XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
23 a 28 de novembro de 2025 - Vitória - ES

ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA POR SETOR CENSITÁRIO DEVIDO À PANDEMIA DE COVID-19

Luisa Lehdermann [1]; Lígia Conceição Tavares [2]; Ian Rocha de Almeida [3] & Juan Martín Bravo [4]

Abstract: Residential water consumption can be influenced by several factors, including exceptional events, such as the COVID-19 pandemic, which significantly changed the people's habits due to social distancing measures and increased hygiene practices. This study aimed to analyze the variation in residential water consumption in the municipality of São Leopoldo/RS before and during the pandemic, at the spatial scale of census tracts. For this purpose, water consumption data from more than 50,000 residential establishments, from March 2017 to February 2022, provided by the Municipal Water and Sewage Service (SEMAE) were analyzed. The paired Wilcoxon test was used to verify the statistical significance of the difference in average monthly consumption in the pre-pandemic and during-pandemic periods. The results indicated that, of the 343 census tracts analyzed, 193 census tracts showed significant changes in consumption, with 33 census tracts reducing and 160 increasing water usage. The remaining 150 census tracts did not show any significant change in residential water consumption. These findings are essential to support efficient water supply system management in atypical situations. They also allow for subsequent analysis to identify whether sociodemographic characteristics can help identify different behaviors that change residential water consumption in exceptional situations.

Resumo: O consumo residencial de água pode ser impactado por diversos fatores, incluindo eventos excepcionais, como a pandemia da COVID-19, que alterou significativamente os hábitos da população devido às medidas de distanciamento social e intensificação das práticas de higiene. Este trabalho teve como objetivo analisar a variação do consumo residencial de água no município de São Leopoldo/RS antes e durante a pandemia, na escala espacial de setor censitário. Para isso, foram analisados dados de consumo da água de mais de 50000 estabelecimento residenciais, de março de 2017 a fevereiro de 2022, fornecidos pelo Serviço Municipal de Água e Esgotos (SEMAE). Foi utilizado o teste de Wilcoxon pareado para verificar a significância estatística da diferença de consumo médio mensal nos períodos pré-pandemia e durante a pandemia. Os resultados indicaram que, dos 343 setores censitários analisados, 193 setores censitários apresentaram alterações significativas no consumo, sendo que 33 setores reduziram e 160 aumentaram o consumo. Os restantes 150 setores censitários não apresentaram mudança significativa no consumo residencial da água. Estes resultados são fundamentais para auxiliar na gestão eficiente dos sistemas de abastecimento em situações atípicas. Permitem também uma análise posterior para identificar se as características sociodemográficas conseguem auxiliar na identificação dos diferentes comportamentos de alteração no consumo residencial da água em situações excepcionais.

Palavras-Chave – Consumo de água, COVID-19, Análise estatística.

1) Afiliação: Programa de Graduação em Engenharia Mecânica. Instituto de Pesquisas Hidráulicas IPH/UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 / Prédio 44302, Agronomia, Porto Alegre – RS, (51) 99624-0335, luisa.lehdermann@ufrgs.br
2) Afiliação: Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas IPH/UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 / Prédio 44302, Agronomia, Porto Alegre – RS, (51) 98335-8064, ligiactavares@outlook.com
3) Afiliação: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Av. Barão de Capanema, S/Nº, Caixa D'agua, Capanema – PA, (91) 999022396, ian.almeida@ufra.edu.br
4) Afiliação: Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas IPH/UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 / Prédio 44302, Agronomia, Porto Alegre – RS, (51)3308-6680, jumarbra@iph.ufrgs.br

INTRODUÇÃO

O consumo residencial de água é altamente complexo e diversificado, podendo ser tipicamente afetado por fatores técnicos, sociais, demográficos, econômicos e ambientais. Além disso, situações atípicas também alteram o consumo de água residencial, como a pandemia da COVID-19, onde o comportamento das pessoas foi alterado por medidas de distanciamento social e novas recomendações de higiene.

