SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

USOS FINAIS DE ÁGUA EM UM EDIFÍCIO DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Water end-uses in a university campus

ESTRADA, André Vitisin[1]; KALBUSCH, Andreza[2]; HENNING, Elisa[3]

Recebido em 02 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Usos finais;
Consumo de água;
Universidade.

Keywords:
End-uses;
Water consumption;
University.

RESUMO: Conhecer o comportamento de consumo ao longo do ano é uma ferramenta importante para os gestores articularem medidas eficazes de economia de água. Este artigo tem como objetivo determinar os usos finais de água em banheiros de um edifício de salas de aula em uma Universidade na cidade de Joinville (SC). As medições foram realizados em quatro banheiros por meio da instalação de sensores de fluxo nos equipamentos hidrossanitários com registro de dados em *data logger*. O período de coleta de dados foi entre março de 2017 e março de 2018. Foi possível determinar os usos finais diários, os quais apontaram as bacias sanitárias como equipamentos hidrossanitários com maior consumo (60,39%), seguidas das torneiras de lavatório (20,96%), mictórios (12,08%), bebedouros (4,98%) e torneiras de limpeza (1,59%).

ABSTRACT: Knowing the consumption behavior during the year is important for managers to be able to articulate effective water saving measures. This article aims to determine water end-uses in four bathrooms in a classroom building at Santa Catarina State Univesity. Flow meters equipped with data loggers were installed in the plumbing system and data collection was carried out between March 2017 and March 2018. The daily end-uses were determined, which indicated the toilets as devices with the highest water consumption in the building (60.39%), followed by the lavatory faucets (20.96%), urinals (12.08%), drinking fountains (4.98%) and cleaning taps (1.59%).

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ESTRADA, André Vitisin**: Universidade do Estado de Santa Catarina, andrevitisin@gmail.com

[2] **KALBUSCH, Andreza**: Universidade do Estado de Santa Catarina, andreza.kalbusch@udesc.br

[3] **HENNING, Elisa**: Universidade do Estado de Santa Catarina, elisa.henning@udesc.br

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento acerca da utilização de água em edifícios é uma ferramenta importante para avaliar ações de redução de demanda e desperdício (WILLIS *et al.,* 2013), para redução de custos, para a otimização de projetos de sistemas hidráulicos e também para previsões de demanda (PASTOR-JABALOYES *et al.*, 2018). A determinação dos usos finais da água visa estabelecer a parcela de consumo de cada equipamento hidrossanitário (PROENÇA e GHISI, 2009).

Estudos relacionados à quantificação da porcentagem do consumo de água de cada equipamento hidrossanitário podem ser realizados em edificações de diferentes tipologias. Na tipologia residencial, são exemplos os estudos de DeOreo *et al.* (1996) e de Bethke *et al.* (2021) nos Estados Unidos. Beal e Stewart (2011), Gurung *et al.* (2014) e Rathnayaka *et al*. (2015) desenvolveram pesquisas acerca dos usos finais de água em edificações residenciais na Austrália. No Brasil, podem ser citados os estudos desenvolvidos por Ghisi e Oliveira (2007) na cidade de Palhoça-SC, Barreto (2008) na zona oeste da cidade de São Paulo-SP, Marinoski *et al.* (2014) em Florianópolis-SC e Hammers *et al.* (2020) em Blumenau-SC. Com relação à tipologia escolar, pode ser citada a pesquisa de Marinoski e Ghisi (2008) na cidade de Florinópolis-SC. Gonçalves (2014) avaliou os usos finais de água na Universidade de Aveiro em Portugal. Kammers e Ghisi (2006) analisaram os usos finais de água em edificações públicas e Proença e Ghisi (2009), também na cidade de Florianópolis-SC, em edifícios de escritórios.

Os métodos para determinação do consumo de água de cada equipamento hidrossanitário podem ser diversos. Alguns estudos utilizam hidrômetros (BARRETO, 2008), questionários (MARINOSKI *et al.*, 2014; HAMMERS *et al.,* 2020), bem como sensores de consumo com registros de dados automatizados (RATHNAYAKA *et al.*, 2015; BEAL e STEWART, 2011; BETHKE *et al.,* 2021). As medições automatizadas permitem em tempo real ou quase real a obtenção de dados de consumo de água (BOYLE *et al.,* 2013). Além disso, essas tecnologias elevam a frequência de coleta de dados, potencializando a caracterização do consumo de água (COMINOLA *et al.*, 2015; PASTOR-JABALOYES *et al.*, 2018). Essa pesquisa tem por finalidade determinar os usos finais de água em um edifício de salas de aula da Universidade do Estado de Santa Catarina na cidade de Joinville-SC.

