

COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM BACIA HIDROGRÁFICA COM CARACTERÍSTICAS RURAIS

CÉSAR HENRIQUE VALENTINO¹, FLÁVIO APARECIDO GONÇALVES²,
ADRIANO MOTA FERREIRA³, ANTÔNIO MARCIANO DA SILVA⁴, CLÁUDIO
ANDRÉ DOS PASSOS⁵

¹ Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental, UNIFAL-MG, (35) 98409-8580, cesarhvalentino@gmail.com

² Doutor em Engenharia Agrícola, UNIFAL-MG, (35) 99257-9410, flaviounifalmg@gmail.com

³ Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental, UNIFAL-MG, (35) 98805-4346, adrianomotaferreira@gmail.com

⁴ Doutor em Engenharia Civil – Hidráulica, UNIFAL-MG, (35) 99959-3264, antonio.marciano@unifal-mg.edu.br

⁵ Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental, UNIFAL-MG, (35) 99847-8358, passos.c.a@hotmail.com

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: As caracterizações fisiográficas e hidrológicas em bacia hidrográfica (BH) são importantes para tomadas de decisões relativas ao bom manejo dos recursos e para a busca concreta de desenvolvimento sustentável. Nesta pesquisa, foi analisado o coeficiente de escoamento superficial, coeficiente *runoff* (*C*), da Bacia Hidrográfica do Córrego do Chapadão (BHCC), uma BH rural. A análise foi feita considerando a aplicação do Método Racional e também do Hidrograma para eventos erosivos. Verificou-se que o comportamento de *C* tem relação direta com as condições de umidade antecedente e com a precipitação total, ignorando a intensidade do evento. A caracterização da área indicou que a BHCC é de grande porte, mas tem baixa tendência a enchentes, o que foi corroborado pelos valores de *C* encontrados e confirmado pela alta infiltração potencial da região devido a suas características morfológicas. A comparação dos resultados encontrados indica que o Hidrograma é o método mais indicado para a estimativa do escoamento superficial direto na BHCC.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica rural; Método Racional; Coeficiente *runoff*.

PERFORMANCE OF RUNOFF COEFFICIENT IN HYDROGRAPHIC BASIN WITH RURAL CHARACTERISTICS

ABSTRACT: Physiographic and hydrological characterization in a hydrographic basin (HB) are important for decision making regarding the proper management of resources and the concrete search for sustainable development. In this research, it was analyzed the runoff coefficient (*C*) of the Córrego do Chapadão Hydrographic Basin (CCHB), a rural basin. The analysis was made considering the application of the Rational Method and also the Hydrograph for erosive events. It was verified that the behavior of *C* has direct relation with the conditions of antecedent humidity and with the total precipitation, ignoring the intensity of the event. The characterization of the area indicated that the CCHB is large, however, has a low tendency to flood, which was corroborated by the values of *C*, and confirmed by the high potential infiltration of the region due to its morphological characteristics. The comparison of the results indicates that the hydrograph is the most recommended method for the estimation of direct surface flow in the CCBH.

KEYWORDS: Rural Basin; Rational Method; Runoff coefficient.

INTRODUÇÃO: Na presente pesquisa construiu-se uma seção de controle no Ribeirão do Chapadão, localizado na BH do Córrego do Chapadão (BHCC) em Poços de Caldas (MG), para a caracterização de seu regime hidrológico. O Ribeirão do Chapadão é um dos

contribuintes do Reservatório do Cipó, importante represa do município, responsável por regularizar a vazão do Rio das Antas para produção de energia elétrica, e também por fornecer 400 L·s⁻¹ de água para abastecimento. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização hidrológica em BH com características rurais com ênfase na análise do comportamento do coeficiente *runoff*.

MATERIAL E MÉTODOS: Na Figura 1 está apresentada a localização da BHCC e sua vizinha, a BH do Córrego do Gigante (BHCG).

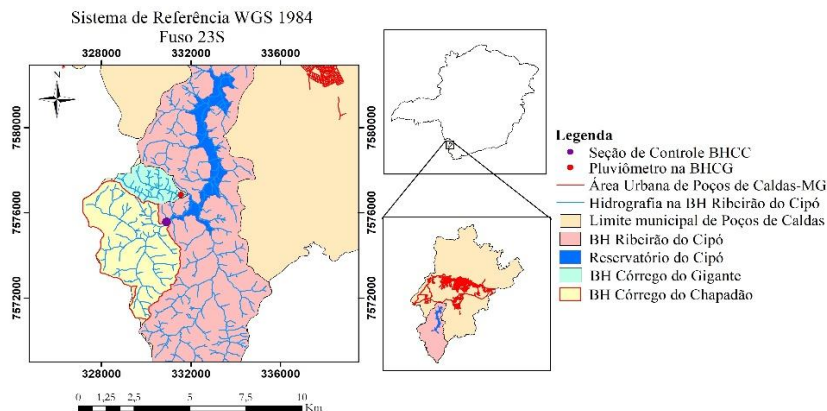


FIGURA 1. Localização da BHCG, pluviômetro, da BHCC e seção de controle.

