

# MODELAGEM CHUVA-VAZÃO: CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DO COEFICIENTE DE ABSTRAÇÃO INICIAL DO MÉTODO CURVA NÚMERO

*Rainflow-runout modelling: contribution to the analysis of the initial abstraction coefficient of the number curve method*

**Leonardo Santos Barbosa**

Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas – Poços de Caldas (MG), Brasil.  
[leosantosbarbosa2@gmail.com](mailto:leosantosbarbosa2@gmail.com)

**Flávio Aparecido Gonçalves**

Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas – Poços de Caldas (MG), Brasil.  
[flavio.goncalves@unifal-mg.edu.br](mailto:flavio.goncalves@unifal-mg.edu.br)

**Alexandre Silveira**

Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas – Poços de Caldas (MG), Brasil.  
[alexandre.silveira@unifal-mg.edu.br](mailto:alexandre.silveira@unifal-mg.edu.br)

**Job Teixeira de Oliveira**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Chapadão do Sul (MS), Brasil.  
[job.oliveira@hotmail.com](mailto:job.oliveira@hotmail.com)

Recebido: 07/06/2025

Aceito: 28/11/2025

## Resumo

O Método Curva Número (CN) é amplamente utilizado para estimar o escoamento superficial decorrente de eventos de precipitação, embora apresente limitações relacionadas à variabilidade dos fatores hidrológicos. Este estudo analisou 43 eventos hidrológicos ocorridos entre 2016 e 2019 na Bacia Hidrográfica do Rio Santana (BHRS), localizada no estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de caracterizar o coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) e avaliar a eficácia de diferentes métodos de separação do escoamento: o método de Eckhardt, o método de Lyne e Hollick e o método de separação gráfica. Os coeficientes  $\lambda$  foram obtidos de forma indireta, a partir da precipitação total, deflúvio observado e perdas iniciais. O método gráfico apresentou melhor desempenho, com valor médio de  $\lambda$  de 0,138. A divisão dos dados em três blocos, segundo a variação de  $\lambda$ , aumentou significativamente a correlação entre os escoamentos estimados e observados, alcançando  $R^2$  de até 0,983 no bloco com  $\lambda \geq 0,250$ . Conclui-se que a combinação do método gráfico com a segmentação por faixas de  $\lambda$ , proporciona maior precisão nas estimativas de escoamento superficial, sendo uma alternativa mais eficaz do que o uso de valores fixos preconizados pela literatura. Ressalta-se, como limitação do estudo, que a abordagem adotada pode não capturar diretamente os efeitos de todas as características fisiográficas da bacia, como o uso e a ocupação do solo.

**Palavras-chave:** Modelagem Hidrológica. Separação de escoamento. Escoamento Superficial.

## Abstract

The Curve Number (CN) method is widely used to estimate runoff from precipitation events, though it has limitations due to the variability of hydrological factors. This study analysed 43 hydrological events that occurred between 2016 and 2019 in the Santana River Hydrographic Basin (BHRs), located in the state of Rio Grande do Sul, to characterise the initial abstraction coefficient ( $\lambda$ ) and evaluate the effectiveness of various runoff separation methods. Eckhardt, Lyne e Hollick and the graphical separation method. The  $\lambda$  coefficients were obtained indirectly, from total precipitation, observed runoff and initial losses. The graphical method performed best, with an average  $\lambda$  value of 0.138. Dividing the data into three blocks based on  $\lambda$  variation significantly increased the correlation between estimated and observed runs, reaching  $R^2$  of up to 0.983 in the block with  $\lambda \geq 0.250$ . It is concluded that the combination of the graphical method with segmentation by  $\lambda$  ranges provides greater precision in surface runoff estimates and is a more effective alternative than the use of fixed values recommended in the literature. As a limitation of the study, the approach applied may not directly capture the effects of all the basin's physiographic characteristics, such as land use and occupation.

**Keywords:** Hydrological Modelling. Flow separation. Surface Runoff.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação ambiental tornou-se cada vez mais prioritária na agenda global em relação aos problemas de degradação dos recursos naturais, em especial de solo e água, que são o reflexo dos níveis alarmantes da pressão antrópica sobre o meio ambiente (Quandtetal, 2023). O atual contexto exige a geração de informações e conhecimento científico sobre dinâmica do uso da terra (Neves *et al.*, 2024) e um entendimento mais aprofundados do fenômeno chuva-vazão.

O desafio da previsão dos eventos climáticos, cada vez mais intensos, nas últimas décadas, tem impulsionado o desenvolvimento de estudos relacionados aos ecossistemas urbanos, especialmente no que se refere à interação entre as atividades humanas e a dinâmica do meio físico. Nesse contexto desafiador, a ciência geomorfológica desempenha um papel fundamental ao disponibilizar métodos e técnicas importantes para aprofundar os estudos sobre a morfologia das áreas e sua influência na dinâmica dos processos hidrológicos (Souza *et al.*, 2024). Neste sentido, o escoamento superficial é um dos principais componentes do ciclo hidrológico e influencia diversos processos ambientais, como erosão do solo, transporte de sedimentos, inundações, bem como transporte de nutrientes e contaminantes (Nicolete; Piroli 2024)

O Método Curva Número (CN), desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SCS, 1972) e utilizado para cálculo do deflúvio total gerado em uma bacia hidrográfica ou área de contribuição é amplamente

utilizado devido sua simplicidade em comparação a outros modelos. No entanto, sua premissa fundamental em relação à abstração inicial ( $\lambda$ ) tem sido questionada. Tradicionalmente, a abstração inicial é definida como sendo 20% da capacidade máxima de infiltração ( $S$ ) – uma relação ( $\lambda = \lambda_0/S = 0,200$ ) estabelecida a partir de seu desenvolvimento original em pequenas bacias hidrográficas nos Estados Unidos da América. Entretanto, estudos recentes vêm questionando a validação universal da relação  $\lambda_0 / S$ , argumentando que este parâmetro deve ser analisado como regional, ao invés de se utilizar um valor pré-definido (Mishra *et al.*, 2006).

