

## Modelagem do consumo de água em escolas públicas da cidade de Joinville, SC

*Modeling water consumption in public schools in Joinville, SC*

Jéssica Daiane Cunha Schult 

Andreza Kalbusch 

Elisa Henning 

### Resumo

**E**ste artigo tem como objetivo a modelagem estatística do consumo de água *per capita* em escolas da cidade de Joinville, SC. Levando em consideração que o ambiente escolar é grande responsável pela transmissão de conhecimentos, inclusive acerca da conservação da água, foram selecionadas para objetos de estudo desta pesquisa 26 escolas públicas da rede estadual de ensino fundamental e médio. Efetivou-se um levantamento sobre a utilização da água, por meio de visitas e questionário à direção de cada escola. Os dados coletados permitiram a caracterização das escolas e um diagnóstico preliminar do uso da água, com valores de indicador de consumo variando entre 5,15 e 18,59 litros/aluno/dia. Foi feita a análise de correlação entre as variáveis e posterior modelagem do consumo de água nas escolas, usando regressão linear múltipla, regressão linear Bayesiana e regressão geograficamente ponderada. Os resultados da análise de correlação revelam que quanto maior a renda média no bairro em que a escola está localizada e a razão área por aluno, maior o indicador de consumo. Por outro lado, o número de alunos apresenta correlação negativa com o indicador de consumo. Na modelagem estatística, a variável independente razão área por aluno apresentou-se significativa.

**Palavras-chave:** Consumo de água. Escolas. Regressão linear múltipla. Regressão linear Bayesiana. Regressão geograficamente ponderada.

### Abstract

*This work aims to model per capita water consumption in schools in the city of Joinville-SC. As the school environment is largely responsible for the transmission of knowledge, including information on water conservation, 26 public schools were selected for this research. A survey was carried out on the use of water, through visits and a questionnaire to the management team of each school. The data collected allowed the characterization of schools and a preliminary diagnosis of water use. A descriptive analysis of per capita water consumption was performed, with values ranging from 5.15 to 18.59 liters/student/day. Correlation analysis, multiple linear regression, Bayesian linear regression and geographically weighted regression were used. The results of the correlation analysis reveal that the higher the average income in the neighborhood where the school is located and the area per student ratio, the higher the per capita water consumption. On the other hand, the number of students has a negative correlation with per capita consumption. In the statistical modeling, the independent variable area per student ratio was significant.*

<sup>1</sup>Jéssica Daiane Cunha Schultt

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina  
Joinville - SC - Brasil

<sup>2</sup>Andreza Kalbusch

<sup>2</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina  
Joinville - SC - Brasil

<sup>3</sup>Elisa Henning

<sup>3</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina  
Joinville - SC - Brasil

Recebido em 23/03/23

Aceito em 23/06/23

**Keywords:** Water consumption. Schools. Multiple linear regression. Bayesian linear regression. Geographically weighted regression.

## Introdução

A conservação da água é essencial para o desenvolvimento sustentável e, no ambiente urbano, as edificações são responsáveis por parcela significativa do consumo de água (Flores; Ghisi, 2022). Edifícios de uso coletivo são locais estratégicos para o desenvolvimento de projetos de análise e conservação de água. O fato de serem lugares com considerável consumo de água faz com que qualquer intervenção orientada possa ter efeitos proporcionais uma vez que apresentam alta concentração de pessoas (Farina *et al.*, 2011).

As instituições educacionais podem atuar como importantes agentes na promoção de princípios do desenvolvimento sustentável na sociedade (Antunes; Ghisi, 2020). A gestão ambiental deve fazer parte da administração das escolas, sendo abordada de forma holística e responsável (Oliver; Brümmer, 2007). Dessa forma, a redução do consumo de água pode não só proporcionar benefícios ambientais, mas também benefícios econômicos para as instituições (Oliver; Brümmer, 2007).

As instituições escolares, responsáveis pela formação do cidadão e princípios da educação ambiental, são peça-chave nas discussões sobre o uso da água (Nunes *et al.*, 2019). O controle do consumo de água, por sua vez, depende de o usuário ter acesso ao conhecimento do consumo praticado e é, principalmente, uma atitude voluntária (Marinho; Gonçalves; Kiperstok, 2014). Segundo os autores é importante permitir que os usuários tenham acesso às informações que os levem a constatar as consequências de suas ações. O desenvolvimento de estudos que avaliem o consumo de água em edificações escolares é de suma importância, visto que há carência de informações científicas acerca do assunto (Almeida *et al.*, 2015).

Issa *et al.* (2010) desenvolveram um estudo em 10 escolas convencionais e 20 escolas que passaram por reformas com objetivo de promoção da eficiência energética em Toronto, Canadá. O estudo analisou os custos e o consumo de energia, água e gás das escolas da amostra. O estudo investigou a correlação entre o consumo de energia, água e gás e a área construída e entre o consumo de energia, água e gás e o número de ocupantes durante o período de estudo. O consumo de água apresentou correlação positiva estatisticamente significativa com a área construída e o indicador de consumo de água por área construída apresentou correlação negativa estatisticamente significativa com a área construída nas escolas que passaram por reforma (Issa *et al.*, 2010). Como estudo anterior, também pode ser citada a pesquisa desenvolvida em Portugal por Almeida *et al.* (2015), em que dados de 23 escolas foram analisados. A distribuição estatística do custo anual normalizado da energia se mostrou quase simétrica, enquanto os consumos de água e gás apresentaram assimetria à direita. A análise de correlação mostrou que existe correlação significativa entre o número de alunos e a área construída e entre o consumo de energia e a área construída. No estudo não houve correlação entre o consumo de água e os demais fatores (Almeida *et al.*, 2015). Ademais, cabe ressaltar que outro estudo recente do grupo (Schultt; Kalbusch; Henning, 2022) avaliou o consumo bruto mensal das edificações escolares (em m<sup>3</sup>/escola/mês), que apresentou correlação positiva significativa (ao nível de 0,05) com o número de alunos.

Para Farina *et al.* (2011), o ambiente escolar é base importante de uma nação, capaz de influenciar profundamente o desenvolvimento da sociedade. Inserido nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo a modelagem estatística do consumo de água *per capita* nas escolas estaduais do ensino fundamental e médio da cidade de Joinville, SC. Entre os fatores intervenientes no consumo de água são considerados aspectos construtivos, quantitativos e qualitativos das edificações escolares. A modelagem é realizada considerando o consumo *per capita* nas edificações escolares em uma abordagem similar à empregada em estudos anteriores realizados para a tipologia residencial. Domene e Saurí (2006) realizaram a modelagem do consumo de água *per capita* em um estudo na região metropolitana de Barcelona; e Hussien, Memon e Savic (2016) realizaram a modelagem do consumo de água *per capita* em um estudo com 407 unidades residenciais no Iraque. Também pode ser citado o estudo de Villarín (2019), que estabeleceu modelos de regressão linear múltipla para o consumo de água *per capita* doméstico em Sevilha, na Espanha. É importante ressaltar que, assim como no estudo de Villarín (2019) acerca do consumo de água residencial, a modelagem estatística realizada no presente estudo pode ser aplicada na identificação dos fatores que influenciam o consumo de água em edificações escolares. Para Fan *et al.* (2017), os fatores que afetam o consumo de água devem ser identificados a fim de que políticas públicas efetivas sejam desenvolvidas. No entanto, os fatores influenciadores do consumo de água nas escolas ainda são pouco explorados.

Neste artigo são utilizadas técnicas estatísticas multivariadas para análise e identificação dos fatores que influenciam o consumo *per capita* de água nas escolas da cidade de Joinville, SC, estabelecendo modelos de previsão de consumo. Este estudo destaca-se pela importância do tema, uma vez que, apenas com o conhecimento acerca dos fatores que influenciam o consumo de água, ações com o objetivo de economizar água podem efetivamente ser implementadas.

## Método

Neste estudo foram avaliadas todas as escolas estaduais ( $n=26$ ) de ensino fundamental e médio da cidade de Joinville que apresentaram histórico de consumo na concessionária de água. Os valores de consumos mensais no período histórico de 24 meses (janeiro de 2016 a dezembro de 2017) foram obtidos na Companhia Águas de Joinville. Para cálculo do número de agentes consumidores foi considerado o número de alunos por escola no mesmo período. Para a quantidade de dias letivos de cada mês, recorreu-se aos calendários escolares de 2016 e 2017. Para o mês de janeiro, em que não houve dias letivos, o indicador de consumo não foi considerado. O número de alunos e os calendários escolares foram fornecidos pela Secretaria de Estado da Educação (2023). Foram levantadas características das escolas da amostra em visitas técnicas às escolas em estudo, que viabilizaram a caracterização das atividades que envolvem o uso da água, a identificação dos pontos de consumo de água, a aplicação de questionários à direção de cada escola e o preenchimento de planilhas de observação. A caracterização das atividades que envolveram o uso de água foi realizada por meio do preenchimento de uma planilha, referente ao uso, quantidade e tipo de aparelhos sanitários, modelo, marca, estado de operação, vazões e quantificação de perdas. O indicador de consumo (em litros/aluno/dia) das escolas foi obtido pela razão entre o volume de água consumido por dia e o número de alunos. A análise estatística foi realizada empregando o software R (R Core Team, 2022) e a interface do RStudio com os pacotes CAR (Fox, 2018), Metrics (Frasco, 2018) e GWmodel (Gollini *et al.*, 2015; Lu *et al.*, 2014).

