paranoá ARTIGO ORIGINAL
TECNOLOGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE
2025
v.18, e53545

Análise do consumo médio *per capita* de água em escolas municipais de Joinville, Brasil

Analysis of average per capita *water consumption in municipal schools of Joinville, Brazil*

Análisis del consumo medio de agua per capita *en escuelas municipales de Joinville, Brasil*

Alice dos Santos Medeiros*
Centro Universitário Católica de Santa Catarina; Bacharelado em Engenharia Civil; Departamento de Pesquisa.
Joinville (SC), Brasil.
eng.alicedosantos@gmail.com

Francine Rafaela Brietzig
Centro Universitário Católica de Santa Catarina; Bacharelado em Engenharia Civil; Departamento de Pesquisa.
Joinville (SC), Brasil.

Patricia Strapason Coletti
Centro Universitário Católica de Santa Catarina; Bacharelado em Engenharia Civil; Departamento de Pesquisa.
Joinville (SC), Brasil.

Robison Negri
Centro Universitário Católica de Santa Catarina; Bacharelado em Engenharia Civil; Departamento de Pesquisa.
Joinville (SC), Brasil.

* Autora correspondente.

CRediT

Contribuição de autoria: Concepção; Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Metodologia; Software; Visualização; Redação – rascunho original; Redação – revisão e edição: MEDEIROS, A. S.; Concepção; Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Metodologia; Software; Supervisão; Validação; Visualização; Redação – rascunho original; Redação – revisão e edição: BRIETZIG, F. R.; COLETTI, P. S.; NEGRI, R.

Conflitos de interesse: Os autores certificam que não há conflito de interesse.

Financiamento: Não possui.

Aprovação de ética: Os autores certificam que não houve necessidade de aprovação de Comitê de Ética.

Uso de I.A.: Os autores certificam que não houve uso de inteligência artificial na elaboração do trabalho.

Editores responsáveis: Daniel Sant'Ana (Editor-Chefe); Andreza Kalbusch (Editora Convidada); Heber Martins de Paula (Editor Convidado); Ricardo Prado Abreu Reis (Editor Convidado); Victor Itonaga (Assistente Editorial).

Artigo licenciado sob uma Licença Creative Commons (CC-BY).
Submetido em: 15 abr. 2024 | Aceito em: 4 dez. 2024.

Resumo

As escolas desempenham papel importante na gestão sustentável da água, uma vez que a conscientização ambiental, muitas vezes, se inicia no ambiente escolar. Este artigo analisou o consumo de água *per capita* nas escolas municipais de ensino fundamental de Joinville, estado de Santa Catarina, Brasil. A coleta de dados iniciou-se pelo envio de questionários com 37 questões, para as 91 escolas do município, obtendo-se retorno de 62 escolas. Para estas, foram coletados os dados mensais de consumo junto à concessionária local, referente ao ano de 2022. Os dados de consumo foram tratados, restando 50 escolas estatisticamente representativas. Com base nas análises, pode-se concluir que o consumo médio *per capita* de água nestas escolas foi de 7,58 litros/ aluno/ dia, valor inferior aos estudos anteriores. Além disso, não foram encontradas variações de consumo entre os períodos letivos e de férias. Já para o consumo unitário, constatou-se um valor médio de 497,65 litros/ m^2/ mês nas instituições. Por fim, observou-se uma relação proporcional entre o consumo de água durante o período de aulas e a área construída das edificações e que não há impacto socioeconômico no consumo de água nas escolas, em relação à renda do bairro.

Palavras-Chave: Consumo de água; Escola de Ensino Fundamental; Meio ambiente.

Abstract

Schools play an important role in sustainable water management, since environmental awareness often begins in the school environment. This article analyzed per capita water consumption in municipal elementary schools in Joinville, State of Santa Catarina, Brazil. Data collection began by sending questionnaires with 37 questions to the 91 schools in the municipality, obtaining feedback from 62 schools. For these purposes, monthly consumption data was collected from the local concessionaire, referring to the year 2022. The consumption data was processed, leaving 50 statistically representative schools. Based on the analyses, it can be concluded that the average per capita water consumption in these schools was 7.58 liters/student/day, a value lower than previous studies. Furthermore, no variations in consumption were found between school and holiday periods. As for unit consumption, an average value of 497.65 liters/m^2 month was found in institutions. Finally, a proportional relationship was observed between water consumption during class periods and the built area of buildings and that there is no socioeconomic impact on water consumption in schools, in relation to the neighborhood's income.

Keywords: Water consumption; Elementary school; Environment.

Resumen

Las escuelas desempeñan un papel importante en la gestión sostenible del agua, ya que la conciencia ambiental a menudo comienza en el entorno escolar. Este artículo analizó el consumo de agua per cápita en escuelas primarias municipales de Joinville, Estado de Santa Catarina, Brasil. La recolección de datos se inició con el envío de cuestionarios con 37 preguntas a los 91 colegios del municipio, obteniendo retroalimentación de 62 colegios. Para estos efectos se recogieron datos de consumo mensual de la concesionaria local, referidos al año 2022. Se procesó el dato de consumo quedando 50 colegios estadísticamente representativos. De los análisis se puede concluir que el consumo medio de agua per cápita en estos colegios fue de 7,58 litros/estudiante/día, valor inferior al de estudios anteriores. Además, no se encontraron variaciones en el consumo entre el periodo escolar y el periodo vacacional. En cuanto al consumo unitario, en las instituciones se encontró un valor promedio de 497,65 litros/m^2/mês. Finalmente, se observó una relación proporcional entre el consumo de agua en los periodos de clases y el área construida de los edificios y que no existe impacto socioeconómico en el consumo de agua en las escuelas, en relación con los ingresos del barrio.

Palabras clave: Consumo de agua; Escuela primaria; Medio ambiente.

1 Introdução

O acesso à água potável é reconhecido pela Organização das Nações Unidas – ONU como um direito humano fundamental e essencial para a sobrevivência e bem-estar das pessoas (UN, 2021). Além disso, este recurso natural é de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social (Cantelle *et al*., 2018). Segundo o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2023), anualmente são retirados cerca de 93 trilhões de litros de água de fontes superficiais e subterrâneas para atender a múltiplos usos consuntivos em diversos setores.

O consumo total de água nas edificações pode ser definido como o volume de água necessário para suprir as demandas dos usuários, bem como a parcela perdida ou desperdiçada em decorrência de vazamentos e uso indevido (Melo *et al*., 2014). A estimativa do consumo pode ser representada pelo indicador de consumo (IC), que, no caso de edificações, representa a relação entre o volume de água consumido em determinado período e o número médio de ocupantes da edificação neste mesmo período (Oliveira, 1999).

Tsutiya (2006) aponta que o clima e as condições meteorológicas, como temperatura, precipitação e umidade, exercem grande influência sobre o consumo de água. Em regiões mais quentes e secas, há uma tendência de maior demanda, tanto para atender às necessidades fisiológicas e higiênicas da população quanto para a irrigação de jardins e hortas, além da lavação frequente de calçadas. A temperatura, o regime de chuvas, o índice pluviométrico e o nível de umidade são fatores que também podem impactar significativamente na demanda.

