

# Análise do sistema de aproveitamento de água pluvial a partir da medição dos usos finais de água

*Analysis of rainwater harvesting based on the measurement of the water end-uses*

*Análisis del sistema de captación de agua de lluvia a partir de la medición de los usos finales del agua*

---

**Tânia Mara Sebben Oneda\*** 

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil  
(PPGEC).  
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.  
taniamarasebben@hotmail.com

**Enedir Ghisi** 

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil  
(PPGEC).  
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

---

\* Autor correspondente.

---

## CRediT

**Contribuição de autoria:** Concepção, curadoria, análise, coleta de dados, metodologia e redação - rascunho original.: ONEDA, Tânia. Software, supervisão, validação, visualização, redação – revisão: GHISI, Enedir.

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

**Financiamento:** Não possui.

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

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

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

---

## Resumo

Este artigo tem por objetivo a análise do aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em uma residência. Foram feitas as medições de vazão em cada ponto de consumo e a estimativa de usos finais após o acompanhamento do consumo durante quinze dias. Na sequência, foram feitas simulações no programa Netuno, versão 4, considerando ou não a existência de reservatório superior e a substituição por água pluvial em dois cenários: (i) bacias sanitárias e torneira de jardim e (ii) bacias sanitárias, torneira de jardim, máquina de lavar roupas e torneira do tanque. Os resultados mostraram que o aparelho de maior utilização foi o chuveiro, seguido da máquina de lavar roupas. Nas simulações do aproveitamento de água pluvial, os resultados mostraram que não houve diferenças significativas com a utilização do reservatório superior, com exceção do volume extravasado de água. O número de dias em que a demanda de água pluvial foi totalmente atendida foi superior a 90% para todos os casos, o que é bastante positivo. Conclui-se que a área de captação, a demanda de água para fins não potáveis, o tamanho do reservatório, assim como os valores das tarifas de água influenciam muito na viabilidade do projeto.

**Palavras-chave:** Água pluvial; Água não potável; Economia doméstica.

## Abstract

This paper presents an analysis of the use of rainwater for non-potable uses in a house. Water flow measurements were made at each water appliance, and the water end-uses were estimated after monitoring water consumption for fifteen days. Simulations were carried out using the Netuno programme, version 4, considering or not an upper rainwater tank and the use of rainwater in two scenarios: (i) toilets and garden faucet and (ii) toilet, garden faucet, washing machine and laundry-sink faucet. The results showed that the most used appliance was the shower, followed by the washing machine. In the simulations of rainwater harvesting, the results showed that there were no significant differences due to the use or not of the upper rainwater tank, except for the volume of water overflowed. The number of days in which the rainwater demand was fully supplied was over 90% for all cases, which is quite positive. It is concluded that the catchment area, the demand of water for non-potable purposes, the capacity of the rainwater tank, as well as the water tariff greatly influence the feasibility of the rainwater harvesting system.

**Key-words:** Rainwater; Non-potable water; Home economics.

## Resumen

El objetivo de este artículo es analizar el uso del agua de lluvia para usos no potables en una vivienda. Se realizaron mediciones de caudal en cada punto de consumo y la estimación de los usos finales después de monitorear el consumo durante quince días. Posteriormente, se realizaron simulaciones en el programa Netuno, versión 4, considerando o no la existencia de un reservorio superior y la sustitución por agua de lluvia en dos escenarios: (i) inodoros y grifo de jardín (13,31%) y (ii) lavabos de inodoro, grifo de jardín, lavadora y grifo de cisterna (36,43%). Los resultados mostraron que el dispositivo más utilizado fue la ducha, seguido de la lavadora. En las simulaciones de captación de agua de lluvia, los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas con el uso del embalse superior, excepto por el volumen de agua desbordada. El número de días en los que se cubrió plenamente la demanda de agua de lluvia fue superior al 90% para todos los casos, lo cual es bastante positivo. Se concluye que el área de captación, la demanda de agua para fines no potables, el tamaño del embalse, así como los valores de las tarifas de agua influyen en gran medida en la viabilidad del proyecto.

**Palabras-clave:** Agua de lluvia; Agua no potable; Economía doméstica.

## 1. Introdução

A água está envolvida em praticamente todas as ações humanas, de usos domésticos como lavar roupa, descargas de bacias sanitárias, banho, lavagem de automóveis, a produção de diversos bens industriais, como alimentos e têxteis (Fernandes *et al.*, 2007).

Dados estimativos da Unesco (2014) mostram que a população global deverá atingir 9,3 bilhões em 2050 e esse crescimento leva ao aumento da demanda de água, refletindo as necessidades crescentes de energia, alimentos e outros bens e serviços que requerem água para sua produção e distribuição. A escassez de água ameaça a sustentabilidade da vida humana, da evolução dos ecossistemas e do desenvolvimento socioeconômico (Li *et al.*, 2024).

A escassez de água é consequência principalmente do aumento populacional, do desperdício e das contaminações de todos os tipos que geram redução e deterioração gradual da qualidade da água (Mainier *et al.*, 2011). Hagemann (2009) afirma que o problema da limitação das reservas de água tem estimulado a busca por soluções alternativas, visto a grande preocupação mundial perante a escassez de água.

Considerando a escassez hídrica, novas abordagens que priorizem ações de conservação, consumo eficiente e utilização de fontes alternativas de água em edificações devem ser requeridas como opção complementar (Cáceres *et al.*, 2019). Nesse cenário, o aproveitamento da água pluvial surge como uma das alternativas mais interessantes para atenuar crises hídricas, como as que ocorreram na região sudeste do Brasil nos anos de 2014 e 2015. Para Oliveira *et al.* (2014), o aproveitamento da água pluvial possui uma série de benefícios como: não desperdiçar um recurso natural escasso, ser disponível em abundância nos telhados, reduzir o consumo de água potável fornecida pela companhia de saneamento, conservar a água, reduzir o risco de enchentes, encorajar a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

Nem todos os usos da água necessitam atender aos padrões de potabilidade para as atividades a qual se destinam, por isso o aproveitamento da água pluvial proporciona economia de água potável, além da preservação do recurso natural. A água pluvial sem tratamento é imprópria para o consumo humano, mas pode ser utilizada para geração de energia, refrigeração de equipamentos, descarga de bacias sanitárias, lavagem de veículos, reserva técnica de incêndios, irrigação, entre outros. A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema deve-se considerar as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água (Lima; Ressureição, 2018).