## Análise bivariada

A análise de correlação foi realizada para identificar as relações existentes entre a variável dependente (consumo *per capita*) e as variáveis independentes. Para as variáveis independentes, variáveis quantitativas e qualitativas das escolas foram levantadas por meio de questionários à direção de cada escola, além de visitas técnicas descritas anteriormente. Inicialmente verificou-se a normalidade dos dados da variável dependente por meio do teste de Shapiro-Wilk. Em caso de não normalidade dos dados, pode ser necessária a transformação da variável dependente, usando o critério de transformação logarítmica ( $\ln$ ).

Posteriormente, a fim de identificar um subconjunto de variáveis preliminar, foram analisadas e calculadas as correlações entre as variáveis independentes quantitativas e a variável dependente (Wubetie, 2019). Montgomery e Runger (2014) afirmam que essa técnica pode auxiliar na seleção de variáveis para um modelo de regressão. Para seleção inicial das variáveis independentes, foram consideradas na modelagem as variáveis com correlações significativas ao nível de significância de 20%.

Para as variáveis qualitativas propõe-se inicialmente a análise gráfica por meio de diagramas de caixa (*boxplots*) com intuito de analisar a influência dessas variáveis no indicador de consumo *per capita*. O teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney foi aplicado para verificar se há diferenças no consumo de água para as variáveis com duas categorias. Na comparação de variáveis com três ou mais grupos foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Devore, 2006).

## Regressão linear múltipla

De acordo com Montgomery e Runger (2014), utiliza-se regressão linear múltipla quando a variável dependente ou de resposta ( $y$ ) pode estar relacionada a  $k$  variáveis independentes ou regressoras, conforme Equação 1.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

$y$  é o modelo de regressão (variável dependente);

$\beta_j$  ( $j = 0, 1, \dots, k$ ) são os coeficientes de regressão;

$x_j$  ( $j = 0, 1, \dots, k$ ) são as variáveis regressoras;

$\varepsilon$  é o resíduo; e

$\beta_0$  é o intercepto.

Foi considerada para a variável dependente o indicador de consumo *per capita*, uma variável quantitativa e contínua. Para as variáveis independentes, foram adotadas para a pesquisa as seguintes variáveis quantitativas contínuas e qualitativas:

(a) número de alunos ( $x_1$ );

- (b) número total de torneiras ativas (lavatórios, torneiras de cozinha e limpeza) ( $x_2$ );
- (c) número de bacias sanitárias ativas ( $x_3$ );
- (d) número de mictórios ativos ( $x_4$ );
- (e) número de chuveiros ativos ( $x_5$ );
- (f) número de bebedouros ativos ( $x_6$ );
- (g) número de lavatórios automáticos acionados mecanicamente ( $x_7$ );
- (h) vazão média de operação dos lavatórios ( $x_8$ );
- (i) vazão média de operação das torneiras de cozinha ( $x_9$ );
- (j) média de vazões de operação dos chuveiros operando com vazão máxima ( $x_{10}$ );
- (k) vazão média de operação dos chuveiros a 40 °C ( $x_{11}$ );
- (l) renda média no bairro onde está localizada a escola ( $x_{12}$ );
- (m) idade da edificação ( $x_{13}$ );
- (n) área construída da edificação ( $x_{14}$ );
- (o) média do número de refeições que a escola oferece por dia ( $x_{15}$ );
- (p) razão área por aluno ( $x_{16}$ );
- (q) percentual de torneiras ativas ( $x_{17}$ );
- (r) percentual de torneiras desativadas ( $x_{18}$ );
- (s) percentual de torneiras com vazamento ( $x_{19}$ );
- (t) percentual de lavatórios automáticos acionados mecanicamente ( $x_{20}$ );
- (u) percentual de bacias sanitárias ativas ( $x_{21}$ );
- (v) percentual de bacias sanitárias desativadas ( $x_{22}$ );
- (w) percentual de bacias sanitárias com vazamento ( $x_{23}$ );
- (x) percentual de bebedouros ativos ( $x_{24}$ );
- (y) percentual de bebedouros desativados ( $x_{25}$ );
- (z) percentual de bebedouros com vazamento ( $x_{26}$ );
- (aa) percentual de mictórios ativos ( $x_{27}$ );
- (bb) percentual de mictórios desativados ( $x_{28}$ );
- (cc) percentual de mictórios com vazamento ( $x_{29}$ );
- (dd) percentual de chuveiros ativos ( $x_{30}$ );
- (ee) percentual de chuveiros desativados ( $x_{31}$ );
- (ff) percentual de chuveiros com vazamento ( $x_{32}$ );
- (gg) distância da escola ao centro da cidade ( $x_{33}$ );
- (hh) existência de 2º pavimento ( $x_{34}$ );
- (ii) número de turnos que a escola oferece ( $x_{35}$ );
- (jj) existência de banheiros no 2º pavimento ( $x_{36}$ );
- (kk) existência de sistema de aproveitamento de água pluvial ( $x_{37}$ );
- (ll) existência de vazamentos visíveis ( $x_{38}$ );
- (mm) existência de programa de manutenção da rede hidráulica ( $x_{39}$ ); e
- (nn) existência de programa de uso racional da água ( $x_{40}$ ).

Como variável representativa da população da edificação, teve-se acesso apenas ao número de alunos matriculados em cada escola, o que é uma limitação desta pesquisa. No entanto, segundo Oliveira e Gonçalves

(1999), de maneira geral, a população de alunos pode ser considerada a variável mais representativa dessa tipologia de edifícios. O número de alunos foi obtido na Secretaria de Estado da Educação (2023). Com as informações acerca do número de alunos e área da edificação foi construída a variável razão área por aluno ( $x_{16}$ ). Essa variável foi construída de modo a verificar se o consumo *per capita* aumenta quando a área por aluno é maior. A construção de variáveis que consideram o número de pessoas e a área também foi realizada por Villarín (2019) em um estudo sobre o consumo *per capita* residencial na Espanha e por Silva *et al.* (2021) em um estudo sobre o consumo *per capita* em edifícios de apartamentos no Brasil.

Para a seleção das variáveis foi utilizado o método *stepwise*, que adiciona ou remove variáveis regressoras por meio de uma sequência de modelos. O método de mínimos quadrados ordinários foi aplicado para estimação dos parâmetros. Após o ajuste do modelo é necessário verificar sua adequação. O coeficiente de determinação múltipla ( $R^2$ ) foi utilizado como uma estatística global para avaliar esse ajuste. Além do critério do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para seleção do modelo, foi verificado o critério de informação de Akaike (AIC) (Hyndman; Athanasopoulos, 2018). Para verificar se o modelo de regressão atende às condições dos resíduos, foram realizados, além de análises gráficas, testes estatísticos paramétricos. Na análise de regressão, o nível de significância adotado foi  $\alpha = 5\%$ .

## Regressão geograficamente ponderada

Os resultados da regressão múltipla também foram explorados com maior profundidade por meio da regressão geograficamente ponderada – *geographically weighted regression* (GWR). Ao contrário dos modelos de regressão linear tradicionais, com coeficientes de regressão constantes no espaço, os coeficientes de regressão GWR são estimados considerando a referência espacial (Wheeler, 2014). Assim, o coeficiente de regressão assume valores diferentes para diferentes localidades. Esse método gera uma equação de regressão individual para cada observação (Equação 2) (Brunsdon; Fotheringham; Charlton, 1996).

$$y_j = \beta_0(u_0, v_0) + \beta_1(u_1, v_1)x_1 + \beta_2(u_2, v_2)x_2 + \dots + \beta_k(u_k, v_k)x_k + \varepsilon \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

$y_j$ : variável dependente;

$\beta_j$  ( $j = 1, \dots, k$ ): coeficientes de regressão;

$x_j$  ( $j = 1, \dots, k$ ): variáveis independentes;

$\varepsilon$ : resíduos; e

$(u_j, v_j)$ : coordenadas do ponto  $j$ .

Outra vantagem da GWR é que o mapeamento de parâmetros e diagnósticos de regressão, como o  $R^2$  local, pode ajudar a explorar como as relações estatísticas e sua significância variam espacialmente (Kim; Nicholls, 2016). O pacote *spgwr* (Bivand; Yu, 2020) foi aplicado para a regressão geograficamente ponderada.

## Regressão linear Bayesiana

Para complementar as análises, foi ajustado também um modelo de regressão linear Bayesiana. Na maioria dos casos, uma análise Bayesiana não altera drasticamente os resultados, mas os torna mais interpretáveis e mais fáceis de entender e descrever (Penny; Mattout; Trujillo-Barreto, 2007; Makowski; Ben-Shachar; Lüdecke, 2019). O modelo incorpora o conhecimento prévio, distribuição *a priori*, sobre os parâmetros para obter a distribuição dos parâmetros de regressão, chamada de distribuição *a posteriori* (Makowski *et al.*, 2019), que é um conjunto de diferentes valores plausíveis para cada parâmetro e representa a probabilidade dos diferentes efeitos. A distribuição *a priori* utilizada foi do tipo conjugada, pouco informativa e da família da distribuição normal. A partir da distribuição *a posteriori*, foram calculadas estimativas pontuais e intervalos de credibilidade. O intervalo de credibilidade é baseado no intervalo de densidade mais alta (HDI), que indica o intervalo que contém 89% dos valores de efeito mais prováveis. Os intervalos de 89% são mais apropriados para distribuições Bayesianas posteriores, em relação à estabilidade computacional (Makowski; Ben-Shachar; Lüdecke, 2019; Kruschke, 2014).

