ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Análise do consumo de água em residências com diferentes sistemas de abastecimento

Analysis of water consumption in households with different supply systems

Gabriela Haag Coelho
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | gabriela.coelho16@edu.udesc.br
Amanda Nicole Bepler
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | amanda.bepler@edu.udesc.br
Elisa Henning
Universidade do Estado de Santa Catarina| Joinville | Brasil | elisa.henning@udesc.br
Andreza Kalbusch
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | andreza.kalbusch@udesc.br
Janine Garcia
Centrais Elétricas de Santa Catarina | Joinville | Brasil | jajineg@celesc.com.br

Resumo

O emprego de fontes alternativas de abastecimento em edificações é uma ação tecnológica para redução do consumo de água proveniente da companhia de abastecimento urbano. O presente trabalho objetivou analisar o consumo de água em residências com relação à presença de sistema alternativo de abastecimento de água, a fim de investigar sua influência no consumo de água residencial. Foram analisados dados de consumo de água de 34 residências na cidade de Joinville, Santa Catarina. Nesta amostra 17 residências não possuem sistema alternativo de abastecimento de água e em 17 residências há fontes alternativas, sendo 11 com sistema de aproveitamento de água pluvial, quatro com poços e duas com sistemas alternativos combinados. Utilizaram-se análises estatísticas como medidas descritivas, gráficos *boxplot*, teste de hipótese e regressão linear. Os resultados mostraram que o consumo médio de água proveniente da concessionária em residências com sistema alternativo de abastecimento é 28,67% menor que em residências que não possuem o sistema. O resultado do teste de hipótese comprovou que a redução do consumo de água em residências com sistema alternativo é significativa.

Palavras-chave: Abastecimento alternativo. Análise estatística. Consumo residencial. Economia de água potável.

Como citar:
COELHO, G. H. et al. Análise do consumo de água em residências com diferentes sistemas de abastecimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Abstract

The use of alternative supply sources in buildings is a technological action to reduce water consumption from the urban water utility. This work aimed to analyze water consumption in households regarding the presence of an alternative water supply system, in order to investigate its influence on residential water consumption. Water consumption data from 34 homes in the city of Joinville, Santa Catarina, were analyzed. In this sample, 17 households do not have an alternative water supply system and in 17 households there are alternative sources, as follows: 11 with a rainwater harvesting system, 1 with a water reuse system and a well, 1 with rainwater harvesting and reuse systems and 4 with a well. Statistical analyzes such as descriptive statistics, boxplot graphs, hypothesis testing and linear regression were used. The results showed that the average water consumption (from the Water Utility) in households with an alternative supply system is 28,67% lower than in households that do not have such a system. The result of the hypothesis test proved that the reduction in water consumption in households with an alternative system is significant.

Keywords: Alternative supply. Statistical analysis. Residential consumption. Saving drinking water.

INTRODUÇÃO

Um problema enfrentado pelos gestores urbanos é o aumento da solicitação nos sistemas de abastecimento de água, em parte devido ao crescimento populacional e à urbanização acelerada [1]. A necessidade de promover economia no consumo de água torna-se urgente, não apenas pela preservação dos recursos hídricos, mas também pela garantia de desenvolvimento urbano sustentável.

Juntamente com as ações de sustentabilidade e redução de desperdícios, os sistemas alternativos de abastecimento de água funcionam como uma promissora ação tecnológica, para aproveitamento de água da chuva e reutilização da água [2]. No entanto, a eficácia dessas soluções depende do comportamento dos consumidores em ambientes urbanos. São vários os estudos que avaliam o verdadeiro potencial de economia da utilização de sistemas alternativos de abastecimento de água [3] [4] [5].

Uma revisão de literatura foi realizada por Silva *et al.* [6] a fim de resumir os principais benefícios e barreiras para a disseminação de sistemas de captação de água pluvial. Os autores concluíram que este sistema alternativo contribui para a redução do consumo de água potável e diminui o risco de inundações, aproveitando o ciclo hidrológico natural, com grande potencial de utilização para fins não potáveis. Jussah *et al.* [7] também afirmaram que fontes alternativas de abastecimento podem desempenhar um papel importante na aproximação entre oferta e demanda de água, especialmente se direcionadas para usos não potáveis, que podem consumir volumes consideráveis de água em áreas urbanas.

