XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8578

Análise do nexo água e energia considerando o aproveitamento de água pluvial em edificações escolares

Analysis of the water-energy nexus considering rainwater harvesting in school buildings

Tânia Mara Sebben Oneda
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | tania.oneda@udesc.br
Enedir Ghisi
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | enedir.ghisi@ufsc.br

Resumo

O nexo água-energia tem se consolidado como abordagem relevante para compreender as interdependências entre esses recursos. Este artigo tem como objetivo analisar o aproveitamento de água pluvial em edificações escolares e sua relação com o nexo água-energia. Para isso, foram realizadas simulações no programa Netuno (versão 4) para estimar o potencial de economia de água potável, utilizado posteriormente para avaliar a economia de energia associada à redução do consumo no tratamento e na distribuição de água potável. Também foi considerado o consumo energético referente ao bombeamento de água pluvial. Os resultados indicaram que, ao considerar todas as escolas do município, a economia de água potável gerada poderia abastecer a escola do modelo representativo hidricamente por 44 dias. Em termos energéticos, a adoção do sistema seria suficiente para atender essa mesma escola em eletricidade por aproximadamente 16 dias. Os resultados evidenciam o potencial do aproveitamento de água pluvial para promover maior eficiência no uso dos recursos hídricos e energéticos, contribuindo para a sustentabilidade das edificações escolares e para o fortalecimento do nexo água-energia.

Palavras-chave: Nexo água-energia. Aproveitamento de água pluvial. Edificações escolares

Abstract

The water-energy nexus has been consolidated as a relevant approach for understanding the interdependencies between these resources. This article aims to analyze rainwater harvesting in school buildings and its relationship with the water-energy nexus. For this purpose, simulations were carried out using the Netuno software (version 4) to estimate the potential for potable water savings, which was subsequently used to assess energy savings associated with reduced water treatment and distribution demands. The energy consumption related to pumping rainwater was also considered. The results indicated that, when considering all schools in the municipality, the potable water savings generated could supply the representative school model with water for 44 days. In energy terms, adopting the system would be sufficient to supply that same school with electricity for approximately 12 days. The results highlight the potential of rainwater harvesting to promote greater efficiency in the use of water and energy resources, contributing to the sustainability of school buildings and strengthening the water-energy nexus.

Keywords: Water-energy nexus. Rainwater harvesting. School buildings

Como citar:
ONEDA, T.M.S.; GHISI, E. Análise do nexo água e energia considerando o aproveitamento de água pluvial em edificações escolares. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

1. INTRODUÇÃO

O estudo integrado da água e da energia como nexo é consolidado como uma abordagem relevante para compreender as interdependências entre esses recursos que são fundamentais ao desenvolvimento socioeconômico e à sustentabilidade ambiental.

No contexto do aproveitamento de água pluvial, observa-se que a maioria dos estudos não incorpora, de forma integrada, a análise da economia de energia. Praveena e Themudu [1] estudaram o aproveitamento da água pluvial em uma edificação escolar na Malásia. Os resultados mostraram redução do uso da água entre 91 e 215 m^3 no ano de 2020 em comparação com o ano de 2019. Fasola *et al*. [2] estudaram várias possibilidades de economia de água potável, entre elas, o aproveitamento de água pluvial, em duas escolas em Florianópolis. Os resultados mostraram que o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial foi igual a 22,9% para a escola municipal e de 42,5% para a escola estadual. Richards *et al.* [3] analisaram a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma escola localizada na zona rural da Índia. Os resultados indicaram que o sistema pode proporcionar economia de aproximadamente 25% da água usada para fins não potáveis, contribuindo para a redução das pressões sobre os recursos hídricos e para a manutenção da disponibilidade de água atual e futura. Geraldi *et al.* [4] analisaram o aproveitamento da água pluvial em uma escola após a implantação do sistema e compararam com o estimado em projeto. Os resultados mostraram economia de 28,9% da demanda total de água potável, enquanto o potencial estimado em projeto foi de 2,7%. Chen *et al.* [5] analisaram estratégias para economia de água em duas escolas de Portugal. O melhor resultado foi obtido com a combinação do aproveitamento de água pluvial e do uso de torneiras eficientes, que reduziu a demanda de água potável em até 60%. Esses estudos demonstram economia de água por meio do aproveitamento da água pluvial, mas não demonstram economia de energia, evidenciando-se, dessa forma, uma lacuna nos estudos em relação à abordagem integrada entre água e energia, considerando o aproveitamento de água pluvial.