Dois índices são ainda calculados:

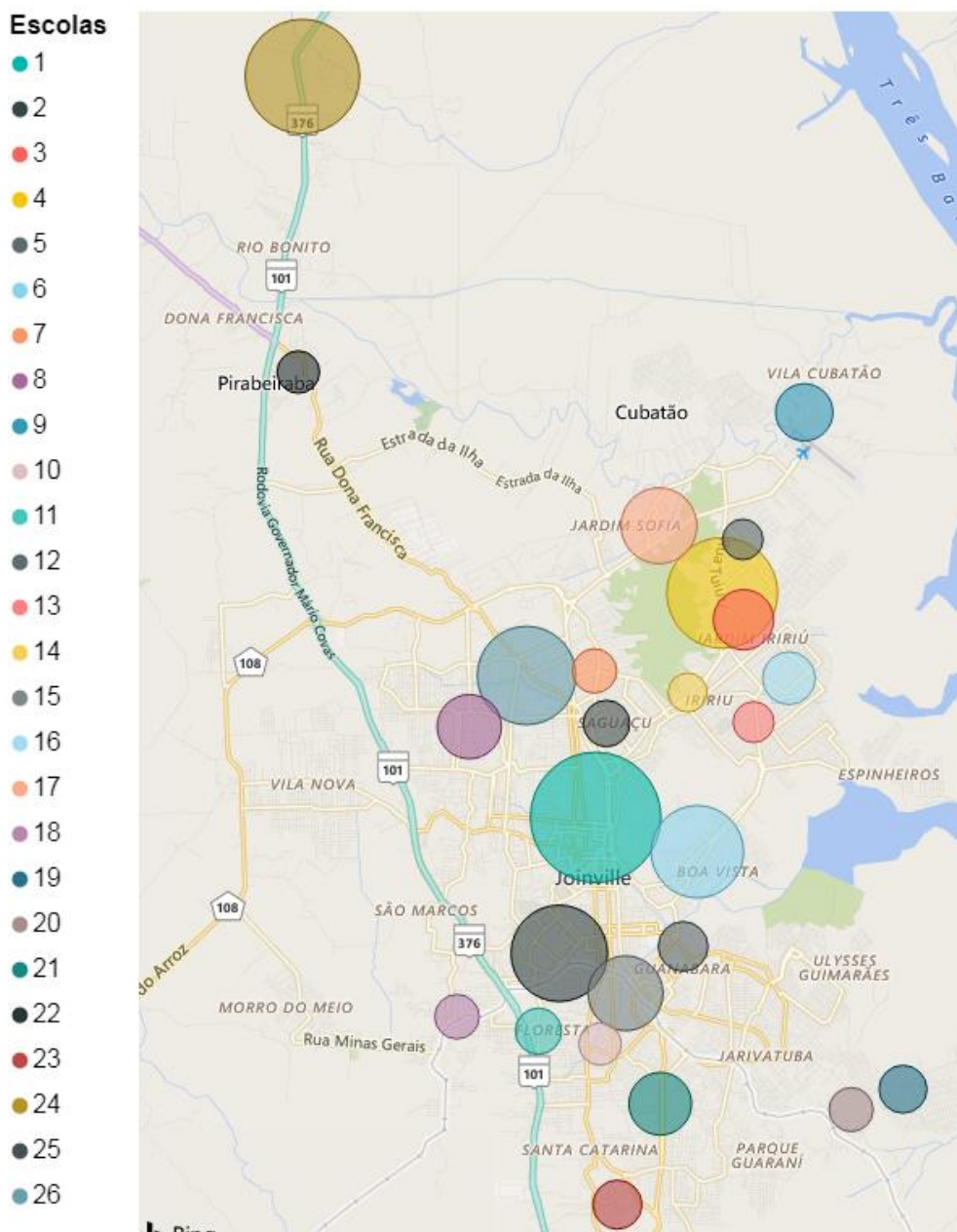
- (a) a probabilidade de direção (pd), que é a proporção da distribuição *a posteriori* que é positiva; e
- (b) o Fator de Bayes, índice de evidência relativa de significância.

A análise do Fator de Bayes baseia-se em uma escala desenvolvida por Jeffreys (1961) e modificada por Raftery (1995), segundo a qual valores abaixo de 1,0 indicam não haver evidência de significância; entre 1,0 e 3,0 indicam evidência fraca; entre 3,0 e 20, uma evidência positiva e, acima de 20, uma evidência forte (Raftery, 1995). A análise estatística foi feita com o software R (R Core Team, 2022) com auxílio dos pacotes rstanarm (Goodrich *et al.*, 2022) e bayestestR (Makowski; Ben-Shachar; Lüdtke, 2019). O algoritmo de amostragem utilizado foi o MCMC (Monte Carlo via Cadeias de Markov).

## Resultados e discussões

Inicialmente foram calculados os indicadores de consumo médios *per capita* (em litros/aluno/dia) das escolas analisadas. A Figura 1 apresenta a localização das escolas com seus respectivos indicadores de consumo. Os tamanhos dos círculos variam de acordo com os valores dos indicadores de consumos médios. Assim, quanto maiores os diâmetros, maiores os indicadores de consumo médios.

Figura 1 - Indicador de consumo médio *per capita* de água (litros/aluno/dia) por escola



A análise descritiva do consumo *per capita* de água pode ser observada na Tabela 1. Foi encontrado valor máximo de 18,59 litros/aluno/dia e valor médio de 8,83 litros/aluno/dia. A Figura 2 apresenta a distribuição do indicador de consumo *per capita*. Verifica-se uma distribuição assimétrica à direita, com aproximadamente 70% das observações, com indicador de consumo até 10,00 litros/aluno/dia.

Para a modelagem estatística utilizou-se a transformação logarítmica para a variável dependente, pois o consumo *per capita* não apresentou distribuição normal. A transformação logarítmica também foi usada nos estudos acerca do consumo de água realizados por Cruz *et al.* (2017) e Sant'Ana e Mazzega (2018). A Figura 3 apresenta o gráfico de dispersão entre o número de alunos e o indicador de consumo *per capita* das escolas. A Tabela 2 apresenta algumas características das escolas analisadas, como área construída, idade da edificação, razão área por aluno, número de pavimentos, número de refeições servidas diariamente, distância da escola ao centro da cidade e número de bacias sanitárias e lavatórios. As Figuras 4 a 8 apresentam gráficos com a situação de operação de torneiras, bacias sanitárias, bebedouros, mictórios e chuveiros, respectivamente.

## Análise bivariada

Após calcular as correlações e analisar o comportamento individual das variáveis (Tabela 3), foi realizada a exclusão das variáveis que não atendiam os critérios de seleção. Para as variáveis qualitativas, um estudo dos diagramas de caixa (*boxplots*) foi efetuado para analisar as influências dessas variáveis no consumo *per capita*. As Figuras 9 e 10 apresentam, respectivamente, os *boxplots* dos indicadores de consumos médios *per capita* das escolas por número de turnos e com relação à presença ou não de sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Tabela 1 - Medidas descritivas

Medidas descritivas	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Desvio padrão
IC (litros/aluno/dia)	5,15	5,92	6,93	8,83	10,52	18,59	4,04

Figura 2 - Histograma para a variável dependente consumo *per capita* (litros/aluno/dia)

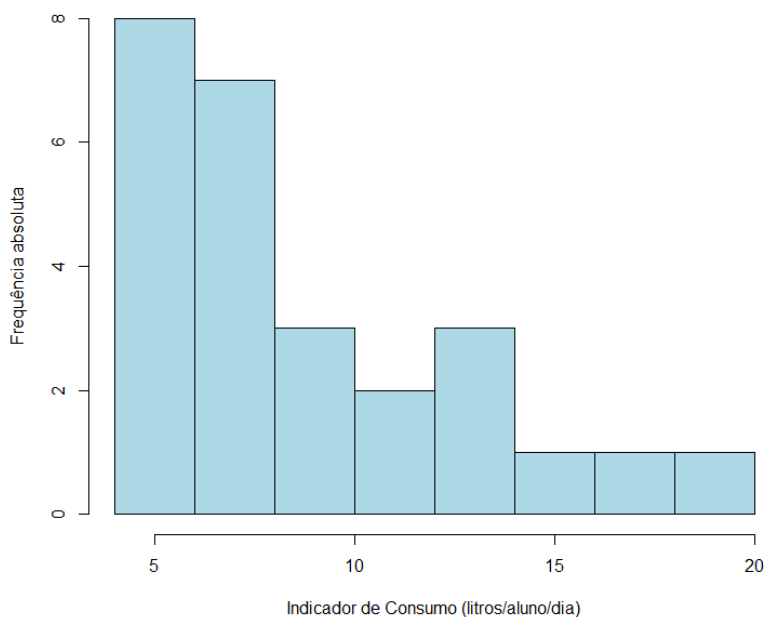


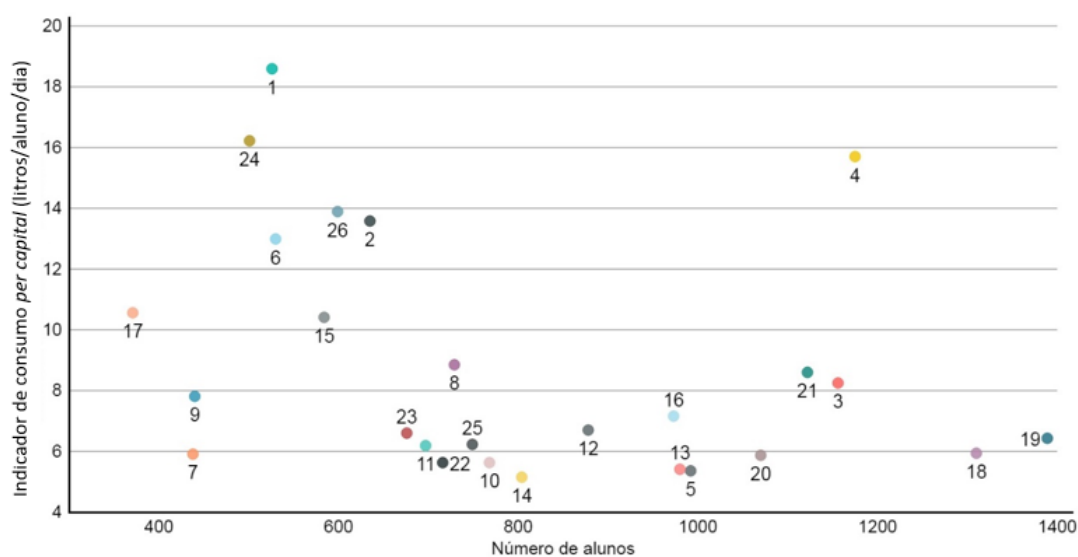
Figura 3 - Gráfico de dispersão entre o número de alunos e o indicador de consumo *per capita* das escolas

