



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO RIO GRANDE DO NORTE

Leonardo Rosa Andrade¹ & Adelená Gonçalves Maia^{2} & Paulo Sérgio Lucio³*

RESUMO - A região do nordeste brasileiro é normalmente associada à escassez de água, fato que ocorre em grande parte de seu território, o que torna necessário cada vez mais a utilização de variadas fontes de água para promover o equilíbrio entre a demanda e a oferta de água para o abastecimento. A água de chuva tem sido aproveitada em várias partes do mundo onde o sistema convencional não atende satisfatoriamente às necessidades da população. Neste trabalho foi analisada a eficiência de cisternas localizada em cinquenta municípios do estado do Rio Grande do Norte, através do balanço hídrico diário de cisternas, considerando a área de telhado de 100 m², demanda de 100 litros.dia⁻¹ e volume da cisterna de 15 m³. Observou-se que o padrão de eficiência das cisternas se assemelha ao padrão de distribuição da precipitação média anual, sendo que a variabilidade temporal da precipitação é outro fator relevante na eficiência do sistema. Os resultados apresentaram eficiências acima de 70%, sendo o aproveitamento de água de chuva considerado um sistema com grande potencial para utilização em larga escala no estado do Rio Grande do Norte.

Palavras-chave – Eficiência, Simulação.

RAINWATER HARVESTING EFFICIENCY ANALYSIS IN RIO GRANDE DO NORTE STATE

ABSTRACT - The Brazilian Northeast is usually associated with water shortages, what happen in almost all territory and makes increase the necessity for different water sources to promote a equilibrium between demand and water supply. The rainwater is used in various parts of the world where the water supply conventional system does not satisfy the population. In this work it was analyzed the rainwater tank efficiency located in fifty Rio Grande do Norte cities. The analysis was performed through the daily simulation of the rainwater tanks, considering the roof area of 100 m², demand 100 litros.dia⁻¹ and tank volume of 15 m³. It was observed that the tank efficiency pattern look like the rainfall distribution pattern and the temporal variability of rainfall is another important factor in system efficiency. The results presented efficiencies above 70%, and the rainwater use is considered a system with great potential for large-scale use in Rio Grande do Norte state.

Keywords - Efficiency, Simulation.

1 Professor do da UNESC (Faculdades Integradas de Cacoal), Rua dos Esportes, 1.038. CEP 78.976-215 - Bairro: INCRA, Cacoal – RO; leo.r.andrade@gmail.com

2 Professora Adjunta do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). UFRN/CT/LARHISA, Cx. Postal 1524 , Campus Universitário Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal – RN; adelenam@gmail.com

3 Professor Associado do Departamento de Estatística da UFRN. UFRN/CCET/PPGCC. Cx. Postal 1524 , Campus Universitário Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal – RN; pslucio@ccet.ufrn.br

*Autor Correspondente



1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico e populacional observado nos últimos anos no Brasil fez aumentar a pressão sobre os recursos hídricos, provocando situações de escassez de água ou de conflitos de uso, principalmente nos grandes centros urbanos e nos polos agropecuários mecanizados (ANA, 2002), onde a água se constitui num fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (ANA, 2005).

A utilização de fontes alternativas de água é de suma importância para a gestão dos recursos hídricos, sendo o aproveitamento de água de chuva uma das medidas adotadas para conservação deste recurso, não só para o uso doméstico, mas também para o uso industrial (KHASTAGIR e JAYASURIYA, 2010; PALLA et al., 2012). Logo, uma nova abordagem para a gestão da água em áreas urbanas deve necessariamente levar em conta a água de chuva como fonte potencial para o abastecimento.

