



## ANÁLISE DA VIABILIDADE PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA NA ESCOLA MUNICIPAL CORDEIRO FILHO, LAGOA DOS GATOS – PE

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF A RAINWATER USE SYSTEM IN A PUBLIC BUILDING: A CASE STUDY AT ESCOLA MUNICIPAL CORDEIRO FILHO, IN LAGOA DOS GATOS – PE

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIOLETA EN UN EDIFICIO PÚBLICO: ESTUDIO DE CASO EN LA ESCOLA MUNICIPAL CORDEIRO FILHO, EN LAGOA DOS GATOS – PE

### AUTORES

Antonia Veras Assunção Silva<sup>5</sup>

Wanderson Sousa<sup>6</sup>

Glauber Pereira de Carvalho Santos<sup>7</sup>

Aldo Torres Sales<sup>8</sup>

**RESUMO:** O acesso à água doce é premissa para o desenvolvimento econômico, social e ambiental, reconhecido como um direito fundamental pelas Nações Unidas em 2010. No entanto, o crescimento industrial, populacional e as mudanças climáticas estão causando escassez de água, com previsões de afetar bilhões de pessoas até 2050. Para garantir a segurança hídrica, soluções alternativas, como a captação de água da chuva, estão ganhando destaque, especialmente em áreas urbanas. Este estudo avaliou os impactos da captação de água da chuva para usos não potáveis na Escola Municipal Cordeiro Filho, em Lagoa dos Gatos (PE), uma região suscetível a crises hídricas. Usando métodos de pesquisa de campo, foram coletadas informações sobre a demanda de água para descargas e limpeza. Os resultados mostraram que um reservatório de 80 m<sup>3</sup> atenderia completamente a essa demanda, reduzindo o consumo de água da concessionária em 66,17%,

5 Bacharela em Direito pela Associação Caruaruense de Ensino Superior (2006). Especialista em Direito Público pela Associação Caruaruense de Ensino Superior e Escola Superior da Magistratura do Estado de Pernambuco (2008). Mestranda pelo Instituto de tecnologia de Pernambuco. verassilva7@gmail.com

6 Bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2006), mestrado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2008) e doutor em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2019). Professor e Pesquisador no Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental do Instituto de Tecnologia de Pernambuco. wanderson.santos@itep.br

7 Professor Permanente do Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental do Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Engenheiro de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE (2002), Mestre em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP/OS (2008) e Doutor em Ciências Biológicas, com ênfase em Biotecnologia, pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2020). glauber@itep.br

8 Bacharel em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (2007) e cursando Data Science e inteligência Artificial (Universidade Estácio de Sá - 2021). Mestre em Ciência em Innovación Ganadera pela Universidad Autonoma Chapingo (2008- 2010) no México. PhD in Range Science na Texas Tech University (2017) nos Estados Unidos da América. Professor do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco e membro permanente dos programas de pós-graduação em tecnologias ambientais do Instituto de Tecnologia de Pernambuco e do programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). aldotsales@gmail.com

#### Licença CC BY:

Artigo distribuído sob os termos Creative Commons, permite uso e distribuição irrestrita em qualquer meio desde que o autor credite a fonte original.





gerando economia anual de R\$ 13.381,85. O custo de implantação do sistema foi de R\$ 118.808,67, com retorno do investimento em 8,9 anos. Esse estudo demonstra que a captação de água da chuva é uma solução viável para enfrentar a escassez de água, atendendo a critérios técnicos, econômicos e ambientais, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** escassez hídrica; água de chuva; usos não potáveis; sustentabilidade.

**ABSTRACT:** Access to freshwater is a premise for economic, social and environmental development, recognized as a fundamental right by the United Nations in 2010. However, industrial growth, population growth and climate change are causing water shortages, predicted to affect billions of people by 2050. To ensure water security, alternative solutions, such as rainwater harvesting, are gaining prominence, especially in urban areas. This study evaluated the impacts of rainwater harvesting for non-potable uses at the Cordeiro Filho Municipal School, in Lagoa dos Gatos - PE, a region susceptible to water crises. Using field research methods, information was collected on water demand for flushing and cleaning. The results showed that an 80 m<sup>3</sup> reservoir would completely meet this demand, reducing the concessionaire's water consumption by 66.17%, generating annual savings of R\$13,381.85. The cost of implementing the system was R\$118,808.67, with a return on investment in 8.9 years. This study demonstrates that rainwater harvesting is a viable solution to address water scarcity, meeting technical, economic and environmental criteria, contributing to the sustainable management of water resources.