Ferreira *et al.* [8] avaliaram a eficácia da implementação de um sistema de abastecimento alternativo de água em uma área seca no sul de Portugal e seus resultados sugerem alto potencial de economia, financeira e de recursos, mesmo com baixo volume de chuva. Eles destacam a relevância de análise em outras regiões, com diferentes climas, e principalmente com maior volume de chuva.

O objetivo deste estudo é analisar o consumo de água em residências com relação à presença de sistema alternativo de abastecimento de água, a fim de investigar sua influência no consumo de água residencial. A partir dessa análise, busca-se

compreender melhor o papel desses sistemas na promoção da sustentabilidade hídrica em contextos urbanos, contribuindo para embasar políticas públicas e práticas mais eficazes de gestão dos recursos hídricos.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Joinville, localizado em Santa Catarina, na região Sul do Brasil. O município possui aproximadamente 616 mil habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [9]. De acordo com a Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável [10] embora 99,24% da população seja atendida com abastecimento de água, apenas 43,57% conta com serviços de coleta e tratamento público de esgoto.

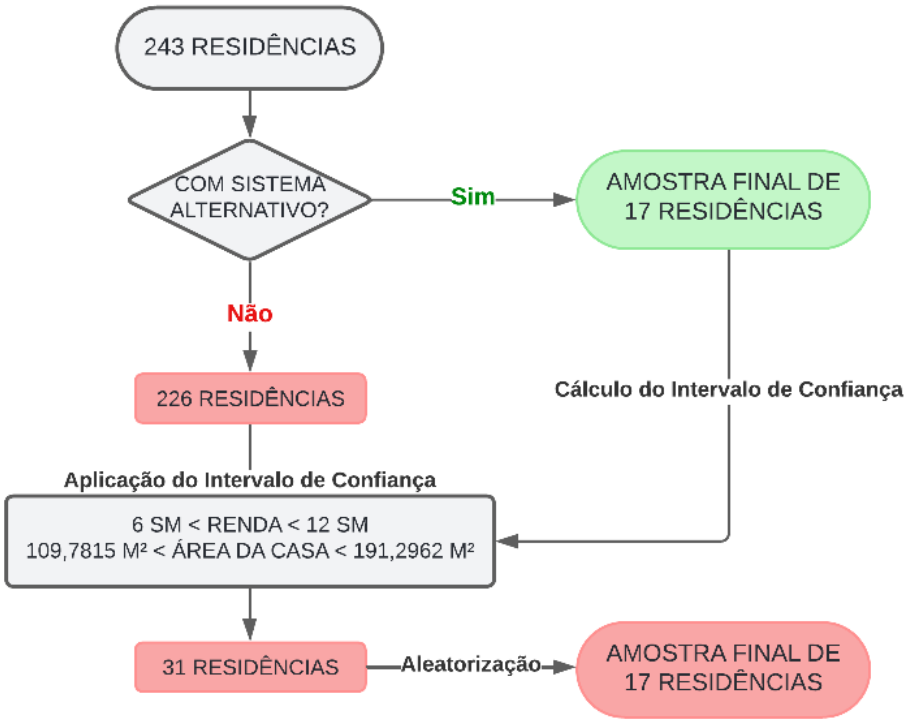
O clima da cidade é do tipo mesotérmico, úmido, com curtos períodos de estiagem [10]. A análise do uso de sistemas alternativos de abastecimento de água no município é importante, principalmente quanto à presença de sistemas de aproveitamento de água pluvial, já que Joinville apresenta alto volume de chuvas durante o ano.

COLETA DE DADOS

As informações necessárias para a análise foram retiradas de uma amostra de 243 residências. Os dados de consumo de água mensal residencial foram fornecidos pela Companhia Águas de Joinville (CAJ) com anuência dos moradores e demais informações sobre as residências, como existência de sistema alternativo de abastecimento de água, renda e área da casa, obtidas por meio de questionário aplicado com os moradores. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do *software* R.