Tabela 2 - Características das escolas analisadas

Escolas	Idade da edificação (anos)	Área construída (m <sup>2</sup> )	Área construída por aluno (m <sup>2</sup> /aluno)	Número de pavimentos	Distância do centro da cidade à escola (km)	Quantidade de bacias sanitárias existentes	Quantidade de lavatórios existentes	Número de refeições por dia
1	27	4423,11	8,41	2	1,90	33	44	390
2	27	1536,26	2,42	2	3,10	27	26	576
3	30	2452,09	2,12	2	7,60	18	21	443
4	27	3036,85	2,58	2	8,20	30	33	606
5	28	469,65	0,47	1	9,50	11	19	510
6	27	1824,12	3,44	2	4,00	21	23	587
7	24	2547,45	5,82	1	6,10	26	26	227
8	36	1808,70	2,48	2	5,80	23	24	453
9	27	2312,29	5,26	2	13,50	13	16	301
10	37	2029,92	2,64	1	4,60	22	24	776
11	37	1610,55	2,31	2	5,30	14	18	693
12	38	2769,92	3,15	2	3,80	16	14	311
13	17	3436,00	3,51	2	7,10	27	24	721
14	27	2312,29	2,88	2	6,70	11	23	812
15	39	2774,17	4,75	2	3,40	15	9	334
16	27	1542,78	1,59	2	8,50	15	18	591
17	9	1833,98	4,94	1	9,00	10	11	318
18	38	2502,32	1,91	2	6,00	16	42	615
19	15	3093,40	2,23	2	10,00	19	26	903
20	10	2722,06	2,54	2	9,40	24	22	221
21	31	1471,40	1,31	1	6,00	16	14	505
22	9	2858,76	3,99	2	13,70	29	38	470
23	32	1490,18	2,20	1	8,30	13	19	685
24	25	2654,13	5,30	1	23,10	16	11	362
25	27	1562,92	2,09	2	4,00	18	23	341
26	27	1717,68	2,87	1	4,90	12	33	579



