

## POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FIM NÃO POTÁVEL EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Antônio José Cruz de Araújo (\*), Êmele Rádna Rodrigues do Vale, Maria Josicleide Felipe Guedes

\* Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), e-mail: antoniojosecruz333@gmail.com

### RESUMO

A urbanização, bem como as mudanças nos hábitos de consumo de água, tem gerado graves pressões sobre os recursos hídricos. Há casos onde a demanda hídrica supera a oferta, configurando um sério problema socioambiental, principalmente em áreas mais fragilizadas, como o Nordeste brasileiro. Diante dessa conjuntura, tem-se buscado alternativas sustentáveis que auxiliem no atendimento da demanda de água. Uma das opções aplicadas é o aproveitamento de água de chuva. Dessa forma, nesta pesquisa, objetivou-se avaliar o potencial de aproveitamento de água pluvial para abastecimento das bacias sanitárias das centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró-RN. Para tanto, foi aplicado o método da simulação, proposto na NBR 15.527, que fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. De acordo com a avaliação, foi constatado que as centrais de aulas da universidade apresentam potencial de aproveitamento de água pluvial aprazível na ótica ambiental, com uma redução no consumo hídrico nas bacias sanitárias de até 68,20% ao ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** água de chuva, sustentabilidade, universidades.

### 1 INTRODUÇÃO

As alterações nos hábitos de consumo, bem como a urbanização, acabam por causar um desequilíbrio entre a demanda e a oferta de água. Diante disso, uma das alternativas encontradas para minimizar as pressões sobre esses recursos hídricos é o aproveitamento de água de chuva (WILCOX *et al.*, 2016).

O Nordeste brasileiro é uma região que, pela própria natureza, necessita de atenção especial referente à oferta de água, particularmente o Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), que possui 87,8% do seu território no semiárido (ANA, 2017).

Diante disso, ressalta-se a necessidade de buscar alternativas para a conservação da água. Sob essa perspectiva, enseja-se que as instituições de ensino superior, por serem responsáveis pela difusão de conhecimento e tecnologia, empenhem-se no sentido de cumprir seu papel socioambiental, atendendo, por exemplo, expectativas voltadas à utilização dos recursos hídricos de modo estratégico.

Dessa forma, entendendo-se que o aproveitamento de água pluvial é uma alternativa de conservação dos recursos hídricos, nesta pesquisa é apresentado o potencial de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis nas centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró-RN.

### 2 OBJETIVO

Avaliar o potencial de aproveitamento de água pluvial para abastecimento das bacias sanitárias das centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró-RN.

### 3 METODOLOGIA

A análise do potencial de aproveitamento de água pluvial exige a avaliação de dados de precipitação que sejam representativos para as condições futuras e as estimativas da demanda de água de chuva e da área de captação do local onde planeja-se implementar o sistema.

Assim, para a realização desta pesquisa, foram obtidos dados de precipitação média mensal do município de Mossoró-RN, para a série histórica de janeiro de 1998 a dezembro de 2018. A obtenção das informações procedeu-se na base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), no sítio HidroWeb. Os dados pluviométricos empregados neste estudo são apresentados na Figura 1.

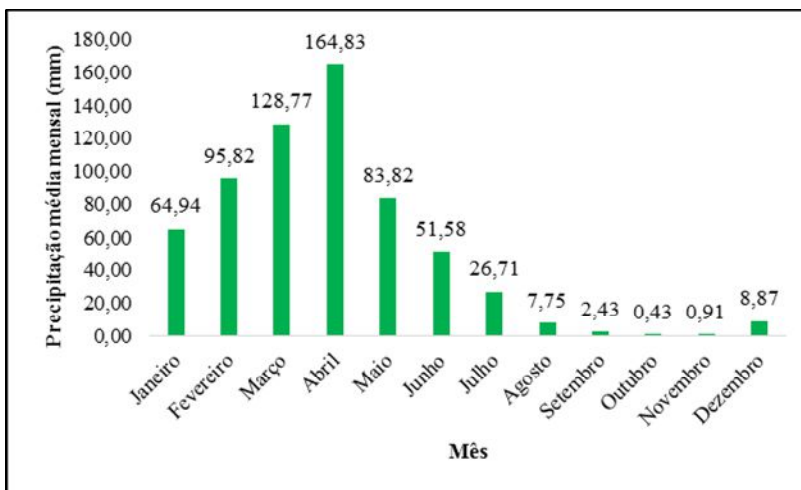


Figura 1: Precipitação média mensal do município de Mossoró-RN entre janeiro de 1998 e dezembro de 2018.  
 Fonte: Adaptado de ANA (2019).

A demanda de água pluvial foi calculada com base na estimativa do consumo de água nas bacias sanitárias das centrais de aulas da UFERSA proposta por Vale (2019), sendo esse valor de  $11,6 \text{ m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$  por aparelho.

