

## VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA GERENCIAMENTO DA DEMANDA HÍDRICA EM CONJUNTOS RESIDENCIAIS DE PROGRAMAS SOCIAIS DE PERNAMBUCO

**Jocimar Coutinho Rodrigues Junior**

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, PE, Brasil  
[jocimar.junipr@ufpe.br](mailto:jocimar.junipr@ufpe.br)

**Anderson Luiz Ribeiro de Paiva**

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, PE, Brasil  
[anderson.paiva@ufpe.br](mailto:anderson.paiva@ufpe.br)

**Fabício Motteran**

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, PE, Brasil  
[fabicio.motteran@ufpe.br](mailto:fabicio.motteran@ufpe.br)

**Sylvana Melo dos Santos**

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, PE, Brasil  
[sylvana.santos@ufpe.br](mailto:sylvana.santos@ufpe.br)

### RESUMO

O aproveitamento de água pluvial consiste em uma tecnologia com potencial de desafogar as fontes de abastecimento pública, minimizando as problemáticas urbanas de demanda hídrica. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo verificar o potencial econômico e a viabilidade de implementação de sistema de aproveitamento de água pluvial em residenciais de programas sociais, em Igarassu, Pernambuco. Com isso, foi utilizado o software Netuno 4.0 para realização de simulações de captação de água pluvial, para verificar o referido potencial econômico, em que a água pluvial poderia substituir parte da demanda de água proveniente das fontes de abastecimento, visando a utilização em fins não nobres. Os resultados revelam uma relativa e possível redução no consumo de água potável e, uma consequente economia na conta de água que se torna considerável ao longo dos anos. A média do potencial anual para uso da água pluvial, para uso em fins não potáveis, pode variar de 5% a 9%, dependendo do reservatório adotado para armazenamento e da demanda per capita de água considerada. Portanto, os custos para implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial para residenciais de Igarassu, se mostraram pertinentes, com um retorno financeiro de aproximadamente 6 a 7 anos.

**Palavras-chave:** Manejo de águas pluviais. Recursos hídricos. Economia de água.

### FEASIBILITY OF IMPLEMENTING A RAINWATER HARVESTING SYSTEM TO MANAGE WATER DEMAND IN SOCIAL HOUSING PROJECTS IN PERNAMBUCO

### ABSTRACT

The utilization of rainwater is a technology with the potential to alleviate the strain on public water supply sources, thereby minimizing issues related to urban water demand. In this context, this paper aims to examine the economic feasibility and potential of implementing a rainwater harvesting system in social housing programs in Igarassu, Pernambuco. The software Neptune 4.0 was utilized to simulate rainwater harvesting assess its economic viability, as it could serve as an alternative to a portion of the water demand sourced from the public water supply, specifically for non-potable purposes. The findings indicate a notable and feasible reduction in potable water consumption, resulting in considerable savings on the water bill over time. The average annual potential for rainwater utilization for non-potable purposes can range from 5% to 9%, depending on the chosen reservoir for storage and the per capita water demand considered. Consequently, the costs associated with implementing the rainwater harvesting system for residential houses in Igarassu were found to be significant, with an approximate payback period of 6 to 7 years.

**Keywords:** Rainwater management. Water resources. Water economy.

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e os processos de desenvolvimento urbano, estão intrinsecamente relacionados com o aumento da demanda de água. Diante dessas ocorrências, são ocasionados diversos impactos ambientais sobre as áreas de mananciais e de captação de água, assim como nos ecossistemas adjacentes, que passam a sofrer pressão para atender as demandas das sociedades, perante a utilização e exigência de água.

Nesse sentido, Duque-Sarango et al. (2019) apontam que a elevação da densidade demográfica e a intensificação da utilização dos recursos hídricos, para as mais variadas finalidades, causam alterações nos ciclos hidrológicos, acarretando impactos na disponibilidade de água, que pode resultar na escassez hídrica. Diversas localidades do Brasil já enfrentaram problemáticas de qualidade de água bruta ou escassez, em decorrência de impactos ambientais relacionados com o crescimento demográfico, como a região metropolitana de Curitiba devido às degradações na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu que obrigou a interrupção momentânea de captação de água (DALARMI, 1995) e na região central do estado de São Paulo que, em razão da contaminação de mananciais por despejo de efluentes nos corpos hídricos, impediu o uso da água para abastecimento humano (SANTOS; CESAR; BONADIO, 2016).

Diante disso, surge um contexto de desigualdade socioambiental, que consiste na discrepância entre as diversas classes sociais e geográficas em relação a fatores ambientais, econômicos, educacionais e culturais (GOHN, 2019). Em geral, essa desigualdade advém de um processo histórico-geográfico complexo de limitações e prejuízos envolvendo o status e a classe social de determinados grupos da sociedade, que consequentemente interferem em condições essenciais para a qualidade de vida (YAZBEK, 2012).

No que concerne o acesso à água, a desigualdade socioambiental está relacionada com a diferença entre a oferta e a demanda dos recursos hídricos em determinadas áreas. Assim, a demanda de água nas áreas urbanas é significativamente maior do que a oferta. Esse fato evidencia um desequilíbrio relevante, resultando no fenômeno de estresse hídrico, que pode ser postergado para as futuras gerações (BETTS et al., 2018). Nesse contexto, as áreas que sofrem com o acesso à água, estão diretamente sujeitas a conflitos ambientais, relacionados à superação de escassez de água e de utilização dos recursos naturais (CASTRO; SILVA; CUNHA, 2017).

A partir da realidade de agravantes que ocorrem com a utilização da água, passou a ser de grande necessidade, a elaboração e implementação de um gerenciamento com enfoque no ciclo hidrológico local, considerando estratégias de conservação dos recursos hídricos. No estado de Minas Gerais, Melo et al. (2020) apontam que as crises hídricas podem ser anemizadas com tecnologias sustentáveis como o reúso de água de esgoto, visando utilização em agricultura. Neste contexto, segundo Tomaz (2001), em locais do mundo onde os há cenários degradantes envolvendo a quantidade de água precipitada, podendo a disponibilidade hídrica ser bastante baixa, ou ainda as problemáticas de drenagem serem visivelmente relevantes, a dessalinização de água do mar, o reúso de água servida e o aproveitamento de água de chuva são alternativas que podem ser utilizadas, após análise técnica e econômica, dependendo da realidade do local.

Sendo assim, além de serem úteis para enfrentamento de impactos de escassez de água, os sistemas de aproveitamento de água pluvial, também funcionam como redutores do escoamento superficial em áreas urbanas, atuando para realizar a interceptação da água da chuva na cobertura das residências. Portanto, de acordo com Gonçalves (2006), esse sistema promove a redução do escoamento superficial que chega até o sistema de drenagem urbana, minimizando os eventos de inundações, alagamentos e demais agravantes urbanos. Desse modo, para atenuar os impactos ambientais decorrentes da urbanização e do crescimento populacional, o aproveitamento de água pluvial pode ser indicado como tecnologia promissora no que tange a adequação do uso da água. Segundo Amos, Rahman e Gathenya (2016), essa tecnologia consiste em uma das práticas mais antigas do mundo, em que diversas sociedades visando utilizar água para variados fins, captavam água de chuva para atendimento às demandas por água. Ademais, nos últimos anos, essa tecnologia vem sendo difundida, com novas técnicas, como modo de minimizar o aumento das demandas de água, que contribuem com ocorrências ligadas às mudanças climáticas, econômicas e socioambientais, além de constituírem tecnologias práticas e acessíveis.

Ante o exposto, este estudo tem como objetivo simular um sistema de aproveitamento de água pluvial para residências de Igarassu, em Pernambuco, do Minha Casa Minha Vida, visando a utilização de

água em fins não nobres, para redução da demanda de água proveniente das fontes de abastecimento pública. O referido município dispõe de alguns conjuntos residências, que desempenham papel importante para o direito à moradia e habitação para cidadãos de baixa renda. Deste modo, busca-se avaliar a viabilidade ambiental e econômica da implementação deste sistema nas edificações.

## **CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E DEMANDAS HÍDRICAS**

No âmbito nacional, no território brasileiro, a Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como um dos objetivos mais recentes, o incentivo, a promoção, a captação, a preservação e o aproveitamento de água pluvial. Nesse caso, o referido objetivo foi instituído pela Lei Federal nº 13.501/2017 (BRASIL, 2017), que insere a preocupação, relacionada ao aproveitamento de água pluvial, na Política Nacional de Recursos Hídricos. Com isso, essa inclusão deixa evidente que o Brasil possui certa consideração para incentivar e implementar tecnologias mais sustentáveis envolvendo os sistemas de captação de águas pluviais.

Os projetos de captação de água de chuva, podem ser implementados em residências, onde a captação da água deve ocorrer por meio das coberturas. De acordo com Zanella (2015), dependendo da utilização, o sistema de captação de água pluvial pode contar com diversos mecanismos, começando pela cobertura, até o reservatório de armazenamento, onde a água será destinada ao possível uso residencial, que sendo não potável, não há necessidade de tratamento. Portanto, a captação de água de chuva pluvial em locais destinados à moradia, como residências contempladas pelo programa social Minha Casa Minha Vida ou similares, consiste em uma tecnologia que pode conceder um fim adequado para a água da chuva. Assim, tendo em vista que nas residências existem diversos usos não potáveis, a água pluvial pode ser útil para irrigação e jardinagem, descargas sanitárias, lavagem de pisos, entre outros.

No estado de Pernambuco, tem-se a consolidada tecnologia DesviUFPE que, de acordo com Carvalho et al. (2018) e Silva et al. (2022), promove a remoção de poluentes da água destinada para as cisternas, a partir de desvio prévio e automático da água pluvial precipitada em determinados volumes estabelecidos. Essa tecnologia é empregada no município de Caruaru e, pode ser pertinente para auxiliar na utilização de água pluvial em outras localidades, visando melhorar a qualidade da água armazenada. Em estudos realizados por Antunes, Ghisi e Thives (2016) e Santos (2019), há significativo potencial para utilização de água pluvial em edificações residenciais para utilização em fins não potáveis, principalmente como reserva técnica de incêndio, descargas de bacias sanitárias, lavagem de calçadas e estruturas externas, e jardinagem. Essa utilização é viável para diversas localidades do Brasil, contribuindo para redução no consumo de água das fontes de abastecimento e, conseqüentemente, na redução do possível gasto mensal da conta de água.