Dentre as 243 residências, 17 possuíam sistema alternativo de abastecimento de água — 11 com sistema de aproveitamento de água pluvial, 4 com poços e 2 com sistemas alternativos combinados, 1 com aproveitamento de água pluvial e poço e 1 com aproveitamento de água pluvial e reúso. Para comparação entre as residências com e sem sistema alternativo de abastecimento de água, foi selecionada a mesma quantidade de residências sem sistema alternativo (17 residências), como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Método para seleção da amostra



Fonte: as autoras.

A seleção das residências sem sistema alternativo se deu primeiramente a partir da determinação de intervalos de confiança para a média das variáveis renda familiar (em salários mínimos) e área da casa (em m²). Para tal finalidade, fez-se uma adaptação do método aplicado por Triana, Lamberts e Sassi [11] para determinar edificações representativas de tipologias de habitações de interesse social. Assim, a partir do método, é possível obter uma amostra mais semelhante para casas com e sem sistema alternativo de abastecimento e, também, minimizar os efeitos dos fatores renda e área da casa na análise. Para os dados de renda, foi determinado que, com nível de confiança de 95%, os moradores das residências com sistema alternativo possuíam renda de 6 a 12 salários mínimos. E, de forma semelhante, para os dados de área da casa, as residências com sistema alternativo possuíam de 109,78 m² a 191,30 m². Desta forma, reduzindo em número as residências sem sistema alternativo pertencentes a este intervalo de confiança, obtiveram-se 31 casas. Destas, foram escolhidas por amostragem aleatória simples, 17 casas para compor a amostra final.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A redução percentual da média de consumo de água das residências com sistema alternativo de abastecimento para as residências sem sistema alternativo pôde ser calculada a partir da Equação 1.

$$\%\ \text{Redução} = 100 * \frac{\overline{X}_{SSA} - \overline{X}_{CSA}}{\overline{X}_{SSA}} \quad \textbf{(1)}$$

Onde $\overline{X}_{SSA}$ é a média de consumo para as residências sem sistema alternativo e $\overline{X}_{CSA}$ é a média de consumo para as residências com sistema alternativo.

Para todas as análises estatísticas, utilizou-se o nível de significância de 5%. Fez-se a verificação da normalidade da distribuição dos dados para os grupos com e sem sistema alternativo de abastecimento de água, a partir do teste de Shapiro Wilk. Foi utilizado o teste T de *Student* [12] para testar a hipótese de que o consumo médio de água das casas sem sistema alternativo de abastecimento de água é superior ao consumo médio de água das casas com sistema alternativo de abastecimento. No teste de hipóteses, a hipótese nula é de que o consumo médio de água não é maior nas residências sem sistema alternativo.

Também, a fim de ajustar os dados a um modelo linear, foi utilizada a regressão linear simples, descrita pela Equação 2 [12].

$$\mathrm{Y} = \beta_0 + \beta_1 \mathrm{X} + e \quad \textbf{(2)}$$

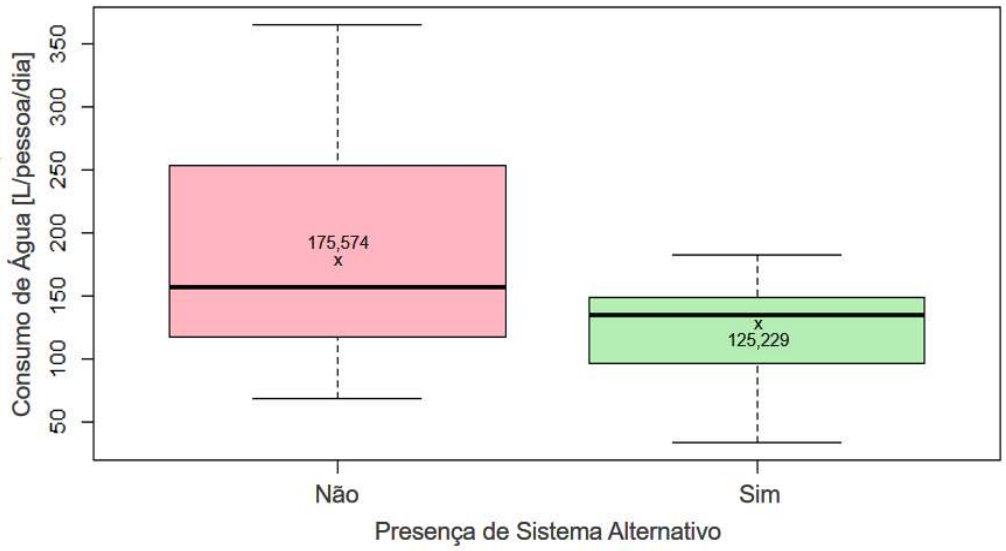
Onde Y é a variável resposta ou dependente, o consumo de água *per capita*, e X é a variável independente, utilizada como uma variável *dummy*, 0 ou 1, que se refere a ausência ou presença de sistema alternativo, respectivamente. β_0 é o intercepto, β_1 o coeficiente angular e e**,** o erro.