O pluviômetro que forneceu os dados de precipitação utilizados nessa pesquisa encontra-se instalado na BHCG, devido à proximidade e características semelhantes, extrapolou-se os dados para a BHCC. A seção de controle foi escolhida observando-se as características necessárias para esse tipo de atividade detalhadas por Poletto (2014). A caracterização fisiográfica da área de estudo se deu em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). As campanhas para coleta dos dados na seção foram efetuadas semanalmente de dezembro de 2017 a abril de 2018, período chuvoso, e a partir do início do período seco do ano de 2018, a cada duas semanas, de maio a dezembro. O monitoramento foi realizado de acordo com o Guia de Práticas Sedimentométricas da ANEEL.

As atividades a cada campanha de monitoramento consistiam em coletar os dados de precipitação e de nível d'água armazenados nas estações fluviométricas. Na BHCC era feita a batimetria da seção e a observação de nível d'água em linímetro e da velocidade do caudal com micromolinetes flowrate sensor Vernier® pelo método da seção média descrito por Carvalho (2008). Obtinha-se a vazão na seção pela relação entre área e velocidade.

Os dados de precipitação foram analisados e classificados como eventos erosivos ou não erosivos pelos modelos de Wischmeier e Smith (1958) e Wagner e Massambani (1988). Para 10 eventos erosivos que apresentaram características de chuva individual procedeu-se com a determinação do coeficiente *runoff* (*C*) por analogia ao Método Racional, isolando o Coeficiente *runoff*, equação 1:

$$C = V_{esc} \cdot (PT \cdot A)^{-1} \quad (1)$$

em que,

C é o coeficiente *runoff* (adimensional), *V_{esc}* é o volume escoado em litros, *PT* é a precipitação total do evento em milímetros e *A* é a área da bacia em metros quadrados.

Relacionou-se os valores de *C* com as condições de umidade antecedente do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A caracterização fisiográfica da área de estudo indica que a bacia hidrográfica é considerada de grande porte e com baixa tendência a enchentes, mas caso ocorra, apresenta tendência mediana a ser um evento de grandes proporções. A classificação hierárquica por metodologia Strahler indica que a bacia hidrográfica possui

ramificação significativa, de acordo com a drenagem regular verificada para o local, favorecendo a infiltração em detrimento do escoamento superficial direto (ESD). A declividade média da bacia indica relevo ondulado, característica observada em campo e também ao realizar a classificação da declividade local, pois observa-se que a maior parte da bacia apresenta relevo suave ondulado a ondulado de acordo com EMBRAPA (1979). Da área total da bacia, 84,4% tem declividade inferior a 20%, indicando que o relevo na região é suave. Na região foi observado que 8,94% da área é composta por Cambissolo Háplico situados em relevos acidentados, 26,95% de Solo Indiscriminado de Várzea em regiões mais planas, e 64,11% os latossolos em regiões intermediárias. Latossolo vermelho-amarelo, de acordo com Benda et al, (2012), são solos favoráveis a infiltração, pois promovem alta permeabilidade. Na Tabela 1 estão apresentados os dados dos eventos erosivos, de modo a permitir análise do Coeficiente *runoff* juntamente às condições de umidade antecedente do solo.

Tabela 1. Resumo dos dados dos Eventos Erosivos.

Evento	Precipitação Anterior [mm]					PT	I	C _{máx}
	120h	96h	72h	48h	24h			
1	8,6	4,6	4,6	4,6	0,6	60,2	6,1	0,06
2	100,0	95,6	95,4	26,0	2,2	35,8	7,7	0,01
3	13,8	13,6	11,2	10,4	1,2	36,6	1,5	0,01
4	50,6	47,4	38,2	38,2	5,6	18,6	0,7	0,02
5	10,6	10,2	9,6	8,6	8,6	34,0	2,0	0,22
6	58,0	58,0	49,4	13,4	0,2	90,0	1,0	0,57
7	102,2	12,2	12,2	12,2	12,0	29,4	1,7	0,13
8	59,6	32,8	19,4	7,6	4,6	18,2	1,7	0,04
9	51,0	51,0	37,6	25,8	22,6	30,4	4,9	0,07
10	70,6	67,4	23,8	7,8	0,0	22,6	0,7	0,03

PT: Precipitação total (mm); I: Intensidade da chuva (mm·h⁻¹); C_{máx}: Coeficiente *runoff* máximo.