Conforme é apontado por Richter (2017), cerca de 10% a 30% em média da água potável de abastecimento é utilizada para uso doméstico englobando os usos não potáveis, podendo variar entre 50% a 70%, caso tenha usos em irrigação de jardins ao ar livre. Com isso, se torna imprescindível incentivos para desafogar as fontes de abastecimento de água potável, com o desenvolvimento de alternativas para o aproveitamento direto da água para uso não potável. Já Gonçalves (2009), ainda nesta conjuntura, aponta que aproximadamente 40% do total de água consumida, advinda das fontes públicas de abastecimento, é direcionada para objetivos não potáveis, convencendo-se a buscar formas de substituir as demandas de água potável em cerca de 40% em residências e edificações em geral.

A aplicação de um sistema de captação de água pluvial pode ter potencial para fornecer diversas vantagens, para realizar essa substituição e desafogamento das fontes potáveis de abastecimento, em razão da simplicidade do sistema destinado ao uso para fins não potáveis (VIOLA, 2008; MARINOSKI; RUPP; GHISI, 2018). Com o passar do tempo, o crescimento urbano desordenado passa a exigir mais dos recursos hídricos, o crescimento populacional intensifica a utilização das fontes públicas de abastecimento, acarretando nas problemáticas de estresse e escassez hídricas. Assim, são de grande relevância projetos que apoiam a implementação de programas de preservação hídrica, como os sistemas de aproveitamento de água pluvial (TOMAZ, 2003; TASCA et al., 2019).

Em determinadas regiões, a exploração da água pluvial pode ter a capacidade de reduzir a utilização de água potável oriunda da concessionária local, resultando em economias nos gastos com abastecimento público e desafogamento das centrais de captação de água de mananciais. Dessa

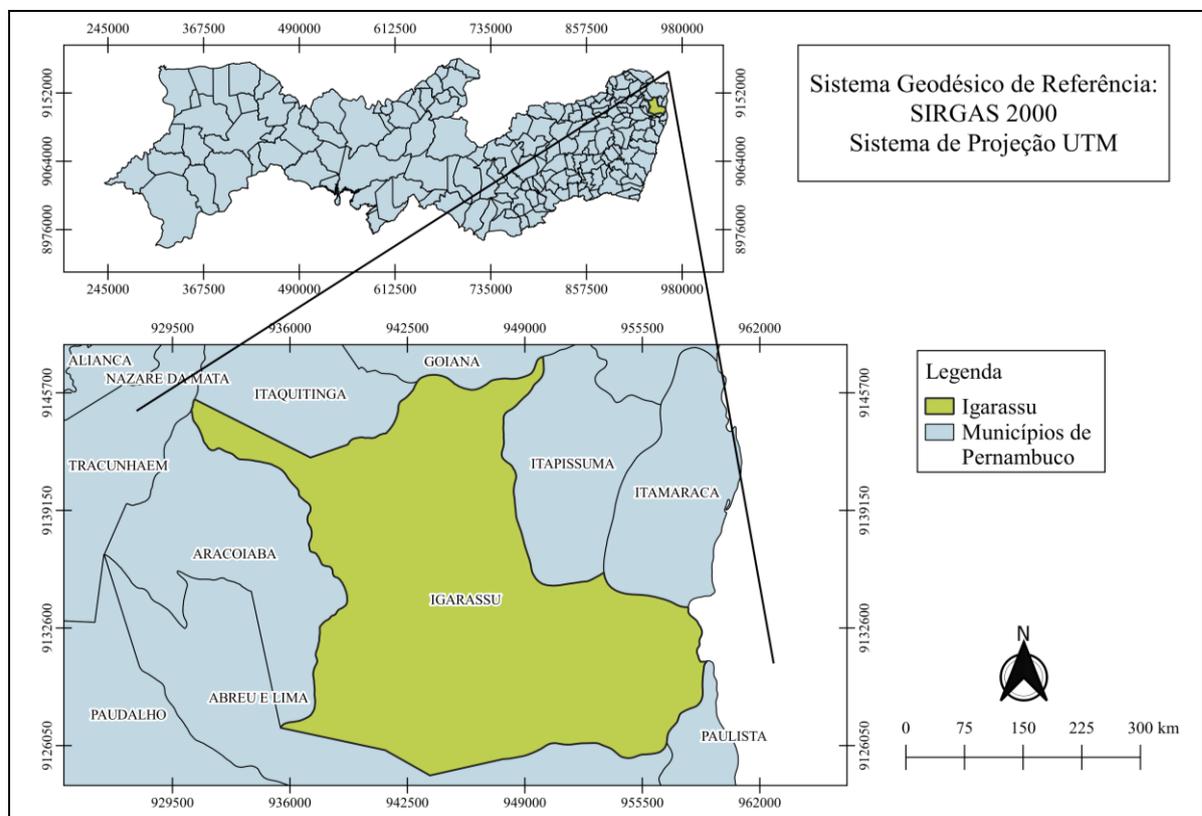
forma, os dispositivos de captação da água pluvial proporcionam uma diversidade de benefícios socioeconômicos e ecológicos, relacionados ao provimento de água, sua captação, tratamento e distribuição, no âmbito do gerenciamento de recursos hídricos.

## METODOLOGIA

### *Município de Igarassu-PE*

O município de Igarassu (Figura 1) está situado no litoral norte do estado de Pernambuco, sendo pertencente à Região Metropolitana do Recife. Em relação a capital pernambucana está distante aproximadamente 27 km, fazendo limite com os municípios de Araçoiaba, Itaquitinga, Itapissuma, Goiana, Tracunhaém, Itamaracá, Abreu e Lima e Paulista. A população de Igarassu é de 119.690 habitantes para estimativa de 2021, com área territorial de 306,879 km<sup>2</sup>, densidade demográfica de 333,88 hab/km<sup>2</sup> e cerca de 29.677 domicílios particulares permanentes (IBGE, 2022).

Figura 1 - Localização do município de Igarassu - PE.



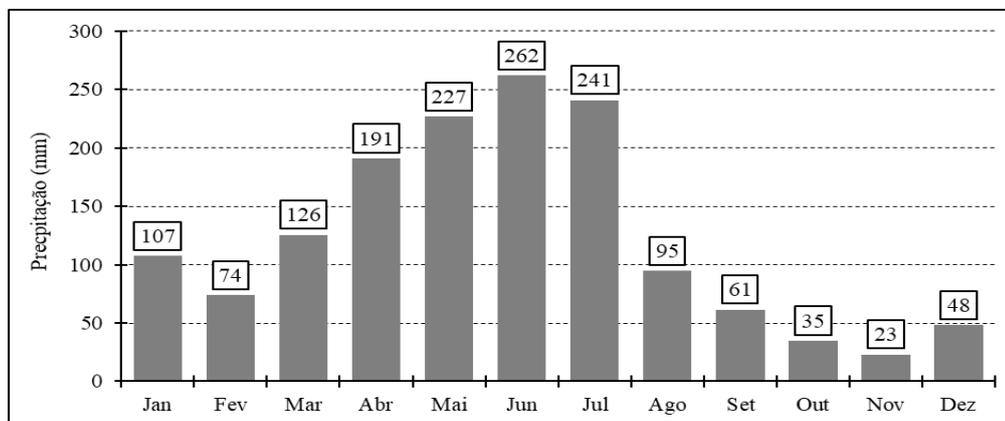
Fonte - Os autores, 2023.

O clima predominante na área corresponde ao Tropical Chuvoso, com verão seco, possuindo uma temperatura média anual de 25 °C. O solo da região é majoritariamente constituído por Latossolos e Argissolos, estando aproximadamente a uma altitude média de 19 m acima do nível do mar (CONDEPE/FIDEM, 2008). No que se refere ao regime pluviométrico, o município possui uma precipitação média anual em torno de 1600 mm, em que o comportamento mensal indica que o período chuvoso se inicia em fevereiro e pode terminar até o mês de outubro, conforme mostra a Figura 2.

Ademais, o local também compreende platôs de origem sedimentar, que são constituídos por um grau de entalhamento variável, com vales estreitos e encostas ou com encostas suaves e fundos com amplas várzeas. O relevo de Igarassu é pertencente a unidade dos Tabuleiros Costeiros que acompanha o quase todo o litoral nordestino e, pertence aos grupos de bacias de rios litorâneos em

Pernambuco, tendo como principais tributários os seguintes rios: Igarassu, Palmeira, Jarapiá, Cumbé, Catucá, Botafogo, Itapicuru, Tabatinga, das Pacas, Paripe, Conga, Bonança, Utinga, Monjope e Maniquar (CPRM, 2005).

Figura 2 – Precipitação média em Igarassu – PE.



Fonte - APAC (2023). Elaboração: Os autores, 2023.

### **Programa Minha Casa Minha Vida em Igarassu-PE**

A área de estudo consiste em residenciais do programa social instituído pelo governo federal, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), faixa 1, no município de Igarassu, em Pernambuco. Os programas criados a partir das políticas de moradia, como o PMCMV, possuem destaque nas políticas de habitação e contribuem para o direito ao espaço urbano e à cidade. Acerca das questões legais, a Lei Federal Nº. 11.977/2009 (BRASIL, 2009) dispõe sobre o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV, apontando proposições a partir da data em que entrou em vigor, para atender diversas famílias em situação de vulnerabilidade, com a construção de um milhão de moradias, *a priori*. Dessa forma, a faixa 1 corresponde aos empreendimentos do referido programa que, de acordo com Silva (2016), foram construídos para atendimento à população com até 3 salários-mínimos, ou seja, o total de R\$ 1.395 em 2009.