A energia associada à água, no contexto do nexo em edificações, é relevante, pois a adoção de medidas de eficiência hídrica pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência energética dos edifícios e do ciclo urbano da água, incluindo as etapas de captação, tratamento e bombeamento [6].

Wanjiru e Xia [7] analisaram o nexo água-energia considerando o aproveitamento da água pluvial e o reúso de água cinza na África do Sul. Os resultados indicaram que a adoção de ambos os sistemas possibilitou economia mensal de 23,5% de água potável. Quando considerados de forma integrada, esses sistemas também proporcionaram redução de até 35,7% no consumo de energia. Vieira e Ghisi [8] avaliaram o potencial de economia de energia nos serviços de água e esgoto em Florianópolis. Os resultados mostraram que o reúso de água cinza e o aproveitamento de água pluvial corresponderam a 24% e 43% de economia de água potável residencial, respectivamente. Quanto ao consumo energético, o aproveitamento de água pluvial

apresentou o valor de 0,86 kWh/m³, sendo que o reúso de água cinza foi a alternativa mais eficiente, com 0,54 kWh/m³.

Diante do exposto, este artigo tem como objetivo analisar o aproveitamento de água pluvial em edificações escolares e sua relação com o nexo água-energia, visando subsidiar decisões em políticas públicas e projetos sustentáveis.

2. MÉTODO

2.1. LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo é o município de Joinville, situado na região Sul do Brasil (latitude: 26º 18' 16" S e longitude: 48º 50' 44" W).

2.2. COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES EDUCACIONAIS

Os dados das edificações educacionais do município foram obtidos na Secretaria da Fazenda do Município de Joinville – SEFAZ. Os dados contemplam a inscrição imobiliária, unidade autônoma, área construída, área do terreno, endereço e uso.

2.3. MODELO REPRESENTATIVO

O modelo representativo foi construído a partir dos dados de área construída fornecidos pela prefeitura. A construção do modelo representativo envolveu eliminação de dados espúrios e a criação de uma relação matemática entre a área construída e a área de cobertura, estimadas a partir dos dados da amostra por meio do Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo) de Joinville. O modelo representativo foi descrito por Oneda e Ghisi [9].

Foram considerados dados espúrios os valores que estavam 1,5 vez a amplitude interquartílica abaixo do primeiro quartil ou acima do terceiro quartil dos dados da amostra. Após a eliminação dos dados espúrios, foi feita a distribuição de frequências na forma de histograma para o cálculo da moda da frequência mais provável.

2.4. SIMULAÇÕES NO PROGRAMA NETUNO

A partir dos dados de entrada, foram feitas simulações sobre o aproveitamento de água pluvial no programa Netuno, versão 4 [10]. Os dados de entrada envolvem dados pluviométricos, área de cobertura, número de usuários, demanda total de água, demanda de água pluvial, coeficiente de escoamento superficial e algumas predefinições sobre os reservatórios superior e inferior.

Os dados pluviométricos foram obtidos do Comitê Cubatão Cachoeira Joinville (CCJ). A área de cobertura foi obtida por meio do modelo representativo e o número de usuários foi obtido com base na Instrução Normativa - IN9 do corpo de bombeiros militar de Santa Catarina [11]. Foi utilizado o coeficiente de escoamento superficial de 0,8 que corresponde a telhas cerâmicas conforme Ribeiro e Marinoski [12].

A demanda total de água utilizada nesta pesquisa foi de 21 litros/pessoa por dia e foi obtida por meio da média do estudo de Antunes e Ghisi [13] e Fasola *et al.* [2]. Antunes e Ghisi [13] analisaram o consumo de 62 escolas em Florianópolis e encontraram o

consumo médio de 8,8 litros por estudante por dia. No estudo de Fasola *et al.* [2], os resultados mostraram consumo de 28,8 litros/pessoa por dia em uma escola municipal e de 25,3 litros/pessoa por dia em uma escola estadual.

Marinoski e Ghisi [14], ao analisar uma instituição de ensino em Florianópolis, obtiveram demanda de água pluvial igual 63,5% do consumo total; portanto, três cenários de demanda de água pluvial foram considerados neste estudo: 50%, 60% e 70%. Quanto aos reservatórios, adotou-se como critério operacional a realização de recalque sempre que o volume do reservatório superior apresentasse redução de 20% em relação à sua capacidade total, a qual foi fixada em 3000 litros. Adicionalmente, considerou-se o descarte dos 2 mm iniciais de precipitação, em conformidade com a NBR 15527 [15]. A norma indica esse valor para casos em que não há dados detalhados, pois considera os 2mm iniciais de chuva como o volume necessário para a lavagem da superfície de captação.

