



IMPACTO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO NÚMERO DA CURVA (CN/SCS) COM BASE EM VALORES DE CN TABELADOS: ESTUDO DE CASO EM UMA SUB-BACIA DO ARROIO PELOTAS

ZANDRA ALMEIDA DA CUNHA¹; MAÍRA MARTIM DE MOURA²; SAMUEL
BESKOW³

¹Discente UFPel/Engenharia Hídrica – zcunha.enghidrica@gmail.com

²Discente UFPel/PPG Recursos Hídricos - martimdemoura@gmail.com

³Docente UFPel/Engenharia Hídrica – samuelbeskow@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Visando à gestão dos recursos hídricos e à segurança de projetos associados a cheias, é de grande importância a estimativa adequada das vazões máximas (Q_{max}) (CASSALHO et al, 2017) tornando fundamental a compreensão do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas (BHs). O estudo da precipitação efetiva (P_e) é um dos grandes interesses para análises da Q_{max} . A P_e pode ser obtida a partir de dados observados de chuva-vazão, como o hidrograma decorrente da chuva analisada juntamente com a área da bacia, ou pode ser estimada utilizando informações morfológicas e hidrológicas do local de estudo, tais como, tipos de solos, uso e cobertura do solo e regime das chuvas (SARTORI et al., 2005). Essas informações hidrológicas geralmente são obtidas a partir de uma rede de monitoramento, contudo, em países em desenvolvimento (e.g. Brasil) há uma carência de dados de monitoramento hidrológico, principalmente em pequenas BHs (BESKOW et al., 2013), implicando na necessidade do uso de modelos hidrológicos para a estimativa de Q_{max} em BHs desprovidas de monitoramento hidrológico.

O Método Número da Curva (CN/SCS), desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS, 1986), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), vem sendo amplamente utilizado para a estimativa de P_e . Este método considera que a P_e produzida em um dado evento é uma função da precipitação total e das perdas iniciais do processo, conhecidas como abstrações iniciais (I_a), as quais estão associadas à infiltração, retenção de água pelas depressões do terreno e pela cobertura vegetal. O método foi desenvolvido com base em tabelas que combinam informações de uso e tipo de solo, com valores obtidos para as condições de uso e cobertura dos solos dos Estados Unidos. A aplicação direta dessas tabelas dificulta as estimativas acuradas da P_e , tendo em vista que as condições fisiográficas das BHs de interesse podem ser diferentes das utilizadas na calibração do método.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da utilização de valores tabelados sugeridos para o Método CN/SCS sobre a estimativa de P_e , tomando como base eventos chuva-vazão monitorados.

2. METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do arroio Pelotas (BHAC) está localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul, com área de drenagem 121,3 km², considerando a seção de controle empregada. O arroio Cadeia é um dos principais afluentes do arroio Pelotas, sendo esta bacia hidrográfica monitorada pelo Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas/CNPq (<http://wp.ufpel.edu.br/hidrologiaemodelagemhidrologica/>).

De acordo com STEINMETZ (2017), os solos encontrados na BHAC (Figura 1a) são classificados como Argissolos Bruno-Acizentados, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Regolíticos, sendo o primeiro predominante, compreendendo 73,9% da área da BHAC. As principais classes de uso e ocupação do solo são água, área cultivada, área não cultivada, solo exposto e mata (Figura 1b).