Para satisfazer demandas menos restritivas e liberar a água de melhor qualidade para usos mais nobres é necessário conhecer a demanda e os usos finais de água (Oliveira; Alves, 2020). Motta *et al.* (2008) afirmam que a eficiência e a economia de água de uma edificação se dão pela atuação na demanda. Diante do exposto, este artigo tem por objetivo a análise da economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar a partir da medição dos usos finais da água.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. Usos da água no Brasil

A irrigação e o abastecimento humano são as principais atividades que demandam maiores retiradas de água do ambiente e a intensificação do uso da água é uma realidade global (IBAMA, 2022). A alta demanda para o abastecimento humano acaba por agravar a disponibilidade hídrica das regiões mais populosas brasileiras. Em 2019, a irrigação foi responsável por 49,8% do volume de água retirado dos mananciais para consumo, seguida do abastecimento urbano com 24,3% (IBAMA, 2022). Com o aumento da população, há também aumento do estresse hídrico podendo gerar escassez e conflitos pelo uso em algumas regiões. Segundo dados publicados pelo SNIS (2023), o índice de atendimento total de água com redes públicas de abastecimento em 2022 foi de 84,9%, sendo o maior índice de cobertura na região Sul com 91,6% e o menor índice na região Norte com 64,2%.

No Brasil, os estudos apontam que uma pessoa utiliza entre 50 e 200 litros de água por dia, sendo este consumo dividido entre a utilização de chuveiros, torneiras, bacias sanitárias, máquinas de lavar, entre outros (Motta *et al.*, 2008). O consumo médio per capita de água no Brasil em 2022 foi de 148,2 l/hab.dia, sendo a região sudeste com consumo de 159,9 l/hab.dia - acima da média nacional - e a região nordeste com 121,4 l/hab.dia - abaixo da média nacional (SNIS, 2023). Em Santa Catarina, o consumo per capita é de 156,0 l/hab.dia (SNIS, 2023). A Organização das Nações Unidas recomenda que esse valor esteja na faixa de 110 litros/hab.dia (Penna; Costa, 2020).

Vários fatores são estudados para entender os diferentes consumos de água. Dias e Ghisi (2024) estudaram, por meio de uma revisão da literatura, os fatores que afetam o consumo de água em edificações residenciais. Concluíram que o número de moradores e as questões econômicas têm importante influência no consumo. Corral-Verdugo (2003) estudou determinantes psicológicos e situacionais no comportamento de conservação da água e concluiu que as pessoas desperdiçam água influenciadas por motivos, crenças, percepções e normas pessoais. Fatores situacionais, tais como disponibilidade de equipamento para consumo de água, tamanho das famílias e disponibilidade de recursos financeiros, também promovem o desperdício de água (Corral-Verdugo, 2003). O uso indiscriminado da água também é citado por Almeida (2022), pois trata-se de um recurso acessível, de baixo custo, cuja gradativa escassez não é vislumbrada pela maioria das pessoas, que tendem a desperdiçar o recurso.

Ywashima *et al.* (2006) estudaram o comportamento referente ao uso da água em 27 residências unifamiliares na região metropolitana de Campinas-SP e concluíram que a maioria dos usos referentes à higiene pessoal, de utensílios domésticos, de roupas e alimentos é feita de forma economizadora. Porém, o uso racional da água no chuveiro é motivado pelo custo da energia elétrica associada.

Dias *et al.* (2018) analisaram fatores que influenciam no consumo de água em edifícios residenciais em Joinville-SC e verificaram que o consumo de água aumenta à medida que a distância do centro da cidade aumenta, com a existência de rede de esgoto e existência de piscinas. Aumenta também em relação ao número de andares, número de moradores e idade do imóvel. Em contrapartida o consumo de água diminui quando há um sistema de abastecimento alternativo, existência de medição individualizada e a existência de locatários nos apartamentos.

## 2.2. Usos finais da água em residências

Ghisi e Oliveira (2007) estudaram os usos finais de água em duas residências em Palhoça-SC, designadas casas “A” e “B”, e observaram que o chuveiro foi o responsável pela maior parte do consumo nas duas casas, ou seja, 34,0% e 45,4%, respectivamente. O segundo maior uso na casa A foi a torneira da cozinha com 29,1% e na casa B a descarga da bacia sanitária com 25,8%.

Barreto (2008) analisou os usos finais em residências na cidade de São Paulo, com consumidores dentro na mesma faixa de consumo (15 a 20 m<sup>3</sup>/mês) e o chuveiro apresentou 13,9% do consumo total, seguido da torneira de pia com 12,0%, máquina de lavar com 10,9%, tanquinho com 9,2%, torneira de tanque com saída para máquina de lavar, 8,3%, bacia sanitária com caixa acoplada, 5,5%, torneira de tanque, 5,4% e torneira de lavatório, com 4,2%. Outros usos totalizam 30,6%.

Marinoski *et al.* (2014) estudaram os usos finais da água em casas de baixa renda na região de Florianópolis – SC. Os resultados indicaram que o chuveiro foi o responsável pelo maior consumo de água variando de 30% a 36%, seguido pela bacia sanitária, de 18% a 31%. Em terceiro lugar ficaram as torneiras das cozinhas, com 9% a 26% e ainda, as famílias pesquisadas consumiram 111 a 152 l/hab.dia.

Hammes *et al.* (2020) estimaram os usos finais de uma residência no município de Blumenau-SC e obtiveram o chuveiro como aparelho de maior consumo, com 33%, seguido da bacia sanitária com 28%, torneira da cozinha com 14%, máquina de lavar roupas com 10,9%, torneira externa com 7,1%, torneira do lavatório com 6,4% e torneira da lavanderia com 0,5%. O consumo per capita foi de 110 l/hab.dia.

Ainda sobre o consumo per capita, Sant’Ana e Mazzega (2018) analisaram o consumo per capita em edificações residenciais, em relação à faixa de renda em Brasília – DF, e os resultados mostraram que habitações de alta renda consumiam em média 321 l/hab.dia, com renda média-alta o consumo foi de 205 l/hab.dia, em habitações de renda média-baixa foi de 146 l/hab.dia e com baixa renda, o consumo per capita foi de 112 l/hab.dia.

Ywashima *et al.* (2006) também estudaram o indicador de consumo per capita em 27 residências unifamiliares na cidade de Paulínia – SP e esse indicador variou de 46 a 309 l/hab.dia. Custódio e Ghisi (2019) estudaram o consumo per capita em edifícios residenciais em Joinville – SC e observaram que variou de 130 l/hab.dia a 336 l/hab.dia.

## 2.3. Aproveitamento da água pluvial

Muitos autores analisaram o potencial de economia de água potável em substituição pela água pluvial. Lima *et al.* (2011) analisaram esse potencial em 40 cidades da Amazônia e concluíram que o potencial da economia de água potável varia entre 21% e 100%, com potencial médio de 76%. Também concluíram que se houvesse um programa do governo para promover a economia de água potável por meio da utilização da água pluvial, haveria significativa economia de água potável e, conseqüentemente, a preservação dos recursos hídricos na Amazônia.