**KEYWORDS:** water scarcity; rainwater; non-potable uses; sustainability.

**RESUMEN:** El acceso al agua dulce es una premisa para el desarrollo económico, social y ambiental, reconocido como un derecho fundamental por las Naciones Unidas en 2010. Sin embargo, el crecimiento industrial, el crecimiento demográfico y el cambio climático están causando escasez de agua, que se prevé afectará a miles de millones de personas en 2050. Para garantizar la seguridad hídrica, están ganando importancia soluciones alternativas, como la recogida de agua de lluvia, especialmente en las zonas urbanas. Este estudio evaluó los impactos de la captación de agua de lluvia para usos no potables en la Escuela Municipal Cordeiro Filho, en Lagoa dos Gatos - PE, región susceptible a crisis hídricas. Utilizando métodos de investigación de campo, se recopiló información sobre la demanda de agua para descarga y limpieza. Los resultados mostraron que un embalse de 80 m<sup>3</sup> cubriría completamente esa demanda, reduciendo el consumo de agua de la concesionaria en un 66,17%, generando un ahorro anual de R\$ 13.381,85. El costo de implementación del sistema fue de R\$ 118.808,67, con un retorno de la inversión en 8,9 años. Este estudio demuestra que la captación de agua de lluvia es una solución viable para abordar la escasez de agua, cumpliendo con criterios técnicos, económicos y ambientales, contribuyendo a la gestión sostenible de los recursos hídricos.

**PALABRAS CLAVE:** escasez de agua; agua de lluvia; usos no potables; sostenibilidad.

## INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural indispensável à vida e ao desenvolvimento econômico e social, sem ela, não há nenhum processo que assegure a existência dos seres vivos. No entanto, em decorrência da precária gestão dos recursos hídricos aliada ao crescimento populacional, industrial, as mudanças climáticas têm provocado escassez de água doce em grande parte da população mundial (MARTINS *et al.*, 2021, ÜLKER, 2022).

Segundo a ONU, o consumo global de água vem expandindo-se a uma taxa de cerca de 1% ao ano em função do crescimento populacional, desenvolvimento econômico e mudanças nos padrões de consumo, entre outros fatores, e permanecerá a crescer significativamente nas próximas duas décadas (ONU, 2018). No ano de 2018, a estimativa era que 3,6 bilhões de pessoas (quase metade da população mundial) viviam em áreas com potencial escassez de água pelo menos um mês por ano e a previsão é que, no ano de 2050, essa população possa aumentar para algo entre 4,8 a 5,7 bilhões de pessoas (ONU, 2018).

Em termos de disponibilidade de água, o Brasil é considerado privilegiado por deter em seu território cerca de 12% das reservas de água doce superficial do mundo (STROBEL; CATAPAN; CATAPAN, 2022), e de alguns dos maiores desses reservatórios subterrâneos de água líquida, no entanto, o relatório do IBGE aponta que 41,8% das cidades sofrem, em pelo menos uma parte do ano, problemas de escassez de água (IBGE, 2020).

Tal situação tende a piorar, pois, de acordo com estudos do MapBiomias, entre os anos de 1990 a 2020, o Brasil perdeu 15% de superfície de água, ou seja, cerca de 3,1 milhões de hectares, em decorrência de mudanças no uso e cobertura da terra, construção de barragens e hidrelétricas, poluição e uso excessivo dos recursos hídricos para a produção de bens e serviços, tendo, assim, secas extremas e inundações associadas às mudanças climáticas (MAPBIOMAS, 2021).

Visando a garantir a segurança hídrica, nos últimos anos, as fontes alternativas de água doce estão recebendo muita atenção, dentre elas, a captação de água de chuva, reutilização de águas cinzas e reciclagem de águas residuais (PREETI; RAHMAN, 2021). Destas, o sistema de aproveitamento de água de chuva é considerado uma opção atrativa devido aos benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais (PREETI; RAHMAN, 2021). Não se trata de uma tecnologia nova, mas tem sido identificada como um dos melhores meios de promover o abastecimento sustentável de água em áreas urbanas, pois a água da chuva é de natureza doce e pode ser facilmente coletada e usada para fins não potáveis (PREETI; RAHMAN, 2021; SHIGUANG; YU, 2021).

O município de Lagoa dos Gatos também está entre os que sofrem com as crises hídricas, pois, de acordo com o calendário da Companhia de abastecimento de água em Pernambuco, o abastecimento de água ocorre de forma parcial, com dias de paralização no fornecimento, o que prejudica a população e os serviços que demandam pelo recurso (COMPESA, 2023).

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva na Escola Municipal Cordeiro Filho, em Lagoa dos Gatos (PE), a fim de ponderar a factibilidade da instalação do sistema em edifícios públicos com o intuito de incentivar esta prática para aliviar a pressão sobre os sistemas de abastecimento de água e como suporte à sustentabilidade e preservação dos recursos hídricos.



## METODOLOGIA

Neste estudo, foi adotada uma abordagem de pesquisa de campo, empregando um estudo de caso em um edifício público (GRAZZIA; GIACON; FONTES, 2017). A pesquisa foi realizada de maneira descritiva e quantitativa, com o objetivo de avaliar o potencial de aproveitamento de água de chuva na Escola Municipal Cordeiro Filho, visando a aprimorar a gestão sustentável dos recursos hídricos na instituição (MEZZAROBBA; MONTEIRO, 2023, p. 138 e p. 148; BONA, 2021). Para coletar dados, foram conduzidas visitas à escola, realização de entrevistas com professores e funcionários, e consultas à Prefeitura Municipal para obter informações sobre o consumo de água.