Figura 4 - Percentuais de torneiras ativas, desativadas e com vazamento

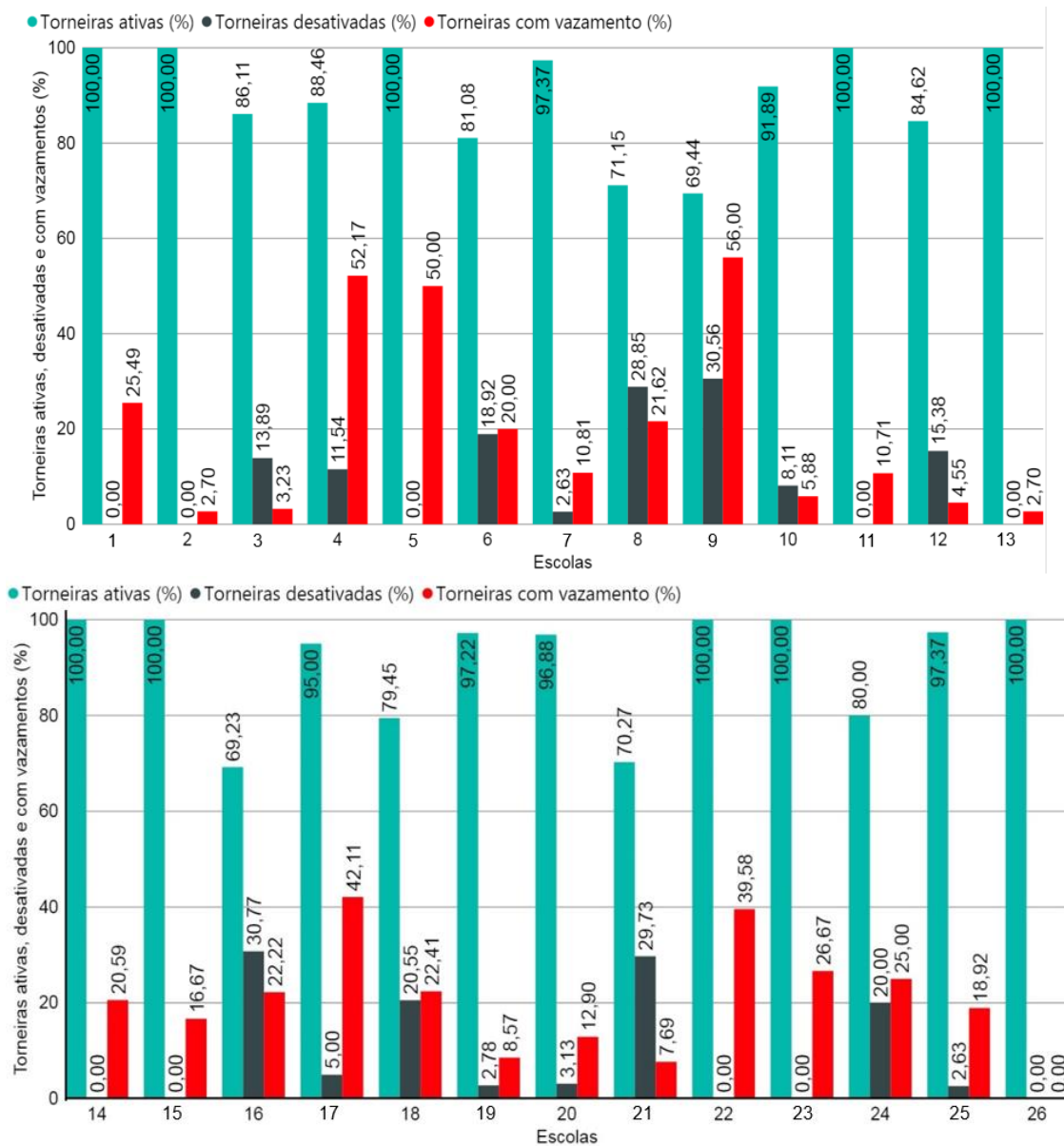


Figura 5 - Percentuais de bacias sanitárias ativas, desativadas e com vazamentos

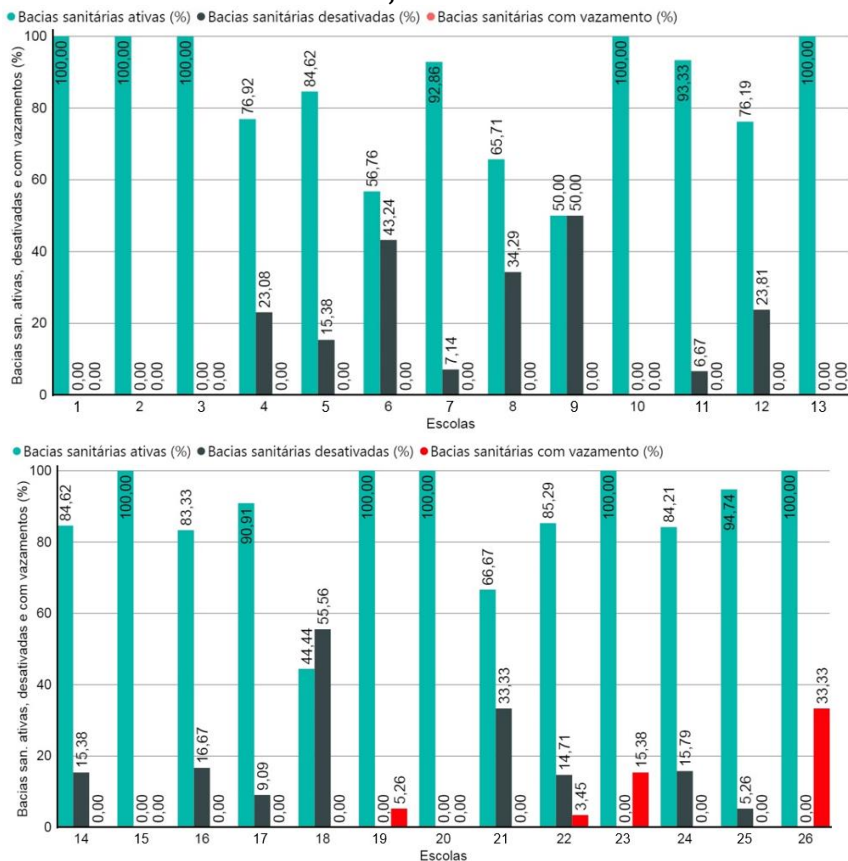


Figura 6 - Percentuais de bebedouros ativos, desativados e com vazamentos

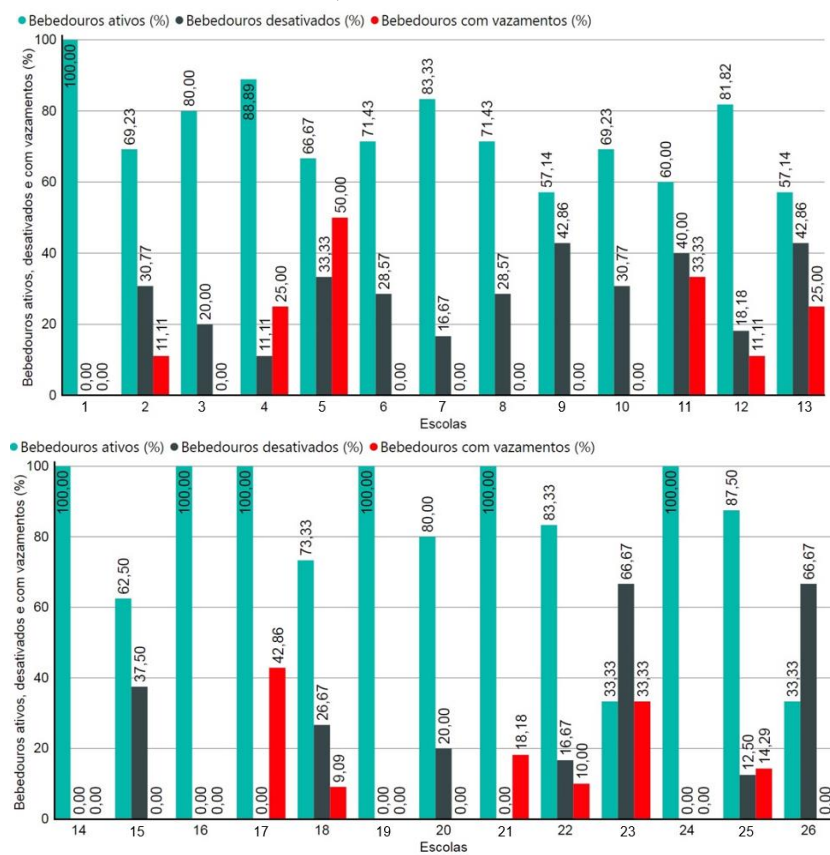


Figura 7 - Percentuais de mictórios ativos, desativados e com vazamentos

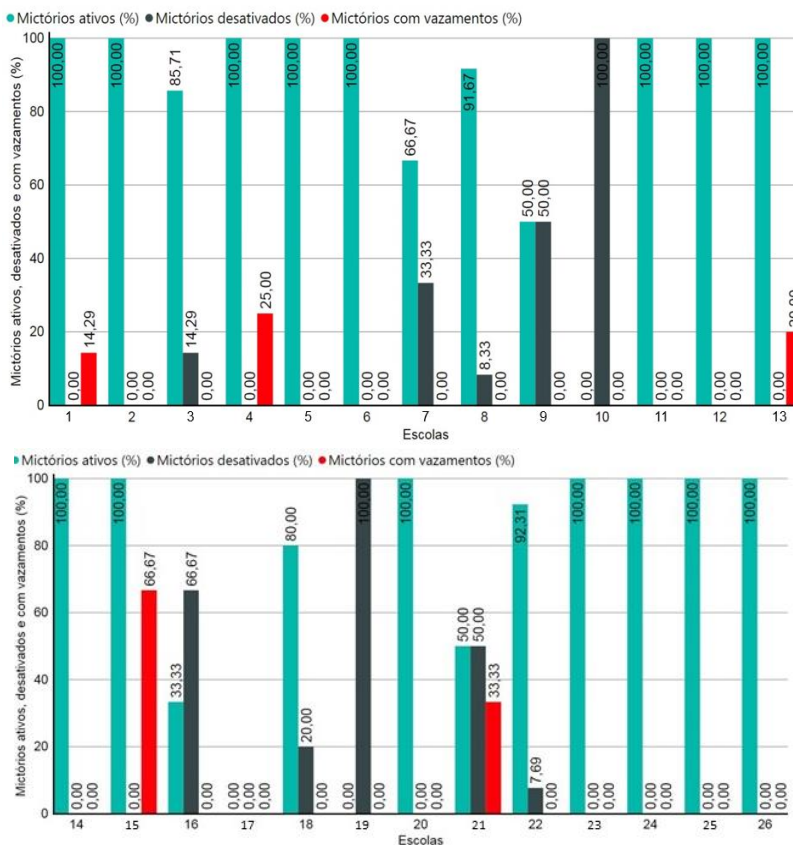


Figura 8 - Percentuais dos chuveiros ativos, desativados e com vazamentos

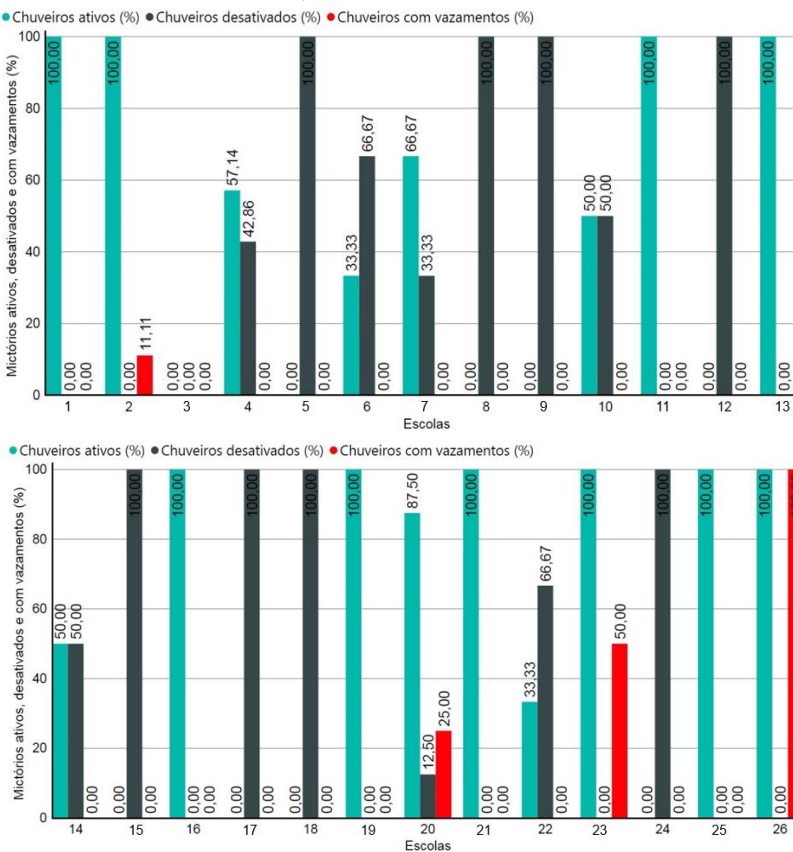


Tabela 3 - Variáveis independentes, t, p-valor e correlação com o indicador de consumo *per capita*

$x_j$	Variáveis	Valor t	p-valor	Correlação (r)
$x_1$	Número de alunos	-1,8538	0,0761	-0,3544*
$x_2$	Número total de torneiras ativas (lavatórios, torneiras de cozinha e limpeza)	-0,1676	0,8680	-0,0343
$x_3$	Número de bacias sanitárias ativas	1,170	0,2534	0,2325
$x_4$	Número de mictórios ativos	1,06970	0,2954	0,2131
$x_5$	Número de chuveiros ativos	1,5502	0,1342	0,3019°
$x_6$	Número de bebedouros ativos	-0,6913	0,4960	-0,1401
$x_7$	Número de lavatórios automáticos acionados mecanicamente	0,3456	0,7326	0,0704
$x_8$	Vazão média de operação dos lavatórios	-1,0694	0,2955	-0,2137
$x_9$	Vazão média de operação das torneiras de cozinha	-0,6034	0,5519	-0,1222
$x_{10}$	Média de vazões de operação dos chuveiros operando com vazão máxima	1,4519	0,1595	0,2847°
$x_{11}$	Vazão média de operação dos chuveiros a 40 °C	0,2676	0,7913	0,0552
$x_{12}$	Renda média no bairro onde está localizada a escola	2,1283	0,0437	0,3988**
$x_{13}$	Idade da edificação	0,2546	0,8012	0,0516
$x_{14}$	Área construída da edificação	1,1046	0,2803	0,2201
$x_{15}$	Número médio de refeições servidas diariamente	-1,0482	0,305	-0,2093
$x_{16}$	Razão área por aluno	2,445	0,0222	0,4471**
$x_{17}$	Percentual de torneiras ativas	-0,6597	0,5157	-0,1325
$x_{18}$	Percentual de torneiras desativadas	0,6595	0,5158	0,1325
$X_{19}$	Percentual de torneiras com vazamento	0,4901	0,6285	0,0996
$x_{20}$	Percentual de lavatórios automáticos acionados mecanicamente	0,1258	0,9009	0,0257
$x_{21}$	Percentual de bacias sanitárias ativas	-0,0748	0,9410	-0,0147
$x_{22}$	Percentual de bacias sanitárias desativadas	0,0748	0,9410	0,0147
$x_{23}$	Percentual de bacias sanitárias com vazamento	0,8509	0,4032	0,1713
$x_{24}$	Percentual de bebedouros ativos	0,4879	0,6300	0,0990
$x_{25}$	Percentual de bebedouros desativados	-0,4879	0,6300	-0,0990
$x_{26}$	Percentual de bebedouros com vazamento	-0,8528	0,4022	-0,1713
$x_{27}$	Percentual de mictórios ativos	0,8959	0,3792	0,1800
$x_{28}$	Percentual de mictórios desativados	-1,4713	0,1542	-0,2878°
$x_{29}$	Percentual de mictórios com vazamento	1,2815	0,2123	0,2531
$x_{30}$	Percentual de chuveiros ativos	-0,1189	0,9063	-0,0240
$x_{31}$	Percentual de chuveiros desativados	0,1043	0,9178	0,0213
$x_{32}$	Percentual de chuveiros com vazamento	0,9304	0,3614	0,1868
$x_{33}$	Distância da escola ao centro da cidade	0,0427	0,9663	0,0087

Nota: \*\*a correlação é significativa ao nível de 0,05; \*a correlação é significativa ao nível de 0,10; °a correlação é significativa ao nível de 0,20.

