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 EDIFICAÇÕES NÃO-RESIDENCIAIS: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Water end-uses in non-residential buildings: a systematic literature mapping

REGA, Larissa Gameiro; BOEGER, Louise; SANT'ANA, Daniel Richard

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Usos finais de água,

Edificações não-residenciais,

Mapeamento sistemático da literatura.

Keywords:

Water end-uses,

Non-residential buildings,

Systematic literature mapping.

RESUMO: O enfrentamento de estresse hídrico é um dos grandes desafios da atualidade. Considerando esse contexto, percebe-se a importância dos estudos sobre os usos finais de água em edificações para implementar soluções eficazes para promover a conservação de água. A maior parte das pesquisas até o momento investiga o uso residencial de água. No presente estudo, foi realizado um mapeamento da literatura com o objetivo de compreender a produção científica a respeito dos usos finais de água em edificações não residenciais, consideravelmente menos explorados. Para tal, foi estabelecido um recorte temporal entre os anos 2000 e 2020 e utilizadas palavras-chave em fontes disponíveis virtualmente. Identificaram-se importantes variações entre os tipos de resultados e valores obtidos nos diferentes estudos e desafios na aplicação de determinadas técnicas de auditoria de consumo, sendo a aplicação de questionários a técnica mais frequente. O mapeamento demonstrou a importância da realização de estudos mais aprofundados acerca dos usos finais de água, a fim de obter dados precisos e atualizados que viabilizem a implementação de técnicas de conservação de água em edificações não-residenciais.

ABSTRACT*:* Water stress is one of the greatest challenges of our time. Considering this context, studies on water end-uses are very important to allow the implementation of alternative techniques for the conservation and rationalization of water consumption in buildings. Up to this date, most of the research has investigated water end uses within the residential sector. In this study, a systematic literature mapping was carried out in order to understand the scientific production regarding water end-uses in non-residential buildings, which are considerably less explored. To this end, a time frame between the years 2000 and 2020 was established and the searches were carried out in online scientific libraries. Important variations were identified between the types of results and those values obtained in different studies. The authors also identified challenges in applying certain water consumption auditing techniques. The application of questionnaires was the most frequent technique. The mapping demonstrated the importance of conducting more in-depth studies on water end-uses, in order to obtain accurate and updated data to enable the implementation of water conservation techniques in non-residential buildings**.**

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **REGA, Larissa Gameiro**: Bolsista de iniciação científica. Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, UnB-Brasília-DF, larissalgr.arq@gmail.com

[2] **BOEGER, Louise**: Mestranda. Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, louiseboeger@unb.br

[3] **SANT'ANA, Daniel Richard**: Coordenador. Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br

1 INTRODUÇÃO

O uso racional da água nas edificações é capaz de promover a redução da demanda através da conscientização dos usuários, adequação dos processos de consumo, eficiência hidráulica e utilização de equipamentos economizadores de água. A compreensão dos usos finais é um importante dado na implementação do uso racional, e objeto de pesquisas desde o século XX (SAUTCHUK et al., 2005).

A partir da década de 1970, diversos estudos analisaram a demanda de água em edificações residenciais (GHISI; FERREIRA, 2007; SANT'ANA, 2012; THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978; WILLIS *et al.*, 2009). No campo das edificações não-residenciais, especialmente as de uso comercial (DE OREO, 1996; DZIEGIELEWSKI, 2000), porém, nota-se ainda uma carência de investigações que utilizem técnicas de auditoria mais precisas para a determinação dos usos finais.

Buscando compreender o estado da arte acerca dos usos finais de água em edificações não-residenciais, propomos um mapeamento dos estudos publicados nos últimos 20 anos. Os resultados da pesquisa foram limitados aos idiomas utilizados nas buscas, inglês e português, e à disponibilidade das bases de dados em meio digital.

2 METODOLOGIA

Foi estabelecido um protocolo de busca em etapas para garantir a qualidade e abrangência do resultado do mapeamento, consistindo em: a) escolha das fontes de busca; b) construção das palavras-chave; c) avaliação qualitativa dos artigos encontrados; d) extração dos resultados obtidos em cada estudo.