## ÁREA DO ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Escola Municipal Cordeiro Filho, localizada em Lagoa dos Gatos, Pernambuco, sob as coordenadas, latitude -8.6567 e longitude -35.905 (ANA, 2022). Esta cidade possui uma área de 224,94 km<sup>2</sup> e uma população de cerca de 16.345 habitantes (IBGE, 2021).

A escola oferece ensino fundamental para alunos dos anos finais (do 6º ao 9º ano) e possui uma estrutura física composta por várias salas de aula, áreas administrativas, uma biblioteca, e uma quadra poliesportiva. A área total de cobertura da escola é de 2.953,00 m<sup>2</sup>, distribuída da seguinte forma: a) área de cobertura do prédio da Escola de telha cerâmica, medindo 1.417,00 m<sup>2</sup>; b) área de cobertura da quadra poliesportiva de telha metálica, medindo 1.536,00 m<sup>2</sup>.

Na unidade escolar existe o seguinte quantitativo de pessoas: 670 alunos, 45 professores, sete funcionários na limpeza; quatro merendeiras; quatro vigilantes e dois funcionários da limpeza da quadra poliesportiva, perfazendo um total de 731 usuários diários.

A demanda de água não potável foi avaliada para descargas de vasos sanitários e atividades de limpeza na escola. O volume de água utilizado nas descargas foi calculado com base em equações adaptadas (SOUZA, 2018, p. 59; SILVA, B.; SILVA, J.; CUNHA, 2021, p. 4), levando em consideração o número de usuários, acionamentos diários e volume médio de água por descarga, aplicando-se a Equação 1.

$$Vd = P \times a1 \times v1 \times dm/1000 \quad (1)-$$

onde:

*Vd*: volume de água não potável demandado pelas bacias sanitárias; *P*: Total de usuários do edifício; *a1*: quantidade de acionamentos/dia; *v1*: volume utilizado em cada acionamento para descarga em vasos sanitários; *dm*: quantidades de dias acionados/mês.

O consumo de água durante a limpeza foi medido em baldes, considerando diferentes áreas e frequências de limpeza. Os volumes dos baldes utilizados foram registrados para padronizar o consumo (SALOMÃO *et al.*, 2019).



Os Banheiros da escola têm as seguintes áreas: femininos com 17,69 m<sup>2</sup>; banheiros masculinos com as mesmas medidas; o banheiro dos professores tem 5,13 m<sup>2</sup>; e o banheiro dos funcionários com 3,30 m<sup>2</sup>. Os banheiros da quadra poliesportiva têm 23,26 m<sup>2</sup> de área, tanto os femininos, quanto os masculinos.

Para o cálculo do consumo com limpeza por dia utilizou-se a Equação 2 (FASOLA *et al.*, 2011), calculando-se separadamente o percentual utilizado para limpeza do pátio, banheiros da escola e banheiros da quadra poliesportiva, tendo em vista que são manuseados baldes com volumes diversos para cada área, e diferentes frequências.

Os baldes utilizados na limpeza medem cerca de 200 e 10 litros de água, respectivamente.

$$Cl = f \times No \times V_{baldes} \times dm / 1000 \quad (2)$$

Onde:

Cl: consumo mensal para limpeza (m<sup>3</sup>); f: frequência com que é feita a limpeza (vezes/dia); No: quantidade de baldes utilizados para executar a limpeza; V<sub>baldes</sub>: volume do balde utilizado (litros); dm: quantidades de dias no mês.

Os dados pluviométricos mensais para o município de Lagoa dos Gatos disponibilizados pela Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC), relativos ao período de 2014 a 2022, em um intervalo de nove anos, foram utilizados como referência de intensidade pluviométrica em milímetros, derivando, assim, o total precipitado de chuva por metros quadrados na área de estudo. Saliente-se que foram utilizados os dados a partir do ano de 2014, tendo em vista que no portal da APAC só há registro a partir de março de 2013, em relação ao Município de Lagoa dos Gatos (PE). Assim, optou-se pela utilização dos dados dos anos em que os registros estão completos.

A cobertura do prédio da escola (telha cerâmica) com 1.417,00 m<sup>2</sup> e a cobertura da quadra poliesportiva (telha metálica) com 1.536,00 m<sup>2</sup> foram utilizadas como áreas de captação da água pluvial.

O volume de água de chuva aproveitável foi calculado com base na precipitação média mensal, área de captação, coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*) e eficiência do sistema de tratamento, seguindo as diretrizes da ABNT NBR 15527:2019 (SILVA, B; SILVA, J; CUNHA, 2021, p. 4), sendo utilizada a Equação 3:

$$V_{disp} = P \times A \times C \times \eta \quad (3)$$

Onde:

V<sub>disp</sub>: é o volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável; P: é a precipitação média mensal, expressa em milímetros (mm); A: é a área de coleta, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>); C: é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*); η: é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Estes dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o fator de captação de 0,85.