Visto a importância social do PMCMV, que durou até a sua extinção em 2021 (BRASIL, 2021), é pertinente elaborar alternativas para construção de edificações, frente às problemáticas de demanda e oferta de água. Com isso, é essencial a adoção de medidas sustentáveis para gerenciamento dos recursos hídricos nas residências populares contidas neste Programa e, nos programas que serão implementados em seguida com a mesma finalidade de habitação. Uma técnica comum, bastante usada para a conservação da água e que pode ser usada em residências populares do PMCMV, consiste na captação de água pluvial para determinados fins.

Sendo assim, foram selecionados os conjuntos residenciais entregues pelo PMCMV, da faixa 1, localizados no município de Igarassu, litoral de Pernambuco, clima tropical, para averiguar o potencial de aproveitamento de água de chuva, para economia de água, nas residências destes. A entrega para a população ocorreu entre 2010 e 2012, conforme é visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 - Residenciais do Programa Minha Casa Minha Vida da faixa 1 em Igarassu-PE.

Município	Residencial	Quantidade de casas entregues	Data de entrega
Igarassu	Conjunto Habitacional Residencial Jardim Paraíso	95	06/01/2012
	Conjunto Residencial Caminho das Águas	206	06/01/2012
	Conjunto Residencial Tropical	302	03/11/2010

Fonte - CEF, 2014. Elaboração: Os autores, 2023.

Assim, em razão das atuais problemáticas envolvendo a demanda de água, pressupõem-se que a implementação do sistema de captação de água pluvial nas residências que compõem os conjuntos residenciais do Programa Minha Vida Minha Vida e programas similares, seria de grande valia, visto a grande quantidade de residências entregues para a população e as dificuldades na oferta de água. Com isso, a água captada poderia ser utilizada pelas famílias residentes no local, para finalidades não potáveis, que não necessitam de tratamento, reduzindo-se o consumo da água potável fornecida pela companhia de água, bem como os valores gastos.

### **Potencial e viabilidade de implementação de sistema de aproveitamento de água pluvial**

Para realizar o dimensionamento, inicialmente definiu-se a demanda de água per capita por habitante. Por se tratar de conjuntos residenciais populares, onde há grande frequência de moradores, adotou-se para uma simulação a demanda per capita de 150 L/dia/habitante, conforme define diversos autores como Coelho (1986) e Melo e Azevedo Netto (1988). Também foi arbitrado este valor em razão de ser considerado este valor para diversos projetos residenciais executados no território brasileiro, envolvendo unidades populares de moradia. Com base nessas considerações e, considerado o valor per capita de consumo de água, posteriormente, definiu-se a demanda total de água nas residências, a partir da arbitração da quantidade de moradores nos domicílios.

Ademais, também foi realizada outra simulação considerando uma demanda per capita menor, de 100L/dia/habitante, com a finalidade de verificar mudanças na economia gerada com o sistema de aproveitamento, a partir de diferentes demandas per capita de água. Em alguns estudos e normas técnicas estaduais, para localidades do interior, se considera este valor para áreas urbanas (PAIVA et al., 2000; CAGECE, 2010). Dessa forma, se permitiu avaliar os cenários de economia para os mesmos conjuntos residenciais, considerando 150 L/dia/habitante e 100 L/dia/habitante.

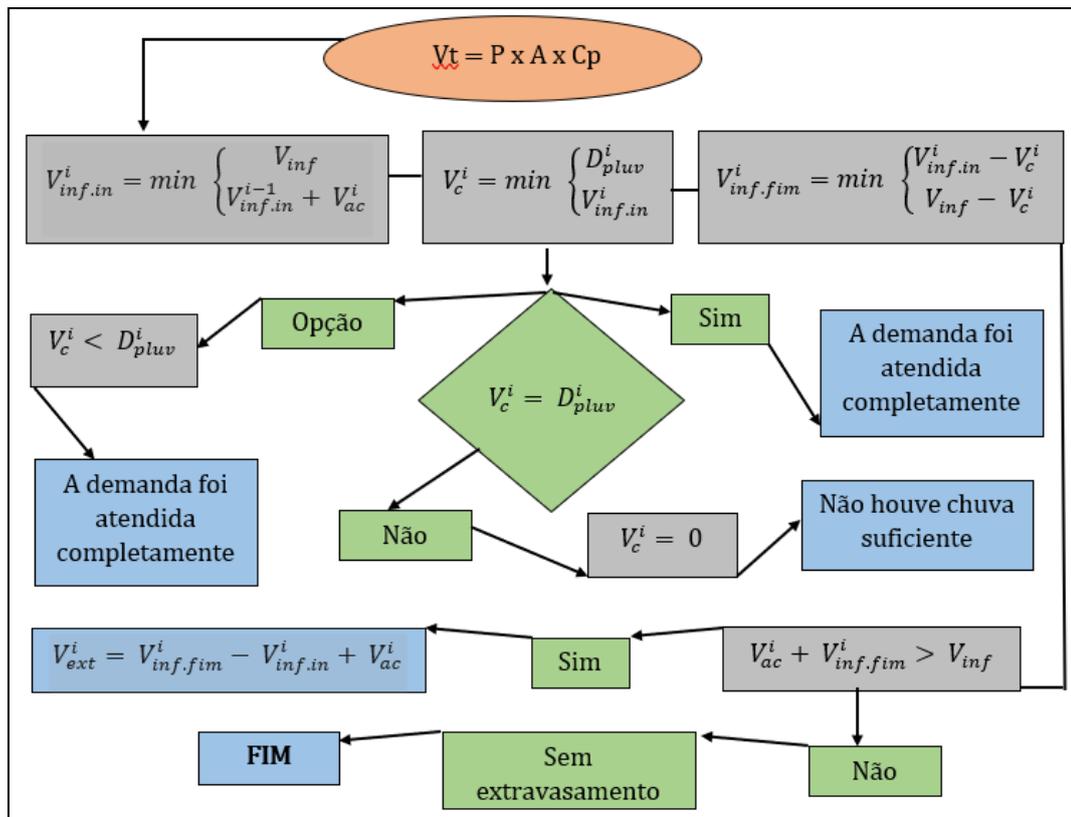
No que concerne a quantidade de moradores por residência, de acordo com o IBGE (2020), em média, nas casas brasileiras, se dispõe de um número médio de 3,3 pessoas por família, conforme aponta as últimas atualizações do órgão. Logo, foi adotado o valor de 4 pessoas por família nas residências dos conjuntos em estudo, no município de Igarassu-PE. Portando, conhecida a demanda per capita do ambiente por habitante e a quantidade de pessoas que o ocupam a mesma casa, foi possível estimar a demanda de água total em cada residência, multiplicando estes dois dados, com base na Equação 1.

$$\text{Demanda total de água} = \text{per capita} \times n^{\circ} \text{ de habitantes} \quad (1)$$

Nesse sentido, sabendo-se a demanda de água para as residências, analisou-se o potencial de redução do consumo de água das fontes de abastecimento fornecidas pela concessionária, que a captação de água pluvial proporcionaria, gerando economia de custos. Essa avaliação foi realizada com a utilização do *software* Netuno 4.0 (GHISI e TRÉS, 2004). O referido *software* consiste em um código computacional desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE/UFSC) por Ghisi e Trés (2004), tendo como finalidade, a estimativa do potencial de economia de água potável, em função da capacidade de armazenamento de água pluvial em um reservatório. Sendo que essa economia é dada por meio de um sistema de aproveitamento de água de chuva para usos não nobres, como descarga de vasos sanitários, limpeza de pisos, lavagens de carros, entre outros. A rotina de cálculo do Netuno 4.0 é apresentada na Figura 3.

Com isso, se determina o percentual de utilização da água pluvial com base na razão entre o percentual de economia de água potável por meio do aproveitamento da água pluvial (dependendo dos índices de precipitação e da área de contribuição de captação) e o percentual de demanda total de água que pode ser suprida por água pluvial. A depender dos índices de precipitação diários, o percentual de utilização de água pluvial sofre alterações. Deste modo, se obtém a porcentagem de água pluvial que pode ser utilizada para suprir parte da demanda de água da residência.

Figura 3 - Rotina de cálculo do software Netuno 4.0.



Fonte - Adaptado de Cardoso, 2018.

Em que:  $V_t$  é o volume de água pluvial captada no tempo  $t$  (L/dia);  $P$  é a precipitação pluviométrica diária (mm/dia = L/m<sup>2</sup> por dia);  $A$  é a área de captação em cada residência (m<sup>2</sup>);  $C_p$  é o coeficiente de aproveitamento;  $V_{inf.in}^i$  é o volume disponível no reservatório no início do dia (L);  $V_{inf}$  é o volume do reservatório (L);  $V_{inf.in}^{i-1}$  é o volume disponível no reservatório no final do dia anterior (L);  $V_{ac}^i$  é o volume de água que escoo pela superfície de captação em um dado dia  $i$  (L);  $V_{ci}^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$  (L);  $D_{pluv}^i$  é a demanda pluvial no dia  $i$  (L);  $V_{inf.in}^i$  é o volume disponível no reservatório no início do dia (L);  $V_{inf.fim}^i$  é o volume de água pluvial disponível no reservatório ao final do dia (L);  $V_{ci}^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$  (L);  $V_{inf}$  é o volume do reservatório (L);  $V_{ci}^i$  é o volume de água consumido no dia  $i$  (L);  $V_{ac}^i$  é o volume de água escoada pela superfície de captação em um dado dia  $i$  (L);  $V_{ext}^i$  é o volume extravasado (L);  $V_{ci}^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$  (L).

Segundo Ghisi e Cordova (2014), a metodologia do software tem como base o histórico comportamental já conhecido de determinados dados. Com isso, foram necessários inserir os seguintes parâmetros para cálculos do estudo: (i) Dados de precipitação diários para realizar as simulações; (ii) Área de cobertura; (iii) Descarte de escoamento inicial (água da chuva que “lava a cobertura” e é descartada); (iv) Demanda de água; (v) Número de habitantes da edificação; (vi) Coeficiente de escoamento superficial; (vii) Tarifa de água local; e (viii) Quantidade de água a ser substituída pela água pluvial.