2 METODOLOGIA

O edifício analisado é composto por dois pavimentos, 18 salas de aulas e quatro banheiros. Os banheiros masculinos possuem, cada um, quatro bacias sanitárias, quatro mictórios, três torneiras e um bebedouro (na entrada do banheiro). Em cada banheiro feminino há quatro bacias sanitárias, quatro torneiras, uma torneira de limpeza e um bebedouro (também localizado na entrada do banheiro). O período de análise é compreendido entre 20 de março de 2017 e 19 de março de 2018, sendo desconsiderados da análise, sábados, domingos, feriados e recessos escolares. A partir de 08 de agosto de 2017, os acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias foram substituídos por modelos de duplo acionamento.

Foram utilizados vinte e seis sensores de fluxo de água com registro em *data logger* para determinação do consumo de todo o edifício. Os dados coletados consistiram em: volume consumido (L) em cada acionamento, data e horário. A Figura 1 ilustra um banheiro e um sensor instalado em uma torneira.

Figura 1 - Banheiro e sensor de fluxo



Fonte: Os autores (2021).

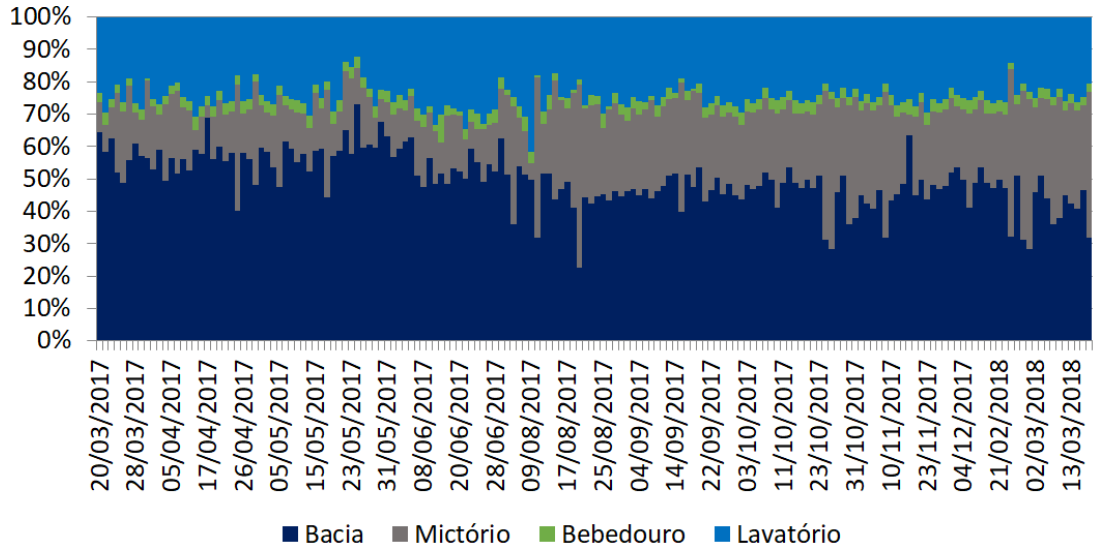
Após a coleta, os dados foram tratados e compilados na variável volume por dia. Os dados faltantes (ausência de registro) foram aproximados por meio de splines cúbicas com o uso da função *spline* do pacote imputeTS (MORITZ e BARTZ-BEIELSTEIN, 2017). Os usos finais foram determinados separadamente para os banheiros masculinos e femininos presentes na edificação.

Estatísticas descritivas e testes de comparação de grupos foram aplicados para analisar a influência da troca dos acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias nos usos finais diários. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a suposição de normalidade e o teste não paramétrico de Wilcoxon foi utilizado como alternativa, uma vez que as amostras não atenderam os requisitos necessários para o uso de teste paramétrico (MONTGOMERY, 2013). Todas as análises estatísticas foram desenvolvidas no *software* R versão 3.5.0 (R CORE TEAM, 2021). O nível de significância adotado foi de $\alpha = 5\%$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A amostra dos dados computados para análise totalizou 166 dias. As Figuras 2 e 3 ilustram os usos finais diários dos banheiros masculinos e femininos, respectivamente.