Em relação ao dimensionamento do reservatório inferior, definiu-se que o programa realizasse simulações para diferentes volumes de armazenamento, em incrementos de 1.000 litros, até o limite máximo de 25.000 litros, indicando, ao final, a alternativa mais adequada. Para essa definição, foi necessário estabelecer um critério baseado na diferença entre os potenciais de economia de água potável obtidos por meio do aproveitamento de água pluvial. Conforme proposto por Cureau e Ghisi [16], adotou-se variação de 2% por metro cúbico (2%/m³) como parâmetro de análise.

2.5. ANÁLISE DO NEXO ÁGUA-ENERGIA

Foram utilizados dados do SINIS [17] para estimar o consumo de energia associado ao tratamento e à distribuição de água pela concessionária. Considerando a economia de água potável proporcionada pelo aproveitamento de água pluvial, espera-se uma redução na captação de água dos mananciais, resultando em economia de energia. Por outro lado, o sistema de aproveitamento de água pluvial demanda energia para o bombeamento da água do reservatório inferior para o superior, sendo essa dinâmica energética devidamente contabilizada na análise.

A Equação 1 apresenta a expressão utilizada para o cálculo do potencial diário de economia de água:

$$P_a = D_d \, x \, P_p \quad (1)$$

Onde:

P_a é o potencial diário de economia de água (litros/dia);

D_d é a demanda diária de água da edificação (litros/dia);

P_p é o potencial diário de economia de água potável (%).

A Equação 2 apresenta a expressão utilizada para o cálculo do potencial diário de economia de energia:

$$E_e = (P_e \cdot E_c) - E_B \quad (2)$$

Onde:

E_e é o potencial de economia de energia elétrica (kWh/dia);

P_e é o potencial de economia de água da edificação (m³/dia);

E_c é a eletricidade consumida pela concessionária para tratamento e distribuição da água (kWh/m³);

E_B é a energia consumida pelo bombeamento da instalação de água pluvial (kWh/dia).

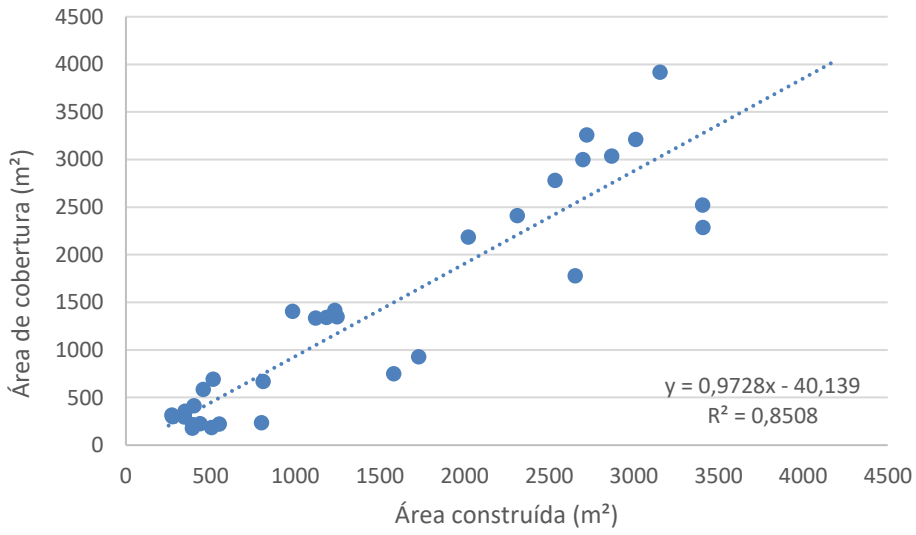
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. MODELO REPRESENTATIVO

Após a eliminação de dados espúrios e a distribuição de frequências, a moda obtida foi 540,78 m² que se refere à área construída do modelo representativo. Na sequência foram estimadas as áreas de coberturas aleatoriamente por meio do SIMGeo de Joinville.