Os dados referentes à precipitação diária foram obtidos por meio do Portal HidroWeb da Agência Nacional de Água (ANA, 2020), que consiste no sistema de monitoramento climatológico, hidrológico e meteorológico, dispondo os boletins com informações envolvendo a precipitação acumulada, temperaturas, entre outros. Para este estudo, foram obtidos os dados de precipitação diária entre 01 de janeiro de 2001 e 31 de dezembro de 2021, contando com 21 anos de análise das precipitações diárias para inserir como dado de entrada no software Netuno 4.0. Os dados de precipitação foram referentes à estação pluviométrica TRMM.6729 (9010584), localizada no município de Igarassu-PE, sob as coordenadas geográficas 7°45'0"S e 35°0'0"W, conforme disposto no portal da ANA. A Tabela 2 mostra a distância da estação adotada em relação aos conjuntos residenciais.

Tabela 2 - Informações da estação pluviométrica utilizada e distâncias até os Conjuntos Residenciais.

Município	Residencial	Estação pluviométrica adotada	Distância para o residencial (km)
Igarassu	Conjunto Habitacional Residencial Jardim Paraiso	TRMM.6729 (9010584) (ANA)	12,6
	Conjunto Residencial Caminho das Águas		13,1
	Conjunto Residencial Tropical		13,0

Fonte - ANA, 2020.

No que tange a utilização e o consumo de água potável e não potável, diversos autores como Gonçalves (2009) e Tomaz (2003), apontam que aproximadamente 40% do total de água consumida, é utilizada para finalidades não potáveis. Dessa forma, foi definida a utilização de 40% da água consumida nas residências em questão, para ser substituída pela água pluvial, em usos não nobres, como lavar a calçada, veículos, jardinagem, entre outros.

Em relação à tarifa de água e ao esgotamento sanitário no local, foi consultado o *site* da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), em seu último quadro tarifário, que é referente ao ano de 2022 (COMPESA, 2022). A partir dos valores, foram atribuídas as tarifas para consumo de água conforme mostra a Tabela 3 e, também considerada a tarifa do esgotamento sanitário de sistema convencional, que conforme tarifa da COMPESA, seu custo consiste em 100% da tarifa de água.

Tabela 3 - Estrutura tarifária para consumo de água.

Consumo	Valor (R\$)
Tarifa Social Até 10.000 litros/mês	9,44
Até 10.000 litros/mês	50,50
10.001 a 20.000 litros	5,79 por m <sup>3</sup>
20.001 a 30.000 litros	6,88 por m <sup>3</sup>
30.001 a 50.000 litros	9,48 por m <sup>3</sup>
50.001 a 90.000 litros	11,23 por m <sup>3</sup>
90.001 a 999999.000 litros	21,58 por m <sup>3</sup>

Fonte - COMPESA, 2022.

Desse modo, para o sistema convencional de esgotamento sanitário, a taxa da conta de esgoto, de acordo com o quadro tarifário, consiste em 100% do valor da conta de água. E quanto ao abastecimento de água, considera-se a tarifa comum dependendo do volume gasto mensalmente. Ademais, foram adotados volumes de reservatórios realistas para cálculo da viabilidade econômica, sendo 500 L e 1000 L, que podem ser instalados nas coberturas das residências, para uso nos fins não potáveis apontados.

As áreas de cobertura das residências foram calculadas utilizando os *softwares* de geoprocessamento *Google Earth Pro* e *QGIS*, os quais permitem medir áreas e polígonos via imagens de satélite. Com relação à natureza da área de cobertura das residências, foi considerado o coeficiente de escoamento superficial médio foi de 0,85, utilizado para telhas cerâmicas, conforme é apontado por diversos autores (TOMAZ, 2003; VAES e BERLAMONT, 2004). Em relação ao descarte do escoamento inicial para evitar o carreamento de materiais sólidos para o reservatório, em geral, utiliza-se pelo menos 2 mm do quantitativo de precipitação como água de descarte, para “lavar a cobertura”, conforme orienta a NBR 15.527:2007 (ABNT, 2007).

Dessa forma, de posse de todas as informações, como as precipitações diárias, áreas de coberturas das residências, demanda per capita de água, quantidade de habitante e tarifas de água, foi possível inserir estes dados de entrada no Netuno 4.0. Desse modo, foram realizadas as simulações para obter em porcentagem, o potencial de utilização da água potável, que pode ser armazenada e substituir parte do abastecimento de água potável, bem como a suposta economia gerada na conta de água. A Tabela 4 aponta o resumo de todos os dados de entrada utilizados no *software* Netuno 4.0.

Tabela 4 - Resumo dos dados de entrada para as simulações no *software* Netuno 4.0.

Residencial	Área de cobertura das casas (m <sup>2</sup> )	Quantidade média de moradores por casa (hab.)	Quantidade de água a ser substituída (%)	Descarte do esc. inicial (mm)	Coef. de esc.	Tarifas de água e esgoto	Dados de chuva
Conjunto Habitacional Residencial Jardim Paraiso	48					Água: até 10 m <sup>3</sup> por mês, R\$ 50,50; entre 10 e 20 m <sup>3</sup> , R\$ 5,79/ m <sup>3</sup> .	TRMM.
Conjunto Residencial Caminho das Águas	50	4	40	2	0,85		6729 (9010584)
Conjunto Residencial Tropical	45					Esgoto: 100% da tarifa de água.	(ANA)

Fonte - Os autores, 2023.

Em que: Descarte do esc. inicial – água precipitada descartada no escoamento inicial, para “lavar” a cobertura e impedir o carreamento de materiais sólidos para os reservatórios; Coef. de esc. – coeficiente de escoamento, que é definido como a razão entre o volume de água escoado pela superficial e o volume de água precipitado.

Por conseguinte, após obter os dados do potencial de utilização de água pluvial e sua redução no gasto de água, realizou-se um orçamento prévio com base no banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (CEF, 2022), com os sistemas adotados. Isso consiste em instalação de calha de até 15 m, na cobertura de cada domicílio para captação da água pluvial, juntamente com os acessórios, para armazenamento em dois possíveis sistemas residenciais individuais: em reservatório de 500 L e em reservatório 1000 L.

Diante desse orçamento prévio dos sistemas de aproveitamento e dos dados de potencial econômico, foi possível estimar o retorno financeiro do investimento. Assim, visando a implementação de um sistema individual para cada residência, obteve-se os resultados para os volumes de reservatórios adotados, possibilitando determinar em qual caso o retorno financeiro é mais vantajoso.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o levantamento realizado acerca da quantidade de habitantes por residência e considerando a referida demanda per capita, obteve-se a demanda total de água nos domicílios dos conjuntos residenciais em questão. Tendo sido adotado o valor de 150 L/dia/habitante, obteve-se 600 L/dia ou 0,6 m<sup>3</sup>/dia de demanda total diária para as referidas residências. Sendo assim, desta demanda total, 40% foi considerado que pode ser substituído por água pluvial, em razão de ser utilizada em fins não nobres. Com isso, por meio do *software* Netuno 4.0, realizou-se simulações para aproveitamento da água de chuva, envolvendo o armazenamento em reservatórios de 500 L e 1000 L. O sistema de aproveitamento de água pluvial atende parcialmente ou totalmente a parte da demanda de água que

pode ser utilizada para fins não potáveis (40% da demanda total). Em certos dias, dependendo da precipitação, o reservatório com água pluvial pode conter totalmente ou parcialmente os 40% da demanda de água que pode ser utilizada em fins não potáveis. Nesse sentido, em determinados meses, há dias em que o atendimento para suprir essa referida quantidade foi atingido completamente ou, ainda atingido parcialmente.

Assim, no que concerne a substituição de água das fontes de abastecimento, pela água pluvial para usos não nobres, a Tabela 5 revela o potencial de substituição com os reservatórios adotados para cada residência, de 500 L e 1000L, considerando uma demanda per capita de água de 150L/dia/habitante. A Tabela 6 indica o mesmo potencial, para uma demanda per capita de 100 L/dia/habitante. O percentual do potencial de atendimento, que mostra mensalmente a possibilidade de uso da água de chuva, a partir da captação e armazenamento nos reservatórios, varia de acordo com a incidência de chuva no município de Igarassu e da área de cobertura das residências para realização dessa captação. Os meses de março, abril e maio consistem nos períodos de maior potencial de aproveitamento. Em contrapartida, o mês de setembro possui o menor valor de potencial, em razão da baixa incidência de chuvas, sendo um período mensal de estiagem.

Para uma demanda de 150 L/dia/habitante, com a implementação de um reservatório de 500 L, foram obtidos os seguintes potenciais de utilização de água pluvial para o Residencial Jardim Paraíso, Residencial Caminho das Águas e Residencial Tropical, no mês de abril: 10,63%, 10,78% e 10,39%, respectivamente. Já para o mês de setembro que consiste no menor potencial obtido, para o reservatório de 500 L, nesses residenciais foram adquiridos os seguintes potenciais: 0,26%, 0,26%, 0,25%, na mesma ordem. Em relação ao reservatório de 1000 L, foram obtidos maiores potenciais de utilização de água pluvial em abril, visto a maior possibilidade de armazenamento, para o Residencial Jardim Paraíso, Residencial Caminho das Águas e Residencial Tropical, foram determinados os seguintes valores: 14,22%, 14,46% e 13,82%, respectivamente. Já para o mês de setembro, que se refere ao período de estiagem, no sistema com o reservatório de 1000 L, esses residenciais resultaram nos seguintes potenciais em ordem igual: 0,37%, 0,39%, 0,35%. Assim, os mesmos valores no período seco também foram obtidos aproximadamente para o sistema envolvendo o menor reservatório.

No que tange a média do potencial de aproveitamento de água pluvial para uma demanda de água de 100 L/dia/habitante, foram obtidos os seguintes valores para o reservatório de 500 L: 5,42%, 5,51% e 5,27%, para respectivamente o Residencial Jardim Paraíso, Residencial Caminho das Águas e Residencial Tropical. Já para o sistema que possui o reservatório de 1000 L, o potencial médio de aproveitamento na mesma ordem, consiste em: 7,01%, 7,15% e 6,79%.