O coeficiente de escoamento superficial da cobertura, conhecido como *runoff*, está relacionado ao tipo de superfície. Para telhados, geralmente, varia de 0,80 a 0,95, o que significa que de 80% a 95% da água da chuva se torna escoamento, enquanto o restante é perdido devido à absorção, evaporação e outros processos (SODRÉ; FUKASAWA; FUKASAWA, 2019, p. 99). Neste estudo, foi utilizado o coeficiente de 0,90, considerando telhas cerâmicas e metálicas. Para eficiência do sistema de captação, são recomendados dois tipos de pré-tratamento para a água captada: remoção de sólidos particulados usando grades e telas e o descarte da água inicial da chuva para eliminar material suspenso. É importante não afetar o desempenho das calhas e condutores para evitar transbordamentos (ZABELLA; ALVES, 2021, p. 127). Na ausência de dados, a ABNT NBR 15527:2019 recomenda um fator de captação de 0,85, convertido para metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

O dimensionamento do reservatório foi realizado usando um método de simulação adaptado da norma ABNT 15527:2007, considerando a demanda de água não potável, o volume de água de chuva aproveitável e o volume do reservatório.

O método da ABNT 15527:2007 é considerado o mais adequado para dimensionar um reservatório, tendo em vista que permite a utilização de determinado tamanho de reservatório e a análise do excesso de água (*overflow*) ou a falta. Trata-se de um método de tentativas e erros, que possibilita várias simulações até se encontrar o dimensionamento do reservatório mais viável, considerando a eficiência, a confiabilidade e os custos do sistema (TOMAZ, 2005, p. 142/143,), para tanto foi utilizada a Equação 4.

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (4)$$

Onde:

$Q(t) = C \times \eta \times$  precipitação da chuva (t)  $\times$  área de captação/1000 Sendo que:  $0 \leq S(t) \leq V$ ;  $S(t)$ : volume de água no reservatório no tempo t;  $S(t-1)$ : volume de água no reservatório no tempo t - 1;  $Q(t)$ : volume de chuva no tempo t;  $D(t)$ : consumo ou demanda no tempo t;  $V$ : volume do reservatório fixado;  $C$ : coeficiente de escoamento superficial  $\eta$ : fator de captação.

Para avaliar a viabilidade econômica do sistema de captação de água de chuva na escola, foram considerados os custos de implantação com base nos preços de materiais e mão de obra, dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023); Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE, 2022); e Ecosustentável Comércio de Materiais Ecológicos Eireli (ECO, 2023).

A economia foi calculada por meio da Equação 8 (SILVA, 2021, p. 41), sendo consideradas as variantes volume de água em m<sup>3</sup> aproveitável durante um ano e o valor monetário da tarifa por m<sup>3</sup>, cobrado pela empresa concessionária.

$$Ve = vap * t \quad (8)$$

Onde:

$Ve$ : Valor economizado de água;  $Vap$ : Volume aproveitável de água, em m<sup>3</sup>;  $t$ : Taxa cobrada por m<sup>3</sup> pela concessionária de água da cidade

No que diz respeito ao cálculo do tempo de retorno do investimento, foi determinado pela Equação 9 (SILVA, 2021, p. 42), levando em conta os valores encontrados relativos ao custo com a implantação e a economia financeira.

$$Tr=(C.T.I)/(V.E) \quad (9)$$

Onde:

Tr: Tempo de retorno do investimento aplicado; C.T.I: Custo total do investimento; V.E: Valor economizado em um período de 12 meses.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Consumo de água para fins não potáveis

Para cálculo do consumo de água não potável para os vasos sanitários foi estimado que cada usuário aciona uma vez ao dia a descarga do tipo caixa parede, consumindo cada acionamento 6,8 litros de água. Assim, o consumo mensal foi calculado em 99,42 m<sup>3</sup>.

Embora desde 2001 exista no mercado a caixa acoplada com a opção de acionamento duplo, sendo 3L para escoar resíduos líquidos e 6L para resíduos sólidos (SOUZA, 2018), a caixa de descarga utilizada na escola é um modelo antigo que gasta entre 6,8 a 9 L por descarga, no entanto, a Escola não está em desarmonia com a ABNT 16727-1:2019, que prevê um volume de água por descarga, entre 5,8 e 7,1 L, tendo em vista que as torneiras boias das caixas de descargas dos vasos sanitários estão reguladas para utilizar, em cada acionamento, apenas 6,8L.

A limpeza do pátio da escola é realizada uma vez por semana, fazendo-se uso de dois baldes de duzentos litros de água cada um. Para cálculo da demanda foi usada a Equação 2, que resultou no consumo mensal estimado de 1,6 m<sup>3</sup>.

O prédio da escola contém oito banheiros, que são lavados quatro vezes ao dia; para limpeza de cada banheiro, é utilizado um balde de água, com capacidade para dez litros, sendo, portanto, o consumo mensal de 6,4 m<sup>3</sup>. O prédio da quadra poliesportiva tem quatro banheiros, que são lavados duas vezes por dia, sendo usado um balde de dez litros, que resultou em 1,6 m<sup>3</sup>. Dessa forma, são gastos 8 m<sup>3</sup> de água para limpeza dos banheiros.

