indicam que o consumo está atrelado às estações climáticas, sendo os meses de abril e novembro apontados como estratégicos para a gestão, por ocorrer inversão do comportamento da dinâmica de consumo de água. O balanço hídrico indicou, dadas as ressalvas da metodologia aplicada, níveis de perda de água superiores à média nacional para os quatro sistemas avaliados. Através do emprego do indicador CEE, tornou-se possível apontar, de forma preliminar, poços de bombeamento que necessitam maior monitoramento para confirmação dos baixos índices de eficiência energética verificados.

Palavras-Chave

Eficiência hidroenergética, gestão de recursos hídricos, sistemas de abastecimento de água.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água no Brasil necessitam de maiores investimentos financeiros, aprimoramento técnico e de gestão, no intuito de elevar os índices de eficiência energética no setor. As carências mencionadas demonstram o significativo potencial de melhoria referente à eficiência do serviço a partir dos dados apresentados no diagnóstico elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2020 [1]. Dentre os indicadores de desempenho presentes no diagnóstico [1] há dois que merecem destaque pelos seus baixos índices de eficiência, são eles: índice de perdas de água e o consumo específico de energia. O índice

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

médio de perda de água nacional, no âmbito da distribuição, atingiu a marca de 40,1%. O consumo específico de energia em média, apresentou valor de 0,73 kWh/m³, significativamente acima dos valores bases propostos pelo Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas apresentado em [2], sendo de 0,37 kWh/m³ para captações superficiais e 0,48 kWh/m³ para captações subterrâneas.

Altos índices de perda de água na distribuição impactam diretamente em gastos financeiros evitáveis pelas companhias, na qualidade do serviço e no potencial de investimentos em obras de ampliação e reparo dos sistemas de abastecimento geridos pelas concessionárias públicas e privadas. Concomitantemente, o uso ineficiente de energia elétrica em sistemas de abastecimento contribui para potencializar um dos mais onerosos custos das companhias de saneamento. Diante deste cenário, o desenvolvimento de métodos, técnicas, pesquisas e práticas que incentivem e desenvolvam o uso eficiente dos recursos hidroenergéticos pelas companhias tornam-se cada vez mais indispensáveis.

O principal objetivo deste artigo consiste em diagnosticar potenciais incongruências operacionais e de gestão dos sistemas e setores urbanos de abastecimento de água do município de Sant'Ana do Livramento, localizado no estado no Rio Grande Sul, Brasil. Desta forma, espera-se contribuir para o processo de aperfeiçoamento da gestão dos recursos hidroenergéticos por parte da autarquia municipal responsável pelo abastecimento.

2. METODOLOGIA

A metodologia encontra-se disposta e estruturada em cinco subtópicos visando melhor apresentar os procedimentos empregados.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se compreendida e limitada aos dezessete sistemas de abastecimento de água inseridos na zona urbana do município de Sant'Ana do Livramento (localizado na porção sudoeste do estado brasileiro do Rio Grande do Sul) cujo atendimento fica a cargo da autarquia municipal denominada DAE (Departamento de Água e Esgoto). Através da Figura 1 torna-se possível visualizar a localização do município de Sant'Ana do Livramento.

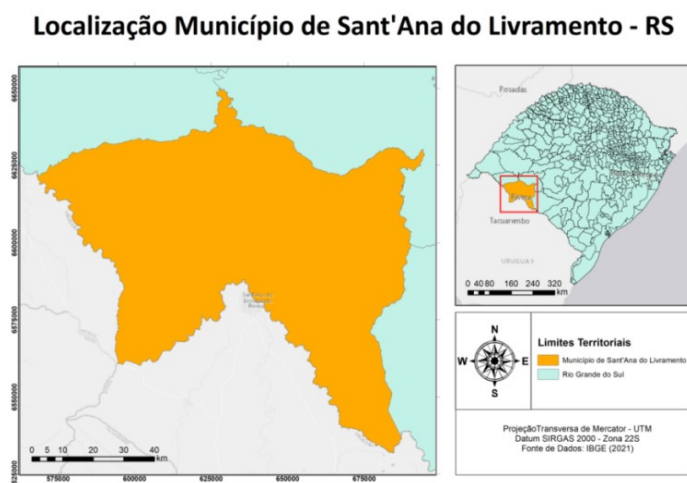


Figura 1. Localização do município de Sant'Ana do Livramento

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

Em termos populacionais, o município de Sant'Ana do Livramento apresenta estimativa populacional de 75.647 habitantes em 2021, conforme [3]. No âmbito econômico, as principais atividades desenvolvidas estão atreladas ao setor primário com destaque para a pecuária, agricultura e vitivinicultura, segundo [4].