A região do nordeste brasileiro é normalmente associada à escassez de água, fato que ocorre em grande parte de seu território, o que torna necessário cada vez mais a utilização de variadas fontes de água para promover o equilíbrio entre a demanda e a oferta de água para o abastecimento. Por conta disso, temos que o semiárido Potiguar tem explorado ao longo dos anos, a utilização das cisternas, principalmente nos estabelecimentos rurais. No entanto, o uso da água da chuva tem grande potencial de economia de água de abastecimento público nas áreas urbanas, e tem ganhado cada vez mais espaço na arquitetura sustentável, podendo ser incentivada pelo poder público.

A água de chuva tem sido aproveitada em várias partes do mundo onde o sistema convencional não atende satisfatoriamente as necessidades da população (LIAW, 2004). No entanto, a água de chuva raramente é utilizada como a fonte imediata de abastecimento de água urbano, sendo que a utilização da mesma está geralmente atrelada a estabelecimentos rurais nas regiões semiáridas (SHAMMAS e WANG, 2013).

Um sistema individual de aproveitamento de água de chuva é dotado geralmente de tecnologia de coleta da água pelos telhados, sendo então, a água conduzida através de calhas até cisternas, apoiadas ou enterradas. Com isso, a armazenagem transforma a água de chuva (distribuída irregularmente no tempo e no espaço) em um suprimento contínuo, podendo a água da chuva ser utilizada para diversos fins (HELMREICH e HORN, 2009; SHAMMAS e WANG, 2013).

O objetivo deste trabalho é apresentar o desempenho de cisternas, no atendimento das suas demandas, no estado do Rio Grande do Norte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

As análises foram realizadas considerando a precipitação pluviométrica diária de cinquenta municípios localizados no Estado do Rio Grande do Norte, sendo: Afonso Bezerra, Apodi, Assú, Baía Formosa, Bodó, Caiçara do Norte, Caicó, Caraúbas, Coronel Ezequiel, Currais Novos, Equador, Fernando Pedroza, Galinhos, Grossos, Ipueira, Itajá, Janduís, Jardim de Piranhas, João Câmara, Macau, Mossoró, Natal, Nísia Floresta, Paraná, Parazinho, Passa e Fica, Pau dos Ferros,



Pedra Preta, Pedro Velho, Pendências, Pilões, Portalegre, Porto do Mangue, Rafael Godeiro, Riacho de Santana, Santa Maria, Santana do Matos, São José do Seridó, São Tomé, Serra do Mel, Serrinha, Taipu, Tangará, Tenente Laurentino Cruz, Tibau, Tibau do Sul, Touros, Triunfo Potiguar, Venha-Ver e Vera Cruz. A distribuição espacial das estações pluviométricas e a precipitação média anual podem ser visualizadas através da figura 1.