No Brasil, particularmente, há uma carência de informações sobre o coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ), principalmente quando se leva em conta bacias hidrográficas pouco antropizadas. Diante dessa lacuna, parte-se da hipótese de que o coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ), tradicionalmente considerado constante no Método Curva Número, apresenta significativa variabilidade quando analisado em bacias hidrográficas com características fisiográficas e climáticas específicas.

Dessa forma, espera-se que métodos mais adaptativos, como a separação gráfica associada à segmentação por faixas de  $\lambda$ , proporcionem estimativas mais precisas do escoamento superficial, em comparação ao uso de valores fixos preconizados pela literatura. Os objetivos deste estudo foram: (1) caracterizar os eventos de chuva-vazão e a separação dos escoamentos superficial e subterrâneo por diferentes métodos; (2) caracterizar o coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) e o Curva Número (CN) a partir de dados de deflúvios observados; (3) correlacionar as lâminas de escoamentos superficiais observadas com as estimadas por diferentes coeficientes de abstração inicial ( $\lambda$ ).

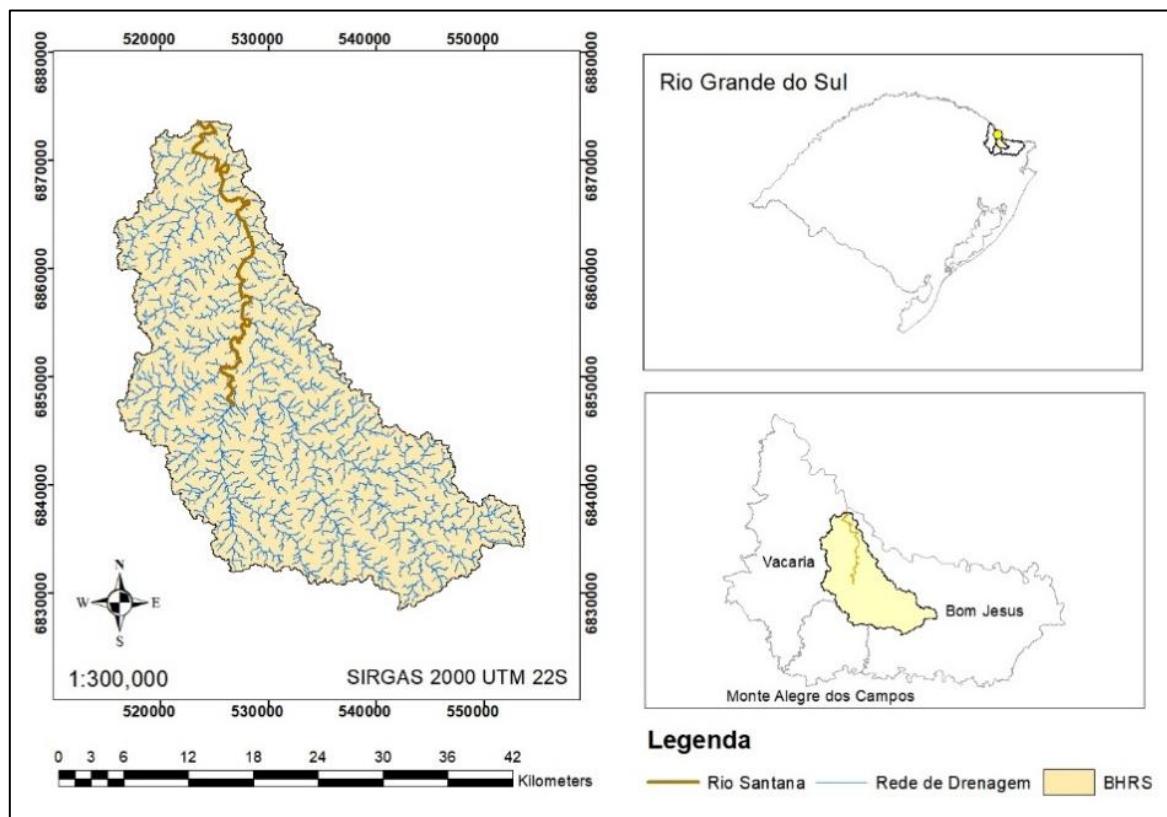
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo e Obtenção dos Dados

O presente estudo tem como base a Bacia Hidrográfica do Rio Santana (BHRS), com informações obtidas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que abrange os municípios de Vacaria, Bom Jesus e Monte Alegre dos Campo no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