Santos e Farias (2017) estimaram o potencial de economia de água potável nas áreas urbanas de 71 cidades do semiárido nordestino, em Pernambuco, onde o sistema de abastecimento convencional abrange 60% da população. A região conta com média anual de chuvas inferior a 800mm, distribuídas durante três ou quatro meses do ano. O estudo concluiu que a economia de água fornecida pelo sistema público em relação à utilização

de água pluvial pode chegar a 25%. Concluíram também que, com a utilização do sistema, pode ocorrer redução no número de dias com racionamento de abastecimento de água potável ou, alternativamente, redução da pressão sobre o sistema público de abastecimento (Santos; Farias, 2017).

Wurthmann (2019) fez uma análise de viabilidade do aproveitamento de água pluvial implantado em várias residências no sudeste da Flórida com a finalidade de reduzir as demandas e complementar os sistemas de abastecimento de água. A região utiliza 100% de água subterrânea para abastecimento da população e com as altas projeções de crescimento, a preocupação com o abastecimento, o aumento do nível do mar relacionado às mudanças climáticas, as mudanças na precipitação e a intrusão de água salgada no aquífero tornaram o estudo relevante. O autor simulou o crescimento da população até o ano 2060 e com isso projetou o uso da água, considerando o uso não potável da água pluvial apenas para irrigação paisagística. O estudo demonstrou que a captação da água pluvial poderia atender 54% da demanda total de água adicional criada por novos moradores devido as altas taxas de projeções para o crescimento populacional (Wurthmann, 2019).

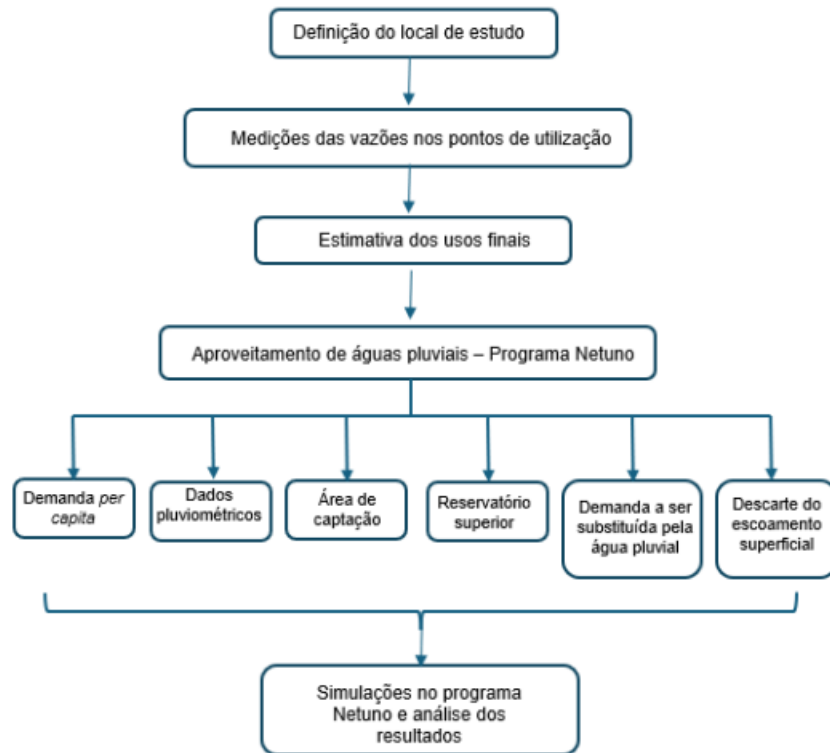
Borgert (2022) analisou o potencial de economia de água potável em escala urbana no município de Florianópolis e concluiu que a cidade como um todo poderia economizar de 0,3% a 17,3% de água potável, com a utilização difundida de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Lopes *et al.* (2016) estudaram o potencial de economia de água potável estimada para o setor residencial em 60 cidades do estado de Santa Catarina. Os resultados mostraram economia média de água potável variando de 75 a 461 litros/dia por casa e reservatórios para água pluvial variando de 1.000 a 16.000 litros.

Custódio e Ghisi (2019) analisaram o potencial de economia de água potável usando a água pluvial no setor residencial de Joinville. O potencial médio na região central de Joinville foi de 18,5% quando há uso da água pluvial nas bacias sanitárias e 40,8% quando há uso da água pluvial nas bacias sanitárias e em máquinas de lavar roupas.

### 3. Método

A pesquisa se caracteriza por ser um estudo de caso, que é definido como uma investigação empírica que pesquisa um fenômeno contemporâneo em seu contexto da vida real (Gonçalves *et al.*, 2014). O estudo de caso permite que, através de um maior número de observações dentro do caso escolhido, seja possível testar uma teoria em determinadas condições (Sátyro; D'Albuquerque, 2020). A Figura 1 mostra o fluxograma do método utilizado na pesquisa.

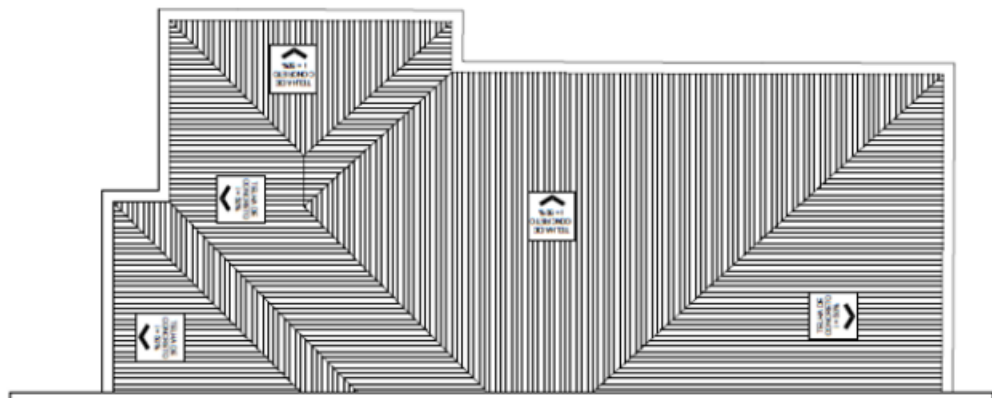
**Figura 1:** Fluxograma do método



### 3.1. Local de estudo

O local de estudo foi uma residência unifamiliar em Joinville – SC. A cidade está localizada na Latitude 26°18'88" Sul e Longitude 48°50'57" Oeste do estado de Santa Catarina. Com pouco mais de 615 mil habitantes, segundo estimativas do IBGE (2022), é a maior cidade do estado em termos populacionais. A Figura 2 mostra um esquema da cobertura da edificação.

**Figura 2:** Cobertura da residência



O objeto de estudo é uma residência geminada com 139,3 m<sup>2</sup>, constituída por dois pavimentos, contendo uma suíte mais dois quartos, um banheiro social, um lavabo, cozinha, lavanderia e demais dependências e é habitada por três pessoas.