A demanda de água dos sistemas de abastecimento da zona urbana é suprida exclusivamente por mananciais subterrâneos. Conforme consta em [4], o manancial subterrâneo de Sant'Ana do Livramento encontra-se compreendido dentro dos limites da área de abrangência do Aquífero Guarani, caracterizado como uma das maiores riquezas naturais existentes na cidade, pela capacidade de ofertar água em boa quantidade e qualidade.

2.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados neste artigo são provenientes dos registros mensais do ano de referência de 2021 e foram disponibilizados pelo DAE. O conjunto de dados disponibilizados engloba os sistemas de abastecimento e seus respectivos setores, número de economias ativas, número de economias totais e consumo de água mensal para cada setor. No âmbito da dinâmica operacional dos poços de captação de água, foram concedidos dados referentes à vazão média de captação dos poços, faturas de energia elétrica mensais dos equipamentos eletromecânicos responsáveis pela captação e recalque de água, além do número de horas operativas para determinados poços de captação.

2.3 DINÂMICA DE CONSUMO DE ÁGUA

A dinâmica de consumo de água é classificada como uma análise global, pelo fato de todos os 26 setores e 17 sistemas de abastecimento serem avaliados, em virtude de haver disponibilidade suficiente de dados para realizar esta análise. Uma vez obtidos o número de economias lidas e o volume medido para cada setor, empregou a Equação 1 para determinar o consumo mensal para cada mês do ano de 2021.

$$\text{CPE Mensal} = \frac{\text{VM}}{\text{NE}} \quad (1)$$

Sendo: CPE Mensal = Consumo de água por economia (m³/economia); VM = Volume Medido (m³); NE = Número de economias lidas (economias).

Após, calculou-se a média anual do setor visando avaliar a variação do consumo de água ao longo do ano referência. A variação do consumo mensal de água em relação à média anual, obteve-se a partir da aplicação da Equação 2.

$$\% \text{CPE} = \left(\frac{\text{CPE Mensal}}{\text{CPE Anual}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

Sendo: %CPE = Variação do consumo mensal de água por economia em relação à média anual do setor; CPE Anual = Consumo médio anual de água por economia medida do setor (m³/economia);

No intuito de avaliar as oscilações dos consumos mensais de água em relação à média anual do setor, foram estabelecidas faixas de variação percentuais, sendo elas: %CPE < -5% (remete à redução no consumo de água); -5% ≤ %CPE ≤ +5% (indica estabilidade no consumo de água); %CPE > +5% (aponta para o aumento no consumo de água).

2.4 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico juntamente com o indicador de desempenho CEE, encontram-se compreendidos dentro do conjunto de análises ditas como individuais. As análises individuais para determinados sistemas de abastecimentos de água só foram possíveis de serem realizadas pelo fato de haver maior disponibilidade de dados que possibilitaram avaliações além da dinâmica de consumo de água, obtendo maior nível de detalhamento no diagnóstico prévio.

Inicialmente abordando a metodologia do balanço hídrico, a mesma teve por objetivo avaliar os volumes aduzidos, perdidos e consumidos nos sistemas de abastecimentos aptos para a análise. Dentre os 17 sistemas urbanos de abastecimento de água existentes no município apenas 4 puderam ser avaliados, dada a disponibilidade de dados de tempo de operação dos conjuntos motobombas. Diante do exposto, apenas os sistemas AC-Hidráulica, Armour, Brasília e Registro foram contemplados pela realização do cálculo do balanço hídrico mensal para o ano de 2021. Importante salientar que o balanço hídrico mensal realizado para os sistemas de abastecimento avaliados ocorreu de forma simplificada, ou seja, não foram calculadas todas as parcelas constituintes que são detalhas pelo International Water Association [5].