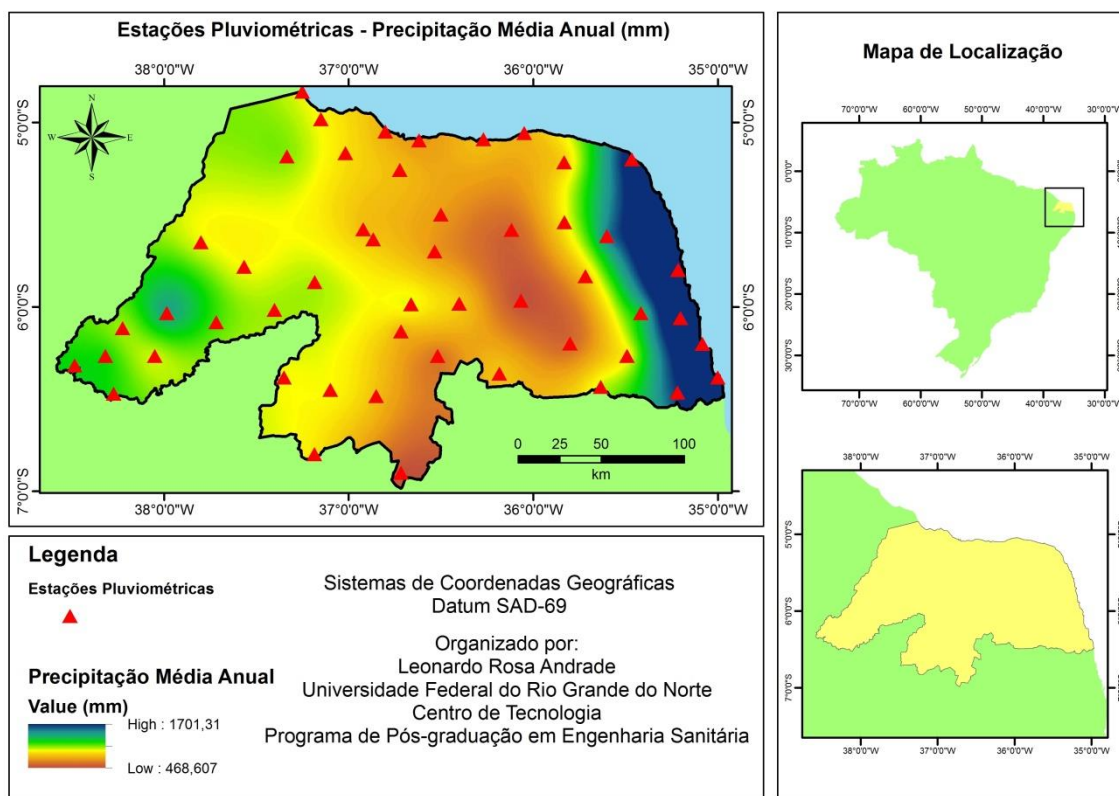


Figura 1 – Distribuição das estações pluviométricas e precipitação média anual.

Os dados de precipitação diária utilizados neste trabalho foram cedidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e também disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA). As séries históricas abrangem 48 anos, que cobre o período de 1963 a 2010 para cada localidade estudada.

2.2 Balanço hídrico

A análise de comportamento das cisternas nos permite verificar o quão confiável é o sistema no atendimento das demandas, e isto é feito baseado num modelo de balanço hídrico. Foi adotado neste trabalho o modelo Supply After Spillage (YAS). De acordo com Mitchell (2007), este modelo é oferecido com mais precisão. Este modelo realiza o balanço de massa do reservatório seguindo as Equações 1 e 2:



$$Y_t = \min \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ V_{t-1} + I_t \end{array} \right. \quad (1)$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{t-1} + I_t - Y_t \\ C - Y_t \end{array} \right. \quad (2)$$

Onde Y_t é o volume que supriu a demanda no final do intervalo de tempo t ; V_{t-1} é o volume armazenado, no final do tempo $t-1$; V_t é o volume armazenado no final do intervalo de tempo t (tempo corrente); I_t é a água escoada a partir do telhado para o reservatório no intervalo de tempo t ; D_t a demanda total de água no intervalo tempo t ; C é a capacidade de armazenamento da cisterna. As simulações foram realizadas com intervalos de tempo diários e a evaporação da água no reservatório não foi considerada.

As simulações foram realizadas considerando uma residência padrão, cujas características são: área de telhado com superfície de 100 m², demanda de água de chuva de 100 l.dia⁻¹ e volume da cisterna de 15 m³. O coeficiente de escoamento superficial (C) adotado neste estudo foi de 0,85. O *first-flush* considerado foi de 1 mm.

O comportamento dos reservatórios frente ao atendimento das demandas foi analisado através da eficiência, apresentado conforme Fewkes (1999) na Equação 3.

$$E = \frac{\sum_{t=1}^T Y_t}{\sum_{t=1}^T D_t} \times 100\% \quad (3)$$

Onde E é a eficiência do sistema em atender a demanda (em %); Y_t é o volume que supriu a demanda no final do intervalo de tempo t ; D_t a demanda total de água requerida no intervalo de tempo t ; T é tempo total (em dias) da série estudada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações foram realizadas, de acordo com a configuração padrão adotada, formada a partir das variáveis estudadas (área de telhado 100 m²; demanda de água 100 litros.dia⁻¹; volume da cisterna 15 m³) para os 50 municípios determinados. As eficiências obtidas através das simulações estão sumarizadas no mapa apresentado a seguir (figura 2).

