



# **Estudo de viabilidade para uso da água pluvial para fins potáveis em casas populares do agreste pernambucano**

*Feasibility study for the use of rainwater for drinking purposes in popular houses in the rural area of Pernambuco*

*Estudio de factibilidad para el uso de agua de lluvia para beber en casas populares en la región rural de Pernambuco*

GODOY, Mariana Gonçalves de <sup>1</sup>

SILVA, Danylo Wesley Macena <sup>2</sup>

CÂMARA, Isabelle <sup>3</sup>

GAVAZZA, Sávia <sup>4</sup>

LIMA, Júlio Cesar Azevedo Luz de<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Departamento de Engenharia Civil (DECivil). Recife, PE, Brasil.  
marigoodoy@hotmail.com  
ORCID: 0009-0002-1335-8776

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Departamento de Engenharia Civil (DECivil). Recife, PE, Brasil.  
danylowesley12@gmail.com  
ORCID: 0009-0000-8038-198X

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Recife, PE, Brasil.  
isabelle.camara@ufpe.br  
ORCID: 0000-0002-1976-6132

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Departamento de Engenharia Civil (DECivil). Recife, PE, Brasil.  
savia@ufpe.br  
ORCID: 0000-0002-4433-7735

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Recife, PE, Brasil.  
julio.luz@ufpe.br  
ORCID: 0009-0009-4930-6514

Recebido em 10/03/2023 Aceito em 08/09/2023



## Resumo

No contexto da crise hídrica mundial, a vulnerabilidade crescente afeta milhões de pessoas. O Nordeste brasileiro sofre com escassez de água devido a características geográficas, físicas e socioeconômicas. Este estudo analisa a viabilidade e os impactos da implementação de águas pluviais em casas populares em Caruaru, no Agreste de Pernambuco. Utilizando a tecnologia DesviUFPE, foi implantado um sistema de coleta de água pluvial em residências populares, analisando-se pontos favoráveis e desfavoráveis por meio da análise SWOT. O sistema traz benefícios como aumento da oferta de água potável, mitigação de impactos negativos da escassez e impactos diretos e indiretos em diversos ODSs da ONU (3, 6, 9, 10, 11, 12 e 17), promovendo a sustentabilidade. Apesar da resistência cultural ao uso da água da chuva no Brasil e dos custos de instalação e manutenção, os pontos fortes e oportunidades superam os pontos fracos e ameaças. Isso resulta em impactos positivos nos aspectos econômicos, ambientais e sociais. O sistema estudado é considerado eficiente, viável e promissor para mitigar a escassez de água na região do agreste pernambucano.

**Palavras-Chave:** Captação água pluvial, Sustentabilidade socioambiental, Escassez hídrica, Água potável.

## Abstract

*In the context of the global water crisis, the increasing vulnerability affects millions of people. The Brazilian Northeast suffers from water scarcity due to geographical, physical, and socio-economic characteristics. This study examines the feasibility and impacts of implementing rainwater harvesting in low-income households in Caruaru, in the Agreste region of Pernambuco. Using DesviUFPE technology, a rainwater collection system was implemented in these households, assessing strengths and weaknesses through SWOT analysis. The system brings benefits such as increased availability of drinkable water, mitigation of negative impacts from scarcity, and direct/indirect contributions to several UN Sustainable Development Goals (SDGs 3, 6, 9, 10, 11, 12, and 17), promoting sustainability. Despite cultural resistance to rainwater use in Brazil and installation/maintenance costs, the strengths and opportunities outweigh weaknesses and threats. This yields positive impacts on economic, environmental, and social aspects. The system is considered efficient, feasible, and promising in alleviating water scarcity in the region of Agreste Pernambuco.*

**Key-Words:** Rainwater harvesting, Socio-environmental sustainability, Water Scarcity, Potable water.

## Resumen

*En el contexto de la crisis hídrica mundial, la creciente vulnerabilidad afecta a millones de personas. El Noreste brasileño sufre escasez de agua debido a características geográficas, físicas y socioeconómicas. Este estudio analiza la viabilidad y los impactos de implementar aguas pluviales en viviendas populares en Caruaru, en el Agreste de Pernambuco. Utilizando la tecnología DesviUFPE, se instaló un sistema de recolección de agua de lluvia en viviendas populares, evaluando puntos a favor y en contra mediante un análisis FODA. El sistema aporta beneficios como el aumento en la disponibilidad de agua potable, la mitigación de impactos negativos de la escasez e influencias directas e indirectas en varios Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (ODS 3, 6, 9, 10, 11, 12 y 17), promoviendo la sostenibilidad. A pesar de la resistencia cultural al uso del agua de lluvia en Brasil y los costos de instalación y mantenimiento, los puntos fuertes y las oportunidades superan las debilidades y amenazas. Esto resulta en impactos positivos en los aspectos económicos, ambientales y sociales. El sistema estudiado se considera eficiente, viable y prometedor para mitigar la escasez de agua en la región del Agreste de Pernambuco.*

**Palabras clave:** Captación de agua de lluvia, Sostenibilidad socioambiental, Escasez de agua, Sustentabilidad, Innovación, Potable.