Tabela 5 - Atendimento de água pluvial com os respectivos volumes de reservatórios considerando uma demanda per capita de água de 150 L/dia/habitante.

MÊS	RESIDENCIAL JARDIM PARAÍSO		RESIDENCIAL CAMINHO DAS ÁGUAS		RESIDENCIAL TROPICAL	
	Potencial Reservatório	Potencial Reservatório	Potencial Reservatório	Potencial Reservatório	Potencial Reservatório	Potencial Reservatório
	o 500 L (%)	o 1000 L (%)	o 500 L (%)	o 1000 L (%)	o 500 L (%)	o 1000 L (%)
Jan	7,07	8,46	7,21	8,66	6,86	8,14
Fev	8,83	11,52	8,95	11,68	8,64	11,26
Mar	10,30	13,33	10,46	13,54	10,04	13,00
Abr	10,63	14,22	10,78	14,46	10,39	13,82
Mai	9,96	13,04	10,13	13,32	9,68	12,58
Jun	9,46	12,67	9,62	12,92	9,20	12,28
Jul	4,19	5,43	4,27	5,55	4,06	5,25
Ago	0,38	0,38	0,39	0,39	0,35	0,35
set	0,26	0,37	0,26	0,39	0,25	0,35
out	0,53	0,54	0,55	0,57	0,51	0,51
nov	0,65	0,73	0,66	0,76	0,62	0,68
dez	2,77	3,42	2,82	3,50	2,68	3,28
<b>MÉDIA (%)</b>	<b>5,42</b>	<b>7,01</b>	<b>5,51</b>	<b>7,15</b>	<b>5,27</b>	<b>6,79</b>

Fonte - Os autores, 2023.

Para uma demanda de 100 L/dia/habitante, com a instalação de um reservatório de 500 L, foram adquiridos os seguintes potenciais de utilização de água pluvial para o Residencial Jardim Paraíso, Residencial Caminho das Águas e Residencial Tropical, no mês de abril: 14,43%, 14,60% e 14,16%, respectivamente. Para o mês de setembro, que consiste no menor potencial obtido, para o reservatório de 500 L, nesses residenciais foram adquiridos os seguintes potenciais: 0,39%, 0,39% e 0,37%, na mesma ordem. Em relação ao reservatório de 1000 L, também foram adquiridos maiores potenciais de utilização de água pluvial em abril, visto que o a possibilidade de armazenar mais água. Para o Residencial Jardim Paraíso, Residencial Caminho das Águas e Residencial Tropical, foram determinados os seguintes valores: 19,48%, 19,71%, 19,09%, respectivamente. Já para o mês de setembro, que se refere ao período de estiagem, no sistema com o reservatório de 1000 L, esses residenciais resultaram nos seguintes potenciais em ordem igual: 0,56%, 0,58%, 0,52%.

No que tange a média do potencial de aproveitamento de água pluvial para uma demanda de água de 100 L/dia/habitante, foram obtidos os seguintes valores para o reservatório de 500 L: 7,45%, 7,56% e 7,28%, para respectivamente o Residencial Jardim Paraíso, Residencial Caminho das Águas e Residencial Tropical. Já para o sistema que possui o reservatório de 1000 L, o potencial médio de aproveitamento na mesma ordem, consiste em: 9,67%, 9,84% e 9,40%.

Tabela 6 - Atendimento de água pluvial com os respectivos volumes de reservatórios considerando uma demanda per capita de água de 100 L/dia/habitante.

MÊS	RESIDENCIAL JARDIM PARAÍSO		RESIDENCIAL CAMINHO DAS ÁGUAS		RESIDENCIAL TROPICAL	
	Potencial Reservatório 500 L (%)	Potencial Reservatório 1000 L (%)	Potencial Reservatório 500 L (%)	Potencial Reservatório 1000 L (%)	Potencial Reservatório 500 L (%)	Potencial Reservatório 1000 L (%)
	Jan	9,67	11,87	9,85	12,16	9,38
Fev	11,86	15,41	12,02	15,63	11,60	15,08
Mar	13,63	17,61	13,79	17,84	13,39	17,27
Abr	14,43	19,48	14,60	19,71	14,16	19,09
Mai	13,83	18,17	14,02	18,50	13,55	17,68
Jun	13,40	17,87	13,61	18,21	13,09	17,36
Jul	6,01	7,85	6,12	8,04	5,83	7,56
Ago	0,57	0,64	0,59	0,67	0,53	0,61
set	0,39	0,56	0,39	0,58	0,37	0,52
out	0,80	0,82	0,82	0,85	0,76	0,77
nov	0,96	1,09	0,98	1,14	0,93	1,02
dez	3,90	4,62	3,97	4,73	3,78	4,43
<b>MÉDIA (%)</b>	<b>7,45</b>	<b>9,67</b>	<b>7,56</b>	<b>9,84</b>	<b>7,28</b>	<b>9,40</b>

Fonte - Os autores, 2023.

Dessa forma, o Residencial Caminho das Águas possui potenciais de aproveitamento levemente maiores do que os outros, em razão de possuir uma área de cobertura para captação maior, sendo de 50 m<sup>2</sup>. Essa área de captação para os Residenciais Jardim Paraíso e Tropical, são respectivamente: 48 m<sup>2</sup> e 45 m<sup>2</sup>. Considerando os índices pluviométricos iguais para os 3 residenciais em estudo, bem como a quantidade de habitantes por domicílio e a demanda de água, assim, já se esperava que o Residencial da Caminho das Águas, por possuir a maior área de captação, também teria como resultado, um maior potencial de aproveitamento.

A partir desse potencial de substituição de parte da demanda de água total, por água pluvial, pode ser possível alcançar certa economia para as residências em estudo. Logo, no que tange o potencial econômico em relação ao desconto na conta de água, este foi mostrado na Tabela 7 para o cenário de demanda per capita de 150 L/dia/habitante e, na Tabela 8 é revelado para o cenário de 100 L/dia/habitante. Pode-se visualizar que para os domicílios dos três conjuntos residenciais estudados, os meses de maior economia corresponderam de janeiro a junho, em que o município de Igarassu se encontra em período chuvoso. Portanto, tendo conhecimento de que neste período a região de Igarassu enfrenta os períodos de maiores índices pluviométricos, foi previsível obter nestes meses, resultados mais positivos para o potencial econômico para utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Nesse contexto, o destaque maior foi obtido no mês de março e abril, no qual para demanda de 150 L/dia/habitante, a possível economia na conta é pouco mais de R\$ 22,00 para o Residencial Jardim Paraíso, mais do que R\$ 22,00 para o Residencial Caminho das Águas e mais de R\$ 21,00 para o Residencial Tropical, sendo cerca de 12% de economia, descontados na conta de água, considerando a instalação de um reservatório de 500 L. Para o sistema que envolve a instalação de um reservatório de 1000 L, a economia máximo nos meses de março ou abril seria de aproximadamente R\$ 29,00 para o Residencial Jardim Paraíso, R\$ 30,00 para o Residencial Caminho das Águas e R\$ 28,00 para o Residencial Tropical, sendo cerca de 16% de economia, descontados na conta de água. Deste modo, no melhor mês a economia seria em torno de 12 a 16%, para os residenciais em estudo, dependendo do reservatório adotado.

Tabela 7 - Potencial de redução nos custos de água e esgoto para os residenciais estudados, considerando uma demanda per capita de 150 L/dia/habitante.

MÊS	RESIDENCIAL JARDIM PARAÍSO (R\$)		RESIDENCIAL CAMINHO DAS ÁGUAS (R\$)		RESIDENCIAL TROPICAL (R\$)	
	Reservatório 500 L	Reservatório 1000 L	Reservatório 500 L	Reservatório 1000 L	Reservatório 500 L	Reservatório 1000 L
jan	R\$ 15,23	R\$ 18,23	R\$ 15,52	R\$ 18,66	R\$ 14,77	R\$ 17,54
fev	R\$ 17,17	R\$ 22,41	R\$ 17,41	R\$ 22,73	R\$ 16,80	R\$ 21,91
mar	R\$ 22,19	R\$ 28,72	R\$ 22,52	R\$ 29,16	R\$ 21,62	R\$ 28,00
abr	R\$ 22,15	R\$ 29,64	R\$ 22,46	R\$ 30,13	R\$ 21,66	R\$ 28,81
mai	R\$ 21,44	R\$ 28,09	R\$ 21,81	R\$ 28,69	R\$ 20,85	R\$ 27,10
jun	R\$ 19,72	R\$ 26,42	R\$ 20,04	R\$ 26,92	R\$ 19,17	R\$ 25,60
jul	R\$ 9,03	R\$ 11,70	R\$ 9,20	R\$ 11,95	R\$ 8,74	R\$ 11,30
ago	R\$ 0,81	R\$ 0,81	R\$ 0,85	R\$ 0,85	R\$ 0,76	R\$ 0,76
set	R\$ 0,54	R\$ 0,77	R\$ 0,55	R\$ 0,81	R\$ 0,52	R\$ 0,73
out	R\$ 1,14	R\$ 1,17	R\$ 1,18	R\$ 1,22	R\$ 1,09	R\$ 1,10
nov	R\$ 1,35	R\$ 1,51	R\$ 1,38	R\$ 1,57	R\$ 1,30	R\$ 1,42
dez	R\$ 5,96	R\$ 7,36	R\$ 6,08	R\$ 7,54	R\$ 5,78	R\$ 7,08
<b>Total no ano (R\$)</b>	<b>R\$ 136,73</b>	<b>R\$ 176,83</b>	<b>R\$ 139,00</b>	<b>R\$ 180,23</b>	<b>R\$ 133,06</b>	<b>R\$ 171,35</b>

Fonte - Os autores, 2023.

