

IV-035 - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ABSTRAÇÃO INICIAL EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL

Gabriel Oliveira Silva⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia.

Flavya Fernanda França Vilela⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Uberlândia, Mestranda em Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia.

Hudson de Paula Carvalho⁽¹⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Uberlândia, Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP, Professor Associado da Universidade Federal de Uberlândia.

Marcia Regina Batistela Moraes⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma pela Universidade de Taubaté, Mestre em Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia, Técnica Administrativa em Educação da Universidade Federal de Uberlândia.

Roberto Terumi Atarassi⁽¹⁾

Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP, Mestre em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP, Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP, Professor Associado da Universidade Federal de Uberlândia.

Endereço⁽¹⁾: Instituto de Ciências Agrárias/ICIAG, Campus Glória, BR-050 - km 78 - Uberlândia - MG - CEP: 38410-337 - Brasil - Tel: (34) 2512-6701 - e-mail: flavya2310@ufu.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo ajustar o índice de abstração inicial Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória, localizada no município de Uberlândia, MG. A abstração inicial (Ia) consiste na primeira parcela de chuva que é produzida do início da precipitação até o momento que origina o escoamento superficial, constituindo-se na parte da chuva que infiltra no solo, a qual pode ser interceptada pela vegetação e/ou armazenada em depressões do terreno. No Brasil, as bacias de pequeno porte sofrem carência de dados hidrológicos, necessitando de monitoramento e estudos hidrológicos aprofundados. A metodologia utilizada para determinação da abstração inicial foi o método SCS-CN, os valores calculados a partir de dados de chuva e vazão. O índice de abstração inicial na bacia estudada variou de 0,01 a 18,78%, com uma média de 1,95%. O valor médio de índice de abstração obtido na referida bacia foi menor do que o valor indicado na literatura, equivalente a 20% da capacidade de armazenamento de água no solo. Este resultado se apresenta relevante para a estimativa do escoamento superficial em bacias hidrográficas, podendo ser empregado em estudos nos setores de engenharia que abrangem questões hidrológicas e ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Escoamento superficial, SCS-CN, Curve Number, Armazenamento de água no solo.

INTRODUÇÃO

O uso e manejo do solo são atividades essenciais para o desenvolvimento agrícola mundial, caracterizando e norteando o comportamento de todo o ecossistema de uma bacia hidrográfica (CALIL *et al.*, 2011; MELLO *et al.*, 2013). Para entender o comportamento do ciclo hidrológico em função de diferentes usos e manejos do solo é necessário o conhecimento das condições das bacias hidrográficas como: características de uso, ocupação, manejo e fisiografia.

Modelos matemáticos destinados a estimar o deflúvio superficial em bacias hidrográficas têm sido estudados por diversos pesquisadores em regiões distintas. Entretanto, os modelos propostos foram elaborados baseados em regiões de clima temperado, como o método *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS-CN) (MELLO *et al.*, 2003).

O método SCS-CN é usado para estimar o escoamento superficial em bacias hidrográficas no Brasil (MELLO, 2013). Para definição do escoamento superficial são considerados parâmetros importantes, dentre eles o índice de abstração inicial.

A abstração inicial (I_a) é uma parcela da precipitação total que ocorreu anteriormente à precipitação efetiva, ou seja, a I_a consiste no montante da chuva que infiltra no solo, é interceptada pela vegetação e/ou armazenada em depressões e obstáculos no solo. Essas perdas iniciais correspondem a 20% do armazenamento máximo da água no solo (MISHRA *et al.*, 1999). A infiltração, durante o início da chuva, é altamente variável e depende de vários fatores como intensidade de chuva, relevo e umidade do solo (HAWKINS *et al.*, 2009; NRCS, 2004; MELLO *et al.*, 2003).