Durante a pandemia, as medidas de distanciamento social alteraram os padrões de uso da água em várias cidades, afetando tanto o consumo residencial quanto o não residencial (Abulibdeh, 2021; Cvetković *et al.*, 2021; Evangelista *et al.*, 2023; Kalbusch *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2021; Mirahmadizadeh *et al.*, 2022; Ortiz *et al.*, 2022; Shanableh *et al.*, 2022; Shrestha *et al.*, 2021; Tavares *et al.*, 2023). Buurman Freiburghaus e Castellet-Viciano (2022) realizaram uma revisão abrangente, abordando dados e informações de nove países distintos, e concluíram que houve alterações nos horários e locais de uso da água. Com o aumento do trabalho e estudo em casa, houve uma notável mudança nos horários em que as atividades de uso da água ocorriam (Cominato *et al.*, 2022). Além disso, observou-se uma redistribuição do uso da água, com mais pessoas em casa, resultando em um aumento no consumo residencial de água, enquanto a demanda em áreas comerciais e de escritórios diminuiu (Abulibdeh, 2021; Gholami *et al.*, 2023; Irwin *et al.*, 2021; Kalbusch *et al.*, 2020; Nemati e Tran, 2022; Silva *et al.*, 2022).

Essa elevação no consumo foi impulsionada por uma maior frequência de lavagem das mãos e limpeza de superfícies, além das alterações nas rotinas diárias devido ao *home office* e ao fechamento de escolas (Almulhim e Aina, 2022). Ao mesmo tempo que, setores comerciais e industriais apresentaram uma redução significativa no consumo de água, refletindo as restrições de funcionamento e a diminuição das atividades econômicas, embora alguns contextos específicos, como a produção de alimentos e produtos essenciais, tenham mostrado um aumento na demanda (Gholami *et al.*, 2023).

Essas mudanças levaram a ajustes espaciais nos padrões de uso da água (Abulibdeh, 2021; Ba *et al.*, 2022; Niazmardi *et al.*, 2023; Tavares *et al.*, 2023), ressaltando a importância e necessidade de adaptar e fortalecer os sistemas de gestão de recursos hídricos para enfrentar crises sanitárias e garantir a sustentabilidade do abastecimento de água (Ortiz *et al.*, 2022). Diante desse cenário, compreender as mudanças no consumo urbano de água durante a pandemia de COVID-19 e seus impactos no sistema de abastecimento de água torna-se crucial. Dessa forma, o objetivo principal desse trabalho foi avaliar o impacto da ocorrência da COVID-19 no consumo residencial de água em escala espacial de setor censitário, no município de São Leopoldo-RS.

