



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2019

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO RACIONAL E SCS-CN DIANTE DO PROCESSO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM TELHADOS CERÂMICOS DE SISTEMAS DE COLETA DE ÁGUA DE CHUVA NA CIDADE DE FEIRA DE SANTANA-BA

**João Jorge de Souza Ortins de Freitas¹; Eduardo Henrique Borges Cohim da
Silva²; Vinicius Velanes Giffoni³**

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:
jorgefontes.20@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:
ecohim@gmail.com
3. Participante do PPGCEA, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:
vvelanes@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: SCS-CN; Método Racional; Dimensionamento de reservatórios.

INTRODUÇÃO

O sistema de coleta de água de chuva seu comportamento definido majoritariamente pela quantidade de água que é inserida no sistema, uma vez que essa água rege os acontecimentos posteriores a sua inserção no sistema, a água que efetivamente participa do sistema de coleta é o principal fator para o dimensionamento de todo sistema, essa quantidade de água é descrita através do escoamento superficial. Os autores que modelaram o sistema de coleta baseados no método racional utilizaram valores para o coeficiente de escoamento de 0,75 até 0,95 para os telhados. A escolha desses valores está possivelmente relacionada com a sugestão de alguns manuais de construção, por exemplo, ODOT Hydraulics Manual, Manual on Construction and Maintenance of Household Based Rooftop Water Harvesting Systems, TxDOT e o Traffic & Highway Engineering.

Os manuais não se tratavam propriamente da coleta de água de chuva, e sim drenagem urbana de forma geral, porém, parte dos autores utiliza os valores apresentados nos manuais para determinar o escoamento superficial sobre os telhados (Singh (1992), Kumar (2004), McCuen (2004), Viessman and Lewis (2003)).

O valor mais comumente utilizado pelos autores na abordagem do método racional é o valor de 0,8 (Tomaz (2005), Carvalho, Oliveira e Moruzzi (2007), Ghisi (2010), Rupp, Munarim e Ghisi (2011)), alguns autores chegam a utilizar valores superiores a 0,8 (Fewkes (2000), Lancaster (2006), May (2009), Rahman et al. (2010)).

Cavalcanti (2010), Althoff (2012), Zhu (2015) e Silveira (2018) desenvolveram estudos experimentais com telhados cerâmicos afim de correlacionar a precipitação e o escoamento superficial. Os resultados obtidos pelos autores demonstram que a relação entre o escoamento e a precipitação é inferior ao coeficiente de escoamento adotado pelo método Racional.

OBJETIVO

O presente trabalho buscou analisar o impacto de cada um dos métodos escolhidos no processo de escoamento superficial e consequentemente no dimensionamento do reservatório, item de maior significância econômica em um sistema de coleta de chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

A modelagem de cada sistema de coleta de água de chuva foi produzida com a parametrização das condições ambientais, a área de captação efetiva foi fixada no valor de 80 m², a precipitação anual média da região da cidade de Feira de Santana-BA estabelecida em 664mm/ano, de acordo com a série histórica referente ao espaço temporal entre os anos de 1998 e 2017, retirada do banco de dados do INMET (2018) a superfície de escoamento constituída de telhas cerâmicas.

A análise da eficiência do sistema de coleta foi efetuado através do método de balanço de massas, aplicando duas metodologias diferentes, o método racional, e o método SCS-CN (Soil Conservation Service-Curve Number), para aplicação de ambos os métodos foi fixada a área de captação do sistema de coleta em 80 m².

$$Y_{(t)} = \min \left\{ \frac{D_{(t)}}{V_{(t-1)} + \theta Q_{(t)}} \right\} \quad \text{equação (1)}$$

$$V_{(t)} = \min \left\{ \frac{(V_{(t-1)} + Q_{(t)} - \theta Y_{(t)}) - (1 - \theta)Y_{(t)}}{R - (1 - \theta)Y_{(t)}} \right\} \quad \text{equação (2)}$$

Nessa modelagem, $D_{(t)}$ é a demanda diária do sistema, em litros/dia, $Q_{(t)}$ corresponde ao volume de água escoado pelo sistema, em litros, θ é o parâmetro que descreve a sensibilidade do enchimento do reservatório, $V_{(t)}$ é o parâmetro que indica o volume total de água armazenado num determinado instante, em litros. $Y_{(t)}$ corresponde ao rendimento do volume efetivamente armazenado no sistema, em litros. R corresponde a capacidade de reserva inerente ao reservatório escolhido para ser utilizado no sistema.

$$Q_{(t)} = P \cdot A \cdot C \quad \text{equação (3)}$$

O método racional foi desenvolvido e é comumente utilizado para análise de escoamento em coberturas, a eficiência do escoamento (Q) do sistema de coleta de água de chuva é dada pela equação (1), o método leva em consideração um coeficiente de escoamento constante (C), o valor atribuído a esse coeficiente em situações como a abordada nesse trabalho é 0.8, a área efetiva de coleta (A), e a precipitação incidente sobre a área de captação.