Segundo Hawkins *et al.* (2009), há falta de informação para a determinação da I_a e do armazenamento máximo da água no solo, os quais são influenciados pelo tipo de bacia e pelo número e grandeza dos eventos de chuva. Ponce e Hawkins (1996) resumem que o índice da abstração inicial (λ) pode ser definido como um parâmetro local capaz de representar a resposta do método à diversidade geológica e climática. Estudos comprovam a abrangência do SCS-CN, que está incorporado em uma variedade de modelos, como os de erosão do solo e o controle de enchentes (BARTLETT *et al.*, 2016).

O SCS-CN é bastante utilizado no Brasil na previsão do escoamento superficial a partir de eventos de chuva (COSTA *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2016), sendo usados também na estimativa de vazões em pequenas bacias hidrográficas. No entanto, os valores não foram ajustados para as pequenas bacias hidrográficas no Brasil. Estudos indicam que os valores de SCS-CN mudam para diferentes usos dos solos, tipos de solos e condições hidrológicas (JUNIOR *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o presente estudo objetivou estimar o índice de abstração inicial em uma bacia hidrográfica experimental pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. Os resultados deste trabalho poderão contribuir para que o método SCS-CN seja mais assertivo na estimativa do escoamento superficial em pequenas bacias hidrográficas brasileiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória (BHEGL), localizada no município de Uberlândia – MG. A BHEGL (Figura 1), apresenta uma área total de 8,69 km² delimitada a partir da seção de controle, localizada geograficamente a 18°58'18" S e 48°12'36" W. É uma bacia parcialmente urbanizada e possui em seu interior o Campus Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O córrego do Glória é afluente do Rio Uberabinha, importante contribuinte do Rio Araguari, que por sua vez compõe a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Na BHEGL foram instaladas cinco estações automatizadas: uma meteorológica, uma hidrométrica (mede a chuva e o nível da água do Córrego do Glória, o qual dá nome à bacia) e duas pluviométricas, distribuídas ao longo da bacia, conforme detalhado na Figura 1.

Para a aquisição das informações das bacias hidrográficas, tais como área, rede de drenagem e declividade foram obtidas imagens a partir de modelos digitais de elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, e do sensor *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* – PALSAR do *Satélite japonês Advanced Land Observing Satellite* – ALOS com resolução de 12,5 m, disponível em *Alaska Satellite Facility* (ASF, 2019).