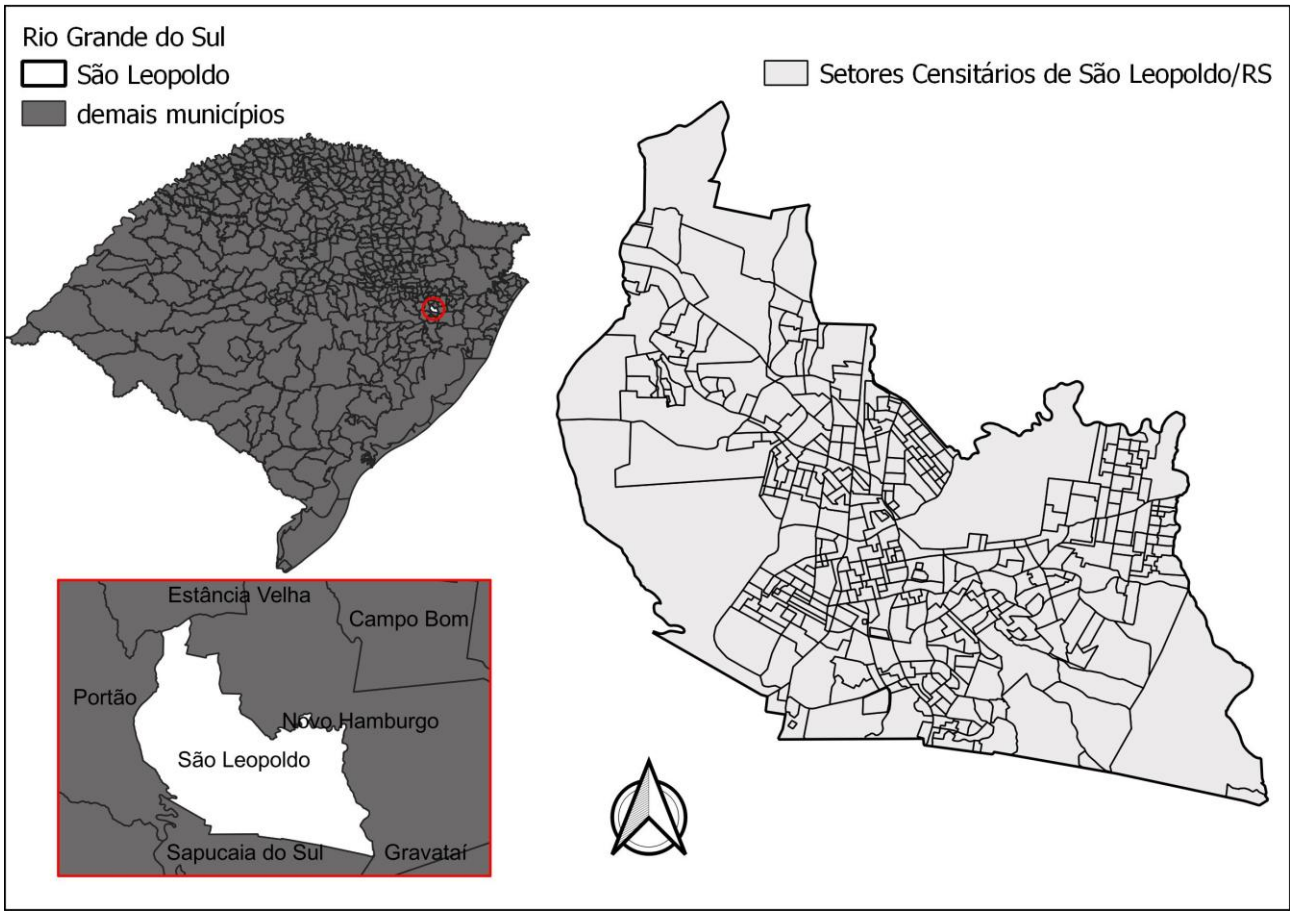
METODOLOGIA

Estudo de caso: Munícipio de São Leopoldo-RS

O município de São Leopoldo-RS foi selecionado como objeto de pesquisa devido à disponibilidade de dados fornecidos pela autarquia de Serviço Municipal de Água e Esgotos (SEMAE). O município está localizado na região da Encosta Inferior do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Seus 103,01 km² são limitados pelos municípios de Estância Velha ao norte, Novo Hamburgo a nordeste e leste, Sapucaia do Sul ao sul e Portão, a oeste. Representa 1,04% da área da Região Metropolitana de Porto Alegre-RS, da qual está localizado há 13,4 km de distância.

Segundo a organização do Censo Censitário (IBGE, 2010), o município é dividido em 375 setores censitários (Figura 1). Essa divisão representa a menor porção territorial utilizada pelo IBGE para planejar e realizar levantamentos de dados do Censo e Pesquisas Estatísticas.

Figura 1 – Divisão censitária de São Leopoldo/RS



O SEMAE disponibilizou o registro em planilhas Excel. Em cada documento, havia as seguintes informações: código do usuário, logradouro e registro mensal do consumo de água. Sobre os dados do consumo mensal de água, foram disponibilizadas informações no período de janeiro de 2017 até fevereiro de 2022.

É importante destacar que, nesta pesquisa, considera-se que o ano de 2017 inicia em março de 2017 e termina em fevereiro de 2018, assim como o ano de 2018 inicia em março de 2018 e termina em fevereiro de 2019, e assim por diante até fevereiro de 2022, completando 5 anos de dados utilizados. Essa definição foi feita em função de utilizar o maior número de dados disponíveis e considerando que os impactos da pandemia foram mais notórios a partir de março de 2020 no sul do Brasil. Ainda, o termo "usuário" é utilizado para identificar cada estabelecimento consumidor de água, independentemente do número de consumidores que cada estabelecimento possa possuir. Dessa forma, resultaram 50.813 usuários residenciais com dados válidos no período analisado.

Definição dos períodos pré-pandemia e pandemia

Os valores de consumo total de água mensal considerando todos os usuários foram estimados para cada ano do período analisado (03/2017 a 02/2022). O teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Shapiro e Francia, 1972) foi utilizado para verificar a normalidade da distribuição mensal dos dados, o que demonstrou que esses dados não apresentam distribuição normal. Com base nesse resultado, aplicou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon Pareado (Wilcoxon e American Cyanamid Co., 1992) considerando o consumo de água de 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021, e o consumo médio dos anos 2017, 2018 e 2019, como também aplicado em estudos anteriores semelhantes (por exemplo, Kalbusch *et al.*, 2020). Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo na comparação das diferenças das médias de consumo. Foi utilizado o R versão 4.1.3 (R Core Team, 2023) nas análises.