### **3.2. Medição de vazões**

Para cada ponto de consumo de água, foram medidas as vazões por meio da coleta, em um recipiente, do volume de água escoado. Durante a coleta, o tempo foi medido com cronômetro. Após a coleta da água, o volume escoado teve sua massa determinada por meio de uma balança de precisão, sendo descontados os pesos dos recipientes vazios. Esse procedimento foi repetido três vezes e calculada a vazão média. Nas medições foi utilizada uma abertura mediana em cada equipamento para refletir a utilização dos usuários.

### **3.3. Estimativa dos usos finais**

Após a medição das vazões foi feita a primeira leitura do hidrômetro (situado antes do reservatório) e, após essa leitura, todos os tempos de utilização das torneiras, chuveiros e outros usos foram marcados pelos moradores. Os moradores foram instruídos a marcar o tempo de uso dos aparelhos com o celular ou cronômetro manual e fazer as anotações em planilhas que estavam disponíveis nos locais de utilização. O volume da água das bacias sanitárias foi determinado em função do duplo acionamento da válvula (3,4 e 6,5 litros). Também foi monitorada uma máquina de lavar roupas de 10 kg, cujo consumo de água foi fornecido pelo fabricante (143 litros no nível alto, 110 litros no nível médio, 83 litros no nível baixo e 61 litros no nível extra baixo).

A leitura do hidrômetro, o tempo de uso dos aparelhos (em que foram estimadas as vazões), o número de acionamentos da descarga da bacia sanitária e o volume de água usado pela máquina de lavar roupas foram anotados durante quinze dias e organizados em forma de planilha.

Para a estimativa dos usos finais, os tempos de uso dos aparelhos foram multiplicados pelas vazões, obtendo-se o volume consumido de água por equipamento. O número de acionamento das descargas das bacias sanitárias foi multiplicado pelo volume de água (3,4 ou 6,5 litros) e o número de vezes em que a máquina de lavar foi utilizada foi multiplicado pelo volume de água fornecido pelo fabricante. Com os levantamentos dos consumos por aparelho, os usos finais foram obtidos por meio das porcentagens individuais de cada aparelho em relação ao consumo total de água potável.

Esses volumes foram comparados diariamente às leituras do hidrômetro e à fatura do mês para verificação de divergências. Caso houvesse divergências muito expressivas, deveria ser verificado algum erro na marcação do consumo feita pelos moradores ou a existência de algum tipo de vazamento. Admitiu-se 10% como porcentagem máxima de diferença, conforme estudo de Ribeiro e Ghisi (2023).

### **3.4. Aproveitamento de água pluvial - programa Netuno**

O programa Netuno, versão 4, foi obtido gratuitamente no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina). O Netuno é um programa computacional que se baseia em modelos comportamentais para simulações de sistemas de aproveitamento de água pluvial (Ghisi; Cordova, 2014). Nas seções seguintes estão os dados de entrada utilizados no programa Netuno.



#### **3.4.1. Dados pluviométricos e demanda per capita**

Os dados pluviométricos da cidade de Joinville foram obtidos do Comitê Cubatão Cachoeira Joinville (CCJ) que forneceu os dados de precipitação diária do município no período de Janeiro de 2005 a Maio de 2022. A demanda per capita foi calculada dividindo-se o volume total de água utilizada pelo número de moradores e pelos quinze dias de monitoramento.

#### **3.4.2. Área de captação dos telhados e descarte do escoamento inicial**

A área de captação do telhado foi obtida por meio da análise do projeto arquitetônico da residência. Para o coeficiente de escoamento superficial, foi utilizado o valor de 0,90 (telha de concreto) conforme Ribeiro e Marinovski (2020). Conforme recomendações da norma NBR 15527 (ABNT, 2019), foi solicitado o descarte de 2 mm de precipitação inicial. Esse descarte é importante pois evita que a sujeira presente nos telhados seja encaminhada para o sistema de aproveitamento de água pluvial.

#### **3.4.3. Percentual da demanda a ser substituída pela água pluvial**

Após a estimativa dos usos finais da residência, foram verificadas quais demandas poderiam ser substituídas por água pluvial. A água utilizada nas bacias sanitárias, torneiras de jardim, máquina de lavar roupas e torneira do tanque são exemplos de usos que podem ser substituídos por água pluvial. Esses usos foram contabilizados e representados na forma de percentual. Primeiro substituindo a água das bacias sanitárias e torneira de jardim e segundo substituindo a água das bacias sanitárias, torneiras de jardim, máquina de lavar roupas e torneira do tanque pela água pluvial.

Neste estudo não foram consideradas perdas de água no gradeamento do filtro e em possíveis processos de tratamento para o uso da água pluvial na máquina de lavar roupas e torneira do tanque. Também não foram contabilizadas perdas indiretas devido à formação de biofilme nas louças sanitárias.

#### **3.4.4. Reservatórios superior e inferior**

Em um sistema de aproveitamento de água pluvial, pode ou não existir o reservatório superior. Quando o reservatório superior não existe, o sistema é alimentado apenas pela água pluvial do reservatório inferior. Se existir o reservatório superior, é necessária uma bomba de recalque para levar a água pluvial do reservatório inferior ao superior e assim alimentar o sistema (Ghisi; Cordova, 2014). No programa Netuno existe a possibilidade de simulação com ou sem o reservatório superior.

Para as simulações, foram consideradas as hipóteses de existência ou não do reservatório superior. Quando solicitada a existência do reservatório superior, foi indicado que o programa considerasse esse reservatório com volume igual à demanda diária média de água pluvial. Também foi solicitado que o programa apontasse qual o volume ideal do reservatório inferior para todas as simulações. Para determinação do volume ideal, foi solicitado que a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial fosse de 1%/m<sup>3</sup>.

### **3.5. Análise dos resultados**

A partir dos dados de entrada, foram feitas quatro simulações no programa Netuno considerando diferentes percentuais de substituição de água potável por água pluvial e a existência ou não de reservatório superior. Os resultados analisados incluíram os volumes

do reservatório inferior e superior, o potencial de economia de água potável, o consumo de água pluvial e o número de dias (em percentual) em que o sistema é capaz de suprir a demanda de água pluvial.