O volume de entrada de água, para realizar o balanço hídrico, obteve-se através da multiplicação da vazão média de captação dos poços pelo número de horas operativas dos conjuntos motobombas. A parcela do volume consumido determinou-se por meio da aplicação da Equação 3, por considerar o número de total de economias existentes no sistema avaliado. Por fim, estimou-se a perda mensal de água, através do emprego da Equação 4.

$$VC = CPE \text{ Mensal} \cdot NTE \quad (3)$$

Sendo: VC = Volume consumido mensal (m³); NTE = Número total de economias;

$$PA = V_{\text{entrada}} - VC \quad (4)$$

Sendo: PA = Perda de água mensal (m³); V_{entrada} = Volume mensal de entrada de água no sistema (m³).

2.5 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

Uma vez concluída a apresentação da metodologia para obtenção do balanço hídrico, a última análise realizada no âmbito individual consiste na determinação do indicador de desempenho CEE. Através do CEE, tornou-se possível avaliar a dinâmica de consumo de energia por m³ bombeado ao longo do meses de 2021. Importante salientar que o indicador de desempenho CEE não permite comparações entre diferentes estações de recalque, pelo fato destas possuírem altura manométricas de operação diferentes, deste modo, o CEE limita-se a analisar, de forma individual, as estações de bombeamento ao longo do tempo.

Para que fosse possível avaliar o indicador de desempenho CEE de um determinado conjunto motobomba instalado em um poço de captação era necessário que três critérios fossem atendidos. O primeiro consiste em haver disponibilidade de dados de vazão média de captação do poço. O segundo critério, por sua vez, consiste em haver registro do número de horas operativas do conjunto motobomba. Por fim, o último critério define que a fatura de energia elétrica referente a um determinado conjunto motobomba instalado em um poço

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

de captação fosse individualizada, ou seja, não podia haver mais de um conjunto motobomba ou ponto de captação vinculado a uma mesma fatura de energia elétrica.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos encontram-se dispostos e organizados em três subtópicos: sendo eles: (3.1) Dinâmica de consumo de água, (3.2) Balanço hídrico e (3.3) Consumo específico de energia (CEE).

3.1 DINÂMICA DE CONSUMO DE ÁGUA

Na Figura 2, encontram-se apresentados os resultados referentes à dinâmica de consumo de água do município de Sant'Ana do Livramento.

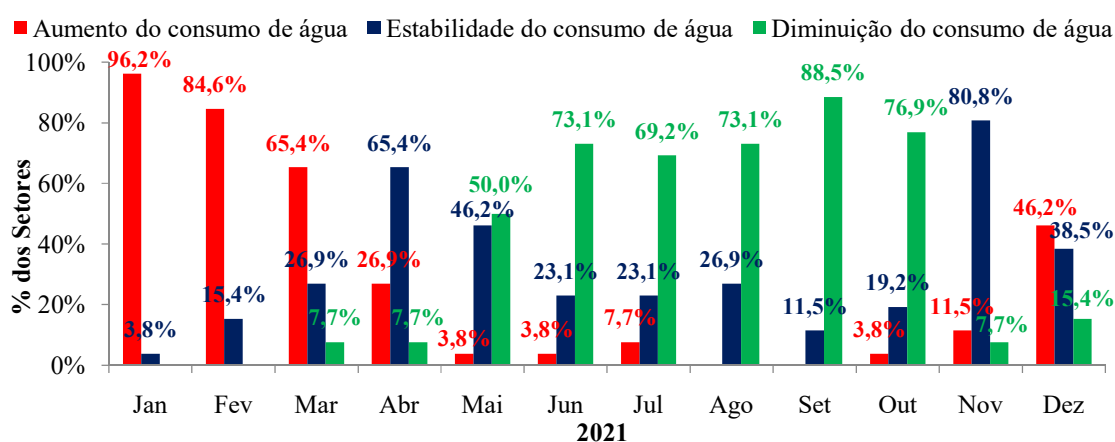


Figura 2. Variação do consumo de água ao longo do ano de 2021 para os setores de abastecimento da zona urbana de Sant'Ana do Livramento.