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos, indicando que não existiu diferença significativa nos totais mensais quando analisados os anos 2017, 2018 e 2019 entre si, ou entre os consumos totais nestes anos e o consumo médio desses anos. Também não existiu diferença significativa entre os consumos dos anos 2020 e 2021. Diferentemente, existiu diferença significativa entre os consumos totais mensais dos anos 2020 e 2021 quando comparados aos consumos totais mensais dos anos 2017, 2018, 2019 e ainda quando comparados ao consumo total médio mensal desses anos.

Dessa forma, foi definido para as análises posteriores: a) período pré-pandemia: de 03/2017 a 02/2020 e 2) período pandemia: de 03/2020 a 02/2022.

Figura 2 – Resultados do Teste de Wilcoxon Pareado considerando o consumo total mensal dos usuários

Wilcoxon Pareado

	2017	2018	2019	2020	2021
2018	0,7910				
2019	0,1099	0,3804			
2020	0,0010	0,0093	0,0210		
2021	0,0010	0,0049	0,0024	0,6221	
média	0,3394	0,7910	0,1514	0,0024	0,0005

	2017	2018	2019	2020	2021
2018	semelhante				
2019	semelhante	semelhante			
2020	**diferente**	**diferente**	**diferente**		
2021	**diferente**	**diferente**	**diferente**	semelhante	
médiapp	semelhante	semelhante	semelhante	**diferente**	**diferente**

Variação do consumo de água residencial por setor censitário

Para estimativa da variação do consumo de água residencial por setor censitário foram executadas 7etapas, em cada setor censitário, conforme apresentado a seguir:

1) Identificação dos setores censitários com dados de consumo residência de água suficiente para fazer a análise (343 no total);
2) Identificação dos usuários dentro de cada setor censitário.
3) Cálculo do consumo médio de água mensal (média do consumo dos usuários dentro do setor censitário).
4) Cálculo da média do consumo mensal para os meses de março a fevereiro, em cada período (pré-pandemia e pandemia).
5) Comparação das médias dos meses nos períodos pré-pandemia vs pandemia, utilizando o teste de Wilcoxon Pareado. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo na comparação das diferenças das médias de consumo.

6) Caso o passo 4) indicasse que as diferenças foram significativas, foi registrado que aquele setor censitário apresentou alteração no consumo residencial da água, assim, verificou-se a variação do consumo médio mensal entre os dois períodos para identificar se houve aumento ou diminuição no período pandemia. Caso o passo 4) indicasse que não existiu diferença significativa, foi registrado que não houve mudança no consumo daquele setor censitário.

7) Os resultados foram apresentados espacialmente dentro do limite do município indicando se o setor censitário apresentou ou não apresentou mudança significativa de consumo de água residencial.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente são apresentados os resultados detalhados de três setores censitários que apresentaram diferente comportamento quanto a variação do consumo de água residencial durante a pandemia. Dessa forma, conforme apresentado na Figura 3, os setores censitários identificados com códigos 431870505000016 (Figura 3a) e 431870505000024 (Figura 3b) apresentaram diferença significativa de consumo da água entre os períodos pandemia (na cor laranja) e pré-pandemia (na cor azul), sendo que o primeiro setor censitário (Figura 3a) apresentou aumento de consumo, e o segundo setor censitário (Figura 3b) apresentou diminuição de consumo. O terceiro setor censitário, identificado com o código 431870505000093 (Figura 3c) não apresentou mudança significativa de consumo entre ambos os períodos.

A metodologia foi aplicada nos restantes 340 setores censitários existentes em São Leopoldo-RS sendo obtidos os resultados gerais apresentados na Figura 4. Dessa forma se observa que mais da metade dos setores (56%) registraram uma mudança no consumo residencial de água durante a pandemia. Dentre esses setores com alteração, a maioria expressiva (cerca de 83%) apresentou um aumento no consumo. (conforme observado na cor azul na Figura 4). Esse comportamento pode ser explicado, em grande parte, pelo maior tempo de permanência das pessoas em suas residências devido às medidas de distanciamento social, o que resultou em um uso mais intenso da água no ambiente doméstico.