## 4. Resultados

### 4.1. Medição de vazões

Após a sequência de medições de vazões nos pontos de utilização, obtiveram-se as vazões médias mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Vazões médias medidas nos pontos de utilização

Ponto de utilização	Vazão (l/s)
Torneira da cozinha	0,155
Filtro da cozinha	0,013
Torneira do lavabo	0,053
Torneira do tanque	0,146
Torneira do jardim	0,081
Chuveiro da suíte	0,329
Torneira do lavatório da suíte	0,133
Chuveiro do banheiro social	0,218
Torneira do banheiro social	0,116

O consumo estimado de água foi medido pelos moradores durante quinze dias e na Tabela 2 são mostrados os consumos do primeiro ao sétimo dia. O consumo do oitavo ao décimo quinto dia são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 2:** Consumo estimado de água nos sete primeiros dias de medição

Aparelho	Consumo de água (litros/dia)						
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Torneira da cozinha	237,05	100,44	169,60	114,90	174,50	113,90	96,60
Filtro da cozinha	4,99	2,45	2,60	2,80	2,00	2,90	1,50
Torneira do lavabo	9,16	2,68	1,00	14,10	2,60	2,40	1,40
Bacia sanitária do lavabo	72,00	24,00	63,00	39,00	36,00	42,00	36,00
Torneira do tanque	0,73	5,26	4,70	1,17	2,04	4,70	1,50
Máquina de lavar roupas	183,00	-	143,00	-	286,00	286,0	-
Torneira de jardim	-	-	-	-	-	3,30	-
Chuveiro da suíte	272,10	321,10	317,50	314,43	205,86	281,80	188,60
Torneira da suíte	25,88	24,81	15,60	11,60	13,00	11,00	11,90
Bacia sanitária da suíte	30,00	54,00	54,00	54,00	51,00	30,00	51,00
Chuveiro do banheiro social	39,09	29,26	82,00	-	-	-	58,50
Torneira do banheiro social	-	-	-	-	-	-	-
Bacia sanitária do banheiro social	12,00	12,00	12,00	12,00	-	-	12,00
<b>Total</b>	<b>886,00</b>	<b>576,00</b>	<b>838,00</b>	<b>564,00</b>	<b>773,00</b>	<b>778,00</b>	<b>459,00</b>

Durante os quinze dias de medição do consumo, também foi feita a leitura do hidrômetro, diariamente e sempre no mesmo horário. Assim, pode-se comparar o consumo estimado e o que foi medido pelo hidrômetro. Constatou-se uma diferença de 791 litros após os quinze dias medidos. Essa diferença pode ser justificada por algum vazamento oculto ou erros de marcação e ela representa 7,9% do volume total medido.

Também foi comparado o consumo estimado (multiplicado por 2, para obter o volume de 30 dias) com a fatura de água do mês. Da fatura também se obteve o consumo médio dos últimos seis meses. A diferença entre o consumo estimado e a média dos últimos seis meses foi de 10%. O valor consumido no mês das medições foi 19 m<sup>3</sup>, três metros cúbicos a menos que a média dos últimos seis meses de 22 m<sup>3</sup>.

**Tabela 3:** Consumo estimado do oitavo ao décimo quinto dia de medição

Aparelho	Consumo de água (litros/dia)							
	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
Torneira da cozinha	120,06	136,20	207,70	183,60	112,80	84,70	88,85	65,80
Filtro da cozinha	2,71	1,40	1,70	3,00	3,20	2,16	2,84	1,73
Torneira do lavabo	1,80	3,30	4,20	6,40	3,80	2,38	3,16	2,32
Bacia sanitária do lavabo	36,00	36,00	42,00	60,00	48,00	24,00	48,00	24,00
Torneira do tanque	0,88	1,70	1,90	-	21,90	2,20	17,52	37,24
Máquina de lavar roupas	61,00	204,00	363,00	232,00	-	143,00	204,00	286,00
Torneira de jardim	-	13,70	-	-	-	-	-	-
Chuveiro da suíte	169,78	180,30	221,80	384,33	322,40	247,80	229,34	174,00
Torneira da suíte	8,14	4,40	5,90	13,07	6,60	11,61	20,28	7,07
Bacia sanitária da suíte	27,00	24,00	36,00	39,00	48,00	36,00	48,00	45,00
Chuveiro do banheiro social	53,28	54,00	98,80	69,70	52,80	42,15	98,02	45,85
Torneira do banheiro social	3,35	-	-	2,90	3,50	-	-	-
Bacia sanitária do banheiro social	12,00	-	12,00	39,00	24,00	12,00	18,00	12,00
<b>Total</b>	<b>496,00</b>	<b>659,00</b>	<b>995,00</b>	<b>1033,0</b>	<b>647,00</b>	<b>608,00</b>	<b>778,00</b>	<b>701,00</b>

#### 4.2. Usos finais da água

Os dados foram organizados conforme a Tabela 4, que mostra o resultado do consumo estimado para chuveiros, torneira da cozinha, máquina de lavar roupas, bacias sanitárias, torneiras de uso geral (que compreende as torneiras dos banheiros, torneira do jardim e do tanque) e filtro da cozinha. A Tabela 4 também mostra os usos finais para cada ponto de utilização.

**Tabela 4:** Usos finais estimados após quinze dias

Ponto de utilização	Usos finais	
	(litros)	(%)
Chuveiros	4.555	42,2
Máquina de lavar roupas	2.391	22,2
Torneira da cozinha	2.007	18,6
Bacia sanitária	1.419	13,1
Torneira de uso geral	381	3,5
Filtro da cozinha	38	0,4
<b>Total</b>	<b>10.791</b>	<b>100</b>

A ocorrência do chuveiro como uso preponderante na residência corrobora com os resultados encontrados por Ghisi e Oliveira (2007), Barreto (2008), Marinoski *et al.* (2014) e Hammes *et al.* (2020).

Considerando que a residência é habitada por três pessoas, o consumo médio nos quinze dias foi 719,4 litros/dia, que equivale a 239,8 litros/hab.dia. Os moradores consomem água acima da média do estado de Santa Catarina, que é de 156,0 l/hab.dia (SNIS, 2023). Porém, o consumo per capita encontrado está dentro da faixa estudada por Custódio e Ghisi (2019) onde o consumo variou de 130 l/hab.dia a 336 l/hab.dia e dentro da faixa dos estudos de Ywashima *et al.* (2006), cujo indicador variou de 46 a 309 l/hab.dia.

#### 4.3. Aproveitamento de água pluvial

Os dados de entrada no programa Netuno para as quatro simulações realizadas estão apresentados na Tabela 5.

Para cálculo do percentual de demanda total que pode ser substituído por água pluvial, considerou-se primeiramente a substituição da água potável nas bacias sanitárias e na torneira de jardim, totalizando 13,31%. Como segunda opção, foi considerado o percentual de 36,43%, onde foi simulada a substituição da água potável por água pluvial nas bacias sanitárias, torneira de jardim, torneira do tanque e máquina de lavar roupa.