Figura 2 – Usos finais diários nos banheiros masculinos



Fonte: Os autores (2021).

Como pode-se observar na Figura 2 as bacias sanitárias apresentam o maior consumo de água nos banheiros masculinos no período estudado. O equipamento hidrossanitário com menor consumo de água é o bebedouro. Esses resultados também podem ser observados na Tabela 1, a qual apresenta a análise exploratória dos usos finais diários dos banheiros masculinos.

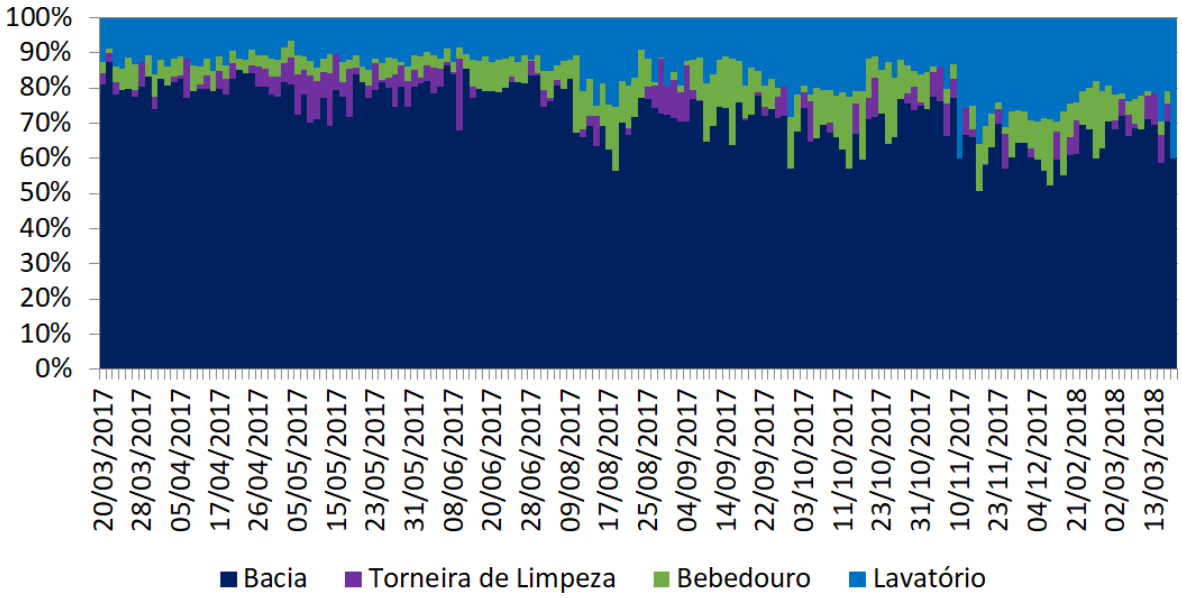
Tabela 1 – Análise exploratória dos usos finais diários nos banheiros masculinos

Medida (%)	Bacia	Lavatório	Bebedouro	Mictório
Média	49,79	24,89	3,04	22,28
Desvio Padrão	8,31	3,76	0,91	9,74
Mediana	49,56	25,22	3,07	22,83

Fonte: Os autores (2021).

Nos usos finais diários dos banheiros femininos (Figura 3) também é possível perceber que a maior parcela de consumo ocorre em bacias sanitárias, seguidas das torneiras de lavatório, bebedouros e torneiras de limpeza. A Tabela 2 apresenta a análise exploratória dos usos finais nos banheiros femininos.

Figura 3 – Usos finais diários nos banheiros femininos



Fonte: Os autores (2021).