Fidar, Memon e Butler (2016) destacam a influência da frequência e duração da utilização dos acionamentos (fatores dependentes do usuário), a pressão do ponto de consumo (características do sistema hidráulico) e vazão do dispositivo (tecnologia empregada no equipamento). Silva *et al*. (2013), por sua vez, observaram a representatividade do desperdício de água ocasionado pelos aparelhos hidrossanitários dos banheiros e dos bebedouros de uma universidade da Paraíba, nos indicadores de consumo.

Especificamente em relação ao uso em escolas, a UNICEF (2012) preconiza um IC mínimo de 5 litros/ aluno/ dia, para atividades básicas em escolas de apenas um período. Ao passo que, em escolas integrais, o mínimo recomendado é de 20 litros/ aluno/ dia.

Em um estudo sobre a influência dos fatores comportamentais no consumo de água, Sant'Anna *et al*. (2013) analisaram uma escola pública em Brasília e encontraram como indicador de consumo (IC) para adultos o valor de 11 litros/ aluno/ dia. Os autores também observaram que nem todos os alunos lavavam as mãos e que apenas um em cada cinco estudantes aciona a descarga após usar a bacia sanitária. Esse comportamento contribuiu para a redução do consumo total de água, uma vez que as bacias sanitárias são responsáveis por cerca de 30% do consumo total das edificações escolares (Deboita; Back, 2014).

Gorniack e Negri (2021) realizaram estudo em 37 do total das 65 escolas municipais de ensino fundamental de Joinville (Brasil), coletando dados de ocupação e consumo de água nos anos de 2019 e 2020, estimando o IC médio de 8,94 (litros/ aluno/ dia).

Schultt *et al*. (2022) investigaram o consumo de água durante 24 meses em 26 escolas públicas estaduais de Ensino Fundamental e médio de Joinville, no Sul do Brasil. O estudo propôs um modelo de regressão múltipla para analisar a relação entre o consumo médio mensal e as 27 variáveis independentes estudadas. Foi observado um consumo médio de 8,83 litros/ aluno/ dia, com correlações significativas apenas com a quantidade de alunos, o número de acionamentos, a quantidade de bacias sanitárias, de torneiras com fechamento automático, a área construída e o número médio diário de refeições servidas. A Tabela 1 apresenta um compilado dos resultados encontrados por diversos autores, incluindo a região do estudo e a categoria de ensino.

Tabela 1: Valores bibliográficos de referência do indicador de consumo de água nas escolas.

Referência	Cidade	Litros/ Aluno/ Dia	Categoria de Ensino
Gorniack; Negri, (2021)	Joinville, SC	8,94	Ensino Fundamental Municipal
Schultt, (2022)	Joinville, SC	8,83	Ensino Fundamental Estadual
Barbosa; Bezerra; Sant'ana, (2018)	Brasília, DF	3,89 a 48,61	Campus Universitário (Ensino Superior)
Soares; Nunes; Silva, (2017)	Recife, PE	3,9 a 4,9	Ensino Fundamental Municipal
Guimarães; Araújo, (2016)	Goiânia, GO	23	Estadual de Tempo Integral (2º ao 9º ano)
Silva; Araújo; Fonseca; Nunes, (2015)	Recife, PE	6,28 a 22,78	Escola Técnica Estadual
Oliveira, (2013)	Ituiutaba, MG	13,86 a 51,26	Estadual de Ensino Médio e Fundamental
Oliveira, (2013)	Monte Carmelo, MG	10,59 a 62,23	Estadual de Ensino Médio e Fundamental
Oliveira, (2013)	Patos de Minas, MG	6,42 a 40,21	Estadual de Ensino Médio e Fundamental
Oliveira, (2013)	Patrocínio, MG	7,15 a 20,61	Estadual de Ensino Médio e Fundamental
Oliveira, (2013)	Uberaba, MG	8,26 a 62,82	Estadual de Ensino Médio e Fundamental
Oliveira, (2013)	Uberlândia, MG	7,27 a 47,4	Estadual de Ensino Médio e Fundamental
Fasola *et al.*, (2011)	Florianópolis, SC	28,8	Ensino Fundamental Municipal e Estadual
Sabesp (2006)	-	5,7 s 8,6	Não Especificado
Werneck (2006)	Barra do Pirai, RJ	0,51 a 12,1	Ensino Fundamental Municipal
Gonçalves *et al.* (2005)	Campinas, SP	51,1	Ensino Fundamental Estadual
Barreto. Chicchi (2001)	-	4,0 a 81,1	Ensino Fundamental Estadual

Fonte: Adaptada de Pedroso (2008); Soares *et al*. (2016); Soares *et al*. (2017); Barbosa *et al*. (2018); Schultt (2022); Gorniack e Negri (2021).

Os valores de IC propostos pelos estudos listados na Tabela 1 variaram de 0,51 a 81,1 litros/ aluno/ dia evidenciando uma significativa variação entre os resultados encontrados nas diversas realidades brasileiras. Esta variação justifica a necessidade de realizar estudos que considerem particularidades locais, como o uso inadequado da água e os altos índices de perda hídrica (Nunes *et al*., 2019a). Além disso, o IC é um parâmetro crucial para o dimensionamento dos sistemas de abastecimento de água, sendo essencial para a adequada elaboração dos projetos (Fernandes Neto, 2003).

O principal incentivo para estudos, que buscam entender a dinâmica do consumo de água, é a oportunidade de aprimorar sua gestão. Silva (2019) destaca a importância de

adotar práticas de gestão mais eficientes e sustentáveis para garantir o uso racional e a preservação da água potável. Nesse contexto, instituições públicas, como as escolas, têm um papel fundamental na promoção da gestão sustentável, já que a conscientização ambiental deve começar no ambiente escolar. Além disso, essas instituições educacionais contribuem para disseminar os princípios de sustentabilidade na sociedade (Antunes; Ghisi, 2020).

Logo, ao gerar um diagnóstico das unidades escolares, é possível compreender os fatores que podem influenciar no consumo de água, tanto do ponto de vista social quanto científico, fornecendo uma abordagem estruturada para identificar oportunidades de redução do uso de água nas escolas municipais de Ensino Fundamental de Joinville e promover o desenvolvimento sustentável.

Apesar da importância desse tema, poucos estudos foram realizados sobre os fatores que influenciam o consumo de água nas escolas, o que também corrobora para justificar a realização desta pesquisa, apesar da cidade de Joinville já contar com dois estudos publicados.

Diante disso, foi realizado inicialmente o levantamento do consumo mensal de água das 91 escolas municipais de ensino fundamental de Joinville, Brasil, no ano de 2022. Após a análise de consistência dos dados, a amostra foi reduzida para 50 escolas representativas, nas quais foram estimados o indicador de consumo médio *per capita* (IC) e o indicador de consumo médio unitário (IM), sendo comparados com os valores bibliográficos de referência. Também foi realizada uma análise dos fatores intervenientes no consumo, bem como dos aspectos relacionados à gestão de consumo predial nas escolas.