Assim, o consumo de água para descargas dos vasos sanitários e para limpeza perfaz um total de 109,02 m<sup>3</sup>.

### Dados da precipitação pluviométrica

A Organização Mundial de Meteorologia indica que uma série histórica de precipitação deverá conter um intervalo de, no mínimo, 30 anos de observações, a fim de que se possa ser aplicada de forma representativa para uma determinada região. No entanto, havendo impossibilidade, ela prevê que é permitido a utilização de uma normal climatológica provisória baseada em um período de observação de, no mínimo, dez anos (OMM, 1989).

Geraldi e Ghisi (2018) realizaram pesquisa em 13 cidades de países distintos (Alexandria, Egito; Barcelona, Espanha; Berlim, Alemanha; Dar-El-Beida, Argélia; Darwin, Austrália; Encarnación, Paraguai; Moscou, Rússia; Nova Iorque, Estados Unidos; Paris, França; Quebec, Canadá; Santarém e Santo Amaro, Brasil; e Shanwei, China) para avaliação da utilização de séries temporais curtas para sistemas de aproveitamento de água de chuva, tendo os resultados demonstrado que a aplicação de séries temporais

curtas de nove anos é suficiente para apresentar resultados similares aos obtidos com a série histórica (30 anos), para todas as cidades e cenários estudados.

Assim, os dados de precipitação média mensal em milímetros coletados para esta pesquisa, descritos na Tabela 1, relativos a um período de nove anos (2014-2022) são válidos para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva.

**Tabela 1** - Precipitação mensal em milímetros do município de Lagoa dos Gatos, PE, entre os anos 2014 e 2022.

Mês	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Média
Jan.	12,5	35,5	69,5	27,1	81,0	59,4	26,0	47,6	46,6	45,0
Fev.	30,0	35,0	91,5	24,6	101,8	35,2	44,1	10,0	5,8	42,0
Abr.	71,0	38,5	77,1	131,9	161,4	120,1	127,8	106,5	70,7	101,38
Mai	117,0	53,0	64,5	342,7	73,4	72,2	131,1	125,3	118,7	100,6
Jun.	36,5	189,5	58,6	137,1	57,8	147,6	158,8	45,3	58,3	122,0
Jul.	141,0	205,5	63,3	158,2	45,3	178,4	81,4	76,4	103,1	98,83
Ago.	95,5	48,5	26,0	19,4	14,6	116,9	46,0	66,4	78,0	56,81
Set.	56,0	21,7	23,1	62,0	13,1	44,7	45,6	11,4	11,2	32,10
Out.	153,5	22,0	24,3	35,0	1,7	11,0	2,2	5,8	16,6	30,23
Nov.	117,0	0,6	25,1	3,0	60,7	-	33,3	29,6	341,2	76,3
Dez.	10,5	92,0	18,7	59,8	29,1	5,1	28,9	29,9	72,4	38,49
<b>Total anual</b>	<b>966</b>	<b>832,8</b>	<b>661,2</b>	<b>1.026,3</b>	<b>740,7</b>	<b>860,3</b>	<b>851,7</b>	<b>696,5</b>	<b>1.034,2</b>	

Fonte: Adaptado da APAC, 2023.

Observa-se que os maiores índices pluviométricos ocorreram nos meses de março, abril, maio, junho, julho, agosto e novembro, variando entre 56,8 mm e 122,0 mm, e os menores nos meses de janeiro, fevereiro, setembro, outubro e dezembro, variando entre 30,2 mm e 45,0 mm.

Também foi efetuado um gráfico com base nos dados colhidos na Tabela 1, apresentando a variabilidade das médias mensais em milímetro e do desvio padrão, conforme figura 1.

**Figura 1** – Gráfico da variabilidade das precipitações médias mensais em mm e do desvio padrão do município de Lagoa dos Gatos, anos de 2014 a 2022.

Percebe-se que as médias pluviométricas oscilaram entre 30,2 mm (outubro) a 122 mm (maio). O menor desvio padrão foi de 20,1 mm (setembro), o que indica a similaridade de precipitações, ou seja, os valores amostrais estão próximos da média. O maior desvio padrão foi de 109 mm (novembro), o que revela a maior variação de chuva em torno da média (REIS *et al.*, 2020).



## Volume de água aproveitável

O volume de água aproveitável referente aos anos de 2014 a 2022 se encontram descritos na Tabela 2, na qual consta as precipitações médias mensais em milímetros e o volume de água aproveitável em metros cúbicos.

Tabela 2 - Precipitação média mensal e volume de água aproveitável 2014-2022

Mês	Precipitação (mm)	Volume aproveitável m <sup>3</sup>
Janeiro	45,0	101,66
Fevereiro	42,0	94,88
Março	101,38	229,02
Abril	100,6	227,26
Mai	122,0	275,60
Junho	98,83	223,26
Julho	117,0	264,31
Agosto	56,81	128,34
Setembro	32,1	72,52
Outubro	30,23	68,29
Novembro	76,3	172,37
Dezembro	38,49	86,95
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>		<b>1.944,45</b>

Fonte: Autoria própria, 2023.