Tabela 2 – Análise exploratória dos usos finais nos banheiros femininos

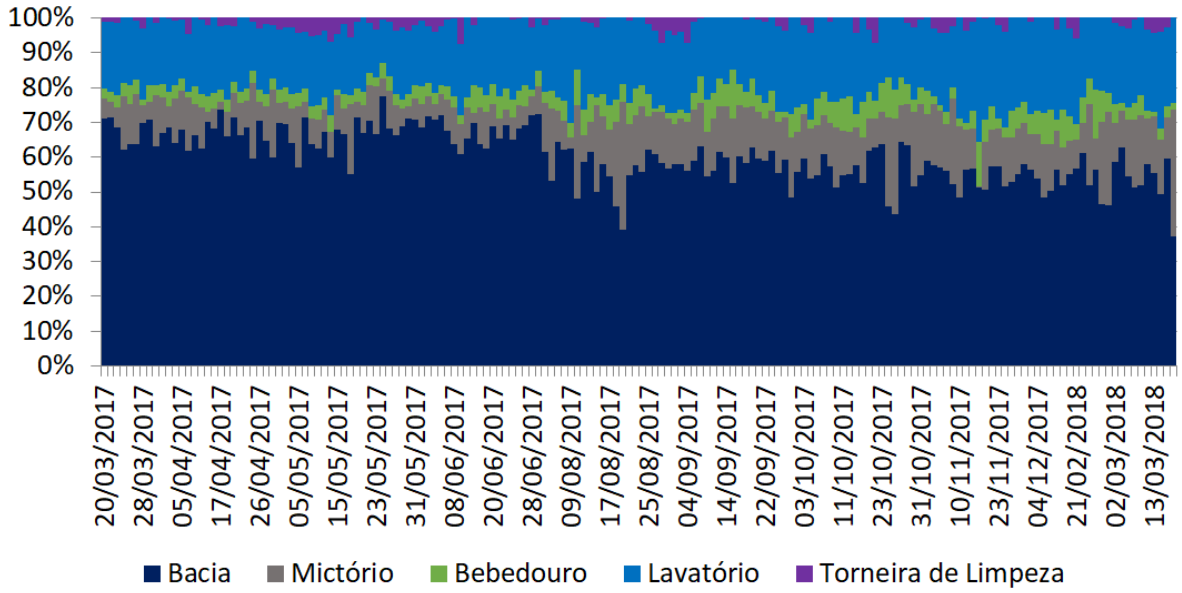
Medida (%)	Bacia	Lavatório	Bebedouro	Torneira Limpeza
Média	72,80	16,57	7,18	3,45
Desvio Padrão	8,04	6,51	5,26	4,15
Mediana	74,06	13,89	5,67	1,80

Fonte: Os autores (2021).

Com relação aos usos finais diários do edifício (Figura 4), as bacias sanitárias apresentam maior consumo, seguidas dos lavatórios, mictórios, bebedouros e torneiras de limpeza. Esses

resultados também podem ser visualizados na Tabela 3, a qual apresenta a análise exploratória.

Figura 4 – Usos finais diário edifício



Fonte: Os autores (2021).

Em relação ao consumo de água do edifício, o consumo de água no banheiro masculino correspondeu a 53,95% do volume de água consumido no período analisado, o que era esperado uma vez que há maior número de alunos do sexo masculino matriculados nas disciplinas ministradas no edifício. Os usos finais médios no período analisado foram: bacias sanitárias (60,39%); lavatório (20,96%); mictório (12,08%); bebedouro (4,98%); e torneira de limpeza (1,59%).

Tabela 3 – Análise exploratória dos usos finais: Edifício

Medida (%)	Bacia	Lavatório	Mictório	Bebedouro	Torneira Limpeza
Média	60,39	20,96	12,08	4,98	1,59
Desvio Padrão	7,41	3,59	6,02	2,48	1,88
Mediana	60,09	20,69	11,51	4,28	0,77

Fonte: Os autores (2021).

No período inicial de avaliação, as bacias sanitárias eram equipadas com o acabamento da válvula de descarga de simples acionamento e no segundo período de análise (após 08 de agosto de 2017), as válvulas de descarga foram equipadas com acabamento de duplo acionamento. A Tabela 4 apresenta a análise exploratória e o resultado do teste de comparação entre os usos finais diários das bacias sanitárias antes e depois da troca. Tanto a média como a mediana apresentam reduções nos usos finais em bacias sanitárias na edificação como um todo e também quando considerado o consumo de água apenas em banheiros masculinos ou femininos. O teste não paramétrico de Wilcoxon indicou que as reduções dos usos finais diários são significativas.

Tabela 4 – Análise exploratória e teste estatístico: troca das válvulas de descarga

Local	Período	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Mediana (%)	p-valor
Banheiro Feminino	Antes	79,45	3,86	79,87	<0,001
	Depois	67,84	6,64	68,72	
Banheiro Masculino	Antes	55,96	6,17	56,54	<0,001
	Depois	45,18	6,52	46,45	
Edifício	Antes	66,77	4,44	67,42	<0,001
	Depois	55,62	5,29	56,27	

Fonte: Os autores (2021).