2 Materiais e Métodos

O sistema educacional de Joinville é composto por diversas instituições de ensino, incluindo Centros de Ensino Infantil, Escolas Municipais de Ensino Fundamental Urbanas, Escolas Municipais de Ensino Fundamental Rurais, Educação para Jovens e Adultos, e Bibliotecas públicas. Para esta pesquisa, foram analisadas exclusivamente as escolas municipais de Ensino Fundamental. Segundo os dados fornecidos pela Companhia de Água de Joinville – CAJ, em 2023, a Companhia atendeu um total de 144 economias públicas de instituições de ensino em 2022, sendo que 60% dessas economias são escolas de Ensino Fundamental, o que representa uma quantidade significativa de escolas nesse nível de ensino.

A pesquisa considerou inicialmente as 91 escolas do Ensino Fundamental da rede municipal de Joinville, Brasil. É pertinente destacar que a distribuição dessas escolas não abrange todos os 43 bairros do município de Joinville, estando este tipo de instituições de ensino presentes somente em 33 bairros.

Foram coletados dados socioambientais, referentes ao ano de 2022, por meio de um questionário estruturado com 37 questões separadas, divididas em diferentes seções temáticas. As seções abordaram várias informações, tais como: fontes de consumo, irrigação, aparelhos hidrossanitários, presença de vazamento e limpeza predial. Um link para o formulário online foi enviado à Secretaria Municipal de Educação, que ficou responsável por repassá-lo aos representantes das escolas. A aplicação dos questionários apresentou uma taxa de cobertura amostral de aproximadamente 69%,

sendo esta a primeira linha de corte amostral, restando somente 62 escolas com resposta ao formulário.

Em seguida, procedeu-se ao tratamento dos dados fornecidos pela Companhia Água de Joinville (CAJ), por meio de uma planilha, na qual constam o número da matrícula de cada escola, a inscrição imobiliária e seu consumo de água mensal em metros cúbicos (m^3) durante o período de 2022. Dessa forma, estabeleceu-se o consumo de cada unidade escolar.

A amostra dos consumos mensais das 62 escolas estudadas passou por uma análise gráfica racional de consistência dos dados, frente aos padrões médios de consumo. Para tanto, os histogramas de consumo foram cruzados com os dados socioambientais coletados para cada escola, desconsiderando as escolas que apresentaram padrões de variação aleatórios ou não justificados nos questionários.

Após o segundo processo de triagem, obteve-se uma amostra de 55 escolas, que tiveram seus dados de consumo analisados e tratados estatisticamente. Durante o tratamento estatístico, foi possível identificar e expurgar os *outliers*, reduzindo finalmente a amostra para 50 escolas. Além disso, os meses com consumo nulo ou inconsistente foram desconsiderados.

Os dados foram tratados e organizados em uma planilha no Excel. O banco de dados incluiu as seguintes informações: número da escola (representativo, para preservar o sigilo das informações), indicativo se era abastecida ou não pela companhia, bairro, renda média por bairro (em salários mínimos), área construída, indicação se a escola respondeu ou não ao questionário aplicado, população total da escola (número de pessoas), consumo de água por mês em metros cúbicos (m^3), programas e métodos que visam a redução de consumo de água, atividades escolares no período de férias, tipos de aparelhos de consumo (sanitários e torneiras), registros de vazamentos/manutenção no ano, existência de reservatório de água e frequência de limpeza. A análise dos dados foi realizada por meio de técnicas estatísticas descritivas, que permitiram examinar e descrever as características e padrões dos dados.

2.1 Análise do Consumo Médio *Per Capita* – IC

De acordo com Oliveira (1999), a estimativa do consumo de água em edifícios é comumente expressa pelo indicador de consumo per capita (IC), que é calculado dividindo-se o volume de água pelo número de agentes consumidores e pela quantidade de dias do período de aferição. Esses agentes consumidores, são a variável mais significativa do consumo de água em um sistema. O IC é determinado de acordo com a tipologia ou uso do edifício. O indicador de consumo per capita IC pode ser estimado, pela Equação (1) (Oliveira, 1999), a qual foi utilizada, considerando os dias do mês.

$$IC = \frac{Cm\ x\ 1000}{NA\ x\ Dm} \tag{1}$$

Sendo:
IC = Indicador de consumo per capita (litros/ agente consumidor/ dia)
CM = Consumo de água no período (m^3/ mês)
NA = Números de agentes consumidores
Dm = Quantidade de dias úteis no referido mês (dias/ mês)

2.2 Análise do Consumo Médio Unitário – IM

Além do indicador de consumo *per capita* (IC), é importante considerar o indicador de consumo médio unitário (IM), que permite avaliar a quantidade de consumo mensal por metro quadrado de edificação. Esse indicador pode ser determinado aplicando a Equação (2) (Oliveira, 1999).

$$IM = \frac{Cm\ x\ 1000}{AC} \tag{2}$$

Sendo:
IM = Indicador de consumo médio unitário (litros/ m^2/ mês)
CM = Consumo de água no período (m^3/ mês)
AC = Área construída (m^2)

2.3 Análise do Consumo Médio Unitário – IM

A análise dos fatores intervenientes foi realizada utilizando a técnica de correlação de Spearman. Os dados foram coletados a partir dos questionários respondidos pelas escolas. Após a coleta, os formulários foram revisados para assegurar a consistência e a validade dos dados antes de proceder com as análises estatísticas. Conforme Cohen (1988), pode-se considerar uma correlação forte ou significativa quando o coeficiente de correlação (ρ) é superior a 0,50, e a ausência de correlação para coeficientes inferiores a 0,30. O indicador de consumo (IC) foi avaliado em relação à sua correlação com a idade da edificação, a área construída, os períodos de férias e letivo.

Além disso, considerando a hipótese de que fatores socioeconômicos podem influenciar o consumo de água nas instituições de ensino, foi realizada uma análise para investigar a relação entre o indicador de consumo médio *per capita* e os fatores econômicos. Para tal, foram coletados dados sobre a renda média por bairro (em salários mínimos), com o objetivo de examinar possíveis interconexões entre essas variáveis.

2.4 Análise do Consumo Médio Unitário – IM

Esta seção teve como objetivo apresentar uma análise descritiva das respostas obtidas a partir dos formulários enviados às escolas, com foco nos fatores relacionados à gestão e racionalização do uso da água. As variáveis estudadas incluíram a ocorrência de vazamentos, os tipos de aparelhos hidrossanitários utilizados e o conhecimento sobre práticas de redução do consumo de água. Através da análise das respostas dos questionários, foram realizadas verificações para identificar possíveis influências dos vazamentos no consumo de água, bem como para detectar ocorrências de picos de consumo nas instituições educacionais. Por fim, montou-se uma nuvem de palavras, para caracterizar as principais medidas relacionadas à gestão de uso da água, nas edificações pesquisadas.