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos em todos os setores censitários com dados na cidade de São Leopoldo-RS. Não se observa nenhum padrão espacial uniforme nas alterações. Observa-se que a região do Centro da cidade (região central da Figura 5) apresenta setores censitários que majoritariamente diminuíram seu consumo, ou setores censitários onde não existiu diferença significativa. Enquanto em regiões mais afastadas do Centro da cidade, prevaleceu o aumento do consumo, ou setores censitários onde não existiu diferença significativa.

No geral, durante a pandemia, a maioria dos setores censitários de São Leopoldo-RS apresentou mudança significativa no consumo residencial de água, sendo que a maior parte desses setores registrou aumento no consumo. Essa tendência é espacialmente visível na Figura 5, onde observa-se que os setores mais afastados do centro urbano, predominantemente residenciais, concentram os maiores aumentos de consumo. Já na região central, onde há maior presença de atividades comerciais e menor densidade habitacional, prevalecem os setores em que o consumo diminuiu ou permaneceu estável. Esses resultados indicam que o padrão de uso da água durante a pandemia variou conforme a função e ocupação do território, sendo mais intensificado em áreas residenciais periféricas, onde, supõe-se que as pessoas passaram mais tempo em casa, e menos perceptível em áreas centrais com uso mais misto ou comercial.

Figura 3 – Média do consumo total mensal de água em três setores censitários no período pré-pandemia (cor azul) e no período pandemia (cor laranja): (a) Setor censitário 431870505000016, (b) Setor censitário 431870505000024 e (c) Setor censitário 431870505000093