Foram considerados estudos de caso publicados em inglês e português, realizados entre 2000 e 2020 em edificações não-residenciais, preferencialmente edifícios de escritórios ou salas comerciais, com obtenção de dados primários relativos aos usos finais de água.

2.1 Fontes de busca

As fontes selecionadas foram: a) *Scopus*; b) *Web of Science*; c) *ProQuest*; d) Portal de Periódicos da Capes; e e) Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações; escolhidas por sua relevância, considerando bases de dados científicos abertas ou acessíveis por meio de convênios com a Biblioteca Central da UnB.

2.2 Palavras-Chaves

Para a busca, foram construídas expressões utilizando palavras-chave em língua inglesa e portuguesa e operadores booleanos, submetidas às máquinas de busca.

Em inglês:

> *(commercial OR "non-residential" OR office) AND ("water-end-use*" OR " "water-audit" OR "water demand") AND (buil* OR urban) AND NOT (domestic OR residential OR hous* OR agricult* OR irrigat*)*

Em português:

> *("usos finais de água" OR "demanda de água" OR "consumo de água") AND (doméstico OR residencial OR comercial OR "não-residencial" OR escritórios OR "uso misto") AND (edifício OR edificações OR predial)*

A partir da leitura dos títulos e resumos dos resultados, foram excluídos os artigos que não se enquadravam nas áreas de conhecimento relevantes para o mapeamento (Arquitetura, Engenharia ou Sustentabilidade).

2.3 Critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos

A seguir, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão, visando refinar os resultados para a etapa de análise qualitativa. O critério de inclusão utilizado foi:

- *Estudos de caso que abordem consumo de água em edificações ou conjuntos de edificações não-residenciais.*

E os de exclusão:

- *Trabalhos publicados como artigos curtos ou pôsteres;*
- *Trabalhos indisponíveis integralmente online em bases de dados científicos abertas ou sem acesso garantido por meio de convênios com a UnB;*
- *Estudos de caso que apresentam dados de consumo de água sem apresentar o método utilizado de forma clara;*
- *Estudos de caso que apresentam um método para determinar o consumo de água, sem apresentar resultados referentes aos usos finais de água (percentual ou volumétrico).*

2.4 Sumarização dos resultados

Após leitura dos trabalhos na íntegra, foi realizada análise qualitativa do conteúdo, buscando compreender o estado da arte e os padrões de consumo de água em edificações não-residenciais, especialmente em relação às boas práticas metodológicas envolvidas na realização de estudos de caso para obtenção de dados primários de consumo de água e seus usos finais e sintetizados os resultados quantitativos obtidos por cada estudo, buscando apresentar valores mínimos, máximos e médios (Quadro 2).

3 RESULTADOS

Após aplicação de todas as etapas do protocolo foram obtidos seis estudos de caso que realizaram análises dos usos finais de água em edifícios não-residenciais a partir de dados primários, quatro nacionais e dois internacionais.

Quadro 1 – Informações gerais dos estudos mapeados

FONTE (ANO)	AMOSTRAGEM (nº edificações)	TIPOLOGIA	LOCAL DO ESTUDO	TÉCNICAS DE AUDITORIA UTILIZADAS
PROENÇA; GHISI (2010)	10	Edifício comercial em altura (escritórios)	Florianópolis, SC, Brasil	Questionários; observações
BINT; VALLEY; ISACS (2014)	93 (medições específicas em 3)	Edifício comercial em altura (escritórios)	Auckland e Wellington, Nova Zelândia	Medições gerais; medições específicas; questionários
NASCIMENTO; SANT'ANA (2014)	2	Edifício em altura (hotel)	Distrito Federal, Brasil	Medições gerais; questionários; observações
CROSSON (2016)	1	Institucional (escritórios)	Los Angeles, EUA	Questionários
BARBOSA; SANT'ANA; BEZERRA (2018)	10	Institucional (universidade)	Distrito Federal, Brasil	Medições gerais; questionários; observações
TOTUGUI ET AL (2019)	1	Estabelecimento comercial (café)	Distrito Federal, Brasil	Medições gerais; medições específicas; questionários; observações