3 Resultados e discussões

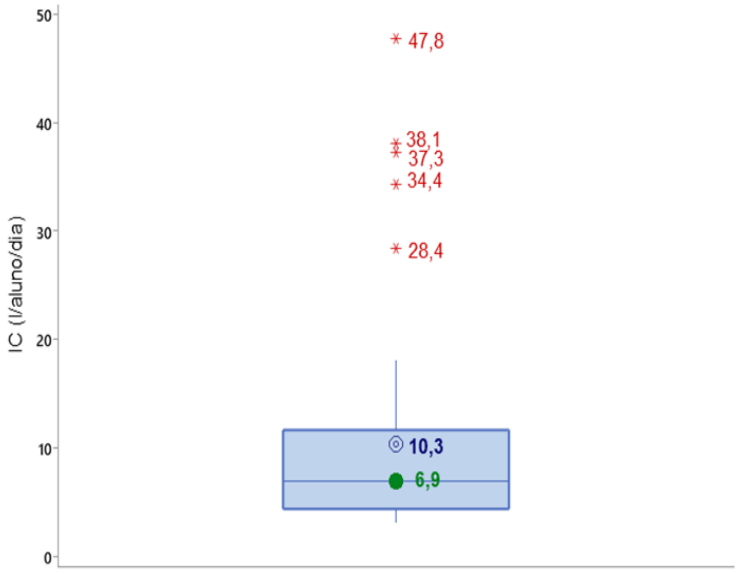
Os resultados foram organizados em análise da IC e do IM e avaliação dos fatores intervenientes e dos fatores de gestão dos recursos.

Os resultados foram organizados em análise da IC e do IM e avaliação dos fatores intervenientes e dos fatores de gestão dos recursos.

3.1 Análise do Consumo Médio *Per Capita* – IC

Inicialmente, os resultados encontrados para o indicador de consumo *per capita* (IC) foram tratados, tendo sido identificados 5 *outliers*, que foram eliminados da análise, conforme apresentado na Figura 1. A remoção desses *outliers* foi necessária para garantir a precisão e a validade das conclusões, uma vez que esses valores discrepantes poderiam distorcer a interpretação dos dados e comprometer a análise estatística subsequente.

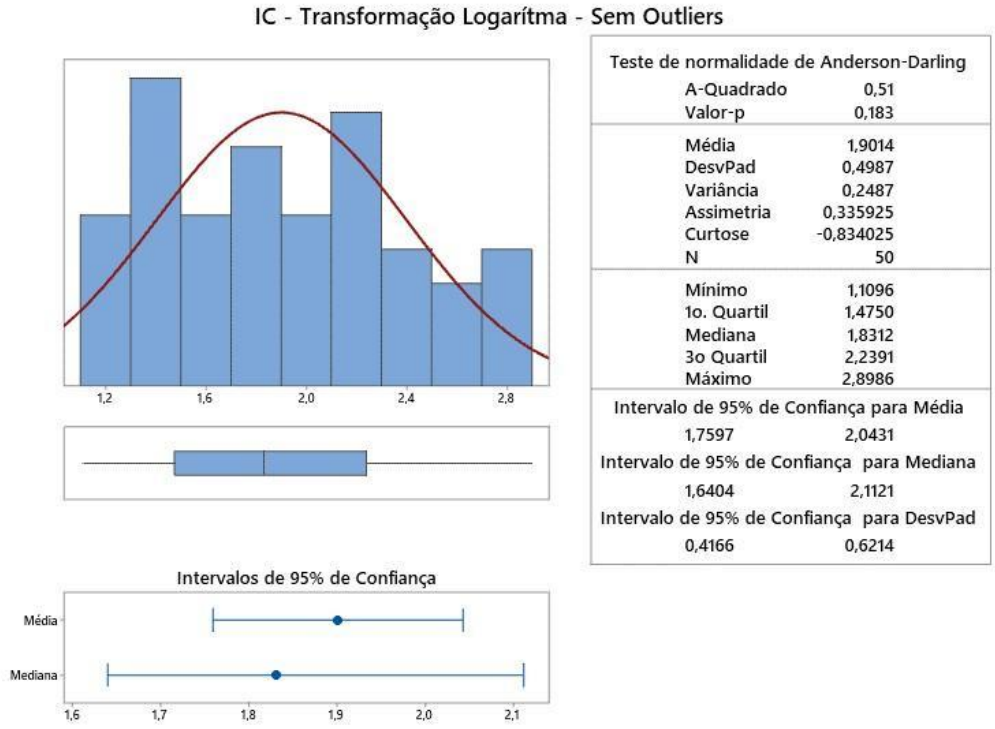
Figura 1: *Boxplot* de IC (litros/aluno/dia).



Fonte: Os autores (2023).

Considerando a não normalidade dos dados de IC, estes foram ajustados com a transformação logarítmica, sendo possível descrevê-los e representá-los conforme a figura 2.

Figura 2: Análise Estatística do IC (litros/ aluno/ dia).



Fonte: Os autores (2023).

O intervalo dos dados de consumos considerados representativos para a pesquisa variou de 3,03 e 18,15 (litros/aluno/dia). O consumo médio *per capita* (IC), bem como o intervalo de confiança de 95%, estão representados na Tabela 2.

Tabela 2: Consumo médio *per capita*.

Média	(Litros/Aluno/Dia) 7,58
Intervalo de Confiança de 95%	7,02 8,15

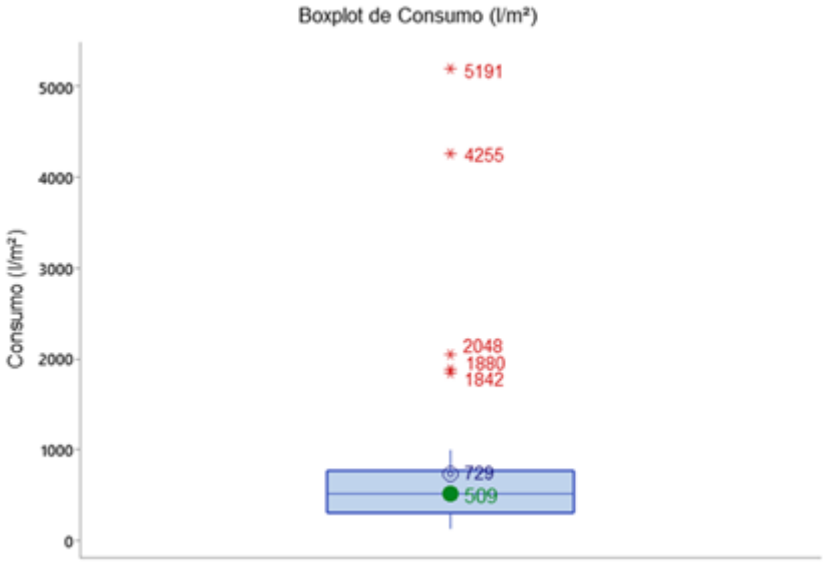
Fonte: Os autores (2023).

O indicador de consumo (IC) médio obtido foi de 7,58 (litros/aluno/dia), pouco abaixo dos valores reportados por Gorniack e Negri (2021), que encontraram 8,94 (litros/aluno/dia) e por Schultt *et al*. (2022), que relataram 8,83 (litros/aluno/dia). Logo, comparando os valores encontrados para IC com os valores apresentados pelos autores anteriores, pode-se afirmar que os resultados encontram-se convergentes.