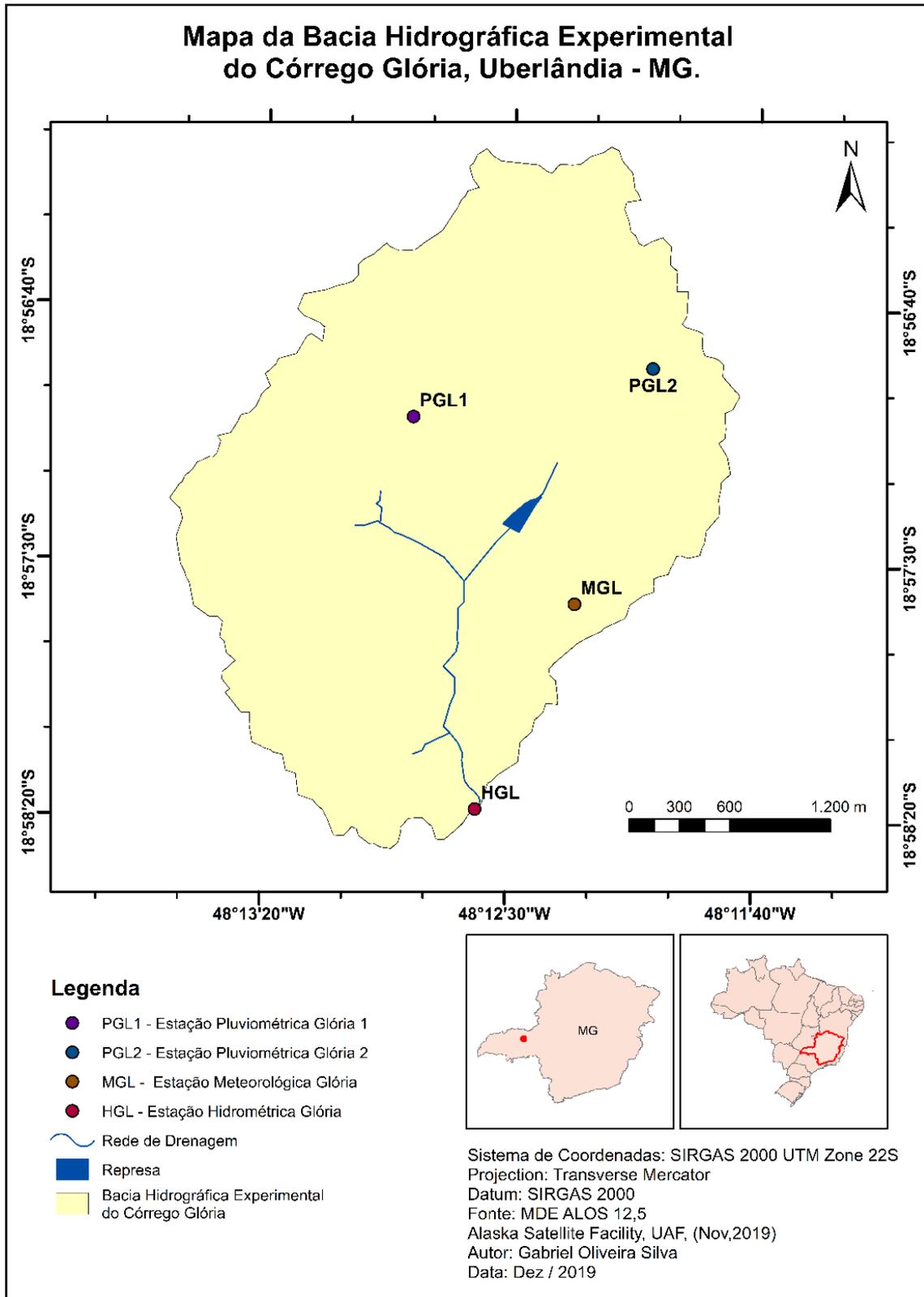


Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória, Uberlândia – MG, com as respectivas estações de monitoramento.

O mapa de uso e ocupação do solo (Figura 2) foi projetado a partir da imagem disponível no Google Satélite de 2019, sendo confirmadas as verdades de campo por meio de visitas técnicas. Foram elencadas, sete classes de uso do solo, a saber: represa (0,23%), ferrovia (0,29%), pavimentação asfáltica (3,74%), mata nativa (9,11%), área urbanizada (27,16%), pastagem (28,82%) e agricultura anual (30,65%). A declividade do solo foi classificada conforme exposto na Tabela 1.