Enquanto nos estudos residenciais a amostragem costuma atingir dezenas (GHISI & FERREIRA, 2007), podendo chegar a centenas de unidades (SANT'ANA, 2012; THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978; WILLIS *et al.*, 2009), observando o Quadro 1 percebemos que estudos de anos, autores e locais diferentes apresentaram tendência a amostragens reduzidas.

Acerca da metodologia, apesar da evolução das técnicas de auditoria do consumo de água, persistem os desafios para realização de medições específicas utilizando equipamentos de alta resolução, disponíveis desde o final da década de 1990. Em especial, destacam-se o maior custo de implementação; o maior grau de interferência nas unidades analisadas para instalação dos equipamentos de medição; a indisponibilidade dos usuários ou até a inviabilidade técnica em determinados sistemas hidráulicos prediais.

Nota-se a predominância da aplicação de questionários ou realização de entrevistas com os usuários ou gestores das edificações, associadas ou não a análise documental das contas de água providas pelas concessionárias de abastecimento. Porém, tais técnicas se limitam a percepções dos usuários, sem verificar quantitativamente os dados fornecidos em relação ao consumo por equipamento ou uso final. Fatores como auto seleção (participantes voluntários), efeito Hawthorne (saber que estão sendo monitorados) e amostragens não representativas da população também podem afetar as estimativas de consumo de água geradas (PARKER; WILBY, 2012).

Nos estudos em que foram aplicadas técnicas de medição específica, foram obtidos resultados mais precisos, que possibilitaram comparar as respostas dos questionários às medições realizadas em cada equipamento e detectar a presença de vazamentos. A partir dos dados obtidos, é possível prever com maior precisão sistemas alternativos para atender à demanda de água não potável, identificada a partir da investigação dos usos finais. A seguir são apresentados os resultados obtidos em relação aos usos finais de água em cada estudo mapeado.

Quadro 2 – Usos-finais obtidos pelos estudos mapeados

FONTE	VAZÃO (L/s)	DURAÇÃO (s)	FREQ. (n/p/dia)	USO FINAL (%)	CONSUMO PER CAPITA (L/p/d)	CONSUMO POR ÁREA (L/m²/d)
Lavatório						
[1] PROENÇA; GHISI (2010)	[0,07; 0,12] Me=0,10	[7;3, 36,3] Me=16,78	[4,5; 10,8] Me=6,03	[6,8; 38,4] Me=18,7	[4,44; 27,73] Me=11,09	---
[2] BINT; VALLEY; ISACS (2014)	---	---	---	16,52	---	[33, 46,6] Me=39,8
[3] NASCIMENTO; SANT'ANA (2014)	[0,08; 0,32] Me=0,15	[14,1; 17,9] Me=16	[4,1; 10,1] Me=7,12	[5,05; 6,55] Me=5,80	---	---
[4] CROSSON (2016)	0,03	12	---	10,32	1,1	---
[5] BARBOSA; SANT'ANA; BEZERRA (2018)	---	---	---	[4; 34] Me=17,5	[0,17; 3,26] Me=1,74	---
[6] TOTUGUI et al. (2019)	[0,05; 0,07] Me=0,06	9	[21; 120] Me=70,5	9	[1,8; 7,4] Me=4,15	---
Bacia Sanitária						
[1]	1,70	[1,9; 7] Me=4,32	[2,6; 7,2] Me=4,74	[52; 84,6] Me=67,2	[27,87; 65,63] Me=38,9	
[2]	---	---	---	25,64	---	[51,3; 72,3] Me=61,8
[3]	---	---	[2,65; 3,9] Me=3,03	[5,59; 13,62] Me=9,61	---	---
[5]	---	---	---	[28; 68] Me=45,6	[1,60; 14,69] Me=5,28	---
[6]	0,15	40	23	20	19,60	---
Chuveiro						
[2]	---	---	---	6,84	---	[13,7; 19,3] Me=16,5
[3]	[0,13; 0,26] Me=0,18	[300; 468] Me=384	[1; 1,9] Me=1,42	[53; 76,22] Me=64,61	---	---
[4]	0,11	300	1	24,76	2,7	---
Pia da Cozinha / Maq. Lavar Louça / Bebedouro						
[2]	---	---	---	14	---	[28; 39,5] Me=33,7
[3]	0,06	---	7,3	[5,25; 7] Me=6,12	---	---
[4]	0,13	20	4	44,7	4,92	---
[5]	---	---	---	[3; 17] Me=8,3	[0,31; 4,53] Me=0,84	---
[6]	---	---	---	69	[14,7; 26,6] Me=22,93	---
Limpeza e manutenção						
[1]	---	---	---	[1,2; 4,3] Me=2,38	[0,66; 2,19] Me=1,36	---
[2]	---	---	---	0,50	---	[1; 1,4] Me=1,2
[3]	---	---	---	[6; 13] Me=9,5 [1]	---	[3,82; 20,11] Me=11,96 [1]
[4]	---	---	---	20,22 [1]	2,23	---
[5]	---	---	---	[4; 50] Me=16,7 [1]	---	[0,82; 2,99] Me=1,53 [1]