Através da Figura 2, constatou-se que a dinâmica de consumo de água apresenta períodos de comportamento de consumo bem definidos, conforme as estações do ano. Durante os meses de janeiro a março, meses de verão, verifica-se uma predominância de aumento no consumo de água, atingindo 96,2% dos setores em janeiro, ou seja, houve aumento em 25 dos 26 setores avaliados.

Em abril, após o término do verão, verifica-se uma mudança na dinâmica do consumo de água que tende a permanecer na maioria dos setores avaliados, próxima a média anual dos setores. De maio a outubro, período que compreendido entre o outono e início da primavera, constatou-se, na maior parte dos setores, redução do consumo de água. Destaca-se que em agosto e setembro, não houve aumento do consumo de água em nenhum dos 26 setores avaliados.

No mês de novembro, diagnosticou-se outro ponto de inflexão no consumo. Entretanto, a estabilidade de novembro registra-se precedida de elevado percentual de redução do consumo em outubro e seguida por aumento de consumo na maior parte dos setores, pelo fato de iniciar o período de verão, em dezembro. O comportamento do mês anterior e posterior de novembro é inverso ao registrado em abril 2021.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

3.2 BALANÇO HÍDRICO

Na Figura 3 é apresentado o percentual de perda de água, após a realização do balanço hídrico para os sistemas avaliados.

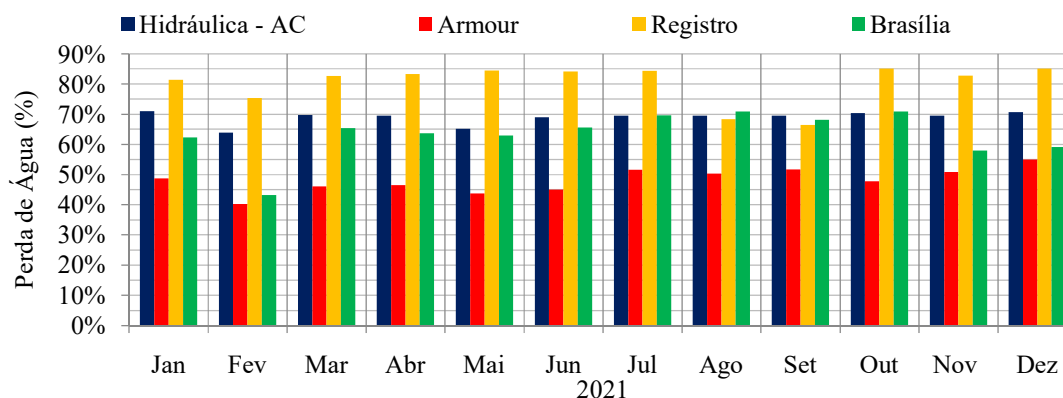


Figura 3. Percentual de perda de água mensal em 2021 para os sistemas avaliados.

Conforme observado na Figura 3, o percentual de perda de água manteve-se acima da média nacional de 40,1% [1], para todos os meses e sistemas, exceto no sistema Armour no mês de fevereiro. Em ordem crescente, as perdas médias anuais calculadas foram de 48,1%, 63,3%, 68,9%, 80,3%, para os sistemas Armour, Brasília, Hidráulica – AC e Registro, respectivamente. Referente ao sistema Registro, por apresentar o maior percentual médio de perda de água, apurou-se que uma parcela contabilizada como perda, trata-se, na verdade, de exportação de água visando suprir a demanda de outro sistema, deste modo, as perdas de água do sistema Registro são inferiores aos valores encontrados.

A confiabilidade do balanço hídrico está ligada ao nível de qualidade dos dados e às simplificações adotadas na metodologia de cálculo. Deste modo, destaca-se que os valores de perda de água obtidos são preliminares, dadas as condições de contorno aplicadas para sua determinação. Ressalta-se, ainda, que através do balanço hídrico realizado, não é possível determinar as parcelas de contribuição de perdas físicas e aparentes em cada sistema.