## 1. Introdução

A água é tema de muitas discussões e acervos técnicos, por ser indispensável para a vida no planeta e reconhecida como direito básico do ser humano (UNITED NATIONS, 2010), principalmente devido ao atual cenário de escassez deste recurso e de crescimento da desigualdade e vulnerabilidade da população.

Mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo vivem em situação de estresse hídrico (UNESCO, 2019) e quase 80% da população mundial está exposta a altos níveis de ameaças à segurança hídrica (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2010). No Brasil os números também são preocupantes: quase 35 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso ao serviço básico de água tratada (BRASIL, 2021).

A dificuldade de acesso à água potável expõe a população mais vulnerável à contaminação, aumentando os riscos de mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias. Segundo a ONU (UNESCO, 2019) aproximadamente 1,7 milhões de crianças morrem anualmente em todo o mundo devido à falta de água potável, o que resulta em doenças como cólera, diarreia e malária. Esses dados mostram a gravidade da situação e a importância de medidas efetivas para garantir o acesso à água potável para toda a população.

O estresse hídrico, resultante de diversos fatores históricos, culturais e sociais (VENANCIO *et al.*, 2015), leva a um novo paradigma na gestão dos recursos hídricos, a qual é essencial para a garantia da segurança hídrica e a aplicação de soluções alternativas de abastecimento, como a captação de águas pluviais (KARIM *et al.* 2015; WILCOX *et al.*, 2016; URIBE *et al.*, 2015; PARI *et al.*, 2021). Atrelada a esta fonte alternativa surge a necessidade de estudos como análises do custo-benefício (KARIM *et al.*, 2015), da confiabilidade e da qualidade da água (BURNS *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2013).

Diante deste contexto mundial, o presente estudo de caso tem como finalidade a análise dos impactos econômicos, ambientais e sociais referentes à aplicação prática do projeto de aproveitamento da água pluvial em habitações do empreendimento popular denominado Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra, no município de Caruaru (mesorregião do Agreste do estado de Pernambuco, no Nordeste brasileiro), a partir da implantação da tecnologia social DesviUFPE (LIMA *et al.*, 2011).

## 2. Metodologia

A análise dos impactos e o estudo da viabilidade em relação aos fatores econômicos, sociais e ambientais dos sistemas de utilização de água da chuva nos empreendimentos estudados foi realizada. Utilizou-se a metodologia de análise estratégica denominada Matriz SWOT (em inglês *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*), a qual busca entender e equilibrar os pontos positivos e negativos, sejam eles internos ou externos. Identificaram-se os pontos internos, tanto os fortes quanto os de melhoria, e os fatores externos, sendo eles oportunidades ou ameaças. Após a identificação foram elaboradas estratégias para potencializar os resultados do sistema (WATKINS, 2009).

O estudo foi feito em duas etapas principais. A primeira etapa constituiu-se do estudo das características do empreendimento, do sistema e da região do entorno (meios físico e antrópico), baseando-se em dados teóricos e práticos. As características do empreendimento analisadas foram a localização, a população e o volume de água consumido. Como características do sistema de coleta de água pluvial, foram objetos de estudo a descrição, o dimensionamento e o orçamento. Para análise do meio físico, observou-se a disponibilidade de água e a pluviometria. Para o meio antrópico analisou-se o acesso à



água, o comportamento da população, a proliferação de doenças e os rendimentos familiares por domicílio.

Na segunda etapa foi realizada pesquisa de campo e foram instalados dois sistemas de captação e tratamento de água da chuva nas residências, os quais incluem a instalação de sistema de calhas e o dispositivo de desvio das primeiras águas da chuva, DesviUFPE (LIMA et al., 2011; ALVES et al., 2014; CARVALHO et al., 2018).

## **2.1. Características relevantes ao estudo**

### **2.1.1. Características do empreendimento**

O empreendimento objeto de estudo foi o Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra, situado na Estrada de Maniçoba, Lagoa de Pedra, no bairro da Boa Vista em Caruaru, no estado de Pernambuco - Brasil. O empreendimento possui 580 lotes urbanos para uso residencial e 10 para uso misto, com dimensões variando 159,60 m<sup>2</sup> a 450,75 m<sup>2</sup>. A taxa de ocupação média domiciliar é de 4 pessoas por habitação e, de 5 pessoas para os lotes de uso misto, sendo a população habitacional de 2.320 pessoas e, de 50 pessoas usuárias dos lotes de uso misto.

Para o consumo de água estimado, estabeleceu-se a vazão "*per capita*" de 120 L/pessoa x dia para os lotes residenciais e de 50 L/pessoa x dia para os lotes mistos (CREDER, 1972). Dessa forma, o volume para os lotes de uso residencial utilizado foi de 278,4 m<sup>3</sup> e 2,5 m<sup>3</sup> para os de uso misto. Assim, tem-se que o empreendimento como um todo, utiliza 280,9 m<sup>3</sup>/dia de água.