4 CONCLUSÃO

Esta pesquisa buscou determinar os usos finais diários de água em um edifício de salas de aula da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Joinville (SC). As medições foram realizadas utilizando sensores de fluxo com registro de dados em *data logger*. Os resultados mostraram que os usos finais médios em bacias sanitárias, lavatórios, mictórios e bebedouros nos banheiros masculinos são, respectivamente, 49,79%; 24,89%; 22,28% e 3,04%. Os usos finais médios nos banheiros femininos são: bacias sanitárias (72,80%); lavatórios (16,57%); bebedouro (7,18%) e torneira de limpeza (3,45%).

Para o edifício como um todo, os usos finais médios em bacias sanitárias, torneiras de lavatório, mictórios, bebedouros e torneiras de limpeza são, respectivamente, 60,39%; 20,96%; 12,08%; 4,98% e 1,59%. Com relação à substituição dos acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias, os resultados mostraram que houve redução significativa no percentual de consumo de água nestes equipamentos hidrossanitários no período em que as bacias sanitárias estavam equipadas com modelos de duplo acionamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer à Companhia Águas de Joinville. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) (421062/2018–5), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) (2019TR594 e 2021TR837) e pelo apoio do programa UNIEDU/FUMDES.

REFERÊNCIAS

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Ambiente Construído** 2008, 2: 23-40.

BEAL, C; STEWART, R. A. **South East Queensland Residential End Use Study: Final Report**. Gold Coast: Griffith University, 2011. 174 p.

BETHKE, G. M.; COHEN, A. R.; STILLWELL, A. S. Emerging investigator series: disaggregating residential sector high-resolution smart water meter data into appliance end-uses with unsupervised machine learning. **Environmental Science**: Water Research & Technology 2021, 7: 487-503.

BOYLE, T.; GIURCO, D.; MUKHEIBIR, P.; LIU, A.; MOY, C.; WHITE, S.; STEWART, R. Intelligent Metering for Urban Water: a review. **Water** 2013, 5: 1052-1081.

COMINOLA, A.; GIULIANI, M.; PIGA, D.; CASTELLETTI, A.; RIZZOLI, A. Benefits and challenges of using smart meters for advancing residential water demand modeling and management: a review. **Environmental Modelling & Software** 2015, 72: 198-214.

DeOREO, W. B.; LANDER, P., MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. **Journal of the american water works association**: AWWA 1996, 88: 79-90.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building And Environment** 2007, 42: 1731-1742.

GONÇALVES, P. J. P. A. **Consumos de Água em Edifícios Universitários: Caso do DECivil da UA**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014.

GURUNG, T. R.; STEWART, R. A.; SHARMA, A. K.; BEAL, C. D. Smart meters for enhanced water supply network modelling and infrastructure planning. **Resources, Conservation And Recycling** 2014, 90: 34-50.

HAMMES, G.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Water end-uses and rainwater harvesting: a case study in Brazil. **Urban Water Journal** 2010, 17:177-183.

KAMMERS, P.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído** 2006, 1:75-90.

MARINOSKI, A.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído** 2008, 2: 67-84.

MARINOSKI, A.; VIEIRA, A.; SILVA, A.; GHISI, Enedir. Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil. **Water** 2014, 6: 1985-1999.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 8º Edição. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. 757 p.

MORITZ, S.; BARTZ-BEIELSTEIN, T. ImputeTS: Time Series Missing Value Imputation in R. **The R Journal** 2017, 9: 207-218.

PASTOR-JABALOYES, L.; ARREGUI, F.; COBACHO, R. Water End Use Disaggregation Based on Soft Computing Techniques. **Water** 2018, 10:46.

PROENÇA, L.; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Ambiente Construído** 2009, 3:95-108.

R CORE TEAM. **An Introduction to R**. *Auckland*: R Core Team, 2021. 105 p.

RATHNAYAKA, K.; MALANO, H.; MAHEEPALA, S.; GEORGE, B.; NAWARATHNA, B.; ARORA, M.; ROBERTS, Peter. Seasonal Demand Dynamics of Residential Water End-Uses. **Water** 2015, 7: 202-216.

WILLIS, R. M.; STEWART, R. A.; GIURCO, D. P.; TALEBPOUR, M. R.; MOUSAVINEJAD, A. End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. **Journal Of Cleaner Production** 2013, 60: 107-115.