A análise da Tabela 2 sugere que durante o período de um ano o volume de água aproveitável é de 1.944,45 m<sup>3</sup>, havendo disponibilidade de água da chuva suficiente para suprir a demanda mensal nos meses de março a agosto e novembro. Os meses em que não seriam suficientes para suprir a demanda são janeiro, fevereiro, setembro, outubro e dezembro, sem levar em consideração a sobra de água do mês anterior.

É importante salientar que o Brasil apresenta viabilidade de implantação de sistema para água de chuva, pois um estudo sobre o volume aproveitável de água da chuva revela que, das 27 capitais brasileiras analisadas, em 26 o volume de água da chuva anual é suficiente para atender à demanda residencial de água. Aduz, ainda, que Macapá (AP) seria a única cidade em que o volume aproveitável de água da chuva não atenderia ao volume de água consumida na cidade (PÔJO; JÚNIOR; MENDES, 2020).

## Dimensionamento do reservatório

Foi aplicado como parâmetro o método da simulação, o qual faz uma relação entre a capacidade de armazenamento, o volume de chuva potencial de ser captado e a demanda de água para os usos não potáveis estabelecidos, sendo que no momento em que o volume de chuva é superior ao que pode ser armazenado, tem-se o descarte do volume excedente. Por sua vez, quando for insuficiente, será suprido por uma fonte de abastecimento externo. Desse modo, esse método disponibiliza cenários para avaliação e tomada de decisão (CUNHA; COUTO, 2020).

O método da simulação foi aplicado com algumas adaptações, uma vez que, em relação ao consumo, não foi considerado um valor constante, pois o cálculo foi adaptado para aplicação do consumo previsto para os meses letivos e meses de férias, havendo sido mensurado um consumo de 109 m<sup>3</sup> nos meses letivos e 60 m<sup>3</sup> no período de férias, bem como foi aplicado o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*) de 0,90, por ser a cobertura de telhas cerâmicas e metálicas (TOMAZ, 2005, p. 79) e foi inserido um fator de captação de 0,85, encontrando-se o resultado descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de aplicação de simulação para reservatório de 80 m<sup>3</sup>, considerando a média mensal das precipitações. P: Chuvas médias mensais; Dt: Consumo mensal de água não potável; A: Área de captação da chuva; Qt: Volume de água de chuva obtido; V: Volume do reservatório fixado; St-1: Volume do reservatório no início da contagem do tempo; St: Volume do reservatório no fim do mês; Ov: A água que sobra e é descartada.

Mês	Chuva média (mm)	wDemanda mensal constante (m <sup>3</sup> )	Área de wcaptação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva (m <sup>3</sup> ) C= 0,90 η= 0,85	Volume reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório (t-1) m <sup>3</sup>	Volume do reservatório tempo (t)	Overflow (m <sup>3</sup> )
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov
Jan	45,0	60	2.953,27	101,66	80	0	41,66	0
Fev	42,0	109	2.953,27	94,88	80	41,66	27,54	0
Mar	101,4	109	2.953,27	229,02	80	27,54	80	67,56
Abr	100,6	109	2.953,27	227,26	80	80	80	118,26
Mai	122,0	109	2.953,27	275,6	80	80	80	166,6
Jun	98,83	109	2.953,27	223,26	80	80	80	114,26
Jul	117,0	60	2.953,27	264,31	80	80	80	204,31
Ago	56,81	109	2.953,27	128,34	80	80	80	19,34
Set	32,1	109	2.953,27	72,52	80	80	43,52	0
Out	30,23	109	2.953,27	68,29	80	43,52	7,04	0
Nov	76,3	109	2.953,27	172,37	80	7,04	70,41	0
Dez	38,49	60	2.953,27	86,95	80	70,41	80	17,36
<b>Totais</b>	860,76	1.161		1944,46				707,69

Coeficiente de *runoff* = 0,90; Fator de captação = 0,85; Volume do reservatório (m<sup>3</sup>) = 80 m<sup>3</sup>

Fonte: Adaptado de TOMAZ, 2005, p. 143.

Com a implantação do reservatório de 80 m<sup>3</sup> a demanda de água não potável para usos nas descargas dos vasos sanitários e limpeza será suprida em 100%, conseqüentemente, haverá uma redução anual do uso da água potável fornecida pela concessionária de abastecimento público de 1.236,77 m<sup>3</sup>, bem como 64% da água da chuva aproveitável será utilizada.

O sistema de armazenamento foi projetado para ser constituído por quatro caixas d'água de fibra de vidro com capacidade de 20.000 litros de água cada. Para cada caixa será instalado um filtro ciclo 500, próprio para sistema de aproveitamento de água de chuva, podendo ser utilizado para até 800 m<sup>2</sup> de área para captação.