A modelagem através do método SCS-CN utiliza como parâmetros os seguintes itens: Precipitação (P) dada em mm; Escoamento (Q) dado em mm; (Ia) Abstração inicial; (S) que representa a interação entre a água e a superfície; (CN) relativo ao material e a forma da superfície utilizada no sistema de coleta (varia de 0 a 100).

O valor de CN para telhas cerâmicas foi estimado com base nos dados experimentais obtidos através de Cavalcanti (2010), Althof (2012), e Silveira (2018) utilizando o método dos mínimos quadrados para ajustar a modelagem do escoamento do sistema através do método SCS-CN com os resultados obtidos experimentalmente.

$$Q_{(t)} = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S} \quad (2), P \geq Ia ; Q = 0, P \leq Ia \quad \text{equação (4)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{equação (5)}$$

Ia e S se correlacionam através de um fator de abstração inicial (λ) através da seguinte equação:

$$Ia = S\lambda \quad \text{equação (6)}$$

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

Utilizando estudos experimentais fornecidos por Cavalcanti (2010), Althoff(2012) e Silveira (2018), é possível identificar o comportamento do escoamento superficial sobre coberturas cerâmicas, as mais comuns no Brasil. Os dados obtidos permitem identificar a não linearidade no processo de escoamento, indicando que um método mais adequado deve levar em consideração essa característica de não uniformidade, o SCS-CN se apresenta como um método adequado para essa situação, pois, leva em conta a complexidade dos fatores envolvidos no processo de escoamento.

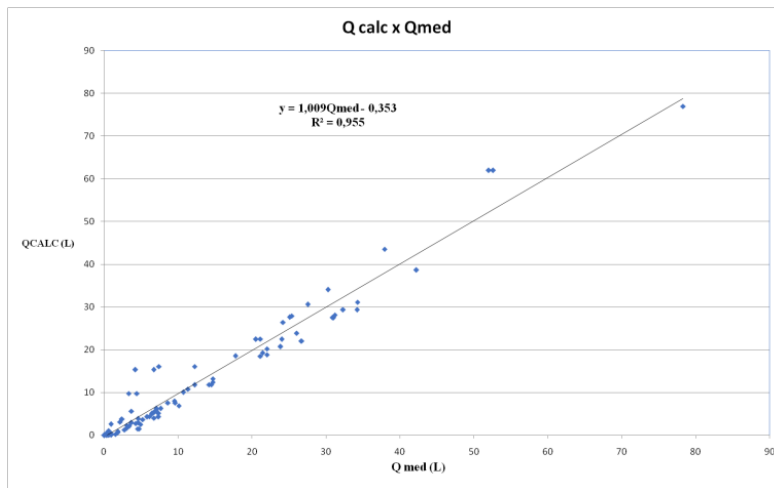


FIGURA 1: Escoamento superficial experimental-calculado através do SCS-CN

Comparando os resultados experimentais dos autores e a aplicação do método SCS-CN nos dados de precipitação foi possível alcançar o seguinte resultado, o CN mais adequado para telhados cerâmicos é o de valor igual a 99, sendo obtido um R^2 acima de 0,99, esse resultado se caracteriza dentro dos valores de CN abordados pela literatura para coberturas cerâmicas, que variam entre 98 e 99.

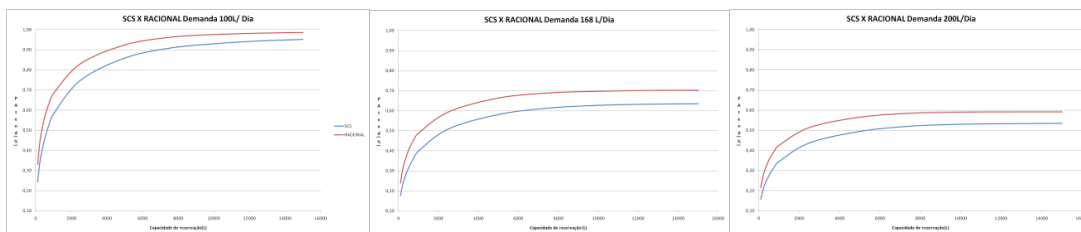


FIGURA 2: Método SCS-CN vs Método RACIONAL (100L/Dia;168L/Dia e 200L/Dia)

Os resultados obtidos através da aplicação do método SCS-CN e do método Racional na cidade de Feira de Santana-BA com diferentes demandas demonstrou que quanto maior a demanda envolvida na simulação, maior é a diferença entre os resultados de escoamento superficial obtidos, há uma tendência do método racional super estimar o escoamento superficial gerado pela precipitação.