A UFERSA possui 8 centrais de aulas denominadas de Prédio Central e Centrais de Aulas 1 a 7. As áreas de captação de água de chuva desses locais e empregues neste trabalho são referentes a duas fontes: para as Centrais de Aulas 1, 2, 4, 5 e 6 foram utilizados os dados de áreas de captação dispostos em relatório técnico da instituição (UFERSA, 2016); e para os demais locais em que não havia dados no relatório técnico (Prédio Central e Centrais de Aulas 3 e 4), as áreas de captação foram calculadas mediante o emprego da ferramenta de cálculo da área poligonal, artifício contido no *software* Google Earth (2019).

Para a avaliação do potencial de aproveitamento de água pluvial foram sugeridas capacidades de reservatórios distintas para cada edificação, com base nas suas especificidades. Para isso, foi utilizado o método da simulação, proposto na NBR 15.527 (ABNT, 2007), que fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Mediante a aplicação do método, foi possível estimar o volume de água captado com destinação ao abastecimento das bacias sanitárias e o volume de água que deverá ser suprido por uma fonte externa. As Equações 1 e 2 são referentes à ferramenta de dimensionamento dos reservatórios: o método da simulação.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Equação (1)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo que:  $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Onde:

$S_{(t)}$  → 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 (adotado 0,8, conforme recomendações da NBR 15.527).

## 4 RESULTADOS

As centrais de aulas possuem demandas de água pluvial e áreas de captação distintas. A demanda de água de chuva para abastecimento das bacias sanitárias de cada edificação e as áreas de cobertura disponíveis para a captação são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Demanda mensal de água nas bacias sanitárias e áreas de captação das centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Fonte: Autoria própria baseado em Vale (2019).**

Edificação	Quantidade de BS <sup>1</sup>	Demanda de água por BS (m <sup>3</sup> .mês <sup>-1</sup> )	Demanda de água de todas BS <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> .mês <sup>-1</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )
Prédio Central	8		92,8	2.234
Central de Aulas 1	6		69,6	1.080
Central de Aulas 2	6		69,6	1.080
Central de Aulas 3	21	11,6	243,6	1.137
Central de Aulas 4	6		69,6	1.220
Central de Aulas 5	21		243,6	1.420
Central de Aulas 6	24		278,6	989
Central de Aulas 7	24		278,6	723

<sup>1</sup> BS: bacia sanitária. <sup>2</sup> Nos meses típicos de férias (janeiro e dezembro) foi considerada uma redução de 98% da demanda.

Por conseguinte, foram sugeridas capacidades dos reservatórios de água pluvial alicerçando-se no método da simulação. No caso do Prédio Central, como a área de captação é grande comparada à demanda de água de chuva, é possível suprir totalmente o consumo; entretanto, exigiria um reservatório vultoso, de 396 m<sup>3</sup>. Assim, para essa edificação, foi proposto um reservatório de 100 m<sup>3</sup>, visando facilitar as operações construtivas. Para as demais centrais de aulas, a demanda de água pluvial extrapola o volume captado anualmente, dessa forma, em algum instante, embora a capacidade do reservatório desses locais seja expandida, essa não acarretará em nenhum acréscimo na economia de água potável, impondo, em qualquer circunstância, o suprimento de água externo. O modelo da planilha utilizada para o método da simulação é apresentado na Tabela 2, onde é demonstrado o cálculo para o Prédio Central, todavia, para as demais centrais de aulas o dimensionamento foi feito de maneira análoga.

**Tabela 2. Aplicação do método da simulação para o Prédio Central da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Fonte: Autoria própria (2019). Fonte: Autoria própria (2019).**

Local: Prédio Central			Área de captação (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de escoamento superficial		Capacidade do reservatório (m <sup>3</sup> )	
			2.234	0,80		100	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Mês	Precipitação média mensal (mm)	Volume captado (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório em t-1 (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório em t (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	64,94	116,07	1,86	0,00	100,00	14,21	0,00
Fev	95,82	171,26	92,80	100,00	100,00	78,46	0,00
Mar	128,77	230,13	92,80	100,00	100,00	137,33	0,00
Abr	164,83	294,59	92,80	100,00	100,00	201,79	0,00
Mai	83,82	149,80	92,80	100,00	100,00	57,00	0,00
Jun	51,58	92,19	92,80	100,00	99,39	0,00	0,00
Jul	26,71	47,74	92,80	99,39	54,32	0,00	0,00
Ago	7,75	13,85	92,80	54,32	-24,63	0,00	24,63
Set	2,43	4,34	92,80	0,00	-88,46	0,00	88,46
Out	0,43	0,77	92,80	0,00	-92,03	0,00	92,03
Nov	0,91	1,63	92,80	0,00	-91,17	0,00	91,17
Dez	8,87	15,85	1,86	0,00	13,99	0,00	0,00
Volume anual de suprimento de água externo (m <sup>3</sup> ):							296,29

Quanto à planilha de dimensionamento exposta na Tabela 2, a explicação da obtenção dos elementos expostos nessa é dada no Quadro 1.