### **2.1.2. Características da região do entorno**

#### **2.1.2.1. Meio Físico**

Um aspecto físico relevante para o estudo é a disponibilidade de água na região. Em relação aos recursos superficiais, o rio Ipojuca é o principal corpo hídrico superficial do município. Além dele, podem-se destacar o riacho da Onça e o riacho Carapatós, afluentes do rio Capibaribe. Ressalta-se que a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado de Pernambuco (CPRH), em estudo da bacia hidrográfica do rio Ipojuca realizado em 2004 com amostras coletadas desde a cidade de Arcoverde até a cidade de Ipojuca, classificou a qualidade da água de jusante a montante da cidade de Caruaru como "Muito Poluída" (CONDEPE/FIDEM, 2005). Dessa forma, os corpos de água de superfície ao redor da cidade possuem baixo potencial para abastecimento devido ao alto nível de poluição.

No que se refere aos recursos hídricos subterrâneos, o município possui 136 poços, sendo 127 deles do tipo poço tubular. No entanto, em 2015, apenas 24% desses poços estavam em operação, e mais de 87% dos poços registrados apresentaram água salobra ou salina, conforme relatado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). As águas subterrâneas têm o potencial de reforçar o fornecimento de água na região, porém, seria necessário o uso de tecnologias de dessalinização para torná-las potáveis.

Outro aspecto físico importante para a análise do sistema é a medição das chuvas na região. As precipitações se concentram principalmente entre os meses de março a julho, e os demais meses possuem volumes abaixo da média mensal do município, que é de 44 mm (APAC, 2020), de acordo com os 10 anos de dados mensais (2010 a 2020) do posto pluviométrico, que é monitorado pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC).

#### **2.1.2.2. Meio Antrópico**

Em relação ao meio antrópico, é importante analisar as características do abastecimento de água da população do entorno. Em Caruaru, município do empreendimento, segundo dados da Companhia de abastecimento público do estado de Pernambuco, COMPEA, havia 107.032 ligações residenciais abastecidas pela rede de água pública. Já segundo o censo do IBGE de 2022 havia um total de 138.485 domicílios, resultando na proporção de 77,29% dos domicílios com acesso ao abastecimento de água por meio de rede pública. No bairro do empreendimento, Boa Vista, mais de 94% dos domicílios se encontram nesta mesma situação (IBGE, 2010). Dessa forma, pode-se observar que grande parte dos domicílios tanto no município, quanto no bairro do conjunto habitacional, possuem rede de abastecimento de água. Entretanto, nesses domicílios o regime de abastecimento é deficiente (COMPEA, 2022). No caso do loteamento de estudo, o regime de abastecimento foi de, em média, 5 dias com água e 10 dias sem, no ano de 2020. Já no ano de 2021, a situação melhorou um pouco, pois o loteamento passou a receber água em 5 a cada 10 dias (COMPEA, 2022).

O Setor Lagoa de Pedra, setor de abastecimento onde o empreendimento se encontra, possuía como consumo médio dos lotes com hidrômetro o valor de 4,60 m<sup>3</sup>/mês, no mês de março de 2021, estando abaixo da faixa de consumo mínimo (10 m<sup>3</sup>/mês) da COMPEA (COMPEA, 2022). Somado a isto, tem-se o consumo atual e as perspectivas futuras de crescimento populacional, o que acarreta no agravamento da lacuna entre a oferta e a demanda (IBGE, 2010; PEDDE *et al.*, 2013).

Diante desse cenário de escassez de água, este recurso pode potencializar a circulação de agentes infecciosos através da ingestão de água sem procedência confiável ou da má higiene ocasionada pela falta deste recurso (RUFINO *et al.*, 2016). As doenças de veiculação hídrica acabam desencadeando uma série de problemas que, na maioria das vezes, resultam em casos de diarreia, sendo os principais exemplos a amebíase, a cólera, a giardíase e a hepatite A (NOVA & TENÓRIO, 2019). Ainda, com base em dados primários coletados com moradores do empreendimento, a população muitas vezes opta por não a utilizar para usos primários, devido à cor da água do abastecimento público.

Outro ponto do meio antrópico que é válido ressaltar refere-se ao rendimento familiar do município. Em Caruaru, aproximadamente 86% da população mora em domicílios com rendimentos mensais de até dois salários mínimos (IBGE, 2010). Ainda, famílias com renda mensal de até 2 salários mínimos, possuem cerca de 70% deste rendimento comprometido com despesas essenciais, sendo estas: habitação (35,3%), alimentação (25,6%) e transporte (9,4%) (IBGE, 2018).

Em decorrência desse déficit do sistema público local, dos hábitos da população e da falta de informações sobre outras fontes alternativas, a maior parte dos moradores são levados ao consumo de água através de caminhões-pipa. Verificou-se através de dados primários na região do estudo que no mês de setembro de 2021 o valor de R\$170,00 por mês foi destinado em cada residência, equivalente a compra de 1 (um) caminhão-pipa de 10 m<sup>3</sup>.