A análise do escoamento superficial implica diretamente no dimensionamento do reservatório, uma vez que o mesmo é abastecido através da água oriunda do escoamento, dito isso, é possível perceber que o método racional produz dimensionamentos menos eficientes e com um menor custo benefício.

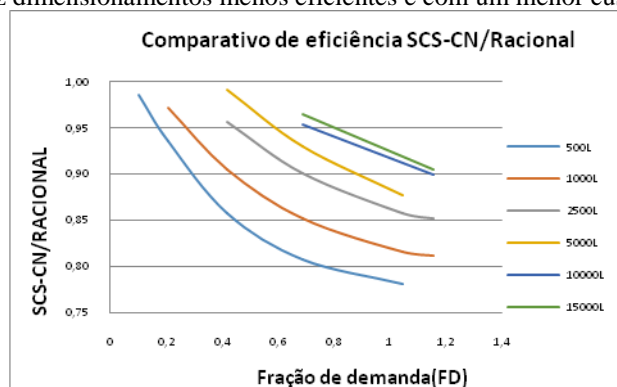


FIGURA 02 GRÁFICO: Comparativo entre os métodos de dimensionamento

A curva de eficiência relativa entre os métodos indica que quanto maior a capacidade de reservação do sistema a eficiência relativa tende a atingir sua característica estacionária mais rapidamente. Para capacidades de reservação mais elevadas nota-se equidade entre as curvas, indicando que as características analisadas dos métodos isoladamente contribuem para o comportamento semelhante numa análise comparativa entre ambos.

O método racional subestima o volume necessário para o reservatório, fator de grande importância, tendo em vista que o reservatório é o objeto de maior representatividade no custo do sistema de captação de água de chuva, o método SCS-CN é mais conservador em relação ao método racional por possuir maior sensibilidade as condições de modelagem do sistema de coleta de água de chuva, o método racional superestima a quantidade de água escoada e conseqüentemente aproveitável para o sistema de coleta, prejudicando assim uma análise verossímil do fenômeno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

A análise da eficiência do sistema de coleta de água de chuva requer um estudo experimental, visto que a natureza das variáveis envolvidas no processo de escoamento através das telhas, absorção e secagem das mesmas causa impacto nos resultados do dimensionamento do sistema, a adequação desses fenômenos principalmente associada ao CN aplicado na modelagem do método SCS-CN traz resultados mais consistentes do que a aplicação direta do método racional, identificar as características ambientais onde o sistema está inserido se apresenta como uma ferramenta importante para o dimensionamento coerente e eficaz do sistema de coleta de água de chuva.

REFERÊNCIAS

- ALTHOF, R.B.(2012). Avaliação do coeficiente de escoamento superficial em coberturas modelos. **XI Simpósio de Recursos hídricos do Nordeste.2012**
- CAVALCANTI, N. de B. Efeito do escoamento da água de chuva em diferentes coberturas. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2010.**
- FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. **Urban water**, v. 1, n. 4, p. 323-333, 2000.
- GHISI, Eneidr. Parameters influencing the sizing of rainwater tanks for use in houses. **Water Resources Management**, v. 24, n. 10, p. 2381-2403, 2010.
- KUMAR, M. Dinesh. Roof water harvesting for domestic water security: who gains and who loses?. **Water International**, v. 29, n. 1, p. 43-53, 2004.
- FARRENY, Ramon et al. Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain. **Water research**, v. 45, n. 10, p. 3245-3254, 2011.
- LANCASTER, B. Guiding principles to welcome rain into your life and landscape. In: Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond.
- MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MUN, J. S.; HAN, M. Y. Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: definition, sensitivity and verification. **Journal of Environmental Management**, v. 93, n. 1, p. 147-153, 2012.
- MORUZZI, Rodrigo Braga; OLIVEIRA, Samuel Conceição de. Aplicação de programa computacional no dimensionamento de volume de reservatório para sistema de aproveitamento de água pluvial da cidade de Ponta Grossa, PR. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, p. 36-48, 2010..
- RAHMAN, Ataur; DBAIS, Joseph; IMTEAZ, Monzur A. Sustainability of rainwater harvesting systems in multistorey residential buildings. **American Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 3, n. 1, p. 73-82, 2010.
- RUPP, Ricardo Forgiarini et al. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **CEP**, v. 88040, p. 900, 2011.
- SILVEIRA, Alexandre et al. Influence of rainfall intensity on the production of runoff on ceramic tile roofs: laboratory experiments under simulated rainfall. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 751-756, 2018.
- SINGH, V.P., 1992. Elementary Hydrology. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- TOMAZ,P. (2005) Aproveitamento de Água de Chuva: Para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora,2005. 180p.
- ZHU, Qiang et al. (Ed.). **Rainwater harvesting for agriculture and water supply**. Science Press, 2015.