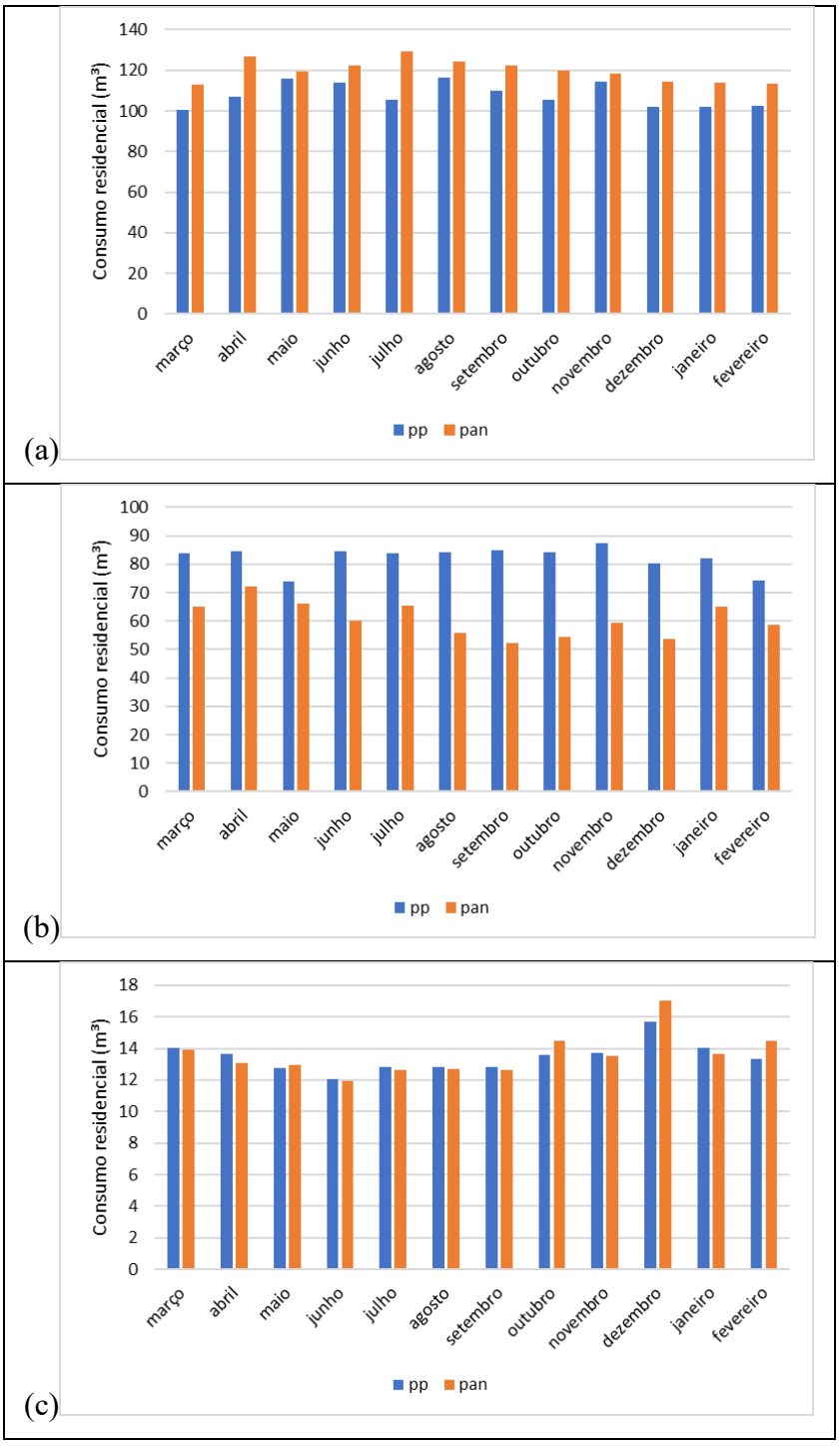


Figura 4 – Número de setores censitários onde o consumo de água residencial não apresentou diferença significativa (não mudou), e onde apresentou diferença significativa (aumentou ou diminuiu)

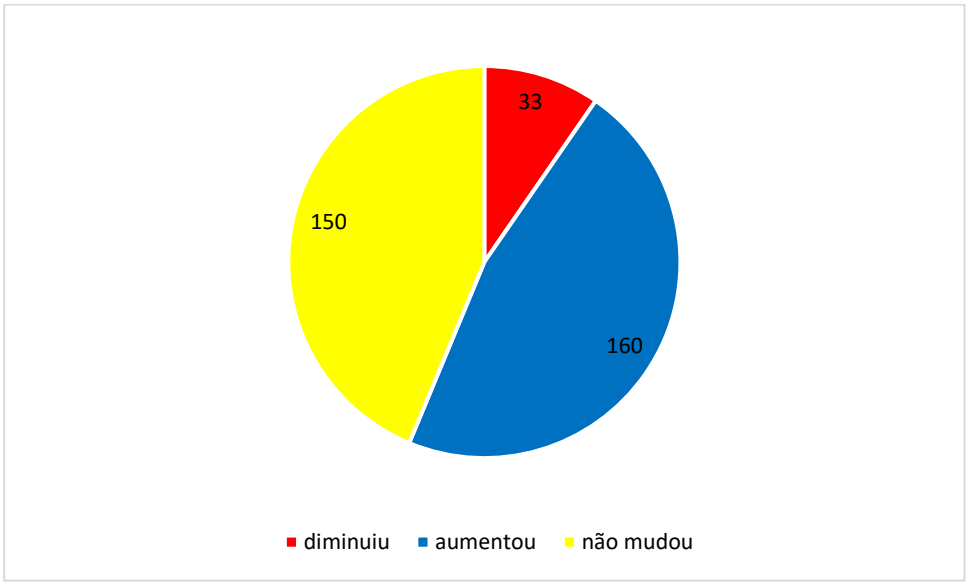
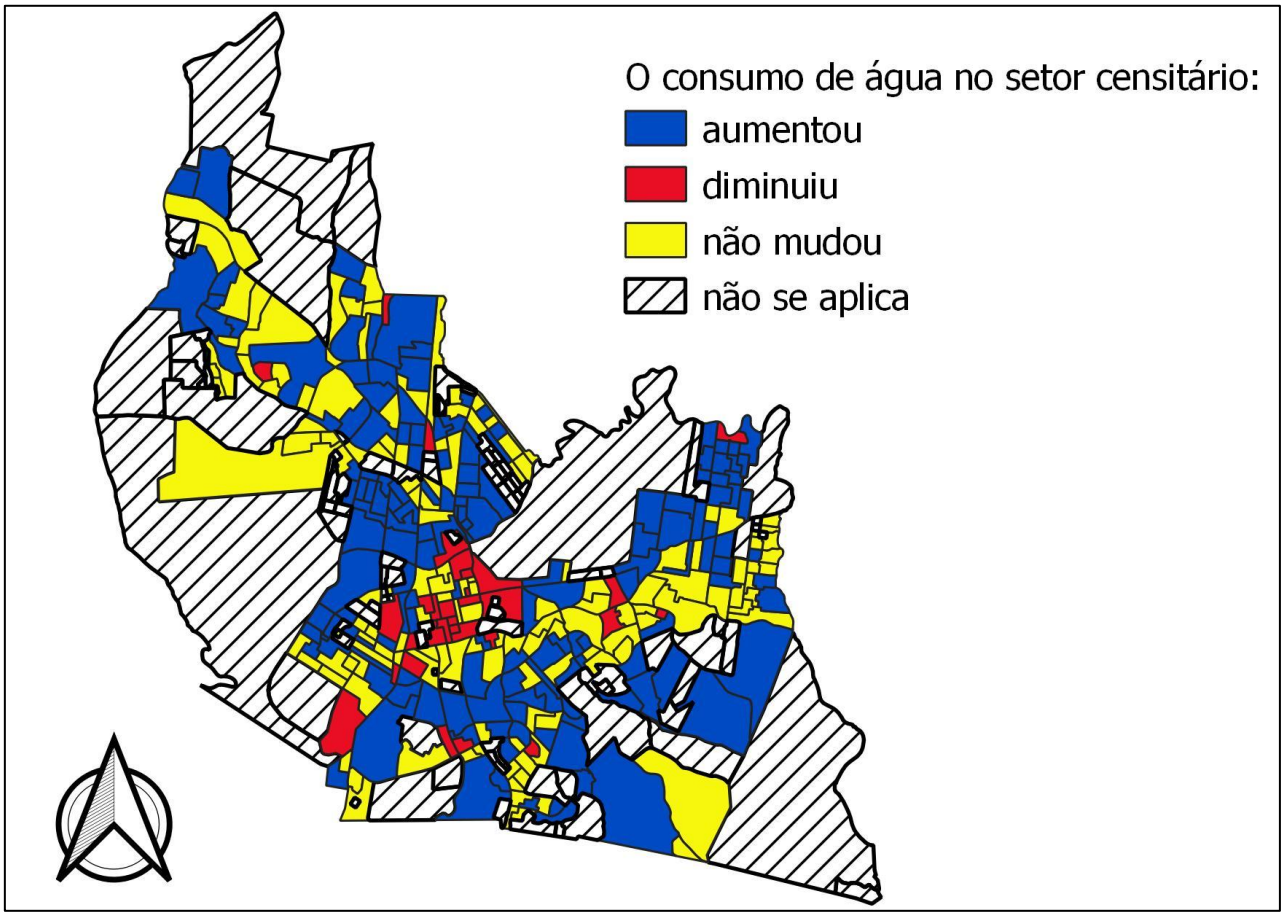