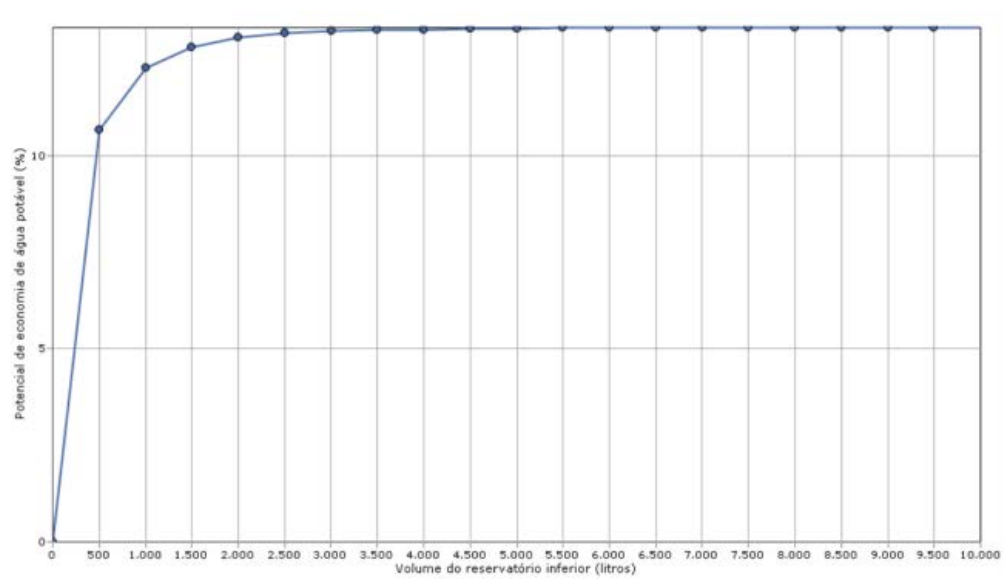
Também foi solicitado ao programa a simulação com a existência ou não de reservatório superior, considerando este, quando existente, igual à demanda diária média de água pluvial.

Após a simulação no programa Netuno, obteve-se a Figura 3 que mostra o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial em função dos diversos volumes do reservatório inferior para a simulação 1. Percebe-se que utilizando o reservatório inferior de 1500 litros, obtém-se economia de 12,77%. Utilizando um reservatório de 2000 litros, obtém-se economia de água potável na ordem de 13,05%, que se aproxima muito da porcentagem solicitada inicialmente de 13,31%.

**Tabela 5:** Dados de entrada no programa Netuno para as quatro simulações

Parâmetro	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Descarte do escoamento inicial (mm)	2	2	2	2
Área da cobertura (m <sup>2</sup> )	84,12	84,12	84,12	84,12
Demanda total de água (L/per capita.dia)	239,80	239,80	239,80	239,80
Número de moradores (pessoas)	3	3	3	3
Coefficiente de escoamento superficial (%)	90	90	90	90
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	13,31	36,43	13,31	36,43
Reservatório superior	Sim	Sim	Não	Não
Volume do reservatório superior igual à demanda média diária de água pluvial	Sim	Sim	-	-
Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque (%)	50	50	-	-
Reservatório inferior – simulação para reservatórios com diversos volumes	Sim	Sim	Sim	Sim
Volume máximo do reservatório inferior (litros)	10.000	10.000	10.000	10.000
Intervalo entre os volumes do reservatório inferior (litros)	500	500	500	500
Indicar volume ideal do reservatório inferior	Sim	Sim	Sim	Sim
Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m <sup>3</sup> )	1	1	-	-

**Figura 3:** Potencial de economia de água potável em função dos volumes do reservatório inferior (simulação 1)

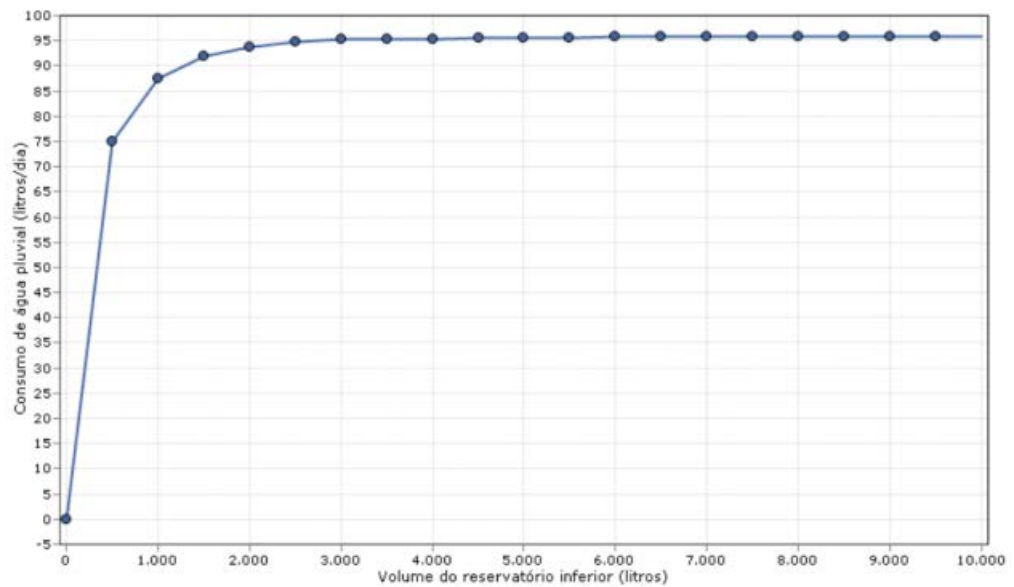


Ao solicitar que o programa indique um volume ideal para o reservatório inferior com a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de

água pluvial de 1%/m<sup>3</sup>, a indicação foi de 3000 litros, com potencial de economia de 13,23%.

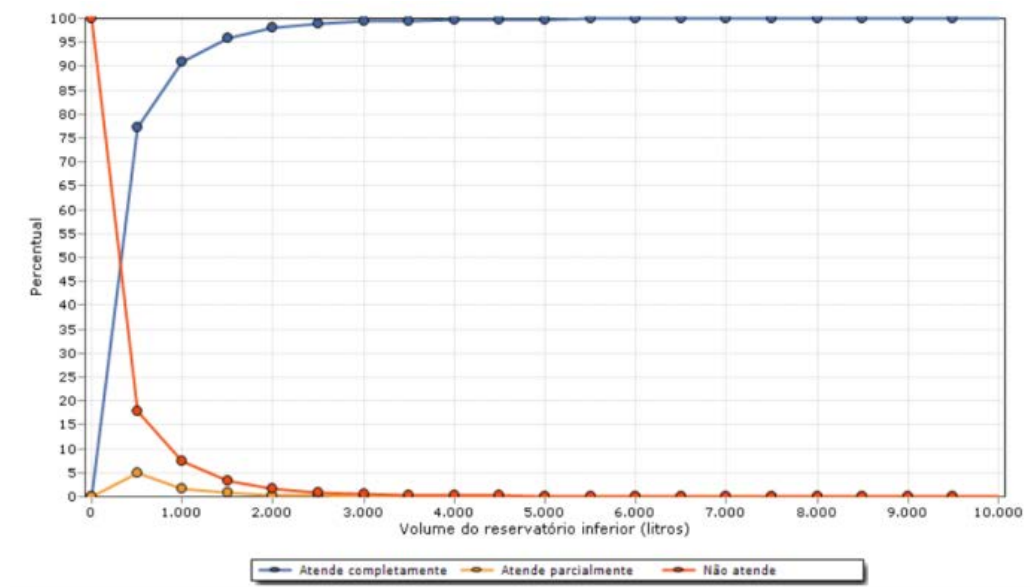
Por meio desta simulação, também se obtém a Figura 4 que indica o consumo de água pluvial em função dos volumes de reservatório inferior. Neste caso, para um reservatório inferior de 1500 litros, o consumo de água pluvial é de 91,88 litros/dia, para 2000 litros é de 93,85 litros/dia e para 3000 litros, 95,21 litros/dia.