As caixas de água serão interligadas e poderão receber tanto água de chuva, quanto água da rede pública, quando, eventualmente, a água de chuva não for suficiente para suprir a demanda.

Os reservatórios serão instalados no terreno da própria escola, que fica na parte de trás do prédio da escola.

### Estimativa do custo e tempo de retorno do investimento

Os custos com os insumos (caixas d'água de fibra de vidro, tubulações, bomba, concretagem, alvenaria, laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, dispositivos de tratamento e mão de obra) para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, com um reservatório de 80 m<sup>3</sup>, resultaram em R\$ 118.808,67, conforme dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023); Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE, 2022; e Ecosustentável Comércio de Materiais Ecológicos Eireli (ECO, 2023).

A empresa de abastecimento público cobra mensalmente os seguintes valores: a) até 10 m<sup>3</sup> o valor de R\$ 71,81; b) acima de 10 m<sup>3</sup> o valor de R\$10,82 por m<sup>3</sup>, considerando que 1236,77 m<sup>3</sup> serão supridos pela água da chuva, ter-se-á uma economia financeira anual de R\$ 13.381,85. Aplicou-se a Equação 9, para determinar o tempo de retorno do investimento que auferiu que este ocorrerá no período de aproximadamente 8,9 anos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água doce desempenha um papel vital no desenvolvimento econômico, social e ambiental. Garantir sua disponibilidade e gestão sustentável em termos de quantidade e qualidade é fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Os sistemas de aproveitamento de água da chuva são considerados uma opção atraente, devido aos benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais que oferecem. Eles são reconhecidos como um dos melhores meios de fornecer água de forma sustentável em áreas urbanas, uma vez que a água da chuva, por ser doce, pode ser facilmente coletada e usada para fins não potáveis.

Nos últimos anos, os estados brasileiros têm implementado leis de incentivo ao aproveitamento da água da chuva, tanto em edifícios particulares quanto públicos. Os edifícios públicos, devido às grandes áreas de cobertura e à alta demanda por água não potável, são locais promissores para a instalação desses sistemas. Isso resulta em economia de água potável, redução do consumo de energia e emissões de gases poluentes associadas ao tratamento e distribuição de água potável, além de aliviar a pressão sobre sistemas de drenagem urbana e fontes de água.

Neste estudo, avaliamos a viabilidade de implementar um sistema de aproveitamento de água da chuva na Escola Municipal Cordeiro Filho. A água coletada seria suficiente para atender às necessidades de vasos sanitários e limpeza da escola, representando uma economia anual de 1.236,77 m<sup>3</sup> de água potável fornecida pela empresa de abastecimento público e uma economia financeira de R\$ 13.381,85, com retorno em 8,9 anos, além dos benefícios ambientais.

Em resumo, o aproveitamento de água da chuva é uma tecnologia viável para enfrentar a escassez de água, atendendo aos critérios de viabilidade técnica, econômica e ambiental. Espera-se que os resultados deste estudo incentivem novas pesquisas sobre o uso de água pluvial em edifícios públicos, promovendo a gestão sustentável desse recurso e a redução dos custos associados ao consumo de água potável.



## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: **Água de chuva – Aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16727-1: **Bacia sanitária – Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro. 2019.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Água. Segurança hídrica do abastecimento humano. Apresentação**. Brasília, 2021a. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21>

730. Acesso em: 12 maio 2022.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUA E CLIMA (APAC). Monitoramento Pluviométrico. **Históricos de chuvas**. Recife, 2023. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BONA, Sara Caroline. **Aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis no Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico, Leiria, 2021. Disponível em: <https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/5547>. Acesso em: 14 mar. 2022.

COMPESA. Companhia Pernambucana de Saneamento. **Calendário de abastecimento**, 2023. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/calendario-de-abastecimento-da-compesa/>. Acesso em: 12 mar. 2023.

CUNHA, Flávio Resende.; COUTO, Eduardo Aguiar do. Avaliação de técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva em uma universidade pública. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.**, v. 7, n. 16, 2020.

ECO, Ecosustentável Comércio de Materiais Ecológicos Eireli. Londrina, **c2023**. Disponível em: <https://www.ecosustentavel.eng.br/kit-chuva-filtro-ciclo-500>. Acesso em: 21 mar. 2023.

FASOLA, Gabriel Balparda *et al.* Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, 2011.

GERALDI, Matheus Soares; GHISI, Enedir. **Assessment of the length of rainfall time series for rainwater harvesting in buildings**. Resources, Conservation and Recycling, v. 133, 2018.

GRAZZIA, Antonio Roberto; GIACON, Fabiana Peixoto; FONTES, Ketilin Modesto. Metodologia Científica Gestão de Projetos. São Paulo: Editora Érica, 2017. *E-book*.

IBGE, 2021. **Cidades Pernambuco: Lagoa dos Gatos. Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge>.

gov.br/brasil/pe/lagoa-dos-gatos/panorama. Acesso em: 14 jun. 2022.

IBGE, 2020. **Perfil dos municípios brasileiros: gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário: 2017 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101735>. Acesso em: 14 jun. 2022.