Em relação a demanda per capita de 100 L/dia/habitante (Tabela 8), para os meses março, abril e maio, a possível economia na conta é aproximadamente R\$ 20,00 para o Residencial Jardim Paraíso, mais do que R\$ 20,00 para o Residencial Caminho das Águas e mais de R\$ 19,00 para o Residencial Tropical, sendo cerca de 16% de economia, descontados na conta de água, considerando a instalação de um reservatório de 500 L. Para o sistema que envolve a instalação de um reservatório de 1000 L, a economia máximo nos meses de março, abril e maio, seria de aproximadamente R\$ 25,00 para o Residencial Jardim Paraíso, R\$ 25,00 para o Residencial Caminho das Águas e R\$ 26,00 para o Residencial Tropical, sendo cerca de 20% de economia, descontados na conta de água. Deste modo, no melhor mês a economia seria em torno de 16 a 20%, para os residenciais em estudo, dependendo do reservatório adotado.

Em contrapartida, o cenário menos viável financeiramente, foi apontado para os meses de agosto a novembro, no qual se tem os piores índices pluviométricos, em que a economia, considerando a instalação de um sistema com reservatório de 500 L ou 100 L foi menor do que de R\$ 2,00 para todos os conjuntos residenciais em estudo, sendo uma economia de cerca de 1%, tanto para a demanda per capita de 150 L/dia/habitante, quanto para 100 L/dia/habitante. Portanto, a economia nestes períodos de estiagem, seria menor do que 1%, independente do reservatório selecionado para instalação e da referida demanda per capita.

Tabela 8 - Potencial de redução nos custos de água e esgoto para os residenciais estudados, considerando uma demanda per capita de 100 L/dia/habitante.

MÊS	RESIDENCIAL JARDIM PARAÍSO (R\$)		RESIDENCIAL CAMINHO DAS ÁGUAS (R\$)		RESIDENCIAL TROPICAL (R\$)	
	Reservatório 500 L	Reservatório 1000 L	Reservatório 500 L	Reservatório 1000 L	Reservatório 500 L	Reservatório 1000 L
jan	R\$ 13,89	R\$ 17,05	R\$ 14,15	R\$ 17,46	R\$ 13,47	R\$ 16,41
fev	R\$ 13,90	R\$ 13,90	R\$ 13,90	R\$ 13,90	R\$ 13,90	R\$ 13,90
mar	R\$ 19,57	R\$ 25,90	R\$ 19,80	R\$ 25,62	R\$ 19,22	R\$ 24,79
abr	R\$ 20,06	R\$ 23,16	R\$ 20,28	R\$ 23,16	R\$ 19,67	R\$ 23,16
mai	R\$ 19,86	R\$ 26,09	R\$ 20,14	R\$ 26,56	R\$ 19,45	R\$ 25,39
jun	R\$ 18,63	R\$ 23,16	R\$ 18,91	R\$ 23,16	R\$ 18,18	R\$ 23,16
jul	R\$ 8,63	R\$ 11,27	R\$ 8,79	R\$ 11,54	R\$ 8,37	R\$ 10,85
ago	R\$ 0,81	R\$ 0,92	R\$ 0,85	R\$ 0,96	R\$ 0,76	R\$ 0,87
set	R\$ 0,54	R\$ 0,77	R\$ 0,55	R\$ 0,81	R\$ 0,52	R\$ 0,73
out	R\$ 1,14	R\$ 1,17	R\$ 1,18	R\$ 1,21	R\$ 1,09	R\$ 1,10
nov	R\$ 1,33	R\$ 1,51	R\$ 1,36	R\$ 1,58	R\$ 1,29	R\$ 1,42
dez	R\$ 5,60	R\$ 6,63	R\$ 5,70	R\$ 6,80	R\$ 5,43	R\$ 6,36
<b>Total no ano (R\$)</b>	<b>R\$ 123,96</b>	<b>R\$ 151,53</b>	<b>R\$ 125,61</b>	<b>R\$ 152,76</b>	<b>R\$ 121,35</b>	<b>R\$ 148,14</b>

Fonte - Os autores, 2023.

Quanto ao total anual que pode ser economizado na conta de água, para demanda de 150 L/dia/habitante, no Residencial Jardim Paraíso pode ser economizado R\$ 136,73 no Residencial Caminho das Águas que consiste no maior potencial, pode ser economizado R\$ 139,00 e, no Residencial Tropical cerca de R\$ 133,06 por ano, com um reservatório de 500 L. Na mesma ordem, para o sistema com reservatório de 1000 L a economia anual seria: R\$ 176,83, R\$ 180,23 e R\$ 171,35. Assim, a economia anual final seria quase 7% no abatimento da conta de água com reservatório de 1000 L e, em torno de 5% no reservatório de 500 L.

Em contrapartida, sobre o total anual que pode ser economizado na conta de água, para demanda de 100 L/dia/habitante, no Residencial Jardim Paraíso pode ser economizado R\$ 123,96 no Residencial Caminho das Águas que consiste no maior potencial, pode ser economizado R\$ 125,61 e, no Residencial Tropical cerca de R\$ 121,35 por ano, com um reservatório de 500 L. Na mesma ordem, para o sistema com reservatório de 1000 L a economia anual seria: R\$ 151,53, R\$ 152,76 e R\$ 148,14. Neste caso, a economia anual final seria aproximadamente 10% no abatimento da conta de água com reservatório de 1000 L e, em torno de 8% no reservatório de 500 L.

Em relação ao orçamento prévio, realizado a partir do banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (CEF, 2022), na Tabela 9 estão dispostos os custos unitários dos reservatórios para armazenamento das águas, bem como o custo da calha para instalação, tubos e conectores para instalação nas coberturas. Salienta-se que foi considerado uma calha de 15 m, para ser possível o uso nas coberturas do residenciais em estudo, que possuem 45, 48 e 50 m<sup>2</sup> de área. Assim, obteve-se um custo total de R\$ 909,81 para o sistema com reservatório de 500 L e, um custo de R\$ 1.135,41 para o sistema com reservatório de 1000 L.

Tabela 9 - Orçamento dos sistemas, considerando os reservatórios e a calha.

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
100434	Calha de beiral, semicircular de PVC, diâmetro 125 mm e comprimento de 3 m, incluindo acessórios.	UM	5	70,10	350,50
102622	Caixa d'água em polietileno, 500 litros, incluindo acessórios hidráulicos (cotovelos, válvulas, curvas), fornecimento e instalação.	UM	1	559,31	559,31
102623	Caixa d'água em polietileno, 1000 litros, incluindo acessórios hidráulicos (cotovelos, válvulas, curvas), fornecimento e instalação.	UM	1	784,91	784,91
<b>Total Sistema 1, com reservatório de 500 L (R\$)</b>					<b>909,81</b>
<b>Total Sistema 2, com reservatório de 1000 L (R\$)</b>					<b>1.135,41</b>

Fonte - CEF, 2022. Elaboração: Os autores, 2023.

Em que: Código - consiste na identificação do material ou serviço no SINAPI; Preço unit. – consiste no preço de uma unidade do produto ou serviço no SINAPI.

A partir do valor final do projeto, bem como o valor anual que pode ser economizado em cada residência com a instalação do mesmo, foi elaborada as Tabelas 10 e 11, que demonstram o retorno financeiro em anos, considerando as demandas per capita de 150 L e 100 L por habitante ao dia, respectivamente. Com isso, são apresentados os tempos em que as residências de cada conjunto habitacional podem levar para suprir os custos de despesas e obras do referido sistema de aproveitamento de água pluvial, adotando os reservatórios em questão.

Tabela 10 - Retorno financeiro em anos para as residências de cada conjunto, considerando a demanda per capita de 150 L/dia/habitante.

	<b>Economia anual com Res. 500 L (R\$)</b>	<b>Economia anual com Res. 1000 L (R\$)</b>	<b>Retorno econômico em anos do sistema 1 (Res. 500 L)</b>	<b>Retorno econômico em anos do sistema 2 (Res. 1000 L)</b>
Residencial Jardim Paraíso	R\$136,73	R\$176,83	6,65	6,42
Residencial Caminho das Águas	R\$139,00	R\$180,23	6,55	6,30
Residencial Tropical	R\$133,06	R\$171,35	6,84	6,63
<b>Custo sistema 1 (Res. 500 L)</b>		<b>R\$909,81</b>		
<b>Custo sistema 2 (Res. 1000 L)</b>		<b>R\$1.135,41</b>		

Fonte - Os autores, 2023.

Em que: Res. – reservatório.

Tabela 11 - Retorno financeiro em anos para as residências de cada conjunto, considerando a demanda per capita de 100 L/dia/habitante.

	<b>Economia anual com Res. 500 L (R\$)</b>	<b>Economia anual com Res. 1000 L (R\$)</b>	<b>Retorno econômico em anos do sistema 1 (Res. 500 L)</b>	<b>Retorno econômico em anos do sistema 2 (Res. 1000 L)</b>
Residencial Jardim Paraíso	R\$123,96	R\$151,53	7,34	7,49
Residencial Caminho das Águas	R\$125,61	R\$152,76	7,24	7,43
Residencial Tropical	R\$121,35	R\$148,14	7,50	7,66
<b>Custo sistema 1 (Res. 500 L)</b>		<b>R\$909,81</b>		
<b>Custo sistema 2 (Res. 1000 L)</b>		<b>R\$1.135,41</b>		

Fonte - Os autores, 2023.

Em que: Res. – reservatório.

Esse retorno financeiro obtido, considerando a economia e os custos de instalação, será alcançado em um determinado prazo médio. Para a demanda de água de 150 L/dia/habitante, em relação ao sistema com o reservatório de 500 L, para o Residencial Jardim Paraíso, poderá levar cerca de 6,65 anos o retorno financeiro; no Residencial Caminho das Águas que consiste no retorno em menor tempo, poderá levar 6,55 anos; e, no Residencial Tropical, que consiste no resultado de maior tempo, poderá levar mais de 6,84 anos. No que concerne o sistema com reservatório de 1000 L, o retorno financeiro ocorrerá em menor tempo, em ambos residenciais. Para o Residencial Jardim Paraíso, o retorno econômico será alcançado em 6,42 anos; para o Residencial Caminho das Águas em cerca de 6,30 anos; e, no Residencial Tropical em mais de 6,63 anos. Esse fato evidencia que a adoção do reservatório de maior volume, neste caso, seria mais viável sob o ponto de vista financeiro.