Figura 5 – Variação do consumo residencial da água por setores censitários de São Leopoldo-RS



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos evidenciam que a pandemia da COVID-19 gerou impactos significativos no consumo residencial de água em parte dos setores censitários de São Leopoldo/RS. Observou-se tanto aumento quanto redução no consumo, o que reflete a diversidade de respostas da população às restrições impostas durante o período.

Essas informações são relevantes para o planejamento e a gestão de sistemas de abastecimento de água, especialmente em situações emergenciais. Recomenda-se que futuras pesquisas incorporem variáveis socioeconômicas e demográficas para uma compreensão mais abrangente dos fatores que influenciam essas variações. Além disso, o desenvolvimento de estratégias de gestão adaptativas pode ser fundamental para garantir a eficiência dos sistemas de distribuição em cenários semelhantes.

AGRADECIMENTOS

A SEMAE apoiou esta pesquisa. Este trabalho também foi parcialmente financiado pelas agências de fomento CAPES e CNPq.

REFERÊNCIAS

ABULIBDEH, A. *"Spatiotemporal analysis of water-electricity consumption in the context of the COVID-19 pandemic across six socioeconomic sectors in Doha City, Qatar"*. Applied energy, [s. l.], v. 304, 2021.

ALMULHIM, A. I.; AINA, Y. A. *"Understanding Household Water-Use Behavior and Consumption Patterns during COVID-19 Lockdown in Saudi Arabia"*. Water 2022, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 314, 2022.

BA, D. et al. *"Spatial-Temporal Characteristics and Driving Factors of the Eco-Efficiency of Tourist Hotels in China"*. International Journal of Environmental Research and Public Health, [s. l.], v. 19, n. 18, 2022.

BUURMAN, J.; FREIBURGHAUS, M.; CASTELLET-VICIANO, L. *"The impact of COVID-19 on urban water use: a review"*. Water Supply, [s. l.], v. 22, n. 10, p. 7590–7602, 2022.