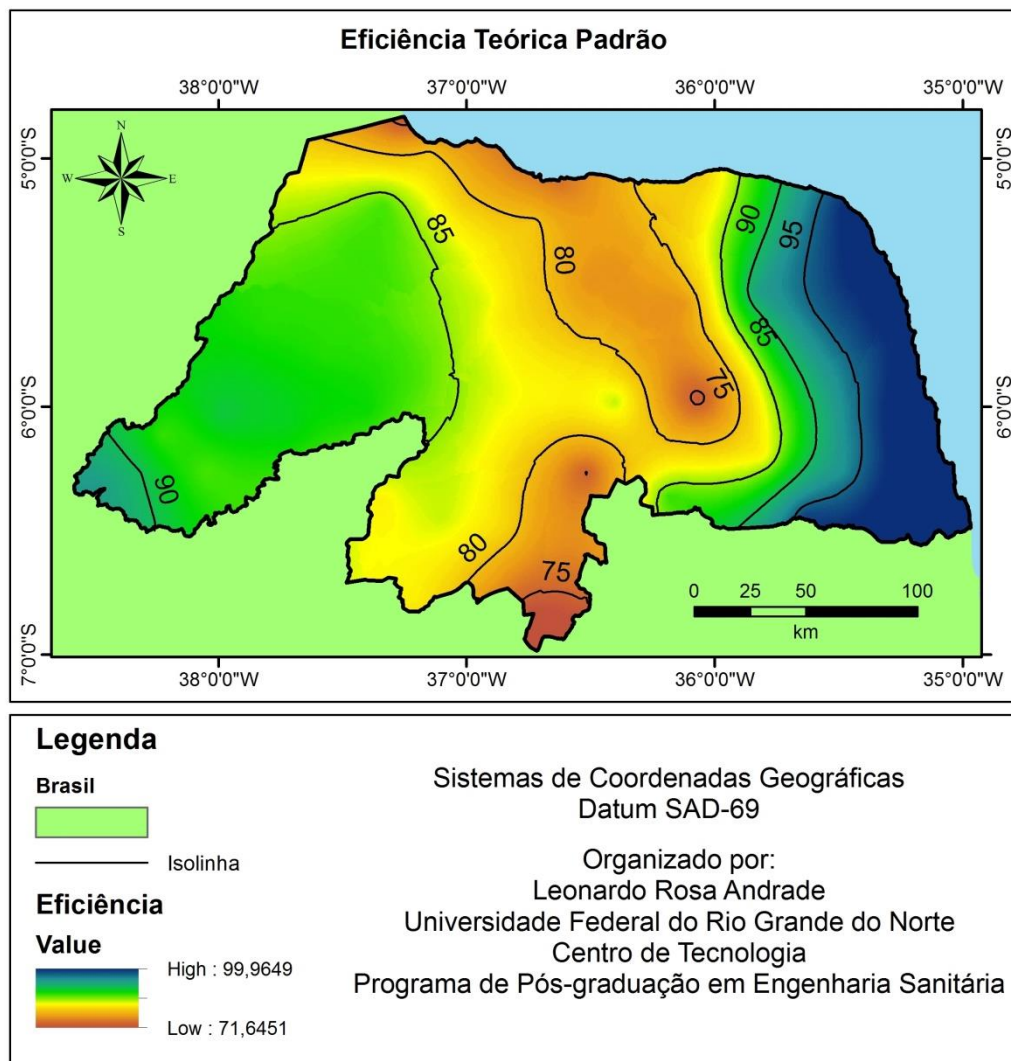


Figura 2 – Padrão de eficiência teórica de cisternas no Rio Grande do Norte.