Figura 9 - *Boxplots* dos indicadores de consumos médios *per capita* das escolas (em litros/aluno/dia) por número de turnos

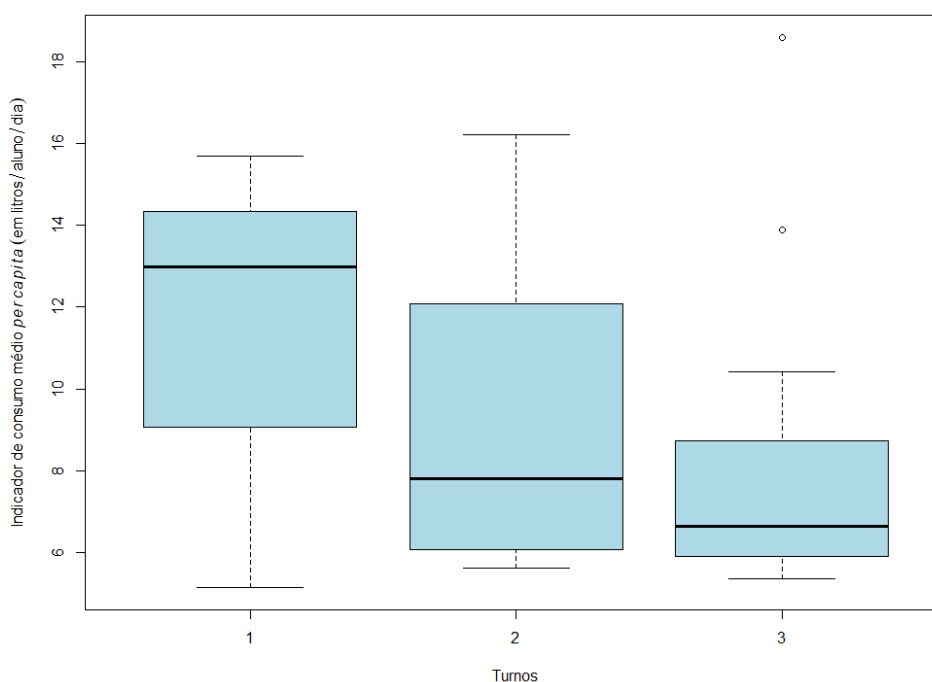
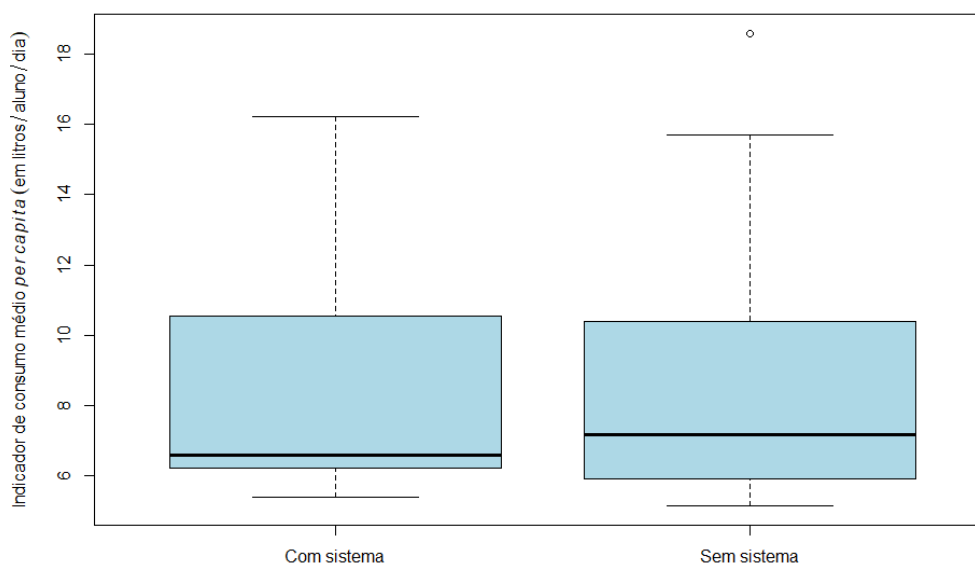


Figura 10 - *Boxplots* dos indicadores de consumos médios *per capita* das escolas (em litros/aluno/dia) com relação à existência de sistema de aproveitamento de água pluvial



As escolas que trabalham em turno integral apresentam a maior mediana de consumo (12,99 litros/aluno/dia). As escolas que trabalham em 2 turnos (matutino e vespertino) apresentam mediana de 7,81 litros/aluno/dia e as escolas que trabalham em regime de ensino com 3 turnos (matutino, vespertino e noturno) apresentam mediana de 6,65 litros/aluno/dia. Ao se observar a distância interquartil, as alturas de cada caixa, verifica-se que há grande variabilidade nos dados de consumo de água. Os valores das distâncias interquartis correspondem a 5,27; 6,00 e 2,74 litros/aluno/dia para escolas que trabalham em 1, 2 e 3 turnos, respectivamente. O resultado do teste de Kruskal-Wallis apontou que não há diferenças significativas entre os valores da mediana do consumo de água para a variável turno ( $p$ -valor = 0,7470). No entanto, ressalta-se que das escolas analisadas, apenas 3 oferecem ensino em turno integral. Com relação a sistemas alternativos de abastecimento de água, 5 escolas apresentaram sistema de aproveitamento de água pluvial e 21 escolas não apresentaram nenhum tipo de sistema alternativo de abastecimento de água. Na Figura 10 pode-se visualizar

que as medianas do consumo de água das escolas com sistema e sem sistema alternativo de abastecimento de água têm valores próximos, 6,60 e 7,16 litros/aluno/dia, respectivamente. Assim, não foram encontradas diferenças significativas para o consumo de água entre as escolas com e sem sistema alternativo de abastecimento de água ( $p$ -valor = 0,8965). O consumo de água *per capita* de uma das escolas analisadas se apresentou como espúrio nas Figuras 9 e 10. Essa escola atende 526 alunos, sendo uma das escolas com menor número de alunos da amostra, e é a escola que apresenta a maior área construída dentre as analisadas, com 4423,11 m<sup>2</sup>. Essa escola também é uma das que possui maior número de equipamentos hidrossanitários instalados, com 51 lavatórios, 33 bacias sanitárias, 14 mictórios, 11 chuveiros e apenas 4 bebedouros. Ainda com relação à área construída, o consumo *per capita* de água não apresentou correlação significativa com a variável área construída da edificação ( $x_{14}$ ), embora tenha apresentado correlação significativa com a variável  $x_{16}$ , razão área por aluno. Isso mostra que o consumo *per capita* é maior em escolas que dispõem de maior área construída por aluno.

## Regressão linear múltipla

A partir das análises iniciais das variáveis qualitativas e da análise de correlação das variáveis independentes quantitativas com o indicador de consumo *per capita*, utilizou-se o método automático de escolha de variáveis stepwise, tendo sido o modelo ajustado conforme Equação 3.

$$\ln(IC) = 1,7624 + 0,1046x_{16} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

IC é o indicador de consumo *per capita* (litros/aluno/dia); e

$x_{16}$  é a razão área por aluno.

Os resultados da análise de regressão múltipla para o consumo de água *per capita* nas escolas estão na Tabela 4.

Os resultados da Tabela 4 mostram que quanto maior a razão área por aluno, maior será o indicador de consumo *per capita* (litros/aluno/dia) nas escolas avaliadas. Os resíduos do modelo atenderam às suposições necessárias, apresentando distribuição normal, variância constante e ausência de valores discrepantes (*outliers*).

## Regressão geograficamente ponderada

A Figura 11 mostra a distribuição espacial GWR do coeficiente de regressão (razão área por aluno) para o consumo de água *per capita*. Como nos modelos anteriormente apresentados, a variável se relaciona positivamente com o consumo de água. Um aglomerado de escolas (azul claro) pode ser observado na região nordeste da cidade, onde o efeito do parâmetro é menor. Essas escolas estão localizadas em bairros populosos com renda familiar média de dois salários mínimos.

Essas escolas apresentam alguns contrastes quanto ao número de alunos e à área construída. Em alguns casos, há um grande número de alunos em um espaço físico menor e uma das escolas possui uma grande área construída e um número pequeno de alunos, o que reduz o efeito desse parâmetro nessa região. Como resultado, o modelo é menos explicativo nessas escolas, o que pode ser confirmado pela distribuição do R<sup>2</sup> (Figura 12) que mostra valores menores nessa área. A regressão geograficamente ponderada melhorou a capacidade explicativa do modelo como um todo. O R<sup>2</sup> global é 0,2463 (24,63%), ligeiramente superior ao da regressão linear múltipla (19,99%).

Tabela 4 - Resultados para variável dependente - ln do indicador de consumo *per capita*

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t	p-valor
Intercepto	1,7624	0,1540	11,4430	< 0,001 ***
Área por aluno	0,1046	0,0427	2,4480	0,0220 **

Nota: nível de significância: \*\*\*\* 0,01 e \*\*\* 0,05.