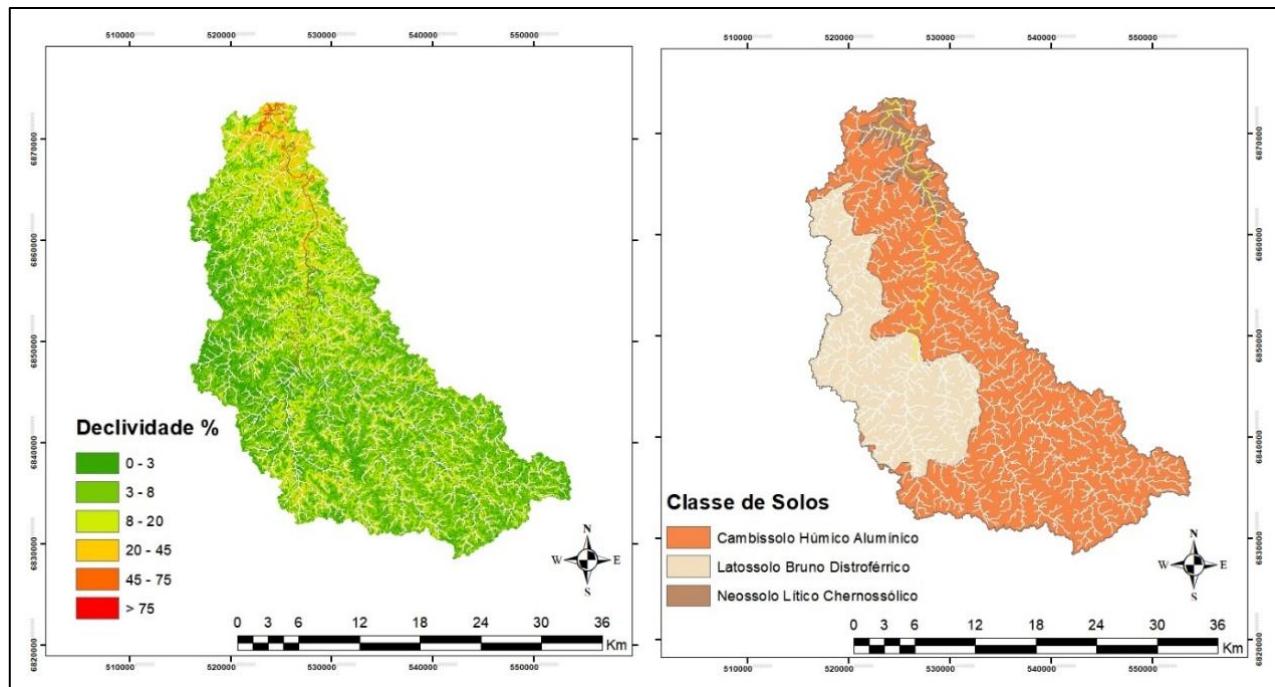
A BHRS, com exultório localizado nas coordenadas 523.490 W e 6.873.565 S, fuso 22S, é uma das cinco estações telemétricas instaladas em afluentes do Rio Pelotas. São utilizadas para previsões de vazões de afluência para a Usina Hidrelétrica Barra Grande. Possui área de drenagem de 790 km<sup>2</sup>, com boa densidade de drenagem de 2,35 km km<sup>-2</sup>,

e coeficiente de compacidade de 2,20. Caracteriza-se como uma bacia hidrográfica com menor propensão a grandes enchentes. O clima da região é classificado como Cfb, segundo Köppen-Geiger, correspondente a um clima temperado úmido com verão ameno [INMET, 2024]. A precipitação anual varia de 1.100 a 2.000 mm, não apresentando uma estação seca bem definida, e a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C (Rossato, 2020).



**Figura 1 – Localização Geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Santana (BHRS).**  
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Na Figura 2 estão representadas as classes de declividades e os tipos de solos predominantes na BHRS. O relevo (Gonçalves e Santos, 2013), está concentrado predominantemente entre plano (24,50 % da área), com declividades entre 0,00% a 3,00%; suave ondulado (46,30 % da área) com declividades variando entre 3,00% e 8,00%; e ondulado (24,88% da área), com declividades entre 8,00% e 20,00%. A BHRS apresenta três tipos de solos predominantes em toda sua extensão (Santos *et al.*, 2025). O Cambissolo Húmico Alumínico (CHA), presente em 68,05% da área, com características de solo argiloso; Latossolo Bruno Distroférrico (LBdf), em 28,16% da área, com característica muito argilosa; e o Neossolo Lítico Chernossólico (Rlm), em 3,79 % da área, com característica de solo cascalhento, principalmente em áreas com maior declividade.



**Figura 2 – Mapas de Declividades e Classes de solos na BHRS.**

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para garantir a confiabilidade e a consistência das séries hidrológicas utilizadas, foi realizado um rigoroso processamento e controle de qualidade dos dados de precipitação e vazão. Este procedimento é fundamental para assegurar que as estimativas subsequentes do escoamento superficial e do coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) não fossem comprometidas por inconsistências ou falhas instrumentais. A análise consistiu na inspeção visual das séries temporais para identificar possíveis descontinuidades ou valores anomalous, complementada por uma análise estatística descritiva para detectar a presença de outliers improváveis. Todos os 43 eventos selecionados para o estudo apresentaram registros contínuos e completos, não sendo necessária, portanto, a aplicação de técnicas de imputação de dados ou a exclusão de qualquer evento.