3.3 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

Na Figura 4, são apresentados os resultados obtidos para o indicador de desempenho para os poços dos sistemas Hidráulica-AC (Figura 4a), Armour (Figura 4b) e Brasília (Figura 4c).

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

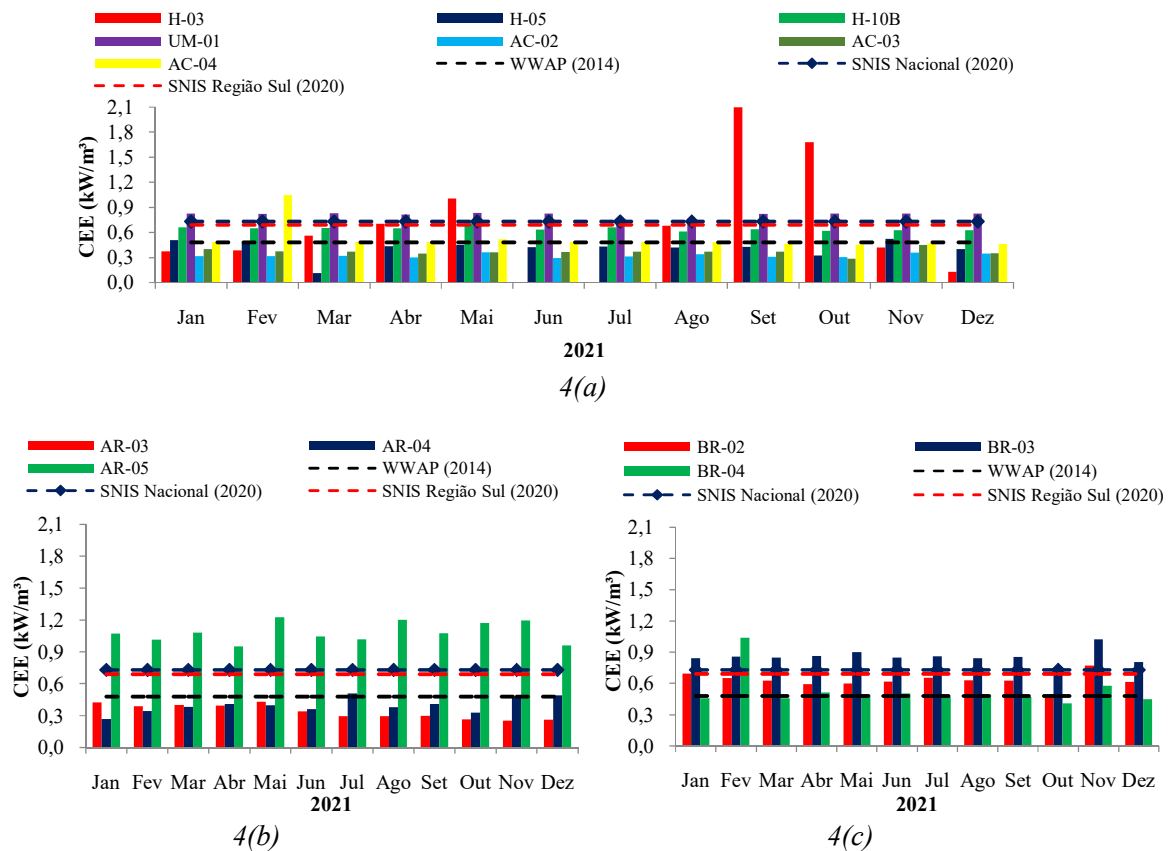


Figura 4. CEE para os poços de bombeamento dos sistemas: (a) Hidráulica-AC; (b) Armour; (c) Brasília.