## **2.2. Características do sistema de utilização da água pluvial**

### **2.2.1. Descrição do sistema**

O sistema utilizado para desvio das primeiras águas da chuva (Figura 1) foi o DesviUFPE (LIMA *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2018). Este dispositivo é composto de tubos e conexões em PVC e possui o intuito eliminar as impurezas inicialmente presentes no telhado, nas calhas e até na atmosfera, mediante a separação do primeiro milímetro de água (SOUZA *et al.*, 2011). A água da chuva, após atingir o telhado, é conduzida pelas calhas até o dispositivo de desvio e o volume corresponde ao primeiro milímetro de água da chuva precipitada sobre a área de captação é armazenado no dispositivo. Após esse primeiro fluxo ser armazenado, os próximos milímetros de chuva serão encaminhados para

o reservatório, onde o tratamento poderá ser simplificado, devido a existência do dispositivo. No presente estudo foi utilizada a cloração como tratamento, por possuir baixo custo e facilidade de aquisição e utilização. A adição de hipoclorito de sódio a 2,5% (água sanitária) foi sugerida aos moradores, na proporção de 0,10 mL (2 gotas) para cada litro de água, a fim de realizar a desinfecção da água das cisternas (VALENTE, 2014).

**Figura 1:** Foto (à esquerda) e o esquema (à direita) do sistema de desvio das primeiras águas da chuva (DesviUFPE) instalado em um dos imóveis estudados do empreendimento.



Fonte: Viana & Moura (2021); Autor (2023)

### 2.2.2. Dimensionamento

Par conhecer o volume de chuva captado, os valores pluviométricos médios de cada mês foram relacionados com a área do telhado padrão dos imóveis, que é de 65,28 m<sup>2</sup>. Assim, o volume médio total de água da chuva utilizado foi de 34,46 m<sup>3</sup> por ano, por residência (V&M, 2021; APAC, 2020).

É importante destacar que embora o primeiro milímetro de chuva não seja adequado para consumo humano ele ainda pode ser aproveitado em outras atividades menos nobres, como a limpeza de calçadas, rega de jardins e descargas sanitárias, não sendo descontado do volume total calculado.

Através do cálculo do volume de chuva, dimensionaram-se as calhas obtendo 125 mm de diâmetro e, devido sua facilidade de instalação, adotou-se como material o PVC. Conforme Lima (2016), para o dimensionamento do dispositivo de desvio das chuvas seguiu-se a seguinte equação (Equação 1).

$$C = \frac{A \times h}{D^2 \times \frac{\pi}{4}} \quad (1)$$

Onde:

$C$  = Comprimento da tubulação (m)

$A$  = Área do telhado (m<sup>2</sup>)

$h$  = Altura de precipitação (m)

$D$  = Diâmetro da tubulação (m)

Resultando assim no volume de 65,28 litros para a barreira sanitária e, conseqüentemente, a necessidade de, aproximadamente, 8 metros de tubulação.



### 2.2.3. Orçamento

Inicialmente, tendo em vista a intermitência no abastecimento na região, as propriedades em que foram instalados os sistemas de água pluvial já contavam com cisternas ou reservatórios. Portanto destaca-se que apesar de ser necessário reservatório para armazenar a água da chuva coletada pelo sistema, o custo de construção desse reservatório não foi incluído no orçamento do presente estudo, devido à real necessidade das residências na região de possuírem reservatórios ou cisternas, sendo este um custo já existente nas residências da região e não diretamente associado ao sistema a ser implantado. No entanto, é importante ressaltar que, se o estudo for realizado em outra região, os custos relacionados ao reservatório devem ser avaliados para serem ou não considerados e incluídos no orçamento.

O valor final para a implementação do sistema de captação de água da chuva em uma residência, incluindo calhas e dispositivos de desvio, foi calculado em R\$ 2.483,53 (dois mil quatrocentos e oitenta e três reais e cinquenta e três centavos) por casa.

## 3. Resultados e discussões

Considerando a escassez de água na região em análise, é fundamental buscar fontes alternativas que possam suprir a demanda por água potável e ter um impacto positivo significativo na disponibilidade desse recurso para a população local.

A instalação de um sistema de captação de água da chuva em todos os imóveis do empreendimento pode gerar uma economia média de 19.992 m<sup>3</sup> de água por ano, o que seria suficiente para abastecer todas as casas durante 2,4 meses. Isso também reduziria o déficit hídrico mensal de cada residência para 4,49 m<sup>3</sup>, diminuindo a necessidade de caminhões-pipa e, conseqüentemente, os gastos com esse serviço. No entanto, o investimento necessário para instalar o sistema é relativamente alto em comparação à renda média dos moradores. Além disso, o tempo de retorno estimado do sistema é de 6 anos, considerando o investimento inicial e a economia gerada pela redução do uso de caminhões-pipa. Destaca-se que o custo operacional do sistema é baixo, sendo apenas relacionado ao tratamento da água, o que representa menos de R\$ 2,00 por mês. Além disso, é importante considerar a possibilidade de subsídios ou financiamentos para tornar o projeto viável e maximizar seu benefício social. A inclusão da instalação deve ser um dos requisitos no padrão habitacional. Assim, o custo se diluiria ao longo de 30 anos, juntamente com as parcelas do imóvel, reduzindo ainda mais o tempo de retorno do investimento inicial.