## 2.2. Separação dos componentes de escoamento

Os métodos utilizados na separação dos componentes dos escoamentos superficial e subterrâneo foram os filtros digitais recursivos propostos por Eckhardt (2005) (Equação 1) e por Lyne e Hollick (1979) (Equação 2), devido a simplicidade de aplicação de ambos; e o método de separação gráfica (SG), descrito por Mello e Silva (2013), que considera o escoamento básico linear a partir de dois pontos de inflexão em uma hidrógrafa, onde encontra-se a vazão base para cada intervalo de tempo. Estes procedimentos visam encontrar o escoamento subterrâneo de cada evento, portanto, por subtração do

escoamento total, encontra-se o escoamento superficial direto. Metodologia utilizada por Barbosa (2021).

$$b_k = \frac{[(1-BFI_{max}).(a.b_{k-1})]+[(1-a).(BFI_{max}.y_k)]}{[1-(a.BFI_{max})]} \quad 1$$

$$b_k = (a.b_{k-1}) + \frac{(1-a)}{2}(y_k + y_{k-1}) \quad 2$$

Em que  $b_k$  é a vazão base no intervalo de tempo  $k$  ( $m^3 s^{-1}$ );  $BFI_{max}$  é o índice de fluxo máximo;  $a$  é o decaimento exponencial no período de recessão; e  $y_k$  é a vazão total no intervalo de tempo  $k$  ( $m^3 s^{-1}$ ).

Para este trabalho utilizou-se para o Filtro Eckhardt (FE) os valores de  $a$  e  $BFI_{max}$  de 0,995 e 0,750, respectivamente, segundo estudos realizados por Eckhardt (2005) e para o Filtro Lyne e Hollick (LH), segundo Nathan e McMahon (1991), o valor do parâmetro  $a$  sendo 0,925 gera uma boa estimativa da vazão base.

A escolha dos parâmetros fixos para o filtro de Eckhardt baseou-se nas recomendações originais do autor (Eckhardt, 2005), que têm se mostrado adequados para bacias com cobertura vegetal significativa e baixo grau de urbanização, como é o caso da BHRS. Embora não tenha sido realizada calibração específica para esses parâmetros, optou-se por manter os valores recomendados para garantir comparabilidade com outros estudos de base semelhante. Além disso, a análise comparativa com os demais métodos de separação (Lyne e Hollick e gráfico) permitiu identificar possíveis limitações do uso fixo desses valores, sendo essa discussão aprofundada na seção de resultados. Futuros estudos poderão explorar a calibração específica desses parâmetros para a bacia em questão, utilizando séries de longo prazo e modelos de otimização.

### 2.3. Obtenção de $\lambda$ a partir do Método Curva Número (CN)

O Método Curva Número (CN) (Equação 3), desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SCS, 1972), é muito utilizado para o cálculo do escoamento superficial direto gerado por um evento de precipitação em uma bacia hidrográfica,

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a+S)} \quad 3$$

Onde  $Q$  é o escoamento superficial direto;  $P$  é a precipitação total do evento;  $I_a$  são as perdas por abstração inicial; e  $S$  é a capacidade máxima de retenção de água pelo solo, sendo todos os parâmetros dados em mm.

A capacidade máxima de retenção ( $S$ ) (Equação 4), é obtida com base nos valores de CN, associado a parâmetros fisiográficos da bacia hidrográfica, tais como, cobertura vegetal, umidade antecedente e classe de solo. A razão entre a abstração inicial e a capacidade máxima de retenção nos retorna o coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) (Equação 5).

$$S = \left( \frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad 4$$

$$\lambda = \left( \frac{I_a}{S} \right) \quad 5$$

Na literatura, o valor do coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) é considerado como sendo 0,200, em que a abstração inicial corresponde a 20% da capacidade máxima de infiltração e o valor de CN é determinado a partir da análise crítica do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica estudada (Mello e Silva, 2013).

Neste trabalho, foram realizadas associações na equação do método CN, para definir os coeficientes de abstração inicial e o CN para cada evento estudado. Primeiramente, definiu-se o escoamento superficial direto como a razão entre o volume total do escoamento superficial pela área total da bacia, conforme a Equação 6:

$$Q = \frac{VES}{(A \cdot 10^3)} \quad 6$$

Onde VES é dado em  $m^3$  e obtido pelo somatório das vazões superficiais multiplicado pelo intervalo de tempo em segundos e  $A$  é a área da bacia dada em  $km^2$ .

O valor da lâmina de abstração inicial ( $I_a$ ) foi definida a partir das hidrógrafas geradas para cada evento, sendo considerada toda precipitação ocorrida antes do início do escoamento superficial. Assim, com os valores de escoamento superficial, precipitação total e abstração inicial, o valor de  $S$  foi calculado pela Equação 7:

$$S = \left[ \frac{(P - I_a)^2}{Q} \right] - (P - I_a) \quad 7$$

Com o valor de  $S$  calculado, calculou-se então  $CN$  e  $\lambda$  pelas equações 4 e 5, respectivamente. Os cálculos de todos os parâmetros foram realizados considerando os três métodos de separação do escoamento superficial direto, a fim de analisar qual apresentou valores mais coerentes.