Após a estimativa das coberturas das edificações, fez-se o gráfico da dispersão para as variáveis área construída e área de cobertura. Foi encontrada então a curva com a relação matemática e solicitada a indicação do coeficiente de determinação (R^2), conforme Figura 1. Encontrou-se o valor R^2 de 0,8508, o que significa que a equação explica 85% da variação possível na variável dependente. A área de cobertura do modelo representativo corresponde a 486 m².

Figura 1: Correlação entre a área construída e a área de cobertura das escolas.



Fonte: o autor.

3.1. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

A Tabela 1 mostra os dados de entrada no programa Netuno para as edificações escolares.

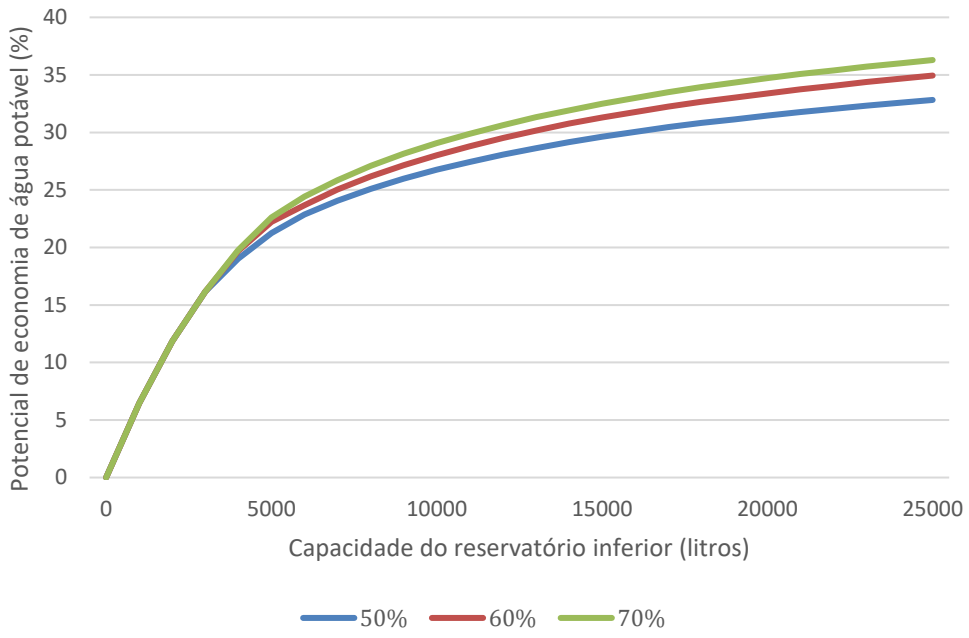
Tabela 1: Dados de entrada no programa Netuno

Dado	Unidade	Valor
Descarte do escoamento inicial	mm	2
Área da cobertura	m²	486
Demanda total de água	l/pessoa por dia	21
Número de usuários	pessoas	270
Coeficiente de escoamento superficial	%	80
Demanda de água pluvial	%	50; 60; 70
Capacidade do reservatório superior	litros	3000
Intervalo entre capacidades	litros	1000
Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial	%/m³	2

Fonte: o autor.

Após fazer as simulações no programa Netuno, obteve-se a Figura 2 que mostra os diversos volumes de reservatório inferior simulados para as três opções de demanda de água pluvial.

Figura 2: Relação entre o potencial de economia de água potável (%) e a capacidade do reservatório inferior (litros).



Fonte: o autor.

A Tabela 2 resume os resultados obtidos e mostra a capacidade ideal do reservatório inferior conforme indicação do programa na simulação.

O potencial de economia de água potável encontrado para as três demandas simuladas ficou entre a escola municipal e a escola estadual estudadas por Fasola *et al.* [2]. Esse valor difere do encontrado por Antunes e Ghisi [13], uma vez que os autores, ao realizarem uma análise mais aprofundada com duas escolas, consideraram cenários contrastantes: uma instituição com elevado consumo de água e outra com baixo consumo.

Tabela 2: Resumo dos resultados obtidos na simulação do programa Netuno para as edificações escolares

Parâmetro / Demanda de água pluvial	50%	60%	70%
Capacidade ideal do reservatório inferior (litros)	9000	8000	8000
Capacidade do reservatório superior (litros)	3000	3000	3000
Potencial de economia de água potável (%)	25,99	26,17	27,09
Consumo de água pluvial (litros/dia)	1474	1484	1536
Volume extravasado (litros)	1025	1016	963

Fonte: o autor.