3.2 Análise do Consumo Unitário Médio - IM

O IM é um parâmetro pouco abordado pela bibliografia, no entanto, é um indicador muito útil para estimativas preliminares. A Figura 3 apresenta todos os resultados iniciais, que passaram pela exclusão dos valores estatisticamente não representativos. Cabe ressaltar que as escolas, que apresentaram valores discrepantes (desconsiderados), são as mesmas unidades de ensino não representativas na análise do IC, ou seja, restaram somente 50 escolas da amostra.

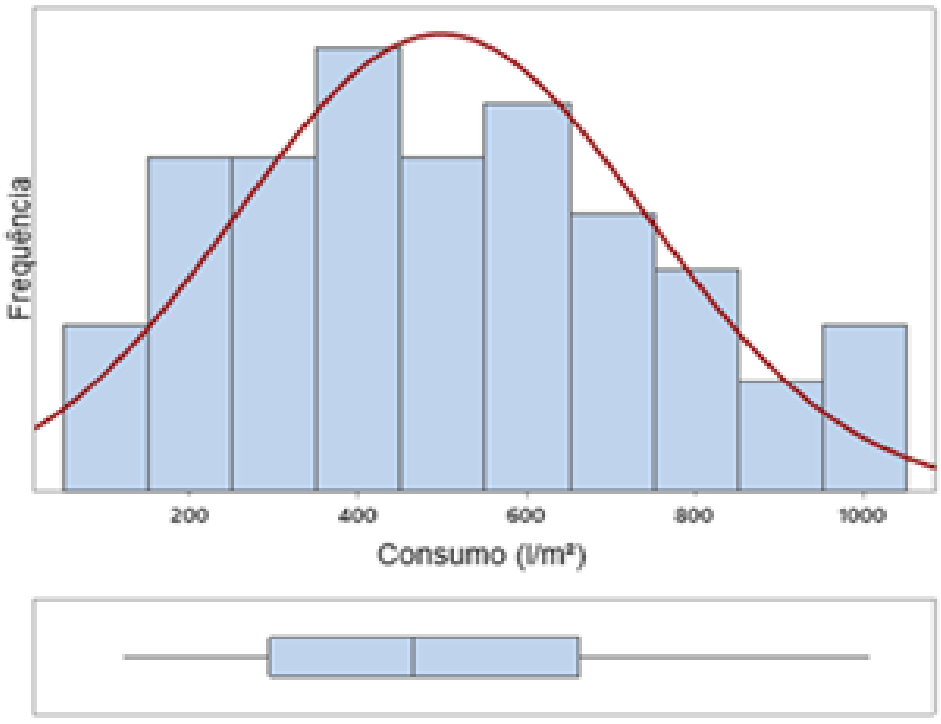
Figura 3: *Boxplot* de consumo (litros/ m²*mês).



Fonte: Os autores (2023).

A representação dos dados por meio do histograma, na Figura 4, permite verificar que IM é aderente à distribuição normal, comprovada também pela aplicação do teste de Anderson-Darling com valor-p de 0,18.

Figura 4: Histograma de consumo unitário (litros/m².mês).



Fonte: Os autores (2023)

Na Tabela 3, é possível observar que o valor médio do IM é de 497,65 litros/ m²/ mês. Além disso, nota-se a existência de um consumo mínimo de 120,66 litros/ m².mês e um consumo máximo de 1.006,09 litros/ m².mês.

Tabela 3: Estatísticas descritivas consumo unitário (litros/ m^2/ mês).

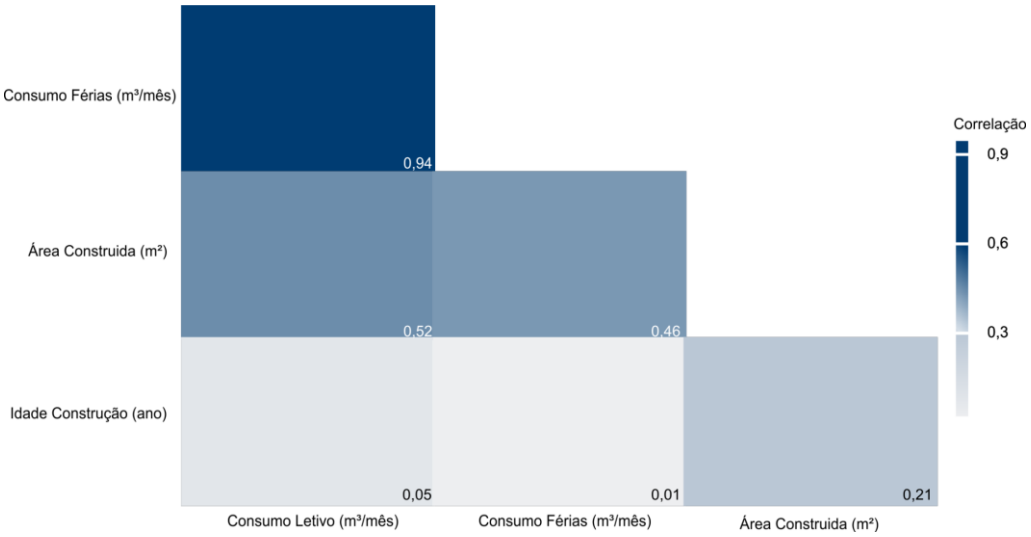
Variável	1ª			3ª		
	Mínimo	Quartil	Mediana	Média	Quartil	Máximo
IM (litors/ m^2*mês)	120,26	294,61	464,95	497,65	661,61	1006,09

Fonte: Os autores (2023). É de se esperar que o consumo total aumente, de forma direta, com o aumento da área total da edificação. Edificações de maior porte, geralmente, abrigam um maior número de alunos, além de possuírem uma maior área a ser higienizada, o que, consequentemente, resulta em um aumento no consumo de água. Este indicador torna-se essencial como fonte de comparação para as pesquisas futuras, relacionadas ao consumo de água em edificações escolares, pois entender e otimizar essa relação é fundamental para reduzir o consumo *per capita* de água nas escolas e promover uma gestão mais responsável dos recursos hídricos.

3.3 Análise dos Fatores Intervenientes

Com o intuito de estabelecer uma análise de correlação entre o IC durante o período letivo e o período de férias, bem como a idade da construção e a área construída, foi elaborado o correlograma na Figura 5. Pode-se verificar que não há diferenças significativas entre os volumes consumidos nos períodos de férias e letivos, isto é, a redução de consumo nos períodos de férias é pequena. Acredita-se que isso possa ser atribuído às tarefas de limpeza realizadas nas escolas durante o período de férias dos alunos. A idade da construção também não se mostrou relevante. Já se identificou correlação significativa entre os consumos e a área da edificação, o que corrobora com a tese de que quanto maior a edificação maior a demanda de água exigida.