#### **2.4. Análise do Coeficiente de Abstração Inicial ( $\lambda$ ) e Tratamento de Dados**

Análises estatísticas foram realizadas para verificar o comportamento do coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) para os três métodos de separação de escoamento e assim avaliar qual apresentava melhores correlações. Com os valores de média e desvio padrão obtidos para análise de  $\lambda$ , foi realizado teste de normalidade dos dados, para saber a BHRS apresentava distribuição normal, verificada pelo teste de Kolgomorov–Smirnov.

Alguns parâmetros apresentam maior interferência em um processo de escoamento superficial, como umidade média antecedente à um evento de precipitação, a intensidade média de precipitação, o tempo para atingir a intensidade média precipitação e o tempo para atingir a intensidade máxima da chuva (Mello; Silva, 2013). Assim, desenvolveu-se modelos de regressão linear para analisar o comportamento do coeficiente de abstração inicial com base nos outros parâmetros estudados, afim de verificar se tais parâmetros apresentam uma boa correlação e significância com o parâmetro principal.

Foi realizada análise regressão dos dados através do Software Excel. Os modelos de regressão linear adquiridos foram analisados a partir do p-valor da regressão, que define se existe correlação entre as variáveis e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que define a representatividade de uma variável “x” explicar o comportamento da variável “y”, onde quanto mais próximo de 100%, maior a representatividade.

#### **2.5. Análise do escoamento superficial em relação ao coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ )**

O escoamento superficial foi estimado para diferentes valores de coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) de forma a analisar e comparar com os valores observados pela Equação 6 para cada evento. Os valores de  $\lambda$  utilizados foram 0,200, utilizado na literatura como referência para o método  $CN$ ; 0,138, valor médio encontrado para a BHRS; e, o valor 0,050, que é segundo Jiang (2001) e Hawkins *et al.* (2001) um bom valor estimado para o valor de  $\lambda$ . A capacidade máxima de infiltração foi calculada pela Equação 5 para cada  $\lambda$  específico, gerando a partir da Equação 3 os novos escoamentos superficiais estimados.

## 2.6. Análise da vazão máxima de pico pelo Método Racional

De forma análoga às associações realizadas para o Modelo Curva Número, foram realizadas alterações nos parâmetros utilizados pelo Método Racional (Equação 8) para comparar a vazão máxima de pico observada pelos eventos chuva-vazão e a vazão máxima de pico estimada pelo modelo. Tal modelo é muito utilizado, pois a partir de apenas um parâmetro, o coeficiente de escoamento (C), que representa a interação entre a infiltração e escoamento de um evento, transformamos um processo complexo de análise de um evento de precipitação em uma análise simples (Mello e Silva, 2013).

$$Q_{\max} = \left( \frac{C \cdot i_{\max} \cdot A}{360} \right) \quad 8$$

Onde  $Q_{\max}$  é a vazão máxima calculada em  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ,  $i_{\max}$  é a intensidade máxima de precipitação em  $\text{mm.h}^{-1}$ , C é o coeficiente de escoamento superficial e A, a área da bacia estudada em ha.

O coeficiente de escoamento superficial (C) foi determinado a partir da relação entre o escoamento superficial e a precipitação total de determinado evento (Equação 9) e a intensidade máxima de precipitação (Equação 10), pela relação entre precipitação total e o tempo de concentração:

$$C = \left( \frac{Q}{P_{\text{total}}} \right) \quad 9$$

$$i_{\max} = \left( \frac{P_{\text{total}}}{t_c} \right) \quad 10$$

Onde  $t_c$  é o tempo de concentração, em horas.

A importância da análise do tempo de concentração em uma bacia hidrográfica está direcionada à relação entre características físicas da bacia hidrográfica junto aos eventos de chuva, condições climáticas, entre outros fatores. Segundo Mulvany (1850), o tempo de concentração consiste no tempo necessário para a precipitação que cai no ponto mais remoto de uma bacia hidrográfica ou área de contribuição, chegar ao exultório.

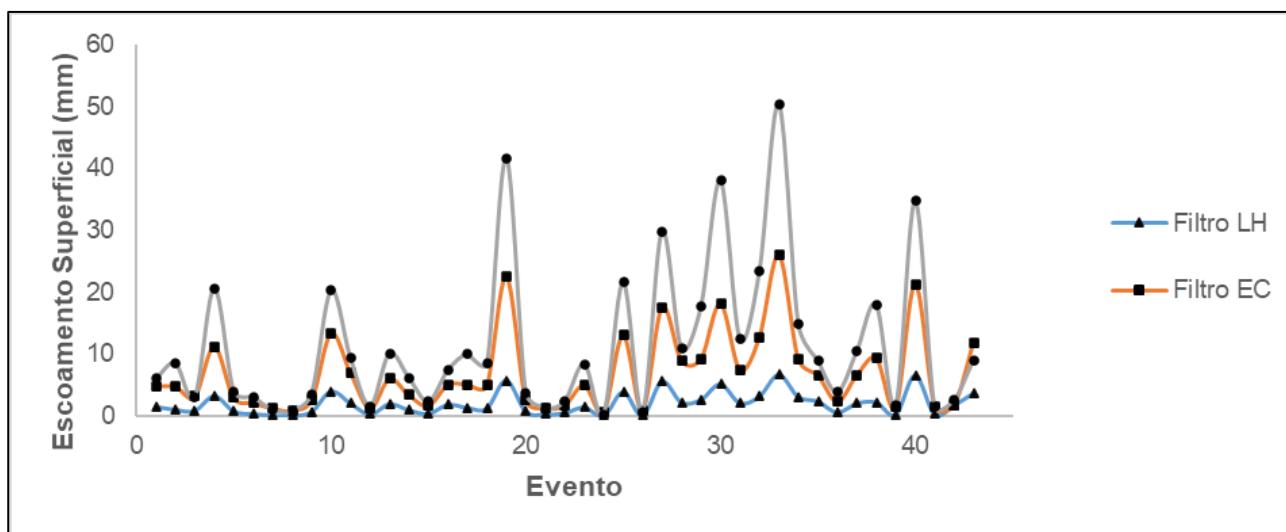
Existem métodos empíricos e de análises do comportamento de hidrograma para encontrar o tempo de concentração. Segundo Mello (2003), o método de *Airport* apresenta uma melhor coerência de análise do tempo de concentração comparado aos demais métodos, e está representado na Equação 11.