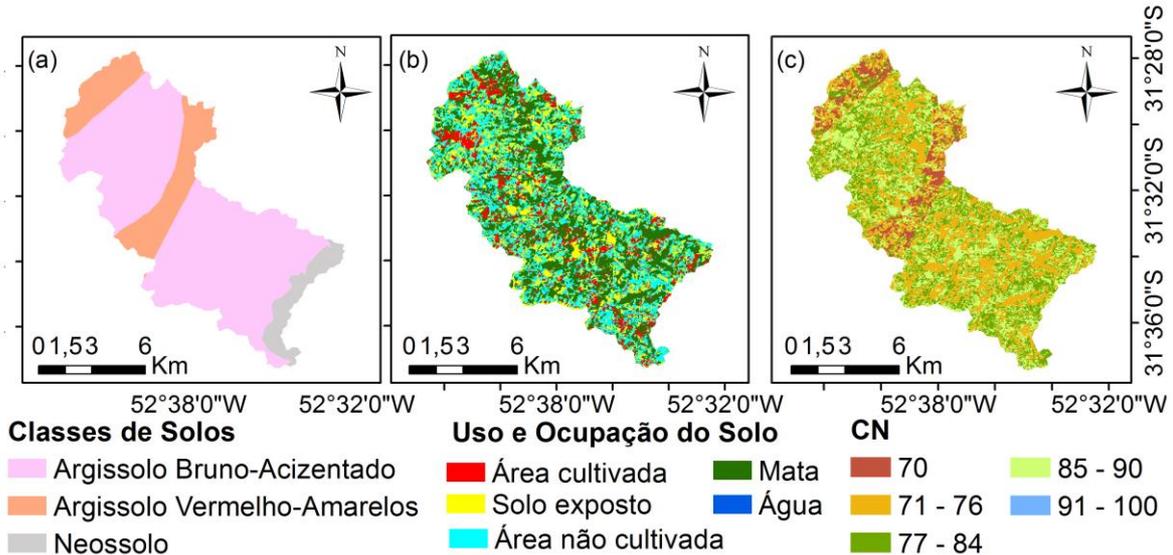


Figura 1 – Classes de solo (a), classes de uso e ocupação do solo (b) e, valores de CN para a condição AMC II (c), obtidos para a BHAC.

O Método CN/SCS (SCS, 1986) pode ser descrito conforme a Equação 1.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (1)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Em que P é a precipitação total (mm) e S é o potencial máximo de retenção de água no solo (mm), o qual é dependente do valor de CN (Equação 2).

Segundo a classificação proposta por SARTORI et al. (2005), os solos da BHAC foram enquadrados nos grupos C e D e os valores de CN foram obtidos a partir das tabelas apresentadas em SCS (1986). Posteriormente, os valores de CN obtidos foram corrigidos segundo as classes de condições de umidade antecedente do solo (AMC): AMC I (solo seco e precipitação acumulada dos 5 dias antecedentes (P5) de até 35 mm), AMC II (solo próximo à capacidade de campo e P5 entre 35 e 52,5 mm e AMC III (solo muito úmido e P5 superior a 52,5 mm) (BESKOW et al., 2009).

Para a seleção dos eventos chuva-vazão foram utilizados dados de 5 estações pluviométricas e 2 estações pluvio-fluviométricas instaladas no interior ou próximas da BHAC. A separação de escoamento foi realizada pelo método da Reta AC (MELLO; SILVA, 2013) e a P_e de cada evento foi obtida pela razão entre o volume de ESD e a área da bacia.

Com base nos eventos selecionados foram elaborados dois cenários de análise: Cenário 1 (C1): o valor médio de CN foi determinado para cada evento com base na análise hietograma-hidrograma a partir de valores observados de P, I_a e P_e , sendo que, os valores de I_a foram determinados para cada evento observado, seguindo as recomendações de CHOW et al. (1988); Cenário 2 (C2): os valores médios de CN foram obtidos pela ponderação dos valores tabelados

do modelo e convertidos para a condição AMC de cada evento analisado, considerando I_a como λS , onde $\lambda=0,2$, seguindo recomendações de SCS (1986). Posteriormente, foram comparadas as diferenças nos valores de CN e o impacto sobre os valores de P_e .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 20 eventos, compreendendo ao período de 2015 a 2017, cujas principais características são apresentadas na Tabela 1. Com base na condição de AMC, os eventos 2, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 18 e 20 foram enquadrados no grupo AMC I, os eventos 1, 1, 7, 16 e 19 no grupo AMC II e os eventos 3, 4, 5, 6, 11, 15 e 17 no grupo AMC III. Os valores de CN obtidos para os C1 e C2, bem como seus respectivos valores de P_e , também podem ser observados na Tabela 1.

A Figura 1c ilustra os valores de CN na condição AMC II obtidos para cada combinação de classes. Os valores de CN foram ponderados pela área e, assim, foi possível determinar os valores de CN para a BHAC, iguais a 64,2, 80,4 e 91,0 para as condições AMC I, II e III, respectivamente.

Tabela 1 – Precipitação total, P_5 , valor de CN e precipitação efetiva obtida para cada evento selecionado, para os Cenários 1 e 2, na BHAC

Evento	P_{total} (mm)	P_5 (mm)	CN		P_e (mm)		Evento	P_{total} (mm)	P_5 (mm)	CN		P_e (mm)	
			C1	C2	C1	C2				C1	C2	C1	C2
1	19,0	40,8	67,4	80,4	1,2	0,6	11	36,9	54,1	90,5	80,4	6,0	6,3
2	113,2	24,3	48,1	64,2	24,2	31,8	12	27,1	4,0	19,5	64,2	0,6	0,0
3	47,6	61,4	53,2	90,1	5,1	26,7	13	24,7	17,5	75,7	64,2	1,6	0,0
4	49,3	62,3	74,8	90,1	9,4	28,2	14	44,6	2,0	63,7	80,4	3,0	9,1
5	66,2	80,4	96,9	90,1	13,1	43,3	15	45,4	93,5	56,1	80,4	4,0	11,4
6	37,3	53,3	73,7	80,4	6,9	7,1	16	26,0	41,2	62,2	64,2	0,6	0,0
7	18,4	46,8	77,1	64,2	2,5	0,0	17	21,0	69,6	61,9	64,2	1,8	0,0
8	33,1	0,8	35,9	64,2	2,2	0,2	18	55,7	1,4	59,1	90,1	6,9	33,8
9	31,6	34,3	61,3	64,2	3,2	0,1	19	26,8	36,0	91,1	64,2	3,8	0,0
10	53,5	3,1	54,3	90,1	2,4	31,9	20	36,4	17,4	49,7	80,4	1,4	6,7