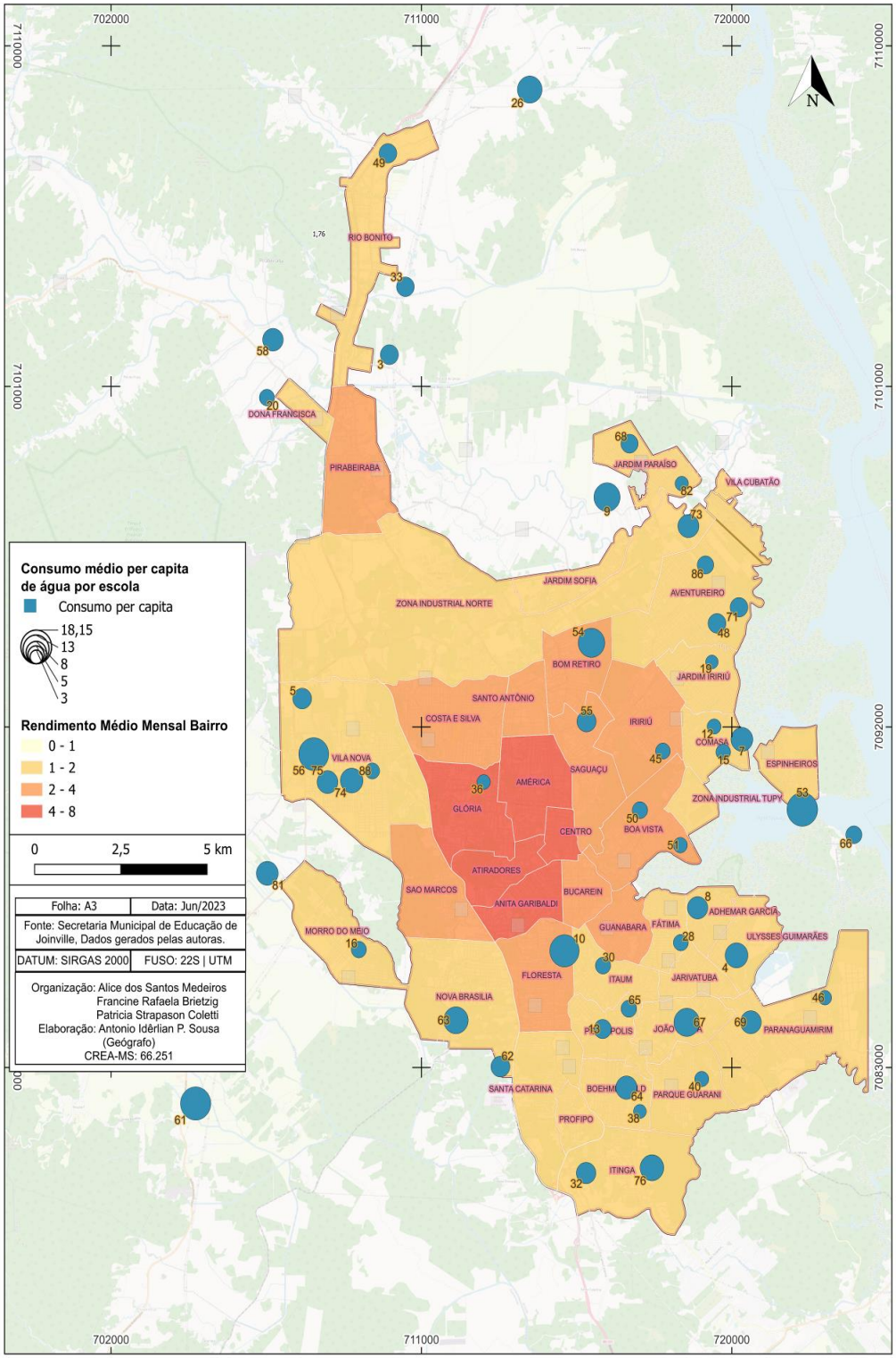
Figura 5: Correlograma entre área construída, idade da construção e consumo médio.



Fonte: Os autores (2023).

Nesse contexto, o mapa de Joinville na Figura 6, destaca as unidades escolares estudadas com seus respectivos valores de IC e indicador econômico em que as escolas estão inseridas. Ao examinar o mapa na Figura 6, constatou-se que o fator socioeconômico não exerce uma influência direta sobre o consumo das escolas municipais de ensino fundamental de Joinville, Brasil. A correlação de Spearman foi então aplicada, revelando uma correlação fraca entre o IC nas unidades escolares de Joinville e a renda do bairro em que estão localizadas (ρ = -0,14).

Figura 6: Mapa de Joinville, destacando a localização das escolas municipais de ensino fundamental e seu consumo médio de água per capita.

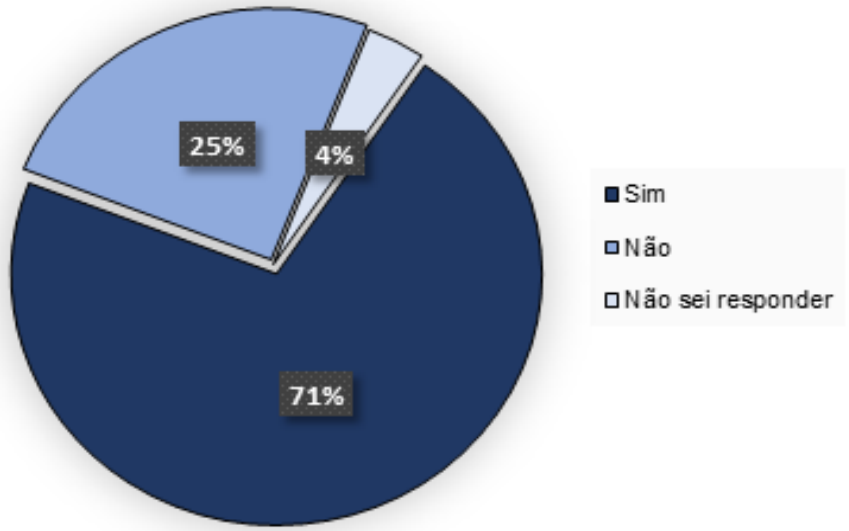


Fonte: Os autores (2023).

3.5 Análise dos Fatores de Gestão do Recurso

Na Figura 7, pode-se observar uma incidência significativa de vazamentos nas edificações escolares estudadas, totalizando um percentual de 71%. Essa informação pode indicar uma relação entre os picos de consumo mensal e a ocorrência de vazamentos, como é apresentado na Figura 8.

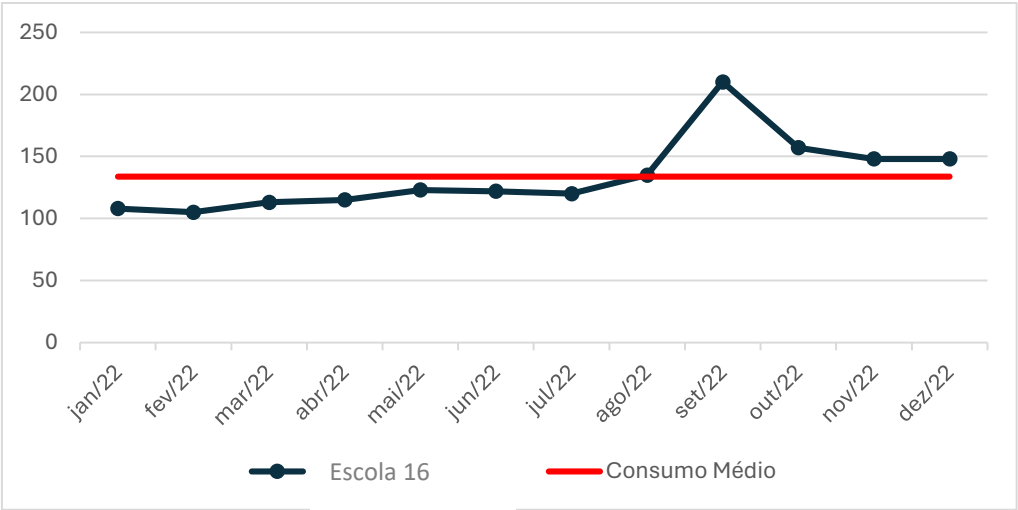
Figura 7: Incidência de vazamento nas unidades escolares em 2022.