Analisando o comportamento dos poços do sistema Hidráulica-AC (Figura 4a), observa-se que os poços de código AC-02 e AC-03 apresentam níveis de alto desempenho em relação ao indicador CEE. Os poços de código H-05 e AC-04 demonstraram, na maior parte do tempo, desempenho abaixo do valor de referência de $0,48 \text{ kW/m}^3$ ou levemente superior, exceto o poço AC-04, que no mês de fevereiro que apresentou desempenho muito inferior aos demais meses da série. Os demais poços H-03, UM-01 e H-10B, necessitam de monitoramento no intuito de confirmar os baixos índices de eficiência diagnosticados.

Referente ao indicador de desempenho CEE para os poços do sistema Armour (Figura 4b), contactou-se no poço AR-05 o pior desempenho. Ao longo de todo o ano de 2021, os valores apresentados mostraram-se de 2 a 2,56 vezes superiores ao valor de referência apresentado pelo [2] para captações em mananciais subterrâneos. Os altos valores do indicador de desempenho refletem baixos níveis de eficiência hidráulica ou do conjunto motobomba instalado. Recomenda-se, portanto, dentro do sistema Armour priorizar a realização de monitoramento deste poço, visando à confirmação deste diagnóstico preliminar. Os demais poços denominados AR-03 e AR-04, apresentaram valores dentro da faixa de referência na maior parte do tempo, exceto o poço AR-04 com valores levemente acima do recomendado para os meses de julho e dezembro.

No sistema de abastecimento Brasília (Figura 4c), o poço de captação BR-03 apresentou a pior performance. Os valores apresentados pelo BR-03 são superiores a média

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

nacional em praticamente todos os meses de 2021. O poço de captação BR-02 apresentou desempenho que oscila entre o valor base [2] e o valor médio para a região sul do Brasil, na maior parte do tempo. Por fim, o poço de captação BR-04, manteve-se na maior parte do tempo entre levemente abaixo e levemente acima do valor referência [2]. Entretanto, no mês de fevereiro o comportamento descrito não ocorreu, pelo fato do indicador de desempenho registrar 1,04 kWh/m³. Este comportamento isolado de elevação repentina do consumo de energia pode estar associado ao fechamento de alguma válvula do sistema hidráulico que ocasionou aumento da perda de carga e conseqüentemente elevação da altura manométrica. A substituição do conjunto motobomba que apresentou falhas por outro em caráter emergencial de menor rendimento eletromecânico, caracteriza-se com uma hipótese também a ser investigada. Deste modo, os poços BR-03, BR-02 e BR-04 deveriam ser monitorados seguindo esta ordem decrescente de prioridade.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, dadas as simplificações e ressalvas aplicadas a metodologia deste artigo, que foi possível obter um panorama geral das condições operativas e de gestão dos recursos hidroenergéticos do município. Os pontos levantados e destacados servem de base para a realização de monitoramentos minuciosos, visando confirmar os comportamentos operacionais diagnosticados nesta análise de caráter preliminar. Diante do exposto, é importante destacar que o DAE vem promovendo ações contínuas no intuito de aprimorar a gestão operacional dos sistemas de abastecimento de água do município.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao DAE, PROCEL-SANEAR, IPH/UFRGS, a FINEP, ao CNPq, a CAPES/Brasil, Rede LENHS e Eletrobrás pelo apoio e/ou suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL, Ministério de Desenvolvimento Regional. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2020. Brasília: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), 2021. 91p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 19 set. 2022.
- [2] WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy. Paris, UNESCO.
- [3] IBGE. Panorama Sant'Ana do Livramento - RS. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santana-do-livramento/panorama>. Acesso em: maio 2022.
- [4] REVITA, Consórcio Argos -. Estudos destinados a subsidiar a elaboração do Plano Municipal de Saneamento. de Sant'Ana do Livramento. Sant'Ana do Livramento: Consórcio Argos - Revita 2009. 173 p. Disponível em: <https://www.sdolivramento.com.br/legislacaomunicipalsetor/&id=36&nome=Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20Basico>. Acesso em: 19 set. 2022.
- [5] ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água: versão portuguesa. Performance indicators for water supply services. Tradução Patrícia Duarte, Helena Alegre, Jaime Melo Baptista. Londres: IWA/IRAR/LNEC, 2004.