Os valores de CN para o C1 variaram de 19,5 a 96,9, enquanto que, os de I_a variaram de 0,2 a 47,4 mm e da P_e , de 0,6 a 24,2 mm. Apesar de haver somente três possíveis valores de CN e, conseqüentemente, de I_a para o C2 (28,3, 12,4 e 5,0 mm para as condições I, II e III, respectivamente), os valores resultantes de P_e variaram de 0,0 a 43,3 mm, devido aos diferentes valores de P_{total} dos eventos. É possível observar que, de forma geral, os valores de CN para o C2 foram superiores àqueles do C1. Os valores de CN no C2 foram superestimados em 17 eventos e subestimados em 3 eventos, com diferença percentual de 0,5 a 229,6% e 6,1, a 11,8%, para a superestimativa e subestimativa, respectivamente. Os valores de P_e para o C2 foram superestimados em metade dos eventos analisados, enquanto que na outra metade a P_e foi subestimada. A superestimativa de P_e variou de 31,5 a 508,1%, enquanto que, a subestimativa foi de 27,4 a 100%.

Pode-se observar que, em geral, os valores de I_a do C2 foram superestimados em relação ao C1. A superestimativa teve uma variação percentual de 47,4 a 15704,5%, enquanto que da subestimativa foi de 4,3 a 89,0%. Com exceção do evento 10, todos os eventos enquadrados no AMC I, no C2, apresentaram superestimativa de I_a quando comparados ao C1. Essa condição também foi observada em BESKOW et al. (2009), e pode ser justificada



devido ao fato de o Método CN/SCS ser dividido em apenas três classes de AMC com valores fixos de I_a , sendo que, na condição mais seca, a tendência é de haver maior perda de água pela infiltração, resultando em valores altos de I_a . Outro ponto importante observado na aplicação do método, e que tem sido discutido por vários autores, é o coeficiente de abstração inicial (λ), que se dá pela relação entre I_a e o S, o qual é estabelecido pelo método CN/SCS como sendo igual a 0,2 (SCS,1986). Este coeficiente tem impacto significativo nos resultados dos valores de CN, I_a e P_e encontrados, pois seu valor é dependente de características da BH (BESKOW et al., 2009) e é originalmente calibrado para bacias experimentais dos Estados Unidos, muitas vezes não correspondendo à realidade de outros lugares.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste estudo podem acarretar em super/subestimativas de vazões de projeto, resultando em super/subdimensionamentos de obras hidráulicas e maiores impactos ambientais. Devido à falta de dados monitorados, as tabelas do Método CN/SCS vem sendo amplamente utilizadas, contudo, deve-se ter cautela na utilização das mesmas, visto que seus valores foram obtidos para bacias experimentais dos Estados Unidos, e podem não corresponder à realidade de outros lugares com condições morfológicas e climáticas diferentes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESKOW, S.; NORTON, L. D.; MELLO, C. R (2013). Hydrological prediction in a tropical watershed dominated by Oxisols using a distributed hydrological model. *Water Resources Management*, v. 27, n. 2, p. 341–363.
- BESKOW S.; MELLO, C. R. d.; COELHO, G.; SILVA, A. M. d.; VIOLA, M. R. (2009). Estimativa do escoamento superficial em uma Bacia Hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v 33, pp 169-178.
- CASSALHO, F.; BESKOW, S.; VARGAS, M. M.; MOURA, M. M. de; AVILA, L. F.; MELLO, C. R. (2017). Hydrological regionalization of maximum stream flows using an approach based on L-moments. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 22.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. (1998). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company. 571 pp.
- MELLO, C. R. D.; SILVA, A. M. D. (2013). *Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas*. 1ª. ed. Lavras: UFLA,. 455 p.
- SARTORI, A.; NETO, F. L.; GENOVEZ, A.; M. (2005) Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v 10. n 4 pp 05-18.
- SOULIS, K. X.; VALIANTZAS, J. D. (2013). Identification of the SCS-CN Parameter Spatial Distribution Using Rainfall-Runoff Data in Heterogeneous Watersheds. *Water Resour Manage*. Pp 1737–1749.
- SOIL C. S. (1986). *National Engineering Handbook*. Washington: Soil Conservation Service/USDA. Technical Release n. 55.
- STEINMETZ, A. A. (2017). Estimativa de cheias aplicando a técnica de hidrograma unitário com diferentes abordagens de discretização espacial em uma sub-bacia do Arroio Pelotas. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 109 pp.