$F = 5,9950$        $p - \text{valor} = 0,0220$   
 $R^2 = 19,99\%$      $R^2 \text{ ajustado} = 16,65\%$

Figura 11 - Valores locais do coeficiente de regressão (razão de área por aluno)

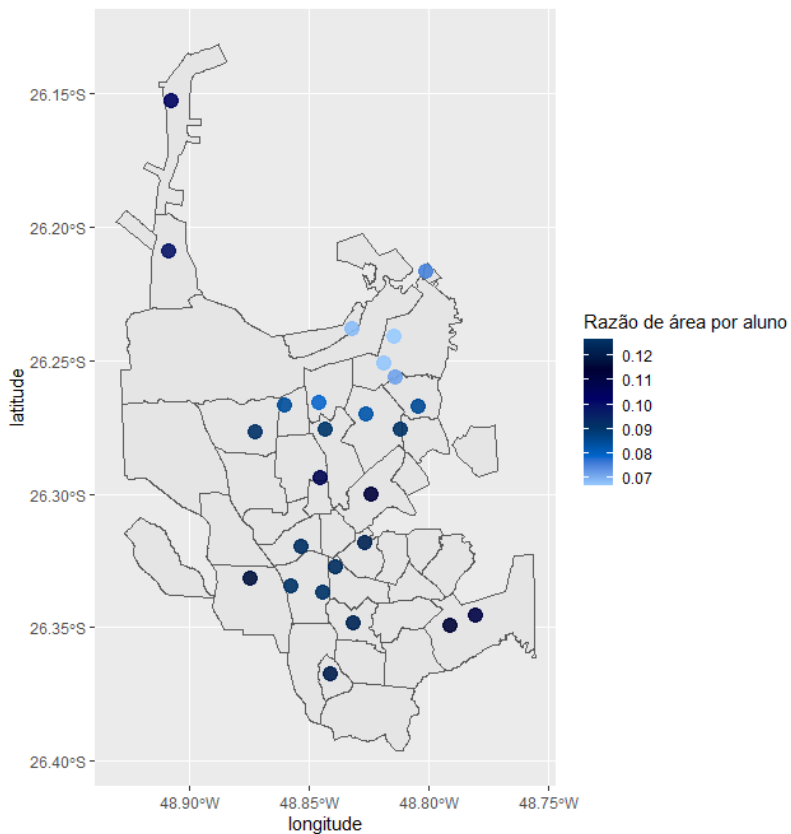
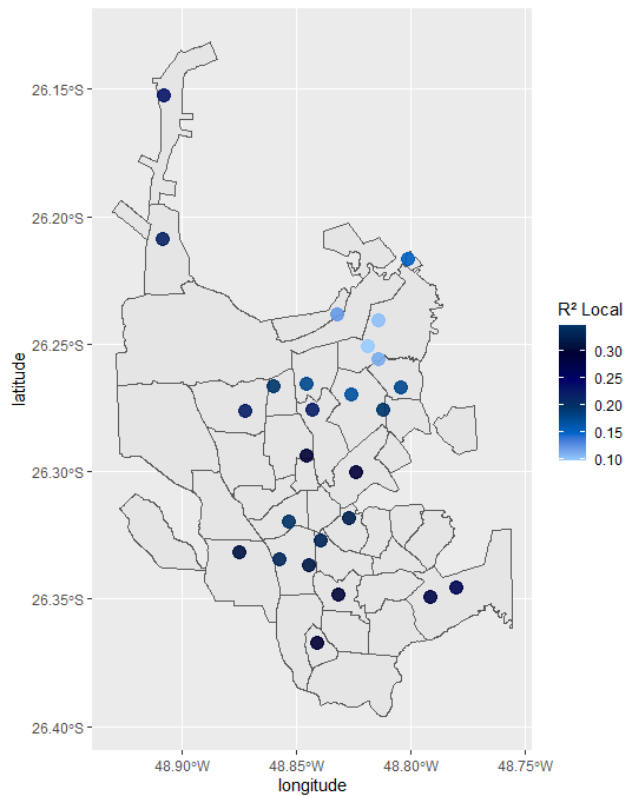


Figura 12 - R<sup>2</sup> local no modelo GWR para consumo de água *per capita*



## Regressão Bayesiana

Os valores dos coeficientes do modelo Bayesiano (Tabela 5) são semelhantes aos dos resultados do modelo de regressão linear múltipla, e representam a mediana dos valores da distribuição posterior dos parâmetros. A Tabela 4 também contém os intervalos de credibilidade (CI 89%), probabilidade de direção (pd) e Fator Bayes (BF).

É possível concluir que o efeito da razão área por aluno no consumo de água *per capita* é positivo com probabilidade de 98,58%. Como o CI não contém o valor zero, esse efeito também é considerado significativo, mas o Fator Bayes (BF = 2,2700) denota que ele é fraco. Embora o modelo linear múltiplo e o Bayesiano tenham levado a uma conclusão semelhante, a estrutura do modelo Bayesiano permite uma compreensão profunda e intuitiva dos efeitos dos parâmetros e da incerteza de sua estimativa (Makowski; Ben-Shachar; Lüdtke, 2019). Assim, o modelo Bayesiano corrobora os resultados do modelo de regressão linear múltipla desenvolvido, com a área por aluno sendo empregada para explicar e prever consumo de água nas escolas analisadas.

## Discussão dos resultados

No presente estudo, o indicador de consumo *per capita* varia de 5,15 a 18,59 litros/aluno/dia, com média de 8,83 litros/aluno/dia. Esses valores podem ser comparados com os resultados de alguns estudos recentes acerca do consumo de água nessa tipologia de edifícios. Antunes e Ghisi (2020) analisaram os dados de consumo de água de 62 escolas em Florianópolis, SC. A média de consumo de água *per capita* nas escolas de ensino médio foi de 9,66 litros/aluno/dia, enquanto a média nas escolas de ensino fundamental foi de 7,94 litros/aluno/dia (Antunes; Ghisi, 2020). Nunes *et al.* (2019) avaliaram o consumo de água em escolas de Recife, PE. Os resultados da análise mostraram intervalos de referência para o consumo *per capita* de água de  $11,5 \pm 2,0$  litros/aluno/dia para escolas regulares; de  $13,5 \pm 3,5$  litros/aluno/dia para escolas de período estendido; de  $22,0 \pm 6,0$  litros/aluno/dia para escolas de período integral; e de  $18,5 \pm 6,5$  litros/aluno/dia para escolas técnicas (Nunes *et al.*, 2019). Melo *et al.* (2014) avaliaram o consumo de água em escolas públicas da rede estadual localizadas na região do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, e os resultados mostraram que 72,9% das escolas apresentaram consumo menor que 20 litros/agente consumidor/dia.

Os resultados da análise de correlação revelam que o número de alunos apresenta correlação negativa com o indicador de consumo *per capita* com nível de significância de 10%. A relação inversamente proporcional do consumo *per capita* de água com o número de agentes consumidores pode ser verificada em estudos acerca do consumo residencial de água (Schleich; Hillenbrand, 2009; Hussien; Memon; Savic, 2016), embora tenha sido pouco explorada na tipologia escolar, o que salienta a importância e o aspecto inovador da presente pesquisa. Em um estudo realizado na Espanha, Morote *et al.* (2020) concluíram que o consumo *per capita* é maior (16,17 litros/aluno/dia) nas escolas em que o número de usuários é menor (menos de 500 alunos) e que o consumo *per capita* é consideravelmente menor (4,32 litros/aluno/dia) em escolas com mais de 1.000 alunos.

Os resultados da análise de correlação também mostraram que quanto maior a renda média no bairro em que a escola está localizada, maior o indicador de consumo *per capita*. Em um estudo realizado no Distrito Federal, Sant'Ana e Mazzega (2018) concluíram que há relação direta entre o consumo de água *per capita* e faixa de renda média em edificações residenciais. Outros estudos também mostraram que o consumo *per capita* doméstico de água aumenta com o aumento da renda (Stoker; Rothfeder, 2014; Hussien; Memon; Savic, 2016).

Tabela 5 - Resultados do modelo de regressão Bayesiana

Parâmetro	Mediana	89% CI		Pd	BF
Intercepto	1,7634	1,5140	2,0220	-	-
Área por aluno	0,1000	0,0310	0,1730	98,58%	2,2700



A razão área por aluno também apresentou correlação positiva significativa com o consumo *per capita* das escolas. Assim, quanto maior a área construída (em m<sup>2</sup>) por estudante, maior o consumo de água *per capita* na escola. No modelo de regressão linear múltipla, a variável independente razão área por aluno também se apresentou significativa. Esse resultado foi corroborado pela regressão Bayesiana. A regressão geograficamente ponderada mostrou que o efeito da razão área por aluno é reduzido na região nordeste da cidade, sendo mais forte nas demais regiões de análise. A análise levando em consideração as diferenças espaciais é importante para entender como diferentes fatores podem afetar o consumo de água em regiões distintas da cidade. Nesse sentido, e considerando que há a necessidade de contribuições científicas sobre o consumo de água em edificações escolares (Almeida *et al.*, 2015), este trabalho pretende contribuir para o estado da arte no que concerne à modelagem do consumo de água nessa tipologia de edifícios.