$$t_c = \frac{3,26 \cdot (1,1 - C) L^{0,5}}{D L^{0,33}}$$

Sendo L o comprimento do canal principal em metros e DL a declividade média em  $m^{-1}$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um total de 43 eventos de precipitação, entre janeiro de 2016 a dezembro de 2019, foram analisados para a BHRS. Os métodos aplicados para a separação do escoamento superficial e do escoamento base influenciaram diretamente os valores de escoamento superficial gerados e, consequentemente, os coeficientes de abstração inicial ( $\lambda$ ). Os valores calculados para cada método demonstraram uma grande variação entre os métodos estudados, conforme mostra a Figuras 3.



**Figura 3 –** Escoamento Superficial gerado por cada método de separação para a BHRS

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O filtro de Lyne e Hollick (LH) subestimou as vazões superficiais, resultando em menores volumes de deflúvio e, por isso, em altas capacidades de infiltração (S) e baixos valores de CN. O filtro de Eckhardt (EC), por sua vez, apresentou vazões superficiais maiores, mas assumiu início imediato do escoamento com a precipitação, o que não condiz com as características da BHRS — uma bacia com baixa antropização. O método de separação gráfica (SG), apesar de gerar maiores valores de abstração inicial, apresentou maior coerência, pois considerou períodos mais longos de duração do escoamento superficial, conforme indicado pelas hidrógrafas. Em relação ao CN, observou-se ampla

variação nos valores estimados, coerente com sua dependência das características fisiográficas da bacia. A literatura mostra que diferentes técnicas de separação do escoamento podem produzir volumes distintos mesmo sob a mesma condição de produção de sedimentos (Reichert *et al.*, 2015), reforçando a adequação do método gráfico em estudos com séries sub-diárias.

### 3.1. Análise do coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ )

Na Tabela 1, são apresentados os coeficientes de abstração inicial ( $\lambda$ ) resultantes de cada método. Valores superiores a 0,500 foram desconsiderados, por serem inconsistentes. O método SG apresentou a maior média e o menor coeficiente de variação, enquanto os filtros digitais geraram muitos  $\lambda$  iguais a zero e elevada dispersão dos dados. Isso reforça a robustez do método gráfico.

**Tabela 1:** Valores máximo, mínimo e médio e coeficiente de variação dos coeficientes de abstração gerados pelos modelos para a Bacia Hidrográfica do Rio Santana.

	Máximo	Mínimo	Média	CV (%)
$\lambda$ Eckhardt	0,140	0,000	0,014	191,272
$\lambda$ Lyne e Hollick	0,267	0,000	0,012	333,647
$\lambda$ Separação Gráfica	0,376	0,006	0,138	81,045

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os altos coeficientes de variação se dão, pois, o parâmetro coeficiente de abstração inicial apresenta grande dependência da precipitação, que por natureza apresenta alta variabilidade e amplitude de dados. Ao avaliar os dados do coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ), pode-se observar que os dados mais coerentes são os gerados pelo método de separação gráfica (SG), e assim, os estudos posteriores, foram realizados apenas com estes valores.

Assim, a BHR, possui 65,78 % dos dados de  $\lambda$  inferiores a 0,200 e uma média que indica que, para esta bacia hidrográfica a abstração inicial equivale a 13,80% da capacidade máxima de infiltração. Confessor *et al.* (2024a), em seu estudo envolvendo o simulador de chuvas, revelaram que após o início da precipitação, o fluxo superficial originou-se aos 11:22 minutos, havendo uma abstração inicial de 10,87 mm, sendo 18,94 % do total precipitado ao longo de todo período de experimentos. Em outro experimento resultados revelaram que após o início da precipitação o fluxo superficial originou-se aos 10:15

minutos, havendo uma abstração inicial de 9,2 mm, sendo 17,06 % de todo o total precipitado (Confessor *et al.*, 2024b).