MAPBIOMAS, 2021. **A dinâmica da superfície de água do território brasileiro. Principais resultados do mapeamento anual e mensal da superfície de água no Brasil entre 1985 até 2020**. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 03 jul. 2022.

MARTINS, Byanca Evelly dos Santos; MENEZES, Lenore Karla Medeiros; FARTO, Cindy Deina; JUNIOR, Gilson Barbosa Athayde. Análise da viabilidade econômica do aproveitamento de água de chuva para edificações verticais do tipo residencial na Cidade de João Pessoa Estado da Paraíba. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021.

MEZZARROBA, Orides; MONTEIRO, Cláudia Servilha. Manual de metodologia da pesquisa no direito. 9. ed. São Paulo: SaraivaJur, 2023, p. 138 e p. 148.

OMM, 1989. **Calculation of monthly and anual 30-year standard normals**. Geneva, 1989. (WMO, technical document, n. 341; WCDP, n. 10). 1989.

ONU, 2018. **Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas 2018: Soluções Baseadas na Natureza para a Água**. Paris, Unesco, 2018. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 02 jul. 2022.

ORSE – Orçamento de obras de Sergipe, **OUT/2023**. Disponível em: <http://orse.cehop.se.gov.br/insumo-sarvore.asp>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PÔJO, Bruna Coelho da conceição; JÚNIOR, Monaldo Begot da Silva; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Volume aproveitável de água da chuva: um estudo sobre as capitais Brasileiras. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, 2020.

PREETI, Preeti; RAHMAN, Aatur. A Case Study on Reliability, Water Demand and Economic Analysis of Rainwater Harvesting in Australian Capital Cities. **Water**, v. 13, n. 19, 2021.

REIS, Fabio Antonio da Silva; PEREIRA, Liri Lima; AMADO, Franco Dani Rico; STRACIERI, Juliana; LISBOA, Gerson dos Santos. Aplicação da estatística descritiva: análise da precipitação pluviométrica no município de Canavieiras, BA. **Gaia Scientia, [S. l.]**, v. 14, n. 3, 2020.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; ALMEIDA, Thiago Gomes de; RHIS, Arnon Roberto; COELHO, Sandro Sofia Figueredo. Reaproveitamento de água pluvial: estudo de caso na Universidade Presidente Antônio Carlos-Teófilo Otoni-MG. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 5, 2019.



SHIGUANG, Chen; YU, Zhang. Economic Feasibility Analysis of Rainwater Harvesting System at Typical Public Buildings in Guangzhou *Jornal da Sociedade Coreana de Engenharia Ambiental*, v. 43, n. 3, 2021.

SILVA, Bruno Augusto Souza Ramos da; SILVA, Joecilva Santos da; CUNHA, Katriane Monteiro da. Aproveitamento de águas pluviais - Estudo de caso: ESAT/UEA. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 24., 2021, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2021, p. 4. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13590>. Acesso em: 28 fev. 2022.

SILVA, Diogo Antonio Jesus da. **Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em um colégio público de Cruz das Almas-BA**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Maria Milza, Governador Mangabeira, 2021, p. 41-42. Disponível em: <http://famamportal.com.br:8082/jspui/handle/123456789/2472>. Acesso em: 04 jun. 2022.

SINAPI – Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil, JAN/2023. Disponível em: [https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_653](https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_653). Acesso em: 21 mar. 2023.

SODRÉ, Virgínia Dias de Azevedo; FUKASAWA, Bruno Nogueira; FUKASAWA, Marina Roque. **Guia orientativo das normas de conservação de água, fontes alternativas não potáveis e aproveitamento de água de chuva em edificações**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília-DF: CBIC, 2019, p. 99. Disponível em: [https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Guia\\_Orientativo\\_Normas\\_de\\_Conservacao\\_de\\_Agua.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Guia_Orientativo_Normas_de_Conservacao_de_Agua.pdf). Acesso em: 11 jul. 2022.

SOUZA, Tays Maria Rosado de. **Potencial de aproveitamento de água de chuva e reuso de águas cinzas na UFPE: estudo de caso do prédio da faculdade de medicina**. 2018, 104 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/32585>. Acesso em: 24 jun. 2022.

STROBEL, Christian Scapulatempo; CATAPAN, Anderson; CATAPAN, Márcio Fontana. Estudo da viabilidade técnica de um dispositivo de extração de água do ar atmosférico para o desenvolvimento regional de comunidades isoladas. *Studies in Multidisciplinary Review*, v. 3, n. 2, 2022.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005, p. 79, p. 142 e p. 143.

ÜLKER, Erman. Feasibility Study of Rainwater Harvesting in Public Buildings: A Case Study in Bayraklı, İzmir. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, v. 10, n. 2, 2022.

ZABELLA, Luciano; ALVES, Wolney Castilho. **Evolução normativa brasileira sobre sistemas prediais para aproveitamento de água de chuva**. Porta Grossa: Editora Atena, 2021. *E-book*, p. 127. (Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 2). Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-e-book/4246>. Acesso em: 05 jul. 2022.