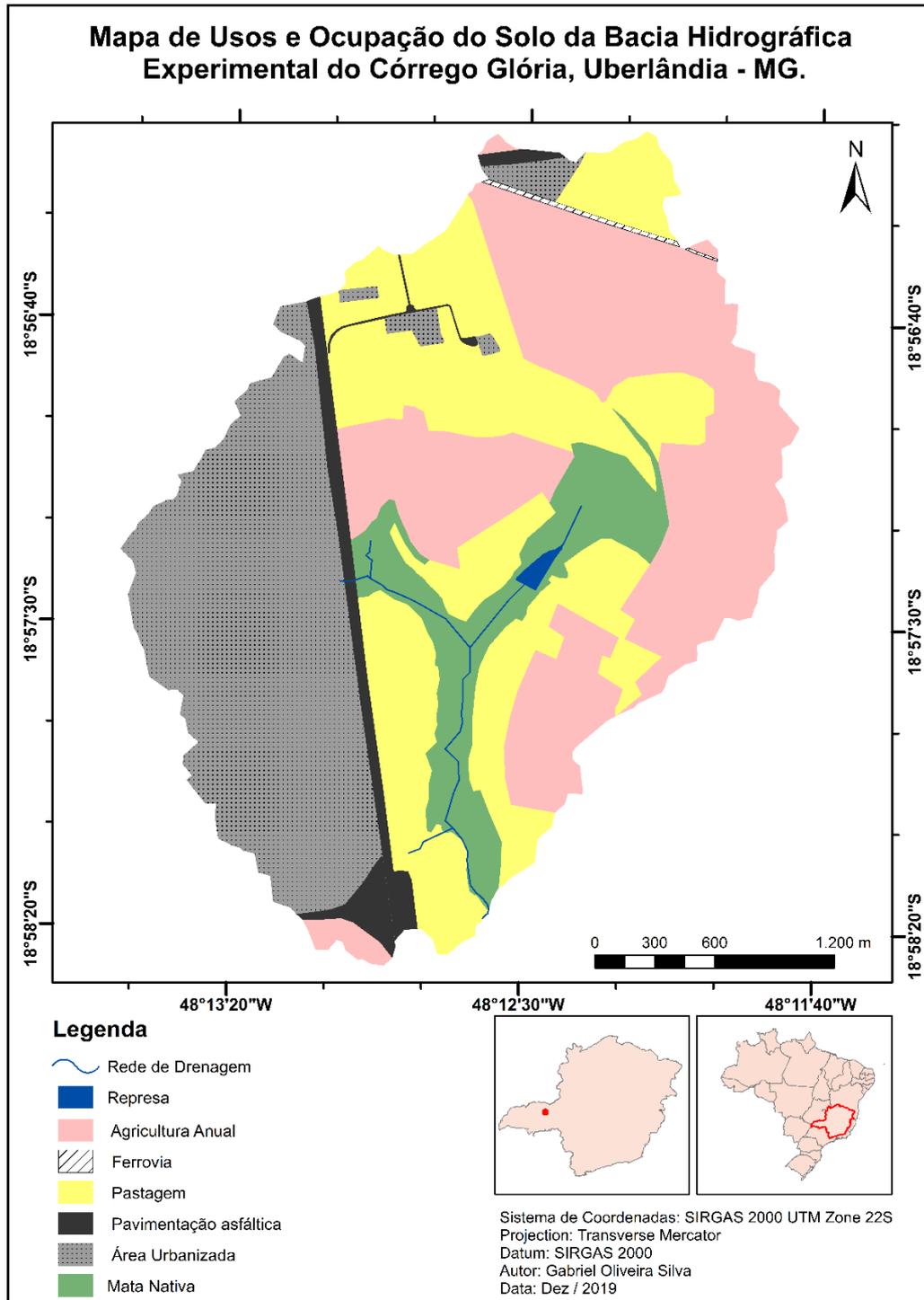


Figura 2: Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.

Tabela 1: Classes de declividade e tipo de relevo, com suas respectivas áreas e valores percentuais de declividade do solo, observados na BHEGL.

Classes de declividade (%)	Relevo	Área (km ²)	Percentual (%)
0 a 3	Plano	1,10	13,17
3 a 8	Suave Ondulado	3,22	38,45
8 a 20	Ondulado	3,78	45,20
20 a 45	Forte - Ondulado	0,26	3,13
45 a 75	Montanhoso	0,01	0,05
Total		8,37	100,00

No enquadramento das classes de solos da BHEGL foi utilizado o trabalho desenvolvido por Cruz *et al.* (2010). A classificação do solo da BHEGL apresentou os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho (40%), Latossolo Vermelho Amarelo (57%) e Organossolo (3%).

A vazão do córrego do Glória foi obtida a partir do monitoramento do nível da água (cota) e a chuva na bacia foram monitorados em intervalo de cinco minutos, sendo o processo de medição e armazenamento totalmente automatizado. Os dados de vazão e chuva utilizados foram coletados no período de 16/11/2015 a 05/08/2019.

Neste trabalho, o escoamento superficial direto (ESD) foi determinado a partir da subtração do escoamento de base do escoamento total. O ponto que determina o fim do escoamento superficial foi encontrado na planilha de dados de vazão, por meio da razão da vazão final e inicial, até que a divisão resultasse em um valor constante, o qual representou o fim do escoamento superficial.