## Conclusões

Esta pesquisa apresentou a modelagem estatística do consumo de água *per capita* em escolas públicas estaduais de Joinville, SC. Constatou-se que as escolas apresentam indicador de consumo entre 5,15 e 18,59 litros/aluno/dia. Os resultados da análise de correlação mostram que o número de alunos tem correlação negativa com o consumo *per capita* de água nas escolas, enquanto a renda média no bairro em que a escola está localizada e a razão área por aluno apresentam correlação positiva com o indicador de consumo *per capita*. Foram elaborados modelos de previsão para o indicador de consumo e a variável independente que se apresentou significativa para os modelos de consumo *per capita* de água foi a razão área por aluno. Os resultados obtidos fornecem embasamento para estimativas de consumo *per capita* de água em edificações escolares semelhantes às analisadas nesta pesquisa e os modelos obtidos podem ser utilizados para previsão do consumo de água em escolas da cidade.

Esta pesquisa buscou avaliar como variáveis construtivas da edificação, variáveis atreladas aos sistemas prediais existentes e variáveis socioeconômicas dos usuários impactam o consumo de água em escolas da cidade de Joinville, SC. Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação dos procedimentos metodológicos propostos em edificações escolares de outras localidades. A investigação do consumo de água nessa tipologia de edificações é importante, pois pode subsidiar o planejamento de ações voltadas à conservação da água no ambiente escolar. Esta pesquisa pretende servir de base para outras pesquisas acerca do uso da água nessa tipologia de edifícios, almejando que a conservação da água faça parte do cotidiano de crianças e adolescentes, que, estando em fase de formação e aprendizado, podem levar adiante os conceitos de conservação da água vivenciados na escola.

## Referências

- ALMEIDA, R. M. S. F. *et al.* Energy and water consumption variability in school buildings: review and application of clustering techniques. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 29, n. 6, 2015.
- ANTUNES, L. N.; GHISI, E. Water and energy consumption in schools: case studies in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, p. 4225–4249, 2020.
- BIVAND, R.; YU, D. **spgwr: geographically weighted regression**. R package version 0.6-33. 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=spgwr>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- BRUNSDON, C.; FOTHERINGHAM, S.; CHARLTON, M. Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity. **Geographical Analysis**, v. 28, p. 281–298, 1996.
- CRUZ, A. O. de la *et al.* Determinants of domestic water consumption in Hermosillo, Sonora, Mexico. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 1901-1910, 2017.
- DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. São Paulo. Ed. Thomson Learning, 2006.
- DOMENE, E.; SAURÍ, D. Urbanisation and water consumption: influencing factors in the metropolitan region of Barcelona. **Urban Studies**, v. 43, n. 9, p. 1605–1623, 2006.
- FAN, L. *et al.* Urban water consumption and its influencing factors in China: evidence from 286 cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 166, p. 124-133, 2017.
- FARINA, M. *et al.* Water consumptions in public schools. **Procedia Engineering**, v. 21, p. 929-938, 2011.
- FLORES, R. A.; GHISI, E. Water benchmarking in buildings: a systematic review on methods and benchmarks for water conservation. **Water**, v. 14, n. 3, 473, 2022.

- FOX, J. **Car**: companion to applied regression. R Package Version 3.0-2. 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/car/index.html>. Acesso em: 26 dez. 2018.
- FRASCO, M. **Metrics**: evaluation metrics for machine learning. R Package Version 0.1.4. 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/Metrics/index.html>. Acesso em: 26 dez. 2018.
- GOLLINI, I. *et al.* GWmodel: an r package for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models. **Journal of Statistical Software**, v. 63, n. 17, p. 1–50, 2015.
- GOODRICH, B. *et al.* **rstanarm**: Bayesian applied regression modeling via Stan. R package version 2.21.3. 2022. Disponível em: <https://mc-stan.org/rstanarm>. Acesso em: 30 maio 2022.
- HUSSIEN, W. A.; MEMON, F. A.; SAVIC, D. A. Assessing and modelling the influence of household characteristics on per capita water consumption. **Water Resources Management**, v. 30, p. 2931–2955, 2016.
- HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting**: principles and practice. 2. ed. Melbourne: OTexts, 2018.
- ISSA, M. H. *et al.* Detailed analysis of electricity, water, and gas consumption quantities and costs in Toronto's public schools. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 37, p. 25-36, 2010.
- JEFFREYS, H. **Theory of Probability**. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 1961.
- KIM, J.; NICHOLLS, S. Using geographically weighted regression to explore the equity of public open space distributions. **Journal of Leisure Research**, v. 48, n. 2, p. 105-133, 2016.
- KRUSCHKE, J. **Doing Bayesian data analysis**: a tutorial with R, JAGS, and Stan. San Diego: Academic Press, 2014.
- LU, B. *et al.* The GWmodel R package: further topics for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models. **Geo-spatial Information Science**, v. 17, n. 2, p. 85–101, 2014.
- MAKOWSKI, D. *et al.* Indices of effect existence and significance in the bayesian framework. **Frontiers in Psychology**, v. 10, 2767, 2019.
- MAKOWSKI, D.; BEN-SHACHAR, M. S.; LÜDECKE, D. bayestestR: describing effects and their uncertainty, existence and significance within the bayesian framework. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 40, 1541, 2019.
- MARINHO, M.; GONÇALVES, M. do S.; KIPERSTOK, A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, v. 62, p. 98-106, 2014.
- MELO, N. A. *et al.* Consumo de água e percepção dos usuários sobre o uso racional de água em escolas estaduais do Triângulo Mineiro. **Ciência & Engenharia**, v. 23, n. 2, 2014.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied statistics and probability for engineers**. 6. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
- MOROTE, Á.-F. *et al.* water consumption and management in schools in the city of Alicante (Southern Spain) (2000–2017): free water helps promote saving water? **Water**, v. 12, 1052, 2020.
- NUNES, L. G. C. F. *et al.* Water consumption in public schools: a case study. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, v. 9, n. 1, p. 119–128, 2019.
- OLIVEIRA, L. H. de; GONÇALVES, O. M. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/247, 1999.
- OLIVER, N.; BRÜMMER, D. Factors influencing water consumption in South Africa schools. **Journal of Engineering Design and Technology**, v. 5, n. 1, p. 81–94, 2007.
- PENNY, W. D.; MATTOU, J.; TRUJILLO-BARRETO, N. Bayesian model selection and averaging. **Statistical Parametric Mapping**. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-012372560-8/50035-8>. Acesso: 26 mar. 2024.
- R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 maio 2022.

- RAFTERY, A. E. Bayesian model selection in social research. **Sociological methodology**, v. 25, p. 111-164, 1995.
- SANT'ANA, D.; MAZZEGA, P. Socioeconomic analysis of domestic water end-use consumption in the Federal District, Brazil. **Sustainable Water Resources Management**, v. 4, p. 921–936, 2018.
- SCHLEICH, J.; HILLENBRAND, T. Determinants of residential water demand in Germany. **Ecological Economics**, v. 68, n. 6, p. 1756-1769, 2009.
- SCHULTT, J. D. C.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Factors influencing water consumption in public schools in Southern Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 24, p. 1411–1427, 2022.
- SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. **Portal da Educação Institucional**. Disponível em: <http://serieweb.sed.sc.gov.br/cadueportal.aspx>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- SILVA, K. P. T. da *et al.* Modeling water consumption in multifamily buildings: a case study in Southern Brazil. **Urban Water Journal**, v. 18, n. 10, p. 783-795, 2021.
- STOKER, P.; ROTHFEDER, R. Drivers of urban water use. **Sustainable Cities and Society**, v. 12, p. 1-8, 2014.
- VILLARÍN, M. C. Methodology based on fine spatial scale and preliminary clustering to improve multivariate linear regression analysis of domestic water consumption. **Applied Geography**, v. 103, p. 22-39, 2019.
- WHEELER, D. C. Geographically weighted regression. In: FISCHER, M.; NIJKAMP, P. (ed.). **Handbook of Regional Science**. Berlin: Springer, 2014.
- WUBETIE, H. T. Application of variable selection and dimension reduction on predictors of MSE's development. **Journal of Big Data**, v. 6, n. 17, p. 1–44, 2019.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia Águas de Joinville, à Agência de Desenvolvimento Regional e à Secretaria de Educação de Joinville. Este trabalho recebeu apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC [Termos de Outorga 2021TR837 e 2023TR000334] e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq [Termo de Outorga 423090/2021-6].

**Jéssica Daiane Cunha Schultt**

Conceitualização, Curadoria de dados, Análise de dados, Pesquisa, Metodologia, Validação de dados e experimentos, Design da apresentação de dados, Redação do manuscrito original, Redação - revisão e edição.

Departamento de Engenharia Civil | Universidade do Estado de Santa Catarina | Rua Paulo Malschitzki, 200 | Joinville - SC - Brasil | CEP 89219-710 | Tel.: (47) 3481-7900 | E-mail: jessica.civil@gmail.com

**Andreza Kalbusch**

Conceitualização, Curadoria de dados, Análise de dados, Recebimento de financiamento, Pesquisa, Metodologia, Administração do projeto, Disponibilização de ferramentas, Supervisão, Design da apresentação de dados, Redação do manuscrito original, Redação - revisão e edição.

Departamento de Engenharia Civil | Universidade do Estado de Santa Catarina | E-mail: andreza.kalbusch@udesc.br

**Elisa Henning**

Curadoria de dados, Análise de dados, Recebimento de financiamento, Metodologia, Redação do manuscrito original, Redação - revisão e edição.

Departamento de Matemática | Universidade do Estado de Santa Catarina | E-mail: elisa.henning@udesc.br

Editor: **EneDir Ghisi**

***Ambiente Construído***

Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

[www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido](http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido)

[www.scielo.br/ac](http://www.scielo.br/ac)

E-mail: [ambienteconstruido@ufrgs.br](mailto:ambienteconstruido@ufrgs.br)



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.