CVETKOVIĆ, D.; NEŠOVIĆ, A.; TERZIĆ, I. *"Impact of people's behavior on the energy sustainability of the residential sector in emergency situations caused by COVID-19"*. Energy and Buildings, [s. l.], v. 230, p. 110532, 2021.

COMINATO, C. et al. *"Water demand profile before and during COVID-19 pandemic in a Brazilian social housing complex"*. Heliyon, [s. l.], v. 8, n. 8, 2022.

EVANGELISTA, S. et al. *"Analysis of the effects of COVID-19 restriction policies on drinking water consumption by smart water network data filtering"*. Water Supply, [s. l.], v. 23, n. 9, p. 3746–3760, 2023.

GHOLAMI, F. et al. *"The quantitation of the impact of Covid-19 pandemic on water demand through GEE modeling, a case study in Iran"*. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, [s. l.], v. 8, 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *"Censo Demográfico 2010: Características da População e dos Domicílios"*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IRWIN, N. B.; MCCOY, S. J.; MCDONOUGH, I. K. *"Water in the time of corona(virus): The effect of stay-at-home orders on water demand in the desert"*. Journal of Environmental Economics and Management, [s. l.], v. 109, p. 102491, 2021.

KALBUSCH, A. et al. *"Impact of coronavirus (COVID-19) spread-prevention actions on urban water consumption"*. Resources, Conservation and Recycling, [s. l.], v. 163, p. 105098, 2020.

LI, D., ENGEL, R., MA, X., PORSE, E., KAPLAN, J., MARGULIS, S. & LETTENMAIER, D. *"Stay-at-home orders during the COVID-19 pandemic reduced urban water use"*. Environmental Science and Technology Letters, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 431–436, 2021.

MIRAHMADIZADEH, A. et al. *"Correlation between environmental factors and COVID-19 indices: a global level ecological study"*. Environmental Science and Pollution Research, [s. l.], v. 29, n. 11, p. 16667–16677, 2022.

NEMATI, M.; TRAN, D. *"The Impact of COVID-19 on Urban Water Consumption in the United States"*. Water (Switzerland), [s. l.], v. 14, n. 19, 2022.

NIAZMARDI, S.; SADRYKIA, M.; REZAZADEH, M. *"Analysis of spatiotemporal household water consumption patterns and their relationship with meteorological variables"*. Urban Climate, [s. l.], v. 52, 2023.

ORTIZ, C.; SALCEDO, C.; SALDARRIAGA, J. *"Assessment of the Effects of COVID-19 Pandemic Stay-at-Home Measures on Potable Water Consumption Patterns, Location, and Financial Impacts for Water Utilities in Colombian Cities"*. Water (Switzerland), [s. l.], v. 14, n. 19, 2022.

R CORE TEAM. *"R: A language and environment for statistical computing"*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023.

SHANABLEH, A. et al. COVID-19 *"Lockdown and the Impact on Mobility, Air Quality, and Utility Consumption: A Case Study from Sharjah, United Arab Emirates"*. Sustainability (Switzerland), [s. l.], v. 14, n. 3, 2022.

SHAPIRO, S. S.; FRANCIA, R. S. *"An approximate analysis of variance test for normality"*. Journal of the American Statistical Association, v. 67, n. 337, p. 215–216, 1972.

SHRESTHA, A.; KAZAMA, S.; TAKIZAWA, S. *"Influence of Service Levels and COVID-19 on Water Supply Inequalities of Community-Managed Service Providers in Nepal"*. Water 2021, Vol. 13, Page 1349, [s. l.], v. 13, n. 10, p. 1349, 2021.

SILVA, G. M. E.; OLIVEIRA, T. H.; CARVALHO, R. S.; FIALHO, H. C. P.; DE SOUZA, F. A. A.; MENDIONDO, E. M.; GHIGLIENO, F. *"Assessing the Impact of SARS-CoV-2 on Water Consumption in São Paulo State, Brazil"*. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 148, n. 11, 2022.

TAVARES, L. C. et al. *"Spatio-temporal changes in urban water consumption during 2 years of the COVID-19 pandemic in southern Brazil"*. Water Supply, [s. l.], 2023.

WILCOXON, F.; AMERICAN CYANAMID CO. *"Individual Comparisons by Ranking Methods"*. p. 196–202, 1992.