A capacidade ideal do reservatório inferior obtida neste estudo de 9.000 litros (considerando 50% de demanda de água pluvial), de 8.000 litros (considerando 60%) e de 8.000 litros (para 70%), corrobora com o estudo de Fasola *et al*. [2], que obteve 8.000 litros para a escola municipal e 22.000 litros para a estadual.

3.2. ANÁLISE DO NEXO ÁGUA-ENERGIA

Em 2022, Joinville consumiu 0,509 kWh de energia para produzir, tratar e distribuir cada metro cúbico de água potável [17]. Devido ao aproveitamento de água pluvial, dependendo da demanda considerada, as escolas analisadas poderiam economizar de 25,99%, 26,17% ou 27,09% de água potável.

Para a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial na escola do modelo representativo, considerando a edificação como térrea, uma motobomba de ¼ cv (184 W) seria suficiente para atender a instalação. Ao considerar o período de funcionamento de 2 horas por dia, o consumo de energia elétrica deste tipo de motobomba é em torno de 0,6 kWh/dia, ou seja, 18 kWh/mês.

Por meio das Equações 1 e 2, foram calculados os valores constantes na Tabela 3 que mostra os resultados da análise do nexo água e energia por meio do aproveitamento de água pluvial para a edificação escolar do modelo representativo.

Tabela 3: Análise da economia de energia pelo aproveitamento de água pluvial

Parâmetro / Demanda de água pluvial	50%	60%	70%
Demanda total de água (litros/dia)	5670	5670	5670
Potencial de economia de água potável (%)	25,99	26,17	27,09
Potencial de economia de água potável (litros/dia)	1474	1484	1536
Potencial de economia de energia (kWh/dia)	0,15	0,16	0,18
Potencial de economia mensal de energia (kWh/mês)	4,50	4,80	5,40

Fonte: o autor.

Considerando todas as escolas do município, a economia diária de água potável seria de 241.736 litros para um cenário com 50% da substituição da demanda de água

potável por água pluvial, 243.376 litros para 60% e 251.904 litros para 70%. A economia mensal de energia seria 738 kWh/mês considerando 50% da substituição da demanda de água potável por água pluvial, 787 kWh/mês para 60% e 886 kWh/mês para 70%.

Considerando o consumo médio de 200 litros/pessoa por dia, usualmente adotado nos projetos de sistemas prediais em apartamentos [18], a economia de água obtida poderia atender o consumo diário de até 1260 pessoas. Ao considerar o consumo de 21 litros/pessoa por dia e 270 alunos, ambos parâmetros utilizados neste estudo, a economia de água gerada seria suficiente para abastecer toda a escola por 44 dias.

Quanto à economia de energia, os resultados mostram-se menos expressivos. O sistema proposto não representa um ganho energético significativo, possibilitando a investigação de alternativas com menor demanda energética, como sistemas operando sem o uso de bombas, por exemplo. O consumo médio mensal por residência, em 2024, foi de 208 kWh/mês na classe residencial da região Sul do país [19], considerando a média de três pessoas por residência, o consumo per capita seria de 69 kWh/mês. Nesse contexto, a economia máxima de energia obtida seria suficiente para atender cerca de 13 pessoas durante um mês. Em relação ao consumo de energia em escolas, Antunes e Ghisi [13] apontam um valor médio de 6,10 kWh/aluno por mês. Assim, considerando a economia máxima de energia e a população de 270 alunos do modelo representativo, a economia gerada em um mês seria suficiente para atender a escola por aproximadamente 16 dias.

Por fim, os resultados evidenciam que o aproveitamento de água pluvial apresenta potencial de economia de água potável, podendo suprir demandas significativas em contextos escolares por períodos consideráveis. Por outro lado, embora haja redução no consumo de energia associada à menor necessidade de tratamento e distribuição de água, os ganhos energéticos mostram-se menos expressivos quando comparados aos benefícios hídricos, especialmente em função do consumo envolvido no bombeamento do sistema. Ainda assim, a análise conjunta reforça a importância de considerar o nexo água–energia na avaliação dessas soluções, destacando que, mesmo com limitações energéticas, o sistema contribui de forma relevante para a sustentabilidade das edificações.

4. CONCLUSÃO

A pesquisa teve por objetivo analisar o nexo água e energia considerando o aproveitamento de água pluvial em edificações escolares. A partir das simulações realizadas, obteve-se o potencial de economia de água potável de 25,99%, 26,17% e 27,09%, considerando demandas de água pluvial de 50%, 60% e 70%, respectivamente. Ao considerar todas as escolas do município, a economia de água potável gerada poderia abastecer a escola do modelo representativo por 44 dias.