**Quadro 1. Explicação da obtenção dos elementos expostos na Tabela 2. Fonte: Autoria própria (2019).**

Coluna	Explicação da obtenção dos elementos das colunas da Tabela 2
(1)	Meses do ano
(2)	Base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA)
(3)	Calculado conforme a Equação 2
(4)	Demanda de água pluvial nas bacias sanitárias, considerando redução de 98% no consumo de água nos meses de férias, uma vez que há redução drástica da população que frequenta esses locais nesse período
(5)	Volume do reservatório no início do mês, em t-1: considerou-se o reservatório vazio no início do mês de janeiro, e para os meses subsequentes, esse valor foi calculado da seguinte maneira: se valor obtido na coluna (6) na data imediatamente anterior for $< 0 \rightarrow$ volume no reservatório em t-1 = 0; caso contrário, volume no reservatório em t-1 = valor obtido na coluna (6)
(6)	Volume do reservatório ao final de cada mês, em t: se (valor obtido na coluna (3) + valor obtido na coluna (5) - valor obtido na coluna (4)) > capacidade do reservatório $\rightarrow$ coluna (6) = capacidade do reservatório; caso contrário, coluna (6) = (valor obtido na coluna (3) + valor obtido na coluna (5) - valor obtido na coluna (4)). Se o valor da coluna (6) for negativo, sabe-se que o reservatório está vazio, exigindo suprimento de á externo
(7)	<i>Overflow</i> : volume de chuva que extravasa no mês, devido o reservatório já estar cheio. Se valor obtido na coluna (3) + valor obtido na coluna (5) - valor obtido na coluna (4)) > capacidade do reservatório, haverá <i>overflow</i>
(8)	Volumes de água que deverão ser supridos por uma fonte externa, nos casos em que os valores expressos na coluna (6) são negativos

Posto isso, na Tabela 3 são exibidas as capacidades dos reservatórios de água pluvial sugeridos para cada central de aulas, respeitando o critério de capacidade máxima dos reservatórios de 100 m<sup>3</sup>, a fim de simplificar as operações construtivas desses. São apresentadas também as estimativas dos índices de redução do consumo de água potável nas bacias sanitárias caso seja adotado o sistema de aproveitamento de água de chuva.

**Tabela 3. Resultados obtidos da estimativa de redução do consumo de água potável nas bacias sanitárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido com a adoção de sistema de aproveitamento de água pluvial. Fonte: Autoria própria (2019).**

Edificação	Capacidade do reservatório (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Índice de redução do consumo de água (%.ano <sup>-1</sup> )
Prédio Central	100,00	296,29	68,20
Central de Aulas 1	100,00	240,00	65,65
Central de Aulas 2	100,00	240,00	65,65
Central de Aulas 3	55,00	1.869,65	23,56
Central de Aulas 4	100,00	229,95	67,09
Central de Aulas 5	69,00	1.727,47	29,37
Central de Aulas 6	46,00	2.294,70	17,96
Central de Aulas 7	32,00	2.428,78	13,17

Não é necessário expandir as capacidades dos reservatórios de água pluvial das Centrais de Aulas 3, 5, 6 e 7 para valores maiores que os explicitados na Tabela 3, pois não promoverá nenhum acréscimo no índice de redução do consumo de água.

Mediante a análise dos resultados de estimativa do índice de redução do consumo de água nas bacias sanitárias dos locais estudados, a alternativa de aproveitamento de água de chuva é atrativa do ponto de vista ambiental, com economia de água potável variando de 13,17 a 68,20% ao ano.

## 5 CONCLUSÃO

As centrais de aulas da UFERSA apresentam potencial de aproveitamento de água de chuva aprazível na ótica ambiental, com índices de redução do consumo de água nas bacias sanitárias de até 68,20% ao ano. Todavia, é necessário um estudo mais detalhado referente aos custos de instalação e manutenção. Assim, com base na análise concomitante dos aspectos ambiental, financeiro e técnico, será possível verificar a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 15 p.

2. ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/>. Acesso em: 26 de agosto de 2019.
3. ANA – Agência Nacional de Águas. **HidroWeb**: Sistema de Informações Hidrológicas. 2019. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 23 de maio de 2019.
4. GOOGLE EARTH. **Software**. 2019. Disponível para download em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 23 de maio de 2019.
5. UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. **Relatório técnico**: estudo da viabilidade da captação das águas pluviais e do reúso da água da UFERSA, campus Mossoró. Mossoró. 2016.
6. VALE, E. R. R. **Subsídios para elaboração de um plano de gerenciamento da demanda de água em campus universitário**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – UFERSA. Mossoró, 2019.
7. WILCOX, J.; NASIRI, F.; BELL, S.; SAIFUR, R. Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review. **Sustainable Cities and Society**, v. 27, p. 448-456, nov. 2016.