Para a regressão, quando o p-valor for menor que o nível de significância, há evidências estatisticamente significativas para rejeitar a hipótese nula de que o coeficiente de regressão é igual a zero, ou seja, sugere que existe uma relação linear significativa entre a variável independente (X) e a variável dependente (Y) [12]. A fim de garantir a validade da análise, verificaram-se também a normalidade e independência dos resíduos.

RESULTADOS

A distribuição dos dados de consumo de água para os dois grupos avaliados é apresentada na Figura 2. Os valores de máximo e mínimo de consumo são maiores nas residências sem sistema alternativo de abastecimento. A amplitude de valores de consumo de água *per capita* também é maior nestas residências. A média de consumo para as residências com sistema alternativo de abastecimento, segundo Equação 1, é 28,67% menor que para as residências sem sistema alternativo.

Figura 2: Diagramas de caixa comparativos dos consumos médios de água das residências com presença ou ausência de sistema alternativo de abastecimento



Fonte: as autoras.

Os valores de consumo de água podem também ser avaliados sob a ótica de cada tipo de sistema de abastecimento em separado. A Tabela 1 traz as estatísticas descritivas do consumo de água das residências com sistema de aproveitamento de água pluvial, das que possuem poço e das que utilizam sistemas combinados de aproveitamento de água pluvial e reúso (1 residência) ou de aproveitamento de água pluvial e poço (1 residência). O sistema de poço possui a residência com menor consumo, porém, também possui a residência com maior consumo.

Tabela 1: Estatísticas descritivas dos dados de consumo de água das residências separadas por tipo de sistema de abastecimento

Tipos de Sistemas Alternativos	N	Mínimo	Média	Máximo
Aproveitamento de Água Pluvial	11	91,81	135,09	181,28
Poço	4	34,02	107,76	182,51
Sistemas Combinados*	2	62,97	105,91	148,83

*Aproveitamento de Água Pluvial com poço ou reúso.

Fonte: as autoras.

A Tabela 2 traz as estatísticas descritivas e os resultados para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e para o teste de hipóteses. A média do consumo de água para as residências com presença de sistema alternativo de abastecimento é menor que para as residências que não possuem sistema alternativo.

Tabela 2: Estatísticas descritivas e resultados do teste Shapiro-Wilk para normalidade e do T de *Student* para comparação entre as médias

Estatísticas do grupo					Teste Shapiro-Wilk	Teste T
		N	Média	Desvio Padrão	p-valor	
Presença de sistema alternativo de abastecimento de água	Sim	17	125,23	41,28	0,6381	0,0182
	Não	17	175,57	83,85	0,1065	

Fonte: as autoras.

Os p-valores obtidos para o teste de normalidade são ambos, 0,6381 e 0,1065, maiores que 0,05, assim, a uma confiabilidade de 95%, a distribuição dos dados dos dois grupos

pode ser considerada normal. A partir deste resultado, o teste de hipóteses T de *Student* pôde ser empregado. O p-valor obtido para o teste foi de 0,0182, menor que 0,05, assim, a um nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula: as casas sem sistema alternativo possuem consumo médio maior do que as casas com sistema alternativo.

A Tabela 3 apresenta os resultados para a regressão linear simples. O p-valor resultante foi de 0,0336, menor que o nível de significância adotado, assim, sugerindo que existe uma relação linear entre a variável independente, presença ou ausência de sistema alternativo de abastecimento de água, e a variável dependente, consumo de água.

Tabela 3: Resultados da regressão linear simples para o consumo de água em residências com e sem sistema alternativo de abastecimento

	Coeficiente	Erro Padrão	T Valor	p-valor
Intercepto	175,57	16,03	10,954	< 0,001
Presença de sistema alternativo de abastecimento de água	-50,35	22,67	-2,221	0,0336

Fonte: as autoras.