Em termos de economia de energia, a economia gerada por todas as escolas do município seria suficiente para atender a escola do modelo representativo por aproximadamente 16 dias. Esse valor mostra-se menos expressivo em razão do

consumo energético das motobombas consideradas para o funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial. Ainda assim, os resultados evidenciam o potencial do sistema de aproveitamento de água pluvial para promover o uso mais eficiente dos recursos hídricos e energéticos, contribuindo para a sustentabilidade das edificações escolares e para o fortalecimento do nexo água-energia.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] PRAVEENA, Sarva Mangala; THEMUDU, Sri. Rainwater Harvesting in a Primary School from Melaka (Malaysia): System Characteristics and Water Conservation Awareness Level. *In:* **Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2021.

[2] FASOLA, G. B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400006

[3] RICHARDS, S.; RAO, L.; CONNELLY, S.; RAJ, A.; RAVEENDRAN, L.; SHIRIN, S.; PRIYANKA J.; HELLIWELL, R. Sustainable water resources through harvesting rainwater and the effectiveness of a low-cost water treatment. **Journal of Environmental Management**, v. 286, p. 112223, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112223

[4] GERALDI, Matheus S.; CUREAU, Roberta J.; BAVARESCO, Mateus V.; GHISI, Enedir. Sistemas de aproveitamento de água pluvial durante a fase de uso: estudo de caso em uma escola. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.1261. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1261. Acesso em: 7 abr. 2026.

[5] CHEN, S.; ANTÃO-GERALDES, A. M.; JABUR, A.; VALE, P.; MORAIS, T.; SILVA, F. Rainwater 'Piggy Banks' and Green Roofs in School Buildings: Integrated Strategies for Sustainable Water Management. **Applied Sciences**, v. 15, n. 22, p. 11870, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/app152211870

[6] RODRIGUES, F.; SILVA-AFONSO, A.; PINTO, A.; MACEDO, J.; SANTOS, A. S. Increasing water and energy efficiency in university buildings: A case study. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 5, p. 4571-4581, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-019-04990-w

[7] WANJIRU, Evan; XIA, Xiaohua. Sustainable energy-water management for residential houses with optimal integrated grey and rainwater recycling. **Journal of cleaner production**, v. 170, p. 1151-1166, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.212

[8] VIEIRA, Abel Silva; GHISI, Enedir. Water–energy nexus in houses in Brazil: comparing rainwater and gray water use with a centralized system. **Water Supply**, v. 16, n. 2, p. 274-283, 2016. DOI: https://doi.org/10.2166/ws.2015.137

[9] ONEDA, Tânia Mara Sebben; GHISI, Enedir. Analysing the Water–Energy Nexus Considering Rainwater Harvesting in Buildings. **Water**, v. 17, n. 7, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/w17071037

[10] GHISI, Enedir; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Netuno 4**: Manual do usuário. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2014. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf. Acesso em: 17 abr. 2026.

[11] CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Instrução Normativa IN9** – Saídas de emergência, 2024. Disponível em: https://documentoscbmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/95f9038e8f2451e50a6693d998ada729.pdf. Acesso em: 30 jan. 2026.

[12] RIBEIRO, Ana Kelly Marinoski; MARINOSKI, Deivis Luis. Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. **Mix sustentável**, v. 6, n. 2, p. 53-66, 2020. DOI: https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.53-66

[13] ANTUNES, Lucas Niehuns; GHISI, Enedir. Potencial de economia de água e energia em edificações escolares. *In*: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 5, 2019, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: UFRGS, 2019.

[14] MARINOSKI, A. K.; GHISI, Enedir. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis–SC. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

[15] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 14 p.

[16] CUREAU, Roberta Jacoby; GHISI, Enedir. Reduction of potable water consumption and sewage generation on a city scale: a case study in Brazil. **Water**, v. 11, n. 11, p. 2351, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/w11112351

[17] SNIS – Sistema Nacional de informações sobre saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de água e esgoto.** Visão geral Dez 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos-snis. Acesso em: 31 mar. 2026.

[18] CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias**: princípios básicos para elaboração de projetos. 4. ed. São Paulo : Blucher, 2020.

[19] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário estatístico de energia elétrica 2025**, ano base 2024. Governo Federal: Ministério de Minas e Energia, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/anuario-factsheet.pdf. Acesso em: 17 abr. 2026.