Fonte: Os autores (2023).

Ao analisar a Figura 8, que representa o consumo mensal de uma das escolas, observa-se um aumento significativo de consumo no mês de setembro de 2022. Por meio dos registros obtidos através dos questionários enviados, foi confirmada a existência de vazamentos no ano de 2022, contudo, não foi possível determinar o período exato em que ocorreram. Ainda assim, uma hipótese plausível para explicar a elevação do consumo em setembro é a ocorrência de um vazamento.

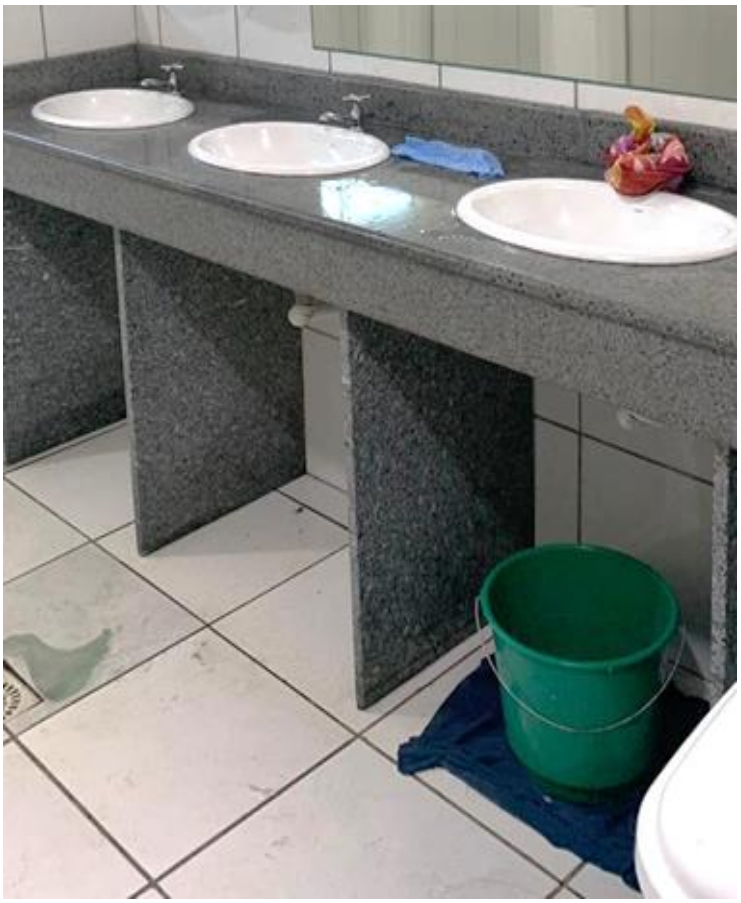
Figura 8: Consumo de água mensal escola 16.



Fonte: Os autores (2023).

Conforme ilustrado na Figura 9, durante as vistorias nas escolas, foram visualizados alguns dos vazamentos, o que denota a falta de gestão eficiente dos recursos e fortalece as evidências empíricas da existência de deficiências no sistema hidrossanitário em algumas das escolas avaliadas.

Figura 9: Registro de vazamento aparente em uma das escolas.



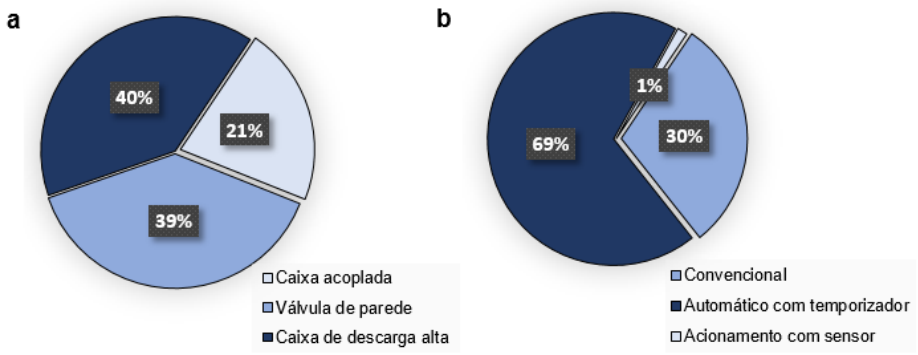
Fonte: Os autores (2023).

Com base nas evidências, verifica-se que é crucial realizar inspeções minuciosas e reparos nas instalações hidrossanitárias das escolas para identificar e corrigir patologias. Isso poderá garantir o funcionamento eficiente dos sistemas de água, evitando desperdícios e danos adicionais. Também é recomendado estabelecer um programa de manutenção preventiva com inspeções periódicas e testes de pressão nos sistemas hidrossanitários.

Os aparelhos hidrossanitários também desempenham um papel significativo no consumo de água de uma edificação. Diante disso, foram realizadas investigações sobre alguns modelos de aparelhos utilizados nas escolas, como demonstrado na Figura 10.

Na Figura 10 (a), constata-se que os modelos dos dispositivos de descarga mais utilizados nas unidades escolares são a caixa de descarga alta e a válvula de descarga de parede. Já na Figura 10 (b) foram apresentados os diferentes tipos de acionamentos das torneiras utilizados nas escolas. Destaca-se que o acionamento automático com temporizador representa o maior percentual, correspondendo a 69% dos tipos de acionamentos de torneiras. Com base nas informações obtidas junto à Secretaria de Educação (SED), em 2022 foram realizadas, em sua grande maioria, substituição de torneiras manuais por torneiras de acionamento automático.

Figura 10: Modelos de descargas das bacias sanitárias [a] e torneiras [b].



Fonte: Os autores (2023).

Por fim, foi possível avaliar se as escolas adotam práticas de redução do consumo de água e participam de programas de conscientização. A nuvem de palavras da Figura 11 apresenta as iniciativas relevantes no campo da gestão sustentável da água, incluindo o processo de captação e reaproveitamento de água proveniente de bebedouros e sistemas de ar-condicionado. Essas práticas têm sido aplicadas com o objetivo de minimizar o desperdício de água e contribuir para a conservação dos recursos hídricos disponíveis. São iniciativas que fazem parte do Programa Reinventando o Espaço Escolar, um projeto iniciado nos CEIs, agora implantado nas escolas de ensino fundamental.

Figura 11: Nuvem de palavras respostas questionário.

Fonte: Os autores (2023).