Dessa forma, pode-se extrair para a análise SWOT os resultados apresentados na Figura 2 e nos itens a seguir.

Figura 2: Matriz SWOT do sistema de utilização de água da chuva



### 3.1. Pontos Fortes

Na análise dos pontos fortes pode-se ressaltar principalmente:

- Aumento da disponibilidade hídrica:** conforme cálculos apresentados neste estudo, a implantação do sistema possibilita o abastecimento de uma unidade residencial durante um quinto do ano.
- Economia com caminhões-pipas:** ao substituir a água dos caminhões-pipa pela água da

chuva, é possível economizar mais de R\$ 400,00 por ano.

- c. **Redução dos casos de doenças:** a implementação dos sistemas possibilitará o acesso a água de qualidade assegurada, minimizando o risco de contaminação por meio desse recurso.
- d. **Redução dos custos de tubulação e bombeamento:** supondo que na fase de concepção do empreendimento fosse previsto o sistema em questão, seria viável considerar uma redução no consumo *per capita* para o planejamento da infraestrutura de água. Com isso, seria possível economizar em materiais, implantação e manutenção, como na diminuição do consumo de energia pela bomba de recalque.

### 3.2. Pontos de melhoria

Na análise dos pontos de melhoria pode-se ressaltar principalmente:

- a. **Manutenção dos sistemas:** apesar de possuir uma operação simples, o sistema requer intervenção manual para garantir sua operação adequada. Para manter o funcionamento correto, é preciso esvaziar o dispositivo de desvio e adicionar cloro manualmente, etapa de desinfecção bacteriológica crucial antes do consumo. Essas exigências ressaltam a relevância da participação humana nos resultados positivos do sistema. Importante notar que, futuramente, pesquisas podem ser realizadas para automatizar a identificação da abertura e fechamento da válvula de descarte.
- b. **Investimento inicial:** a instalação desses sistemas requer um aporte financeiro inicial considerável em comparação com a renda média da população da região. Portanto, é fundamental ressaltar a relevância do financiamento ou do subsídio para o alcance dos benefícios sociais do projeto.
- c. **Disponibilidade de água no período de maior escassez:** o fato de a região apresentar índices pluviométricos baixos evidencia a necessidade de buscar novas fontes de água, porém reduz o potencial do sistema de captação de águas pluviais. Essa baixa pluviometria resulta em um volume captado relativamente pequeno em comparação com o potencial de outras regiões, especialmente durante os meses de escassez hídrica.

### 3.3. Oportunidades

Na análise das oportunidades, ou seja, os fatores externos ao sistema que o influencia positivamente podem-se ressaltar principalmente:

- a. **ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) e o aumento da cultura de sustentabilidade no mundo:** nos últimos anos, houve mudanças significativas no pensamento e comportamento da sociedade, que começa a entender que o desenvolvimento econômico deve ser atrelado à conservação do meio ambiente. Isso tem um impacto direto na aceitação e no financiamento da implantação do sistema em questão. Além disso, vale destacar que o presente estudo pode ter impactos diretos e indiretos em sete dos dezessete ODS, sendo eles: Saúde e bem-estar (ODS 3); Água potável e saneamento (ODS 6); Indústria inovação e infraestrutura (ODS 9); Redução das desigualdades (ODS 10); Cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11); Consumo e produção responsáveis (ODS 12) e Parcerias e meios de implementação (ODS 17) (ONU, 2017).
- b. **Incentivo das agências financiadoras de crédito:** outra possibilidade para o desenvolvimento e a ampliação de sistemas sustentáveis em edificações são os incentivos fiscais oferecidos por agências financeiras. Um exemplo é o Programa Selo Azul da Caixa Econômica Federal, que reduz as taxas de juros para financiamento imobiliário com base na

sustentabilidade do imóvel. Isso, não só encoraja a criação de projetos ambientalmente conscientes, mas também oferece oportunidades comerciais para empresas privadas, bancos e fundos internacionais na expansão de sua base de clientes.

- c. **Incentivo do governo:** no município de Caruaru, há incentivos para projetos sustentáveis por meio do IPTU Verde, que foi estabelecido pela Lei Complementar Municipal nº 062 em 27 de dezembro de 2018 (CARUARU, 2018). Essa medida tem como objetivo promover a cultura da sustentabilidade, concedendo descontos no Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) para proprietários que adotarem práticas sustentáveis, como a utilização de sistemas de captação de água pluvial em novas construções, por exemplo.
- d. **Escassez hídrica na região:** a escassez hídrica na região é um desafio crucial, contudo, a captação de água da chuva para usos potáveis emerge como oportunidade promissora. Essa prática, que promete ser benéfica para todas as regiões, mostra-se indispensável para Caruaru para mitigar os impactos negativos da escassez e representando um investimento sustentável com benefícios duradouros, possuindo relevante impacto positivo.