A separação do escoamento superficial direto do escoamento de base foi obtida através da metodologia descrita em Mello e Silva (2013), que considera linear o comportamento do escoamento de base entre os pontos de início e fim do escoamento superficial. Para a determinação da lâmina de abstração que é capaz de gerar o escoamento superficial direto foi utilizado o método do índice ϕ , conforme parametrização de Tucci *et al.* (2015). O uso desse índice pressupõe que a parcela de absorção máxima do solo é igual ao valor ϕ . Qualquer evento de chuva em um determinado intervalo de tempo que gerar um volume maior que ϕ , irá contribuir para o escoamento superficial direto na bacia.

O procedimento para a determinação da lâmina de abstração e do tempo de abstração seguiu recomendações contidas em MELLO *et al.* (2003), onde a abstração inicial pode ser obtida por meio da união do hidrograma com o respectivo hietograma que produziu o evento de escoamento superficial direto. Neste trabalho, a determinação do índice de abstração inicial (λ) seguiu parametrizações de Mishra e Singh (1999) (Equações 1, 2 e 3), conforme preconizado no método SCS-CN.

$$P = I_a + F + Q \quad (1)$$

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (2)$$

$$I_a = \lambda S \quad (3)$$

Onde: P é a precipitação total (mm); I_a é abstração inicial (mm); F é a infiltração acumulada ao longo da chuva (mm); Q é o escoamento superficial direto durante uma chuva (mm) e; S a capacidade máxima de armazenamento de água do solo (mm).

De acordo com Hawkins *et al.* (2009), para se obter o índice de abstração inicial (λ), deve-se conhecer a I_a e a capacidade máxima de armazenamento de água do solo (S) (Equação 4).

$$\lambda = \frac{I_a}{S} \quad (4)$$

O valor da abstração inicial foi obtido em cada hidrograma, somando-se a lâmina de chuva incidente na bacia até o que se verifique o início da chuva efetiva. O potencial máximo de infiltração no solo (S) foi determinado a partir da Equação 5 (HAWKINS *et al.*, 2009).

$$S = \frac{\sqrt{(P - I_a - Q)}}{Q} \quad 0 \leq Q \leq P \quad (5)$$

RESULTADOS

Na Tabela 2 estão compilados os valores de chuva, lâmina escoada, duração da chuva, intensidade de chuva, capacidade de armazenamento de água no solo e o índice de abstração inicial (λ) na BHEGL.

Tabela 2: Eventos de precipitação e vazão monitorados no período de dezembro/2015 a abril/2019 na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.

Data	Chuva (mm)	Lâmina Escoada (mm)	Duração da Chuva (min)	Intensidade Chuva (mm h⁻¹)	S (mm)	λ (%)
19/12/2015	25,00	0,0582	100	15,0	83,1	1,93
04/01/2016	14,00	0,0295	60	14,0	118,3	1,52
05/01/2016	12,60	0,0611	135	5,6	51,1	5,48
06/01/2016	1,40	0,0012	20	4,2	886,5	0,02
11/01/2016	21,80	0,1430	160	8,2	31,0	6,45
13/01/2016	7,60	0,0243	75	6,1	91,9	2,83
17/01/2016	15,80	0,0506	105	9,0	73,3	2,73
27/01/2016	17,60	0,0110	75	14,1	366,7	0,38
11/02/2016	27,00	0,0589	160	10,1	80,3	5,73
03/03/2016	6,60	0,0195	140	2,8	118,7	1,01
10/03/2016	17,00	0,0527	95	10,7	77,7	0,26
11/03/2016	6,20	0,0327	45	8,3	63,9	2,82
14/03/2016	10,00	0,0202	35	17,1	155,1	0,13
13/05/2016	1,80	0,0035	30	3,6	358,4	0,06
03/06/2016	6,00	0,1730	30	12,0	13,7	1,46
09/12/2017	1,92	0,0011	40	2,9	1215,2	0,02
08/12/2017	2,66	0,0023	60	2,7	705,2	0,01
15/12/2017	10,29	0,0140	250	2,5	216,4	0,53
19/12/2017	1,68	0,0018	35	2,9	481,1	0,19
03/01/2018	8,85	0,0281	110	4,8	74,6	5,96
07/01/2018	15,78	0,0552	410	2,3	71,1	0,48
29/03/2018	2,84	0,0060	115	1,5	253,2	0,20
03/04/2018	27,76	0,0740	180	9,3	63,6	8,74
24/12/2018	15,87	0,1565	70	13,6	21,8	18,78
13/01/2019	2,26	0,0009	45	3,0	1617,5	0,02
26/01/2019	2,36	0,0024	105	1,3	599,7	0,05
12/02/2019	1,28	0,0032	35	2,2	308,3	0,09
14/02/2019	1,58	0,0043	75	1,3	275,0	0,05
18/02/2019	1,82	0,0080	40	2,7	157,8	0,13
20/02/2019	4,74	0,0004	30	9,5	5523,6	0,01
26/02/2019	11,33	0,0095	190	3,6	272,8	1,69
01/03/2019	6,47	0,0037	35	11,1	587,4	0,28
04/03/2019	0,90	0,0018	75	0,7	481,1	0,03
09/03/2019	1,71	0,0146	35	2,9	85,1	0,17
06/04/2019	1,62	0,0019	50	1,9	598,3	0,05
08/04/2019	2,71	0,0020	105	1,5	816,5	0,01
Média						1,95
D. padrão						3,61