4 Considerações Finais

Esta pesquisa teve como propósito fornecer uma análise do consumo de água nas escolas municipais de Ensino Fundamental localizadas em Joinville, Santa Catarina. Os resultados obtidos revelaram que os indicadores de consumo encontrados neste estudo estão de acordo com os dados bibliográficos provenientes de pesquisas anteriores conduzidas nas instituições escolares da região.

O indicador de consumo médio *per capita* foi de 7,58 litros/ aluno/ dia, valor que se mostrou coerente com os encontrados em estudos anteriores realizados no município. No entanto, é importante observar que foram utilizados métodos diferentes para o tratamento dos dados e amostras distintas da população nas pesquisas. Apesar dessas variações, a diferença entre os resultados é mínima, mantendo-se os indicadores apresentados na literatura como válidos e relevantes mesmo nos dias atuais.

Foram também analisadas influências socioeconômicas, embora não tenha sido identificada uma correlação considerável entre o consumo médio *per capita* e a renda dos bairros analisados. Por outro lado, as análises realizadas mostraram uma relação direta entre o consumo de água e a área construída das escolas: o consumo unitário médio das escolas foi de 497,65 litros/ m^2/ mês, reforçando a influência do tamanho das instalações no consumo total.

Por meio dessas descobertas, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento sobre o consumo de água nas escolas municipais de ensino fundamental de Joinville, ao mesmo tempo que fornece provisões para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de gestão mais eficazes e sustentáveis. Essas informações também podem servir como base para possíveis análises relacionadas.

Para pesquisas futuras, sugere-se investigar e aplicar testes para detectar possíveis vazamentos nas redes hidráulicas das instituições escolares, uma vez que se observou a ocorrência de picos de consumo em algumas unidades escolares.

Referências

ANTUNES, L. N; GHISI, E. (2020). Consumo de água e energia nas escolas: estudos de caso no Brasil. Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade. Disponível em: https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10668-019-00380-x. Acesso em: 04 mar. 2023.

CANTELLE, T. D.; LIMA, E. de C.; BORGES, L. A. C. Panorama dos Recursos Hídricos no Mundo e no Brasil. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. Maringá/PR, 2018. Disponível em: https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5425/3350. Acesso em: 14 mar. 2023.

COHEN, J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, 2nd Ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1988.

COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE. Economias 2022. Mensagem eletrônica enviada para: Alice dos Santos Medeiros; Francine Rafaela Brietzig; Patricia Strapason Coletti. Joinville, SC, 02 maio 2023.

DEBOITA, M.; BACK, N. Consumo de Água em Bacias Sanitárias com a Utilização de Descarga de Duplo Acionamento: Estudo de Viabilidade Econômica. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, [N.I], p.1, jan. 2014. Disponível em:http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/2984/1/Michele%20Deboita%20%20Prof%20Nestor%20Back.pdf. Acesso em: 08 abr. 2023.

FERNANDES NETO, M. de L. Avaliação de Parâmetros Intervenientes no Consumo per capita de Água: Estudo para 96 Municípios do Estado de Minas Gerais. 2003. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2003. Disponível em: https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/68M.PDF. Acesso em: 10 mar. 2023.

FIDAR, A. M.; MEMON, F. A.; BUTLER, D. Performance Evaluation of Conventional and Water Saving Taps. Science of The Total Environment, v. 541, p. 815–824, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715305271?via%3Dihub. Acesso em: 26 maio 2023.

GORNIACK, A; NEGRI, R. Método de Análise Estatística Simplificada para Determinar o Consumo de Água em Escolas Municipais de Joinville a Partir da Pandemia da SARS-COV-2: O Desdobrar das Categorias de Consumo. XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2021. Disponível em: https://eventos.abrh.org.br/xxivsbrh/trabalhos/sessoes-paineis/. Acesso em: 02 abr. 2023.

MELO, N. A.; SALA, M.R.; OLIVEIRA, R. G.. Percepções e avaliações do consumo de água em escolas públicas da mesorregião geográfica Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG). Revista Monografias Ambientais - Remoa, [S.L.], 2014. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14271. Acesso em: 25 mar. 2023.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Usos da água. Brasília, DF: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-dasaguas/usos-da-agua. Acesso em: 19 mar. 2023.

NUNES, L. G. C. F.; SOARES, A. E. P.; DA SILVA, J. K.; DA SILVA, S. R. Indicadores de uso racional da água para escolas públicas do Recife, Brasil. Ciência e Tecnologia da Água: Abastecimento de Água, 19 (1), 207–215, 2019b. https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.2166/ws.2018.068

OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a Implantação de Programa de Uso Racional de Água em Edifício. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP/USP). São Paulo, São Paulo, 1999 (Tese de Doutorado).

OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios. Boletim Técnico da EPUSP. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16042018084622/publico/LuciaHelenadeOliveira_T.pdf. Acesso em: 9 abr. 2023.

PEDROSO, L. P. Estudo das variáveis determinantes no consumo de água em escolas: o caso das unidades municipais de Campinas, São Paulo. Campinas, SP: [s.n.], 2008.

SCHULTT, J. D. C.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Fatores que influenciam o consumo de água em escolas públicas do Sul do Brasil. Environ Dev Sustain 24, 1411–142, 2022. https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10668-021-01473-2

SANT'ANNA, R.; MIRANDA, R.; CÉSAR, L.; SANT'ANA, D. Análise do consumo de água em escola pública do Distrito Federal. In: Giovanni Seabra. (Org.). Terra: Qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades. 1ed. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, v. 3, p. 1231-1243. 2013. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/41275/1/CAPITULO_AnaliseConsumoAgua.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

SILVA, É. L. da; SILVA, M. do R. C.; ANDRADE, A. S. de; FIGUEIREDO, A. C.; FIGUEIREDO, A. C. F.; SOUSA, M. C. M. B. da S. Uso racional da água no ambiente escolar: uma pesquisa em escolas públicas de educação básica. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento. [S. l.], v.8, n.8, p.4, 2019. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1191. Acesso em: 26 fev. 2023.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2011. Brasília, 2012. MCIDADES. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/aguaeesgotos1/2019/2Diagnstico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf. Acesso em: 29 maio 2023.

SNIS. Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto. Ministério do Desenvolvimento Regional Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília/DF, 2022. Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos. Acesso em: 26 fev. 2023.

SOARES, A. E. P. Análise do Consumo de Água em uma Escola Pública Estadual de Recife-PE. Monografia de Bacharel em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, PE. 2016.

SOARES, A. E. P.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. da. Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife-PE. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, [S. l.], v. 13, n. 1, 2017. DOI: 10.17271/1980082713120171493. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1493. Acesso em: 25 abr. 2023.

TSUTIYA, M. T.. Abastecimento de Água. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p. Disponível em: https://pt.scribd.com/doc/127473795/Abastecimento-de-Agua-Tsutiya. Acesso em: 07 abr. 2023.

UN – United Nations. Water and Human Rights. 2021. Disponível em: https://www.unwater.org/water-facts/human-rights/. Acesso em: 02 abr. 2023.

UNICEF – United Nations Children's Fund. Relatório: Manual de Água, Saneamento e Higiene em Escolas. 2012.