O coeficiente obtido é negativo, indicando a redução no consumo quando presente o sistema alternativo de abastecimento na residência. Os resíduos da análise atendem a suposição da normalidade e independência.

Assim, a utilização de sistemas alternativos de abastecimento de água influencia o consumo de água nas residências. A utilização desses sistemas colabora para a redução do consumo de água, reduzindo a demanda de água produzida pela companhia de abastecimento.

CONCLUSÃO

O estudo objetivou avaliar a influência da utilização de sistema alternativo de abastecimento de água no consumo residencial por meio de análises estatísticas em dados de consumo de água residenciais no município de Joinville - SC. O estudo sugere que o consumo de água nas residências que possuem sistema alternativo é menor que nas residências que não possuem, com uma redução percentual de 28,67%. Também, conclui-se que existe uma relação linear negativa significativa entre o consumo de água e a presença de sistema alternativo de abastecimento.

Uma limitação da pesquisa foi o tamanho da amostra, portanto, para futuras pesquisas, recomenda-se a utilização de uma maior amostra de residências com diferentes tipos de sistemas alternativos de abastecimento de água.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (423090/2021-6), da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC (2023TR000334), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de

Financiamento 001, e pela Bolsa de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

REFERÊNCIAS

[1] SALOMÃO, G. L.; SILVA, J. H. da; SILVA, M. J. M. da; ZADOROSNY, L. Avaliação do impacto do crescimento populacional em um sistema de abastecimento de água. **Unifunec científica multidisciplinar**, Santa Fé do Sul, São Paulo, v. 12, n. 14, p. 1–18, 2023. DOI: 10.24980/ucm.v12i14.5971.

[2] TZANAKAKIS, V. A., PARANYCHIANAKIS, N. V., & ANGELAKIS, A. N. Water supply and water scarcity. **Water,** 12(9), 2347. 2020. DOI: 10.3390/w12092347.

[3] SILVA, C. M., SOUSA, V., MEIRELES, I. Water savings in rainwater harvesting systems in Portugal: infuence of weather and type of building. **Frontiers in Civil Engineering.** Water Savings in Buildings 2:196. 2017. DOI: 10.2174/978168108483111702000 8.

[4] SLYŚ, D., STEC, A. Centralized or decentralized rainwater harvesting systems: A case study. **Resources,** 9(5), 1–18. 2020. DOI: 10.3390/resources9010005.

[5] KOLAVANI, N. J., KOLAVANI, N. J. Technical feasibility analysis of rainwater harvesting system implementation for domestic use. **Sustainable Cities and Society,** v. 62, A. 102340. 2020. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102340.

[6] SILVA, A. C. R de S., BIMBATO, A. M., BALESTIERI, J. A. P., VILANOVA, M. R. N. Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: A review. **Sustainable cities and society**, v. 76, p. 103475, 2021. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103475.

[7] JUSSAH, O., ORABI, M. O. M., SUŠNIK, J., BICHAI, F., ZEVENBERGEN, C. Assessment of the potential contribution of alternative water supply systems in two contrasting locations: Lilongwe, Malawi and Sharm El-Sheikh, Egypt. **Journal of water and climate change,** v. 11, p. 130–149, 2020. DOI: 10.2166/wcc.2018.117.

[8] FERREIRA, A., SOUSA, V., PINHEIRO, M., MEIRELES, I., SILVA, C. M., BRITO, J., MATEUS, R. Potential of rainwater harvesting in the retail sector: a case study in Portugal. **Environmental Science and Pollution Research,** v. 30. 2023. DOI: 10.1007/s11356-023-25137-y.

[9] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Joinville**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/joinville/panorama>. Acesso em: 12 mai. 2024.

[10] SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E DESENVOLVIMENTO. **Joinville - Cidade em Dados 2023**. Prefeitura Municipal de Joinville. Joinville. 2023.

[11] TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterization of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy Policy,** v. 87, n. December 2014, p. 524–541, 2015. DOI: 10.1016/j.enpol.2015.08.041.

[12] MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments.** 8. ed. Arizona State University. John Wiley & Sons. 2017. ISBN 978-1118-14692-7.