DISCUSSÃO

Analisando os valores do índice de abstração inicial (λ) obtidos para a BHEGL (Figura 3) observa-se que os valores variaram de 0,01 a 18,78%, resultando em uma média de 1,95%, desvio padrão de 3,61 e coeficiente de variação de 185,1%.

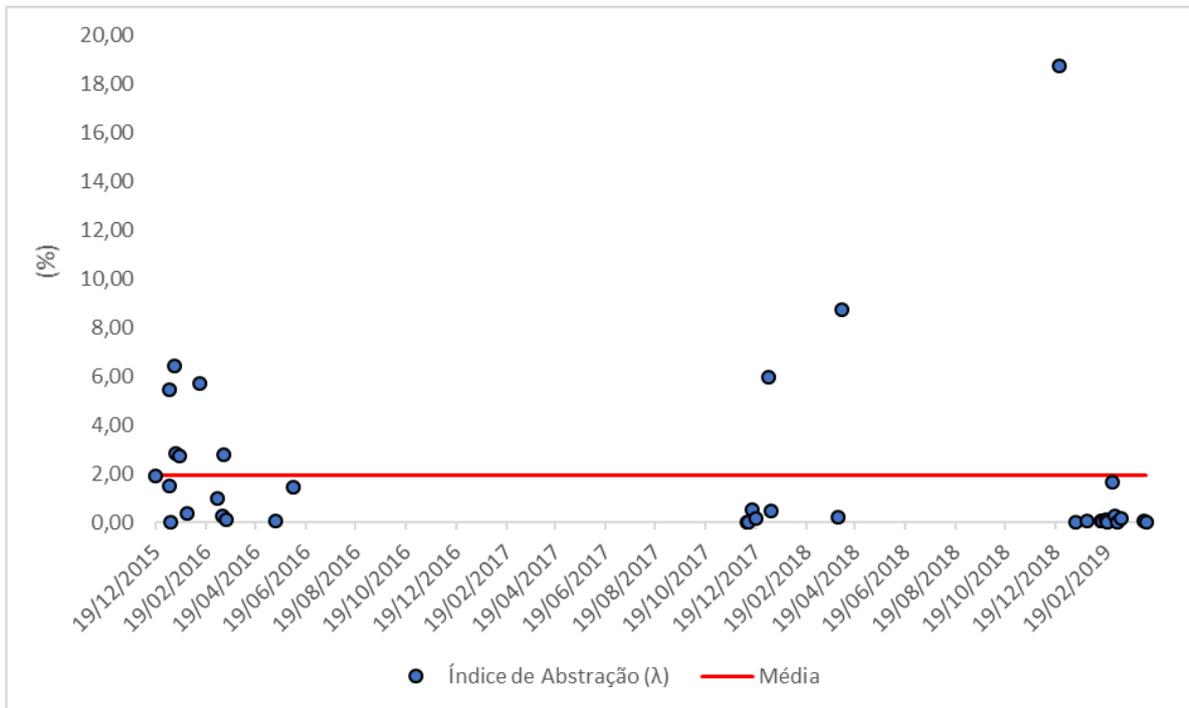


Figura 3: Dados do índice de abstração inicial (λ) obtidos para a Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória – BHEGL, no período de dezembro/2015 a abril/2019. Uberlândia – MG.

O resultado médio de λ obtido neste trabalho se mostra muito diferente daquele preconizado para o método SCS-CN, que é 20% (NRCS, 2004). Ressalta-se, porém, que o valor indicado no método SCS-CN foi obtido em condições de solo e clima das bacias hidrográficas americanas, portanto, diferente das condições tropicais das bacias deste estudo.

A BHEGL apresenta particularidades como represamento, parcela de área urbanizada e presença de rodovia pavimentada. O represamento retarda o escoamento superficial e ampliação de extensão sujeita à evaporação. A área impermeabilizada diminui a infiltração no solo e a rodovia atua como um obstáculo ao escoamento superficial, propiciando maior tempo à infiltração no solo em prejuízo do escoamento.

Segundo Alves *et al.* (2019) a estimativa de vazão obtida na Bacia Hidrográfica de Jaguará, Minas Gerais, teve maior precisão quando λ foi definido entre 2 e 5%, corroborando com o resultado obtido neste trabalho.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que o índice de abstração apresentou valor médio de 1,95%, valor este muito inferior daquele usualmente empregado na metodologia SCS-CN. Contudo, os resultados demonstram que a metodologia SCS-CN referente a abstração inicial de 20% da capacidade de infiltração no solo não condiz com a realidade do escoamento superficial na bacia estudada.