A partir da Figura 2 podemos verificar que, o padrão de eficiência das cisternas se assemelha ao padrão de distribuição da precipitação média anual (figura 1), ou seja, as regiões com maiores índices pluviométricos coincidem com as regiões de maior eficiência, bem como as regiões com menores índices pluviométricos coincidem com as regiões de menor eficiência. Algumas outras características do regime pluvial também são relevantes, como a variação temporal da precipitação, que tem efeitos relevantes na eficiência das cisternas. Segundo Alves et al. (2013), regiões que possuem maiores índices de precipitação média anual e com melhor distribuição temporal da precipitação, possuem cisternas com eficiências maiores do que regiões com o mesmo índice de precipitação anual e maior concentração da precipitação ao longo do ano. Ou seja, a variabilidade temporal da precipitação é apontada como um fator relevante a ser considerado na análise do comportamento de uma cisterna frente ao atendimento das suas demandas.

Considerando as eficiências obtidas para as condições estudadas, podemos verificar que, em termos de alternativa de aporte hídrico, a água de chuva apresenta grande potencial para utilização



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

em larga escala no Rio Grande do Norte, dado que as eficiências encontradas superam a faixa dos 70%.

Outro fator que torna viável a utilização das cisternas, é que, nos períodos de estiagem, quando há estresse hídrico, os sistemas públicos de abastecimento do semiárido tendem a entrar em colapso, de modo que a alternativa de abastecimento utilizada é o carro-pipa. Deste modo, a cisterna pode ser utilizada para o armazenamento da água trazida pelo carro-pipa, minimizando as perdas ocasionadas pelo uso de outros tipos de vasilhames, com a depreciação da qualidade da água. Assim, nos períodos chuvosos, as cisternas promovem a armazenagem da água precipitada, regularizando a oferta, enquanto nos períodos de escassez, as cisternas podem ser utilizadas para armazenagem da água dos carros-pipa.

Podemos estabelecer ainda que os resultados apresentados podem ser utilizados para a determinação da eficiência de uma cisterna a ser implantada no Rio Grande do Norte, considerando as condições estudadas: área 100 m², demanda 100 litros.dia⁻¹, volume 15 mm³.

4 CONCLUSÕES

O padrão de eficiência das cisternas na área de estudo se assemelha ao padrão de distribuição da precipitação média anual, sendo que a variabilidade temporal da precipitação é outro fator relevante na eficiência do sistema.

Os resultados apresentaram eficiências acima de 70%, sendo o sistema de aproveitamento de água de chuva considerado com grande potencial para utilização em larga escala no estado do Rio Grande do Norte.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. O.; LIMA, L. S.; OLIVEIRA, V. H.; ANDRADE, L. R.; MAIA, A. G. Estudo da eficiência de cisternas em diferentes regimes pluviométricos: análise através de adimensionais. In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves, Nov. 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília; ANA, 2002.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: ANA, 2005.

FEWKES, A. Modelling the performance of Rainwater collection systems: towards a generalised approach. **Urban Water**, v.1, p.323-333, 1999.

HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in rainwater harvesting. **Desalination**, v.248, p. 118-124, 2009.



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

KHASTAGIR, A.; JAYASURIYA, N. Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation. **Journal of Hydrology**, v.381, p.181-188, 2010.

LIAW, C. H.; TSAI, Y. L. Optimum Storage Volume of Rooftop Rain Water Harvesting Systems for Domestic Use. **Journal of the American Water Resources Association**, v.40(4), p. 901-912, 2004.

MITCHELL, V. G. How important is the selection of computational analysis method to the accuracy of rainwater tank behaviour modelling? **Hydrological Processes**, v.21, p.2850-2861, 2007.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G.; BARBERA, P. L. Performance analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones. **Resources, Conservation and Recycling**, v.62, p.71-80, 2012.

SHAMMAS, N. K.; WANG, L. K. **Abastecimento de água e remoção de resíduos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2013.