**Figura 4:** Consumo de água pluvial em função do volume do reservatório inferior (simulação 1)



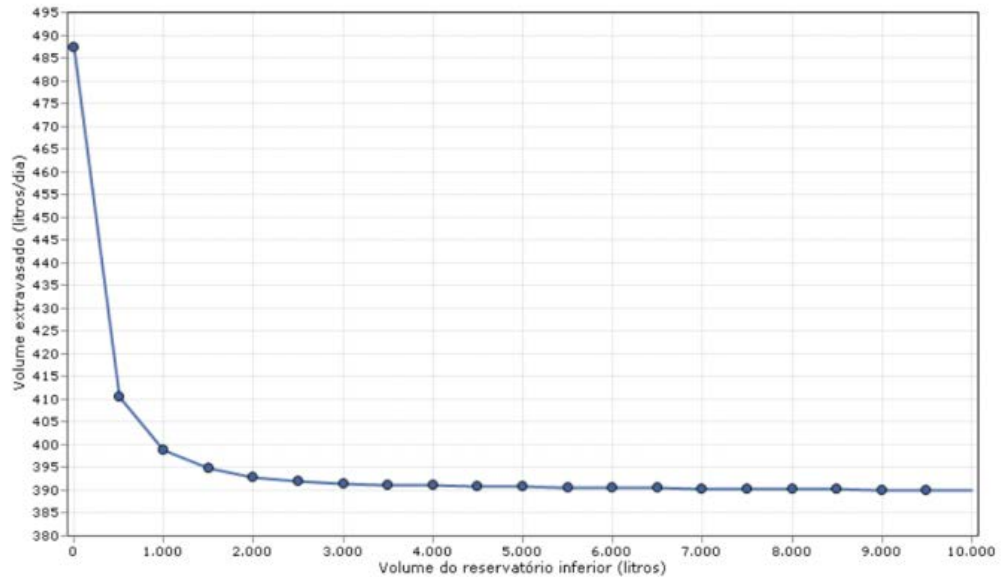
A Figura 5 mostra o número de dias (em percentagem) em que há água pluvial para suprir totalmente a demanda (linha azul), o número de dias (em percentagem) em que há água pluvial para atender parcialmente a demanda (linha amarela) e o número de dias (em percentagem) em que não há água pluvial para atender a demanda (linha laranja). A Figura 6 mostra o volume de água pluvial extravasado para a simulação 1.

**Figura 5:** Número de dias (em percentagem) de suprimento de água pluvial (simulação 1)



Considerando um reservatório inferior de 3000 litros, a percentagem de dias em que há água pluvial para suprir totalmente a demanda é 99,4% e o volume extravasado 391,5 litros/dia.

**Figura 6:** Volume extravasado simulação 1



Para a simulação 2, todos os dados de entrada foram mantidos, mudando apenas o percentual de demanda a ser substituído por água pluvial para 36,43%. O mesmo procedimento descrito para a simulação 1 foi repetido para as demais simulações e a Tabela 6 reúne as informações das quatro simulações.

**Tabela 6:** Resumo dos resultados para as quatro simulações

Parâmetro	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Percentual de demanda total a ser substituído por água pluvial (%)	13,31	36,43	13,31	36,43
Volume do reservatório superior (litros)	95,75	262,08	-	-
Volume do reservatório inferior ideal (litros)	3000	8000	3000	8000
Potencial de economia de água potável (%)	13,23	34,08	13,23	34,08
Consumo de água pluvial (litros/dia)	95,21	245,20	95,21	245,20
Número de dias em que há água pluvial para atender a demanda (%)	99,40	92,96	99,40	92,96
Volume extravasado (litros/dia)	391,50	240,70	441,60	333,70

Percebe-se pouca diferença em função de ter ou não um reservatório superior, pois o volume do reservatório inferior apontado como ideal foi o mesmo para ambos os casos. Os percentuais de economia de água potável, o consumo de água e o número de dias (em percentual) em que há água pluvial para suprir totalmente a demanda também foram os mesmos. Verifica-se apenas diferenças em relação ao volume extravasado de água, pois quando não há reservatório superior, o volume extravasado de água é maior.

A economia de água potável aumenta à medida que mais usos são substituídos pela água pluvial em qualquer simulação feita. O número de dias em que há água pluvial para suprir totalmente a demanda foi superior a 90% para todos os casos, o que é bastante positivo e demonstra a boa distribuição de chuvas durante o ano na cidade de Joinville - SC. Esses resultados corroboram com os resultados obtidos por Hammes *et al.* (2020) e Ribeiro e Ghisi (2023). No estudo de Hammes *et al.* (2020), realizado em Blumenau - SC, o número de dias (em percentual) em que há água pluvial para suprir totalmente a demanda foi de

95%, ou seja, em 95% dos dias a quantidade de água pluvial disponível atende a demanda de água não potável. No estudo de Ribeiro e Ghisi (2023), o número de dias (em percentual) em que há água pluvial para suprir totalmente a demanda ficou acima de 95% quando analisaram o potencial de economia de água potável por meio de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em um apartamento na cidade de Belo Horizonte – MG.

## 5. Conclusões

A pesquisa teve por objetivo analisar o aproveitamento da água pluvial considerando usos não potáveis em uma residência unifamiliar. A partir da medição das vazões e dos tempos de uso de cada aparelho sanitário, obtiveram-se os usos finais da água na residência. O chuveiro foi o aparelho que apresentou maior uso, com 42,2% da demanda total, seguido da máquina de lavar roupas com 22,2%.

Esses usos foram analisados e verificou-se duas possibilidades de substituição por água pluvial: a primeira, substituindo o uso da água potável pela água pluvial nas bacias sanitárias e torneiras de jardim que totalizaram 13,31% da demanda total de água e o segundo caso, substituindo também a utilização da máquina de lavar roupas e a torneira do tanque somando 36,43% da demanda total. Para cada porcentagem de substituição, foram feitas duas simulações: com e sem o uso de reservatório superior. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas com a utilização do reservatório superior, pois todos os parâmetros ficaram inalterados, menos o volume extravasado de água. Como ponto positivo salienta-se que o número de dias (em percentagem) em que há água pluvial para suprir totalmente a demanda por água pluvial para todas as simulações ficou acima de 90%. Vale salientar que para o uso no tanque e na máquina de lavar roupas, a água pluvial necessita de tratamento, pois pode fornecer riscos aos usuários e comprometer o funcionamento dos equipamentos.