O índice de abstração inicial apresentou correlação significativa com chuva e escoamento superficial direto. Este fato direciona à necessidade de adoção de práticas adequadas de usos e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, G. J. et al. Assessment of the Soil Conservation Service - Curve Number method performance in a tropical Oxisol watershed. *JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION*, v. 74, n. 5, p. 500-512, SEP/OCT 2019. COSTA, E. R. H. Metodologia para o uso combinado de polímeros naturais como auxiliares de coagulação. XVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 1993. Anais. Natal, RN, 1993.
2. ASF. Vertex is the Alaska Satellite Facility's data portal for remotely sensed imagery of the Earth. Alaska Satellite Facility, 2019. Disponível em: <<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>. Acesso em: 07 julho 2019.
3. BARTLETT, M. S. et al. Beyond the SCS-CN method: A theoretical framework for spatially lumped rainfall-runoff response. *Water Resources Research*, v. 52, n. 6, May 2016.
4. CALIL, P. M. et al. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 433-442, 2011.
5. COSTA, F. F. D.; PAZ, A. R. D.; PICCILLI, G. A. Modified NRCS-CN-TUH methods for distributed rainfall-runoff modeling. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 24 e 21, January 2019.
6. CRUZ, M.; PINESE JÚNIOR; RODRIGUES, S. Abordagem cartográfica da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Glória – MG. *Revista Brasileira de Cartografia*, Uberlândia, v. 62, p. 505-516, março 2010.
7. HAWKINS, R. H. et al. *Curve Number Hydrology*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2009. 106 p. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784410042>>.
8. MELLO, C. R. D. et al. Abstração inicial da precipitação em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 494-500, dezembro 2003.
9. MELLO, C. R. D.; SILVA, A. M. D. *Hidrologia: princípios e aplicações em sistema agrícolas*. Lavras: UFLA. p. 455, 2013.
10. JUNIOR, C. G. V.; RODRIGUES, B. B.; OLIVEIRA, P. T. S. D. Initial abstraction ratio and Curve Number estimation using rainfall and runoff. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 24, n. 5, 2019.