### 3.4. Ameaças

Na análise das ameaças, ou seja, os fatores externos ao sistema que o influencia negativamente, pode-se ressaltar principalmente:

- a. **Cultura hídrica do país:** embora a sociedade esteja passando por mudanças significativas em relação à consciência ambiental, ainda é comum encontrar ações que não priorizem a conservação dos recursos hídricos. Infelizmente, essa mentalidade muitas vezes está enraizada na cultura da população, o que dificulta a implementação de novas tecnologias. Por isso, é crucial que haja apoio institucional e sociopolítico para aumentar a aceitação e eficácia do sistema.
- b. **Outras fontes de água:** caso haja melhoria no sistema convencional de fornecimento de água ou se o aproveitamento de outras fontes de água for possível, a viabilidade do sistema em análise pode mudar. No entanto, ainda assim, os impactos positivos sociais e ambientais do sistema serão significativos.

### 3.5. Desenvolvimento de estratégias

Neste tópico realizou-se a análise das características, com o objetivo de traçar sugestões para potencializar a implantação do sistema.

Inicialmente, foram avaliadas estratégias ofensivas para identificar como os pontos fortes do projeto podem conectar-se com as oportunidades externas. Foi constatado que um dos principais pontos fortes do projeto é sua compatibilidade com o pensamento sustentável, que está ganhando espaço em todo o mundo. Além disso, a implantação dos sistemas contribui para vários ODS da ONU, citados anteriormente. Assim, uma das estratégias seria comunicar, de forma clara e visual, que o sistema está comprometido com a sustentabilidade e os ODS, mostrando aos moradores que existem outros impactos e propósitos importantes além do aumento da disponibilidade de água. Ou seja, utilizar destes aspectos como fator propulsor do engajamento e da adesão das pessoas ao sistema.

Em seguida, foram analisadas as estratégias de confronto com o objetivo de entender como os pontos fortes do projeto podem minimizar ou neutralizar as ameaças. Um dos principais desafios identificados é o fato de estar enraizado na cultura do país o uso de fontes de água tradicionais. No entanto, a adoção dos sistemas propostos oferece uma série de vantagens, desde a economia com caminhões-pipa até o aumento da disponibilidade hídrica. É possível, através de *workshops*, palestras e incentivos de outros

moradores que já adotaram o sistema, mudar essa cultura gradualmente e destacar os pontos fortes do sistema proposto, já que não estão presentes em outras fontes hídricas.

Em relação às estratégias de reforço, foi avaliado como as oportunidades externas podem minimizar os pontos negativos do projeto. A manutenção do sistema e o alto investimento inicial para implantação foram identificados como desafios significativos. Para minimizar esses pontos, além de fomentar a ideia de sustentabilidade e estimular a adoção dos sistemas, poderá haver incentivos de instituições governamentais para a adoção de medidas sustentáveis. Por exemplo, é possível incentivar órgãos governamentais e agências financeiras a promoverem a adoção de medidas obrigatórias para a instalação de sistemas que melhorem a oferta hídrica. Embora ainda não seja obrigatório, pode-se aproveitar incentivos existentes, como o Selo Azul, para atrair a adesão e a implantação desses sistemas por empresas privadas.

Por fim, foram avaliadas as estratégias de defesa, que relacionam os pontos negativos do projeto com as ameaças identificadas, para traçar estratégias de defesa da melhor forma. A forma como a população estudada utiliza a água e a necessidade de manutenção do sistema são ameaças ao sucesso da implantação deste. Para minimizar essas ameaças, pode-se desenvolver aplicativos interativos ou sistemas de monitoramento digital que prevejam e alertem possíveis necessidades de manutenção, e, ao mesmo tempo, agreguem valor ao objeto em estudo. Além disso, também é importante a adoção de estratégias de educação ambiental. Devido à falta de informação sobre como fazer o manejo correto das águas pluviais para garantir qualidade e segurança sanitária e também ao surgimento somente recentemente de tecnologias aplicadas à sua captação que visam seu uso para abastecimento humano, a exemplo do DesviUFPE (LIMA et al., 2011; ALVES et al., 2014; CARVALHO et al., 2018), fazem com que exista uma cultura de utilizar águas pluviais exclusivamente para fins menos nobres. Por meio de palestras às comunidades, cartilhas e vídeos educativos sobre a importância do uso das águas pluviais para fins mais nobres, quando corretamente manejada, é possível conscientizar a população e mostrar a importância dos benefícios socioambientais que podem ser alcançados com o uso do sistema.

#### **4. Conclusão**

Referente ao viés econômico, conclui-se que com a implantação do dispositivo haverá redução nas despesas mensais familiares, apesar da tecnologia possuir um custo inicial relativamente alto (R\$ 2.483,53), devido à diminuição do consumo de água por caminhões-pipas. Já referente ao viés social, apesar da necessidade de manutenção do sistema pelo usuário e a dificuldade em atraí-los a aderirem ao seu uso, há como ganhos a redução de transmissão de doenças pela água e o aumento da disponibilidade hídrica, proporcionando aos usuários aumento da qualidade de vida, já que a água é um direito básico do ser humano. Por fim, no viés ambiental, conclui-se que o sistema se adequa bem à região, além de economizar água e diminuir a demanda dos mananciais superficiais e subterrâneos, contribuindo com a manutenção dos corpos hídricos.