Pelo Teste de Kolgomorov-Smirnov, ao nível de significância de 5%, verificou-se que os dados de  $\lambda$  calculados apresentaram distribuição normal, com desvio padrão encontrado de 0,112. Com a amplitude dos dados de coeficiente de abstração inicial variando de 0,006 a 0,376, observou-se mais dois pontos de análises além da média dos dados, sendo eles uma variação da “média menos desvio padrão” e da “média mais desvio padrão”, apresentando valores de 0,026 e 0,250 respectivamente. Com base nos resultados obtidos, os dados de  $\lambda$  foram divididos em três blocos (Blocos 1, 2 e 3) com base na variação em torno da média ( $0,138 \pm 0,112$ ), conforme detalhado nas Tabelas 2, 3 e 4. Essa classificação buscou avaliar a eficácia da segmentação para reduzir a influência de fatores fisiográficos e melhorar a representação dos escoamentos.

Soares *et al.* (2024), dividiram os dados em cinco blocos, destacando que nestes blocos, estão contidas as informações de produtos distintos e referentes à sua área, que variam em termos de escala a depender do dado escolhido.

**Tabela 2:** Estatísticas calculadas para o Bloco 1 ( $\lambda \leq 0,026$ ) da separação de dados da BHRS.

	P (mm)	ES (mm)	C	Ia (mm)	S (mm)	$\lambda$	CN	P5 (mm)
<b>Maior</b>	59,4	10,472	0,176	8,0	519,964	0,026	50,360	33,8
<b>Menor</b>	28,8	1,038	0,036	1,6	250,373	0,006	32,818	0,8
<b>Amplitude</b>	30,6	9,434	0,140	6,4	269,591	0,020	17,542	33,0
<b>Média</b>	45,0	4,966	0,095	5,5	373,723	0,015	41,619	14,1
<b>Desvio Padrão</b>	14,0	4,396	0,064	2,5	116,492	0,008	7,827	14,3
<b>CV (%)</b>	321,2	112,970	148,341	216,8	320,815	186,363	531,748	98,5

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

**Tabela 3:** Estatísticas calculadas para o Bloco 2 ( $0,026 \leq \lambda \leq 0,250$ ) da separação de dados da BHRS.

	P (mm)	ES (mm)	C	Ia (mm)	S (mm)	$\lambda$	CN	P5 (mm)
<b>Maior</b>	155,4	50,345	0,640	40,0	999,323	0,245	94,972	83,6
<b>Menor</b>	19,2	0,337	0,010	2,8	13,448	0,032	20,266	0,0
<b>Amplitude</b>	136,2	50,008	0,630	37,2	985,875	0,213	74,706	83,6
<b>Média</b>	62,2	12,660	0,179	15,6	222,290	0,110	60,165	13,5
<b>Desvio Padrão</b>	36,0	13,438	0,153	8,8	210,991	0,076	18,118	21,4
<b>CV (%)</b>	172,7	94,205	117,240	177,6	105,355	145,550	332,078	63,0

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

**Tabela 4:** Estatísticas calculadas para o Bloco 3 ( $\lambda \geq 0,250$ ) da separação de dados da BHRS.

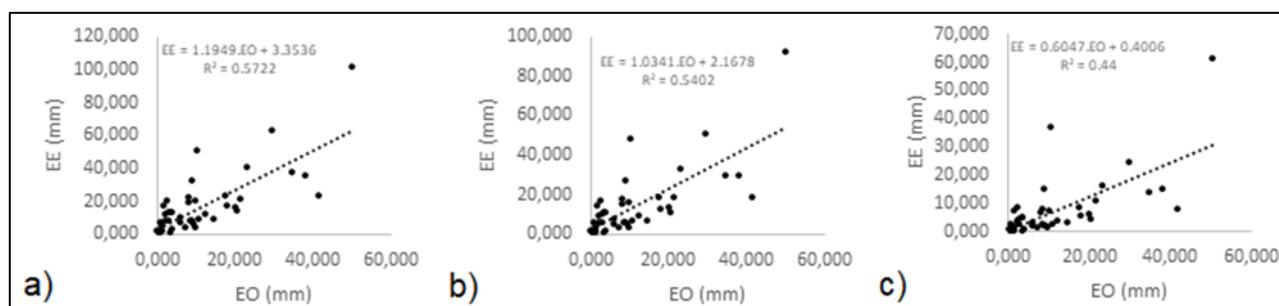
	P (mm)	ES (mm)	C	la (mm)	S (mm)	$\lambda$	CN	P5 (mm)
<b>Maior</b>	78,6	20,656	0,476	28,4	110,490	0,376	91,082	67,40
<b>Menor</b>	16,0	0,744	0,046	7,8	24,871	0,254	69,686	0,0
<b>Amplitude</b>	62,6	19,912	0,430	20,6	85,619	0,122	21,396	67,4
<b>Média</b>	44,3	9,602	0,200	17,7	60,749	0,302	81,344	32,7
<b>Desvio Padrão</b>	19,8	7,663	0,145	7,8	30,339	0,047	7,672	24,7
<b>CV (%)</b>	224,1	125,298	138,229	227,4	200,235	646,967	1060,284	132,1

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

### 3.2. Análise do escoamento superficial em relação ao coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ )

Ao estimar o escoamento superficial para valores fixos de  $\lambda$  (0,200; 0,138; e 0,050), observou-se baixa correlação geral com os dados observados ( $R^2 < 0,58$ ), como mostrado na Figura 4. No entanto, ao aplicar a segmentação em blocos, os resultados melhoraram significativamente (Figura 5), com  $R^2$  acima de 0,70 em todos os blocos, e chegando a 0,983 no Bloco 3 ( $\lambda \geq 0,250$ ). Isso demonstra a eficácia da análise segmentada para melhorar a precisão das estimativas. Tais dados nos mostram que para a BHRS, ao padronizar valores de coeficiente de abstração inicial, eventos com maior volume de escoamento superficial observado são subestimados.