Continua...

Quadro 2 – Usos-finais obtidos pelos estudos mapeados (Continuação)

FONTE	VAZÃO (L/s)	DURAÇÃO (s)	FREQ. (n/p/dia)	USO FINAL (%)	CONSUMO PER CAPITA (L/p/d)	CONSUMO POR ÁREA (L/m²/d)
Outros usos						
[1]	---	---	---	[2,6; 35] Me=11,67	[1,22; 29,43] Me=7,52	---
[2]	---	---	---	37 [2,3]	---	[74; 104,3] Me=89,15
[3]	---	---	---	[0; 7,89] Me=3,94	---	---
[5]	---	---	---	[0; 51] Me=12,7 [3]	---	[0; 1,02] Me=0,25 [3]
[6]	---	---	---	2	1,6	---

n/p/dia = número de vezes por pessoa por dia; L/p/d = litros por pessoa por dia; L/m²/d = litros por metro quadrado por dia; [min.; máx.]; Me = Média. [1] inclui irrigação; [2] inclui resfriamento; [3] inclui vazamentos

Os estudos encontrados no mapeamento classificaram os usos apenas entre lavatório, bacia sanitária, chuveiro, pia de cozinha e limpeza e manutenção. Mesmo assim, essa separação ainda é bastante heterogênea entre estudos. Atribui-se tal desafio de agrupar os usos finais de água à variedade de atividades não-residenciais, cuja natureza pode impactar o consumo de água e os usos finais. Como consequência, diversos autores acabam apresentando resultados com uma alta porcentagem atribuída a "outros usos", não fornecendo dados específicos por equipamento consumidor; ou subdividindo-os em categorias muito específicas, interferindo na possibilidade de realizar comparações entre estudos.

Outra questão é a escolha de indicadores: alguns utilizam litro/pessoa/dia, semelhantemente ao que ocorre para usos finais em edificações residenciais, enquanto outros optam por indicadores relativos à área (L/m²/dia, por exemplo). Bint; Valley e Isacs (2014) defendem esse tipo de abordagem, considerando que a área útil da edificação comercial é uma variável mais facilmente aferida que população, principalmente nos casos em que a população flutuante também consome água na edificação.

4 CONCLUSÃO

O mapeamento realizado permitiu identificar que a quantidade de estudos que obtiveram dados primários referentes aos usos finais de água em edificações não-residenciais é bastante reduzida. Pode-se atribuir a um início tardio da investigação de usos finais (DZIEGIELEWSKI et al., 2000) ou a outros empecilhos de ordem social ou técnica.