Em relação ao retorno financeiro obtido para a demanda per capita de 100 L/dia/habitante, este será um pouco maior, sendo alcançada quase um ano após a outra demanda per capita analisada. No que consiste o sistema com o reservatório de 500 L, para o Residencial Jardim Paraíso, poderá levar cerca de 7,34 anos o retorno financeiro; no Residencial Caminho das Águas que consiste no retorno em menor tempo, poderá levar 7,24 anos; e, no Residencial Tropical, que consiste no resultado de maior tempo, poderá levar mais de 7,50 anos. Em relação ao sistema com reservatório de 1000 L, o retorno financeiro ocorrerá em um período levemente maior, em todos os conjuntos residenciais. Para o Residencial Jardim Paraíso, o retorno econômico será alcançado em 7,49 anos; para o Residencial Caminho das Águas em cerca de 7,43 anos; e, no Residencial Tropical em mais de 7,66 anos.

Esses potenciais econômicos, considerando os diferentes cenários, evidenciam que a adoção do reservatório de menor volume para uma demanda per capita mais baixa, como 100 L/dia/habitante, seria mais viável sob o ponto de vista financeiro. Em contrapartida, caso aumente a demanda de água, como para 150 L/dia/habitante, seria mais viável economicamente, a instalação do reservatório maior. Portanto, é possível visualizar, a demanda de água influencia na escolha do reservatório que financeiramente tem melhor viabilidade.

Nesta conjuntura, os valores obtidos apontam um tempo de retorno financeiro pertinente para a compensação dos custos e despesas do sistema proposto. Assim, a viabilidade financeira é revelada com um retorno em médio prazo, podendo haver outros incentivos do governo para implementação do sistema, como descontos na conta de energia ou com determinados impostos residenciais para casas do PMCMV. Sendo assim, pode ser interessante a implementação do sistema de aproveitamento via programas governamentais, com possível incentivo para minimização do uso de água das fontes de abastecimento. Esse incentivo pode incluir descontos no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para residências. Em vista disso, pode-se tornar mais viável economicamente a utilização do aproveitamento de água pluvial, no município de Igarassu.

Em razão da importância ambiental que está atrelada à implementação do sistema, os incentivos econômicos podem ser relevantes para maior popularização do mesmo, em residências do PMCMV, ou outros programas sociais governamentais, de cunho habitacional. O uso de água de chuva também possui o viés de reduzir os efeitos de pico de escoamento superficial para os sistemas de drenagem urbana, o que são questões ambientais que ocasionam impactos significativos, que levam a grandes prejuízos socioambientais.

No que se refere ao retorno econômico, Athayde Júnior, Dias e Gadelha (2008), em estudo na cidade de João Pessoa, apontam que, para casas populares, o retorno pode ser atingido em cerca de 8,17 a 10,19 anos. Nesse caso, entre os cenários simulados para uma residência de padrão popular, foi considerado uma população de 4 habitantes por domicílio, consumo per capita de 130,0 L/hab/dia e área de cobertura para captação de água pluvial de 60 m<sup>2</sup>, dados similares aos simulados para Igarassu. Entretanto, foram utilizados mais de 80% de potencial para substituição da água de abastecimento, por água pluvial.

Com isso, para as casas populares de João Pessoa, a implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial, se revelou similar economicamente aos resultados simulados para os residenciais de Igarassu. Esse fato ocorre mesmo adotando uma demanda de substituição para fins não potáveis, bem maior, mais de 80%, além de um conjunto de reservatórios mais robusto, dispondo de conjunto motor-bomba, que torna mais oneroso o processo. A compensação para esses residenciais de João Pessoa ocorre em detrimento do grande valor utilizado para substituir a água potável, tornando bastante vantajoso a implementação do sistema, mesmo sendo mais robusto e caro. Deste modo, aumentando a possível demanda de substituição de água de abastecimento, por água pluvial, os potenciais de utilização para as residências de Igarassu, podem ser ainda melhores, com o possível retorno financeiro mais curto. Haja vista também que o sistema projetado é pouco oneroso, tendo o objetivo de armazenamento em reservatórios nas coberturas das residências.

Em sistemas de aproveitamento instalados no Reino Unido, Ward, Memon e Butler (2012), analisaram o desempenho de edificação com atividade comercial no país. Nesse contexto, foi obtida uma eficiência de 87%, com um período de retorno de 11 anos a partir da implementação do referido sistema, apenas em uso em banheiros, considerando uma área de captação grande de 1.500 m<sup>2</sup>, e taxa de ocupação de 20 pessoas. Entretanto, os reservatórios raramente ficariam em condição totalmente ocupado por água de chuva, adotando reservatório mais reduzidos, o período de retorno econômico seria aproximadamente de 6 anos, levando em conta a mesma eficiência. Diante disso, a viabilidade econômica, também pode ser alcançada, para edificações comerciais.

Em relação à viabilidade em residência unifamiliar no Brasil, Fonseca, Ribeiro Júnior e Faria (2017), em estudo no estado de Minas Gerais, verificaram que a prática do aproveitamento de água pluvial pode apresentar viabilidade econômica dependendo do número de pessoas residentes na casa, juntamente com a área de captação da cobertura da residência. Dependendo dessa quantidade de habitantes na casa em questão, o consumo de água não é elevado e, conseqüentemente, não se tem a viabilidade econômica para nenhum tamanho de cobertura de captação. Em situações de viabilidade, onde há consistência para coleta e utilização de água pluvial, toda a água captada no aproveitamento, pode ser utilizada nas atividades não nobres, que possivelmente são realizadas diariamente nas residências. Todas estas finalidades consistem em usos não potáveis, que contribuem para um melhor equilíbrio dos cursos hídricos, visto a redução da utilização da rede de abastecimento pública da cidade.

A aplicação do sistema de aproveitamento de água de chuva, no âmbito de programas de habitação social, configura alternativa eficaz na redução de consumo de água potável, juntamente com a destinação da água reservada para utilização em fins menos nobres, como por exemplo: (i) lavagens de calçadas, (ii) descargas, (iii) lavagem de pisos e (iv) jardinagem. Em geral, esses usos são comuns nas residências, correspondendo a atividades ideais para utilização da água proveniente do reservatório pluvial.

Uma dessas utilizações da água pluvial, que consiste na lavagem de pisos, seria ideal para residenciais, em razão da existência de calçadas externas nos arredores das casas. Neste caso, há 95 casas entregues no Residencial Jardim Paraíso, 206 no Residencial Caminho das Águas e 302 no Residencial Tropical. Logo, percebe-se que é adequado e há potencial para destinar a água pluvial para esse fim. Ademais, o uso em descargas de sanitários, também pode ser bastante viável, sendo que em cada domicílio, há pelo menos um banheiro.

Com o sistema em questão, as fontes de abastecimento de água podem ser menos requisitadas, pois a demanda total de água pode ser, em parte, substituída pela água armazenada no reservatório de água pluvial. Com isso, se proporciona um relativo desafogamento do abastecimento advindo da rede de distribuição da companhia de abastecimento de água, no local de estudo. Em estudo realizado por Silva, Lima e Ribeiro (2021), se constatou que a captação de águas pluviais em diversas cidades da Paraíba também é viável para redução da demanda de água potável em residências, dependendo da demanda per capita e da quantidade de moradores. Esse cenário também foi favorável conforme Pizzo et al. (2021), para o município de Juiz de Fora, onde o sistema de aproveitamento de água mostra-se eficaz em atividades que não necessitam de controle de alta qualidade, como os usos potáveis que necessitam de atendimento aos padrões de potabilidade.

Nesta perspectiva, a utilização da água pluvial no contexto residencial, mostra-se pertinente como alternativa para minimização das problemáticas de abastecimento de água potável e como medida que auxilia na conservação de mananciais e recursos hídricos, em grande parte do território nacional. O emprego de dispositivos de captação de água de chuva, atrelados ao destino de usos não potáveis, comprovam ser tecnologias favoráveis ao gerenciamento de recursos hídricos, contribuindo para o uso responsável e consciente da água.

Somado a isso, no que também se refere à economia, percebe-se que pode haver determinado potencial para reduzir os gastos da conta de água em residências, como no município de Igarassu, em médio prazo. Caso haja incentivos para implementação e construção do sistema, o potencial econômico pode ser maior, visto que os custos possivelmente são recompensados em menor tempo. Portanto, para suprir demandas não potáveis com a utilização de captação de água pluvial, a otimização do sistema em unidades populares, pode aumentar o potencial econômico e a viabilidade técnica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível apontar que o sistema de aproveitamento de água de chuva para o Minha Casa Minha Vida ou programas de habitação social similares, em Igarassu - PE, consiste em uma tecnologia ambientalmente viável, na qual, com a instalação desse sistema ambientalmente adequado, se possibilita o armazenamento de uma quantidade considerável de água. Para o estudo de caso em questão, o retorno financeiro pode ser alcançado em torno de 6 ou 7 anos, para reservatórios de 1000 L ou 500 L, dependendo da demanda per capita de água, provando ser pertinente o uso de água pluvial, em um sistema que promova um retorno financeiro de médio prazo.

Com isso, compreende-se que a demanda de água per capita dos habitantes possui influência na escolha do tamanho de reservatório a ser instalado, com uma demanda mais baixa, é interessante um reservatório de armazenamento menor, já com uma demanda maior, é mais viável financeiramente um reservatório maior.

Nesse contexto, também deve-se ressaltar que o sistema de aproveitamento de água pluvial dimensionado e simulado para os residenciais do Minha Casa Minha Vida e projetos correlacionados, sendo útil para outras localidades. Nesta perspectiva, o projeto pode ser replicado principalmente para edificações onde há um modelo de construção a ser seguido, como ocorre em condomínios residenciais. Ademais, há a possibilidade de construção de reservatórios maiores para atendimento de várias residências em conjunto, o que provavelmente seria economicamente mais viável.