As estratégias ofensivas identificaram que além do aumento da oferta de água potável e da mitigação de impactos negativos da escassez, a implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva traz como benefícios impactos diretos e indiretos em diferentes ODSs da ONU (ODSs 3, 6, 9, 10, 11, 12 e 17) e traz o viés da sustentabilidade.

Apesar da forte cultura no Brasil do uso de fontes de água tradicionais como ponto de ameaça e o custo inicial da instalação e a necessidade de manutenção do sistema com participação do usuário como pontos de melhoria, os pontos fortes e as oportunidades do sistema conseguem traçar estratégias que



mitiguem ou impeçam esses pontos, resultando em impactos positivos nos âmbitos econômico, ambiental e social. O sistema de aproveitamento de água da chuva utilizado permite vantagens únicas que não são encontradas nos sistemas tradicionais de abastecimento já utilizados pela população, como o aumento da oferta de água, a diminuição de veiculação de doenças e a possibilidade de economia com custos de aquisição de água por caminhões-pipa. Assim, a educação ambiental, os incentivos de agências financiadoras e do governo aliados ao acesso à informação com monitoramentos e alertas são peças chave como ferramentas de estratégias de confronto, reforço e defesa.

Assim, com o auxílio do método de análise da Matriz SWOT, pode-se considerar o sistema de aproveitamento da água da chuva estudado como uma solução sustentável de abastecimento por fonte alternativa que é eficiente e viável e com grande potencial de aplicação para auxiliar na mitigação de efeitos de escassez de água na região do agreste pernambucano.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Construtora Viana & Moura pela parceria e total apoio à implantação do projeto e a realização dessa pesquisa. Também agradecem por concretizar a contribuição da ciência desenvolvida na academia no atendimento às necessidades da população de Caruaru. Os autores agradecem ainda à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (FADE) pelo apoio administrativo dos recursos necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

## Referências

- ALVES, Fellipe *et al.* Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. **Journal of Water and Health**, v. 12, n. 3, p. 513-525, jan. 2014.
- BRASIL. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto – Visão geral – ano de referência 2020. Ministério do Desenvolvimento Regional – Secretaria Nacional de Saneamento, Brasília, dez. 2021.
- BURNS, Matthew J. *et al.* The performance of rainwater tanks for stormwater retention and water supply at the household scale: an empirical study. *Hydrological Processes*, v. 29, n. 1, p. 152-160, 2015.
- CARUARU. Lei Complementar Nº 62, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2018. Institui o Programa de incentivo denominado IPTU Verde no Município de Caruaru e dá outras providências.
- CARVALHO, José Roberto Santo de *et al.* 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**. [Recife], p. 391-402. fev. 2018.
- COMPESA, COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. Calendário de abastecimento. 2022.
- CONDEPE. AGÊNCIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca: Série Bacias hidrográficas de Pernambuco. 2005.
- CREDER, Hélio. Instalações hidráulicas e sanitárias. In: **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 1972. p. 411-411.



- IBGE. Censo Demográfico de 2010, Banco de Dados Multidimensional (BME). 2010.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de Tabelas Estatísticas. 2018.
- KARIM, Md Rezaul; BASHAR, Mohammad Zobair Ibne; IMTEAZ, Monzur Alam. Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting in a megacity in Bangladesh. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 104, p. 61-67, 2015.
- LIMA, J. C. A. L. et al. Devices to improve the quality of water stored in cisterns of semi-arid Pernambuco—Technology development and performance evaluation. In: **Proceedings of the XIV World Water Congress**. 2011.
- LIMA, J. C. A. L. et al. Influência da intensidade pluviométrica no desempenho do dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva aplicado às cisternas do semiárido. In: 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia – GO. 2013.
- LIMA, Júlio Cesar Azevedo Luz de. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- NOVA, Fátima Verônica Pereira Vila; TENÓRIO, Nicole Bezerra. Doenças de Veiculação Hídrica associadas à degradação dos recursos hídricos, município de Caruaru-PE. **Caminhos da Geografia**, v. 20, n. 71, p. 250-264, 2019.
- PARI, Luigi et al. Economic and environmental assessment of two different rain water harvesting systems for agriculture. **Sustainability**, v. 13, n. 7, p. 3871, 2021.
- PEDDE, Simona; KROEZE, Carolien; RODRIGUES, Lineu N. Escassez hídrica na América do Sul: situação atual e perspectivas futuras. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013.
- RUFINO, Renata et al. Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde—Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 777-788, 2016.
- SOUZA, SHB de et al. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 81-93, 2011.
- UNESCO World Water Assessment Programme. The United Nations world water development report 2019: leaving no one behind. 2019. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303\\_](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_). Acesso em: 24 fev. 2023.
- UNITED NATIONS. DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **World social report 2020: Inequality in a rapidly changing world**. UN, 2020.
- UNITED NATIONS. UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. Resolution 64/292: The human right to water and sanitation. **64th Session. Available at: <http://www.un.org/es/comun/docs>**, 2010.
- URIBE, Inmaculada Ortiz et al. Advanced technologies for water treatment and reuse. **AIChE Journal**, v. 61, n. 10, p. 3146-3158, 2015.
- V&M, VIANA & MOURA CONSTRUÇÕES LTDA. Projeto básico do empreendimento imobiliário Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra. 2021.