A combinação dos fatores de precipitação anterior e PT é responsável pelo aumento de *C*, já a intensidade do evento não diz muito respeito a ascensão desse fator. Isso é indicado observando-se chuvas com PT semelhantes, como as dos eventos 2 e 9, que apresentam diferença significativa no valor máximo de *C*, explicada pela quantidade precipitada 24 h antes. O evento 2 possui a segunda maior precipitação acumulada nas 120 h que o antecedem, porém apenas 2,2 mm precipitados nas 24 h anteriores. Já o evento 9 não possui precipitado acumulado 120 h antes tão elevado em comparação ao evento 2, mas tem precipitação nas últimas 24 h antes do evento cerca de 10 vezes maior, 22,6 mm. Ainda que a PT e intensidade sejam menores no evento 9, o valor máximo de *C* foi 7 vezes maior que no evento 2, evidenciando a importância da precipitação acumulada, principalmente a mais recente, no valor de *C*. A segunda maior PT, no evento 1, apresentou valor máximo de *C* baixo quando comparado aos valores encontrados desse fator nos outros eventos. Esse dado pode ser explicado pela baixíssima precipitação anterior nas últimas 120 h de apenas 8,6 mm, dos quais 8 mm foram precipitados mais de 96 h antes do evento e somente 0,6 mm nas últimas 24 h. Ao analisar o Evento 6, de acordo com a Tabela 1, a intensidade foi a segunda mais baixa entre os eventos, mas como a PT foi a mais elevada e o acumulado anterior alto, *C* foi o maior encontrado, indicando que a intensidade tem pouca ou nenhuma relação com *C*. O Evento 7, mesmo apresentando baixo PT, por ter o acumulado anterior alto decorrente da precipitação do Evento 6, que aconteceu 120 h antes, acabou apresentando *C* elevado quando comparado aos demais. É importante ressaltar que os termos “*C* baixo”, “*C* elevado”, entre outros, devem ser entendidos como a comparação entre os valores aqui analisados, devido a condição específica da BH, pois se tratando de BH rural com grande percentual de cobertura vegetal, os valores de *C* encontrados são sempre baixos comparados a outros locais com

características diferentes, como BH urbanas, que possuem grande área impermeável, como apresentado por Barbassa (2010).

Ao se comparar os valores de ESD apresentados pelo hidrograma com os valores adquiridos utilizando-se os valores de C advindos do Método Racional, nota-se que este último superestima ou subestima o ESD. Isto representa uma das limitações do método racional, já verificada em trabalhos como Gericke e Smithers (2014). Todavia, o Método Racional traz bons resultados em bacias urbanizadas, que possuem C igual ou próximo a 1 (Tucci, 1993).

CONCLUSÕES: A caracterização da área de estudo indicou que a BHCC possui grande porte e baixa tendência a enchentes, o que foi corroborado pelos valores de C encontrados, relativamente baixos até mesmo para as situações de eventos de grande magnitude, e confirmado pelo alto grau de infiltração potencial da região devido a suas características morfológicas. A comparação dos resultados encontrados de ESD indica que o Hidrograma é o método mais recomendado para a estimativa do ESD na BHCC. Pode-se inferir que o Hidrograma é o método mais indicado para estimativa do ESD em bacias rurais, mas conhecendo-se as características de tais bacias hidrográficas podem ser realizadas avaliações do ESD por meio do Método Racional, ainda que este tenha sido desenvolvido para bacias hidrográficas pequenas e urbanizadas. O comportamento de C nos eventos erosivos mostrou-se dependente da precipitação e da condição de umidade anterior, sobretudo as advindas de precipitações próximas ao evento analisado, e não exibiram relação direta com a intensidade da chuva. Por se tratar de uma bacia hidrográfica rural com condições favoráveis a infiltração, a intensidade da chuva não influencia tanto quanto as condições de umidade no solo no que tange o ESD. Essa última análise é um importante fator a ser considerado em projetos e obras em BH com características semelhantes, pois boa parte desses são elaborados com base em modelos que consideram a intensidade da chuva, como é o caso do próprio Método Racional.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a CAPES e também à FAPEMIG.

REFERÊNCIAS:

- BARBASSA, A. P.; CAMPOS, J. B. N.; Comportamento hidrológico de áreas urbanas impermeabilizadas diretamente conectadas e total. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n.4, p. 69-79, Out/Dez 2010.
- BENDA, F.; ALVES, M. D. G.; OLIVEIRA, C. H. R. Favorabilidade de áreas para implantação de aterros controlados no município de Campos dos Goytacazes/RJ utilizando sistemas de informação geográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, Campo dos Goytacazes-RJ, v. 64, n. 1, p. 33-44, Fevereiro 2012.
- CARVALHO, THIAGO MORATO DE. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. Recife, PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 1, n. 1, p. 73-85, maio/ago. 2008
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos**. Rio de Janeiro, 1979.
- GERICKE, OCKERT J.; SMITHERS, JEFF C.; Review of methods used to estimate catchment response time for the purpose of peak discharge estimation. **Hydrological Sciences Journal**. v. 59, n.11, p. 1935-1971, 2014.
- POLETO, C. **Sedimentometria fluvial - Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, 2014.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Universidade – UFRGS, Universidade de São Paulo – USP, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 1993.