No que concerne a viabilidade econômica, é factível um abatimento de até R\$ 25,00 nas contas de água em determinados meses, dependendo da demanda de água utilizada e, com isso o retorno financeiro dos custos de instalação do projeto seriam alcançados em um período médio, sendo aproximadamente os referidos 6 ou 7 anos. Neste sentido, ao longo dos anos, essa economia torna-se mais expressiva para os usuários, caso ocorra a implementação com tecnologias de baixo custo e com mais incentivos, como descontos em conta de energia e em impostos. Tendo em vista os projetos de habitação social, cuja logística é similar aos do Minha Casa Minha Vida, que estão localizados em Pernambuco, esse sistema também se apresenta como uma tecnologia viável para outros projetos de residências populares. Alguns órgãos públicos já possuem projetos envolvendo a utilização de água pluvial, tornando o sistema uma técnica bastante promissora para as gerações futuras.

Dessa forma, a captação de água de chuva consiste em uma técnica que promove uma economia financeira para uma série de famílias, desde que a implementação do sistema promova um retorno viável, para assim, haver vantagens sociais, ambientais e econômicas. Portanto, considerando a possível vulnerabilidade socioeconômica de diversos núcleos familiares, tecnologias como captação de água pluvial tornam-se essenciais para o alcance da sustentabilidade.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Pós-Graduação.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527**. Água da Chuva- Aproveitamento de Cobertura em Áreas Urbanas para Fins não Potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; GATHENYA, J. M. Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: A Review of the Global Situation with a Special Focus on Australia and Kenya. **Water**, 2016, 8(4), pp. 149. <https://doi.org/10.3390/w8040149>
- ANA - Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas**. 2020. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2020.
- ANTUNES, L. N.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Permeable pavements life cycle assessment: A literature review. **Water**, 2016, v. 10 (11), p. 1575. <https://doi.org/10.3390/w10111575>
- APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: maio 2023.
- ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Viabilidade Econômica e Aceitação Social do Aproveitamento de Águas Pluviais em Residências na Cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 2008, v. 8, n. 2, p. 85-98.
- BETTS, R. A.; ALFIERI, L.; BRADSHAW, C.; CAESAR, J.; FEYEN, L.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GOHAR, L.; KOUTROULIS, A.; LEWIS, K.; MORFOPOULOS, C. Changes in climate extremes, fresh water availability and vulnerability to food insecurity projected at 1.5°C and 2°C global warming with a higher-resolution global climate model. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, 2018, 376(2119):20160452. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0452>

BRASIL. **Lei nº 9.433/1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acesso: 01 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.977/2009**. Dispõe sobre o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV. 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm). Acesso em: 13 mai. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.501/2017**. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433/1997, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm). Acesso em: 27 mai. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.118/2021**. Institui o Programa Casa Verde e Amarela. 2021. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/Lei/L14118.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Lei/L14118.htm). Acesso: 01 jul. 2022.

CAGECE - COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DO CEARÁ. **Normas Técnicas para Projeto de Sistema de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário**. Fortaleza, 2010. v.2. 584 p.

CARDOSO, R. N. C. **Viabilidade econômica de sistemas de captação de água da chuva para fins não potáveis em dois prédios da Universidade Federal do Pará**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, Pará. 2018.

CARVALHO, J. R. S.; LUZ, J.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S. A PVC-pipe device as a sanitary barrier for improving rainwater quality for drinking purposes in the Brazilian semiarid region. **Journal of Water and Health**, 2018, v. 16, p. 391–402. <https://doi.org/10.2166/wh.2018.208>.

CASTRO, J. E.; SILVA, J. I. A. O.; CUNHA, L. H. Os desafios da “cidadania” hídrica na América Latina: conflitos, estado e democracia. **Prim@ Facie**, 2017. 16(32), 01-39. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1678-2593.2017v16n32.34247>

CEF - Caixa Econômica Federal. **Empreendimentos contratados Minha Casa Minha Vida Faixa 1**. Governo Federal. 2014. Disponível em: [http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/minha-casa-minha-vida/Paginas/default.aspx/saiba\\_mais.asp](http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/minha-casa-minha-vida/Paginas/default.aspx/saiba_mais.asp). Acesso em: 16 mai. 2020.

CEF - Caixa Econômica Federal. **SINAPI: Custos de composição Analítico**. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, Referencial Desonerado 2020. 2022. Ministério da Fazenda. Brasília, DF.

COELHO, R. S. A. **Instalações Hidráulicas Domiciliares**. São Paulo: Hemus, 1986.

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. **Estrutura Tarifária**. 2022. Disponível em: <https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>. Companhia Pernambucana de Saneamento, Governo de Pernambuco. Acesso em: 11 mai. 2022.

CONDEPE/FIDEM - Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Perfil Municipal de Igarassu**. V. 52, p. 1–8, Recife: 2008.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Igarassu, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005, 11p.

DALARMI, O. Utilização futura dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Curitiba. **Sanare**, Curitiba, 1995, v.4 n.4, p.31-43.

DUQUE-SARANGO, P.; CAJAMARCA-RIVADENEIRA, R.; WEMPLE, B. C.; DELGADO-FERNÁNDEZ, M. E. Estimación del Balance Hídrico de Una Cuenca Andina Tropical. **La Granja**, 2019, v. 29, n. 1, p. 56-69. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.05>

FONSECA, T. D. S.; RIBEIRO JÚNIOR, L. U.; FARIA, J. P. R. Estudo da viabilidade econômica o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residências em Itajubá– Minas Gerais. **Revista Científica da FEPI**, 2017: 9 – 18 ISSN Eletrônico: 2175-4020, 2017.

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Netuno – Aproveitamento de águas pluviais no setor residencial**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis, 2004. Disponível em: [www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br). Acesso em: 15 mai. 2022.

- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- GOHN, M. G. Teorias Sobre a Participação Social: desafios para a compreensão das desigualdades sociais. **Caderno CRH**, Salvador, 2019, v. 32, n. 85, p. 63-81. <https://doi.org/10.9771/ccrh.v32i85.27655>
- GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006, v. 1, 352p.
- GONÇALVES, R. F. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009, v. 1, 290 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares: número de famílias e tamanho médio**. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/759>. Acesso em: 12 mai. 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Igarassu**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/igarassu/panorama>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- MARINOSKI, A. K.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. **Journal of Environmental Management**, v.206, p.28-39, 2018.
- MELO, V. O.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias**. São Paulo: Edgar Blücher, 1988. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.004>
- MELO, M. C.; PEREIRA SANTOS, A. S.; PINHEIRO SANTOS, N. A.; MAGALHÃES DE ARAÚJO, B., ROSA SILVA DE OLIVEIRA, J.; RIBEIRO CAMPOS, A. Evaluation of potential use of domestic treated effluents for irrigation in areas subject to conflicts over water use in Paracatu river basin. **Caminhos De Geografia**, 21(75), p. 52–63, 2020. <https://doi.org/10.14393/RCG217550442>
- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D.; GASTALDINI, M. C. C.; IRION, C. A. O.; DIAS, J. R.; COSTA, L. C. M. Quantificação da demanda de água na bacia do rio Ibicuí – RS. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 5, n. 3, Jul/Set 2000, 93-111p. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n3.p93-111>
- PIZZO, H. S.; FERRARI, J. G.; MAURICIO, L. S.; ARBEX, T. B. O. Aproveitamento de água pluvial: captação e utilização para fins não potáveis em uma residência de alto padrão na cidade de Juiz de Fora – MG. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação - REASE**, São Paulo, v.7, n.6, 2021. ISSN - 2675–3375. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i6.1428>
- RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2017.
- SANTOS, A. E.; CESAR, M. P. F. G.; BONADIO, S. L. Estudo de bacias hidrográficas urbanas como ferramenta para o planejamento territorial sustentável. In: GIOMETTI, A. B. R.; DAVID, C. M. **Um descortinar sobre o patrimônio e desenvolvimento sustentável, no século XXI – Volume I**. Curitiba: CRV, 2016.
- SANTOS, C. Utilização da água da chuva para uso não potável: um estudo de caso aplicado em uma residência unifamiliar em Maringá-PR. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, 2019, 19ª edição, p. 1-20. ISSN 2358-5420.
- SILVA, A. E. A. **Produção do espaço urbano pelo programa Minha Casa Minha Vida (faixa 1) na Região Metropolitana de Recife-PE**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano. Recife, 2016.
- SILVA, M. B. M.; LIMA, D. F.; RIBEIRO, M. M. R. Governança de água e planejamento urbano: aproveitamento de água de chuva para construção de cidades mais resilientes. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 18, e18, 2021. <https://doi.org/10.21168/rega.v18e18>
- SILVA, S. T. B.; ARAÚJO, L. F.; SILVA, T. T. S.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S. Influência da deposição seca e da modificação em dispositivo de desvio automático sobre a qualidade da água de chuva. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2022, v.27, n. 2, p. 385-393. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200227>
- TASCA, F. A.; GOERL, R. F.; MICHEL, G. P.; LEITE, N. K.; SÉRGIO, D. Z.; BELIZÁRIO, S.; CAPRARIO, J.; FINOTTI, A. R. Application of Systems Thinking to the assessment of an institutional development

project of river restoration at a campus university in Southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, n.27, p.14299–14317, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06693-8>

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências: Um estudo atualizado sobre o uso racional da água**. São Paulo: Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2001.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

VAES, G.; BERLAMONT, J. The impact of rainwater reuse on combined sewer overflow (CSO) emissions. **Water Science and Technology**, 1999, v.39, n.5, p. 57-64. <https://doi.org/10.2166/wst.1999.0222>

VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas: o estudo de caso da cidade do Samba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

WARD, S.; MEMON, F. A.; BUTLER, D. Performance of a large building rainwater harvesting system. **Water Research**, 2012, v. 46, n. 16, p. 5127–5134. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.06.043>

YAZBEK, M. C. Pobreza no Brasil contemporâneo e formas de seu enfrentamento. **Serviço Social e Sociedade**, São Paulo, 2012, n. 110, p. 288-322. <https://doi.org/10.1590/S0101-66282012000200005>

ZANELLA, L. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva (livro eletrônico)**. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo: Coleção IPT Publicações, 2015.

---

Recebido em: 14/10/2022

Aceito para publicação em: 21/06/2023