Em relação ao aproveitamento da água pluvial, sabe-se que a área de captação, a demanda de água para fins não potáveis, a capacidade do reservatório, assim como os valores das tarifas de água influenciam muito na viabilidade do projeto. Como a água é um bem essencial, incentivos governamentais poderiam subsidiar a instalação desse sistema, além de legislações específicas que obrigassem a instalação do sistema em nível residencial, visando a conservação deste bem tão precioso.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 14 p.
- ALMEIDA, Maria Clara Lucena Dutra de. **A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão de recursos hídricos**. Editora Dialética, 2022.
- BARRETO, Douglas. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**. v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.
- BORGERT, Aline Eloize. **Análise econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial e potencial de economia de água em escala urbana na cidade de**

- Florianópolis.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- CÁCERES P. S.; RAMOS S. R.; SANT'ANA D. Potencial de redução da exploração dos recursos hídricos locais pelo aproveitamento de água pluvial em residências no Distrito Federal. **Paranoá**, v.12, n. 23, p.11-19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.02>.
- CORRAL-VERDUGO, Víctor. Determinantes psicológicos e situacionais do comportamento de conservação de água: um modelo estrutural. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 8, p. 245-252, 2003.
- CUSTÓDIO, Diego Antônio; GHISI, Enedir. Assessing the potential for potable water savings in the residential sector of a city: a case study of Joinville city. **Water**, v. 11, n. 10, p. 2074, 2019.
- DIAS, Talita Flores; GHISI, Enedir. Urban Water Consumption: A Systematic Literature Review. **Water**, v. 16, n. 6, p. 838, 2024.
- DIAS, Talita Flores; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Factors influencing water consumption in buildings in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 160-167, 2018.
- FERNANDES, Diogo Robson Monte; MEDEIROS NETO, Vicente Batista de; MATTOS, Karen Maria da Costa. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. *In*: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais [...]** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.
- GHISI, Enedir; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Netuno 4 - Manual do usuário**. Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações LabEEE, 2014. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4\\_Junho2014.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf). Acesso em: 21 mar. 2024.
- GHISI, Enedir; OLIVEIRA, Sulayre Mengotti de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.
- GONÇALVES, Mônica Lopes; BALDIN, Nelma; ZANOTELLI, Cladir Teresinha; CARELLI, Mariluci Neis; FRANCO, Selma Cristina. **Fazendo Pesquisa: do projeto à comunicação científica**. 4 ed. Joinville: Univille, 2014.
- HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2009.
- HAMMES, Gabriela; GHISI, Enedir; THIVES, Lisiane Padilha. Water end-uses and rainwater harvesting: a case study in Brazil. **Urban Water Journal**, v. 17, n. 2, p. 177-183, 2020.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de qualidade do meio ambiente**. RQMA Brasil 2020 / Hanry Alves Coelho, Andrea Alimandro Corrêa (coordenação). Brasília, DF: IBAMA, 2022.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**: Joinville. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/joinville.html>. Acesso em: 16 mar. 2024.



- LI, M.; YANG, X.; WANG, K.; DI, C.; XIANG, W.; ZHANG, J. Exploring China's water scarcity incorporating surface water quality and multiple existing solutions. **Environmental Research**, v. 246, p. 118191, 2024.
- LIMA, A. C. O., RESSUREIÇÃO, K. R. F. Edificações com sistema de águas pluviais: Um estudo de caso. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, ed. 11, v. 06, p. 134 -153, 2018.
- LIMA, Jeferson Alberto de; DAMBROS, Marcus Vinicius Rodrigues; ANTONIO, Marco Antonio Peixer Miguel de; JANZEN, Johannes Gérson; MARCHETTO, Margarida. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 291-298, 2011.
- LOPES, André Castellani; RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Assessment of the potential for potable water savings by using rainwater in houses in southern Brazil. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 16, n. 2, p. 533-541, 2016.
- MAINIER, F. B.; CORREIA NETO, S. J.; MONTEIRO, L. P.C. O reuso de água em Centro de Treinamento de combate a incêndios. **Engevista**, v. 13, n. 3., p. 167-176, 2011.
- MARINOSKI, Ana Kelly; VIEIRA, Abel Silva; SILVA, Arthur Santos; GHISI, Enedir. Water end-uses in low-income houses in Southern Brazil. **Water**, v. 6, n. 7, p. 1985-1999, 2014.
- MOTTA, Silvio Romero Fonseca; ALVES, Antônio Henrique Villela; SOUZA, Roberta Vieira. **Proposta para classificação da eficiência do uso da água nas edificações residenciais**, 2008. Disponível em: <https://www.usp.br/nutau/CD/162.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.
- OLIVEIRA, Leandro Menezes de; ALVES, Lais Amaral. Estudo sobre modalidades de reaproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para uso residencial. **Boletim do Gerenciamento**, v. 13, n. 13, p. 10-20, 2020.
- OLIVEIRA, T.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. Aproveitamento, captação e (re)uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista GEDECON-Gestão e Desenvolvimento em Contexto**, v. 2, n. 2, p. 01-15, 2014.
- PENNA, Maria Cristina Moreira; COSTA, Rildo Aparecido. A questão hídrica e a dinâmica de consumo de água para abastecimento doméstico na cidade de Ituiutaba-MG. **Caminhos de Geografia**, v.21, n.77, p. 234-252, 2020.
- RIBEIRO, Ana Kelly Marinovski; 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.
- RIBEIRO, Laura Michelle Leite; GHISI, Enedir. Potential for drinking water savings through rainwater use: a case study in Brazil. **Ambiente Construído**, v. 23, p. 47-64, 2023.
- SANT'ANA, Daniel; MAZZEGA, Pierre. Socioeconomic analysis of domestic water end-use consumption in the Federal District, Brazil. **Sustainable Water Resources Management**, v. 4, n. 4, p. 921-936, 2018.
- SANTOS, Sylvana Melo dos; FARIAS, Maria Mariah M. W. E. C. de. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 1007-1015, 2017.

SÁTYRO, Natália Guimarães Duarte; D'ALBUQUERQUE, Raquel Wanderley. O que é um Estudo de Caso e quais as suas potencialidades. **Sociedade e Cultura**, v. 23, 2020.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre saneamento. **Diagnóstico temático de serviços de água e esgoto**. Visão Geral, 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2023.pdf](https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf). Acesso em: 16 mar. 2024.

UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2014. **Water and Energy**. vol. 1., 2014.

WURTHMANN, Kurt. Assessing storage requirements, water and energy savings, and costs associated with a residential rainwater harvesting system deployed across two counties in Southeast Florida. **Journal of Environmental Management**, v. 252, p. 109673, 2019.

YWASHIMA, Laís A.; CAMPOS, Marcus A. Siqueira; PIAIA, Emerson; DE LUCA, Denise M. P.; ILHA, Marina S. de O. Caracterização do uso de água em residências de interesse social em Paulínia. *In*: XI Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais [...]**. Florianópolis, v. 11, p. 55014-900, 2006.