Resultados sugerem que o uso de técnicas de auditoria presentes em estudos recentes para aferição do consumo e investigação dos usos finais de água em edificações residenciais (SANT'ANA, 2012; WILLIS *et al.*, 2009) ainda não foi difundido no campo das edificações não-residenciais.

Em relação aos indicadores de consumo, nota-se que os resultados obtidos em edificações não-residenciais são inferiores à média para edificações residenciais, devido à menor frequência de atividades que consomem grande quantidade de água, como chuveiro e lavagem de roupas e louças.

Quanto à distribuição dos usos finais, percebe-se uma heterogeneidade entre os estudos, a depender da tipologia da edificação e das atividades que abrigam. Uma importante lacuna

identificada no mapeamento refere-se à busca de correlações entre diferentes fatores (área, população, horário de funcionamento, tipo de atividade, entre outras) que impactem no consumo de água, possibilitando a previsão de demanda em diferentes edificações não-residenciais.

Em síntese, torna-se fundamental a difusão e o incentivo a estudos aprofundados dos usos finais de água em edificações não-residenciais, superando os entraves ao uso de técnicas de auditoria mais precisas, como o uso de medidores inteligentes ou específicos por equipamento consumidor, a fim de identificar padrões do consumo de água.

5 REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. G.; SANT'ANA, D.; BEZERRA, S. P. Indicadores de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações de ensino do Campus Darcy Ribeiro - UnB. **Paranoá**, n. 22, p. 1–15, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01

BINT, L.; VALE, R.; ISAACS, N. *Water efficiency in office buildings. In:* ***Water efficiency in buildings:*** *theory and practice,* 2014. p. 241–251. Disponível em: https://doi.org/10.1002/9781118456613.ch14

CAMPOS CARDOSO, R. N.; CAVALCANTE BLANCO, C. J.; DUARTE, J. M. *Technical and financial feasibility of rainwater harvesting systems in public buildings in Amazon, Brazil.* ***Journal of Cleaner Production***, v. 260, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121054

CROSSON, C. *Achieving net zero water in severe drought prone areas: a case study of catchment, storage, and infiltration optimization.* ***Procedia Engineering,*** v. 145, p. 782–789, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.102

DEOREO, W. B.; HEANEY, J. P.; MAYER, P. W. *Flow trace analysis to access water use.* ***American Water Works Association***, v. 88, n. 1, p. 79–90, 1996. Disponível em: https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1996.tb06487.x

DZIEGIELEWSKI, B. *et al.* ***Commercial and institutional end uses of water***. Denver: American Water Works Association, 2000. 264 p.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. *Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil.* ***Building and Environment,*** v. 42, n. 7, p. 2512–2522, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.019

NASCIMENTO, E. A. A.; SANT'ANA, D. Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v.3, n.2, p. 156–167, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v3n2p156-167

PARKER, J. M.; WILBY, R. L. Quantifying household water demand: a review of theory and practice in the UK. **Water Resources Management**, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11269-012-0190-2

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. *Water end-uses in Brazilian office buildings****. Resources, Conservation and Recycling***, v. 54, n. 8, p. 489–500, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.10.005

SANT'ANA, D. *Domestic water end-uses and water conservation in multi-storey buildings in the federal district, Brazil.* ***Proceedings - 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture + Urban Design****: Opportunities, Limits and Needs - Towards an Environmentally Responsible Architecture*, PLEA 2012, n. November, 2012.

SAUTCHUK, C. et al. **Conservação e reúso da água em edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151p.

TOTUGUI, N.; SANT'ANA, D.; SANTOS, S. A.; SANTANA, L. F. Caracterização dos usos-finais de água de edifícios comerciais: estudo de caso de um café em Brasília-DF. *In:* **XIII Sispred**: 2019. p. 103–110.

WILLIS, R. M. et al. Gold coast domestic water end use study. **Water**, v. 36, n. 6, p. 84–90, 2009.