VALENTE, Marinaldo da Silva. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa/Fundação Nacional de Saúde. 2014.

VENANCIO, Daniela et al. A crise hídrica e sua contextualização mundial. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

VÖRÖSMARTY, Charles J. et al. Global threats to human water security and river biodiversity. **nature**, v. 467, n. 7315, p. 555-561, 2010.

WATKINS, Ryan; LEIGH, Doug (Ed.). **Handbook of Improving Performance in the Workplace, The Handbook of Selecting and Implementing Performance Interventions**. John Wiley & Sons, 2009.

WILCOX, Jonathan et al. Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review. **Sustainable cities and society**, v. 27, p. 448-456, 2016.



## **Mariana Gonçalves de Godoy**

Mariana Gonçalves de Godoy tem 25 anos, concluiu sua graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Durante sua graduação, ela teve a oportunidade de realizar uma iniciação científica, pelo período de 1 ano, junto ao projeto de Água da chuva em zonas rural, urbana e industrial: proteção sanitária, saúde e definições de usos. Seu trabalho resultou em um artigo publicado no 12º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, que contribuiu para a compreensão da implantação de um sistema de utilização de águas da chuva. Ainda durante a graduação Mariana foi gerente do setor administrativo-financeiro da empresa Prisma CSE, trabalhou na empresa Pernambuco Construtora, e na empresa ambiental de consultoria e projetos Engea Consultores, onde foi contratada e trabalha atualmente. Em sua posição, ela é responsável pela elaboração de projetos de saneamento, de infraestruturas, com cunho ambiental.

**Contribuição de coautoria:** Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Redação – rascunho original.

## **Danylo Wesley Macena Silva**

Danylo Wesley Macena Silva tem 23 anos, concluiu sua graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Durante sua graduação, ela teve a oportunidade de atuar como monitor, pelo período de 1 semestre letivo, na disciplina de Sistemas de Abastecimento de Água. Ainda durante a graduação Danylo apresentou estudo de caso sobre Reuso de Efluentes na Agricultura no 1º encontro de saneamento ambiental realizado pela UFPE. Além disso foi gerente do setor administrativo-financeiro da empresa junior Prisma CSE, trabalhou na empresa ambiental de consultoria e projetos Engea Consultores, onde desenvolveu projetos de infraestrutura e ambiental.

**Contribuição de coautoria:** Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Redação – rascunho original.

## **Isabelle Rodrigues de Mendonça Câmara**

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco e mestrado em Engenharia Civil com ênfase em tecnologia ambiental e recursos hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e doutorado em andamento, também pelo PPGEC. Co-fundadora e sócia cotista da Startup Pluvi, incubada no Polo Tecnológico da UFPE.

**Contribuição de coautoria:** Redação - revisão e edição.

## **Sávia Gavazza dos Santos Pessôa**

Doutora em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP (2003). Pós-doutorado na Universidade de Cornell (EUA) entre 2012-2013. Professora Associada IV da Universidade Federal de Pernambuco. Vice-diretora do Instituto de Pesquisa em Petróleo e Energia da UFPE. Professora Associada da Universidade de Toronto, a partir de julho de 2017 (status only). Membro titular da Câmara de Engenharias da FACEPE. Membro titular do Comitê Gestor do Programa de Formação de Recursos Humanos (PRH-ANP 48.1). Consultor do Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada. Integrou o comitê de avaliação quadrienal 2017-2020 dos Programas de Pós-Graduação das Engenharias I da CAPES.

**Contribuição de coautoria:** Concepção; metodologia, supervisão e validação; Redação-revisão e edição.

## **Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima**

Graduação em Engenheiro Civil, professor EBTT com dedicação exclusiva do Instituto Federal de Pernambuco (Campos Barreiros), Mestre e doutorando em Engenharia civil com ênfase em Tecnologia Ambiental. Co-fundador e sócio cotista da Startup Pluvi, incubada no Polo Tecnológico da UFPE. Técnico em Saneamento Básico pela Escola Técnica Federal de Pernambuco. Tem experiência em Gestão, onde atuou na COMPESA entre 1997 e 2014, principalmente na gestão da manutenção de redes e ramais do



Recife e das atividades de cadastro, micromedição e faturamento do Estado de Pernambuco.

**Contribuição de coautoria:** Concepção; metodologia, supervisão e validação; Redação-revisão e edição.

Como citar: GODOY, M. G. de, SILVA, D. W. M., CÂMARA, I. R. de M., PESSÔA, S. G. dos S., LIMA, J. C. A. L. de. Estudo de viabilidade para uso da água pluvial para fins potáveis em casas populares do agreste pernambucano. Revista Paranoá, N.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.29.

**Editores responsáveis:** Daniel Sant'Ana, Livia Santana, Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes, Sílvio Roberto Magalhães Orrico e Thiago Alberto da Silva Pereira.

**Assistente Editorial:** Lucídio Avelino.