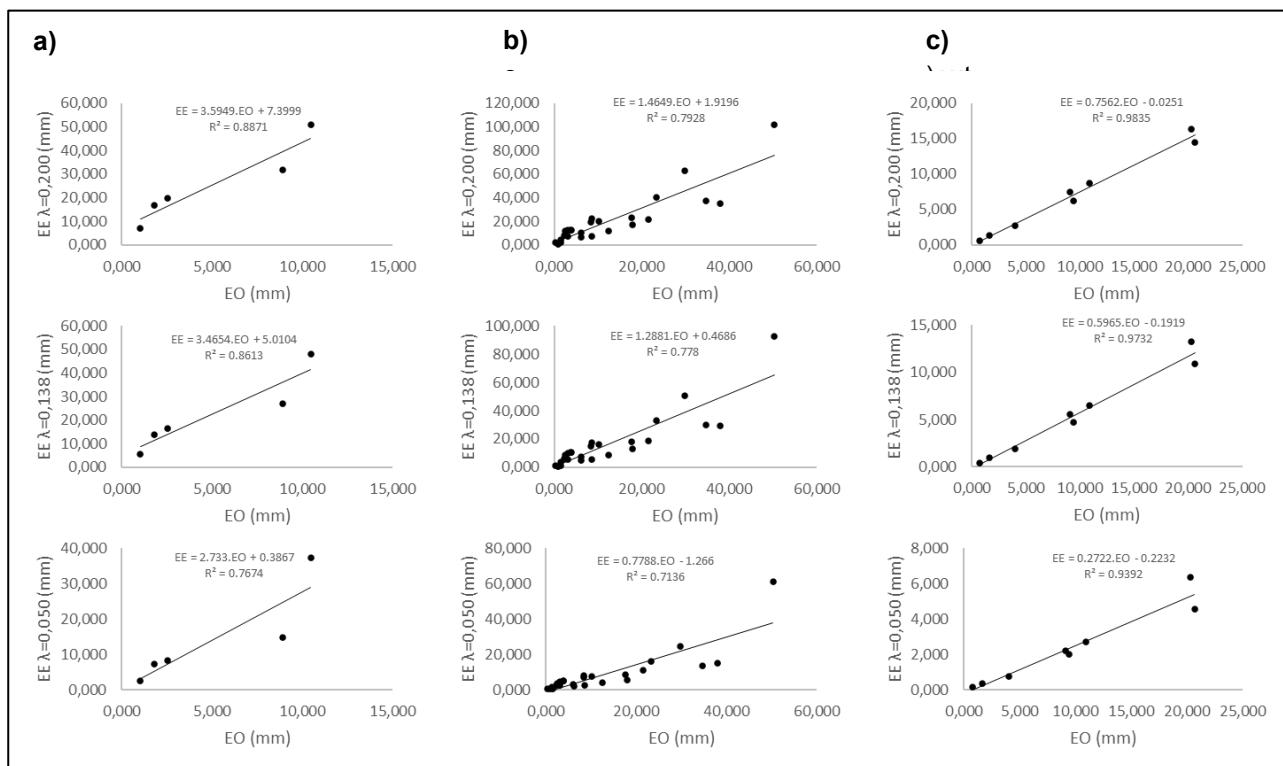
Essas ocorrências reforçam o fato de que para a análise do escoamento superficial a partir do coeficiente de abstração inicial é necessário muito cuidado para padronizar valores de  $\lambda$  e também para o CN, pois as características, tipo, umidade e uso e ocupação do solo podem se diferir entre os eventos. Os autores Lima Neto *et al.* (2024) utilizaram valor de coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) de 0,2 destacando que la se refere a um percentual da máxima infiltração acumulada potencial de infiltração a partir da qual se processa a avaliação.



**Figura 4 –** Escoamento Estimado versus Escoamento Observado para a BHRS para seus respectivos lambdas a) 0,200 b) 0,138 e c) 0,050. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

A fim de tentar diminuir a influência desses fatores nos dados calculados e melhorar a correlação entre eles, foi realizada a análise em blocos, conforme definido anteriormente após a distribuição normal, com o entendimento de que cada grupo estudado poderia apresentar características semelhantes e melhorar os resultados. Para construção do hietograma (que é um gráfico que mostra a intensidade da chuva ao longo do tempo), os autores Oliveira Junior *et al.* (2025), utilizaram o método dos blocos alternados e na determinação da precipitação efetiva foi empregado o método da Curve Number (CN), desenvolvido pelo Natural Resources Conservation Service (NRCS). Os autores corroboram com o pensamento do presente estudo e destacam que a divisão em blocos melhora resultados.

Os dados estão dispostos na Figura 5.



**Figura 5** - Escoamento Estimado versus Escoamento Observado para a Bacia Hidrográfica do Rio Santana para o a) bloco 1; b) bloco 2; e c) bloco 3 para os lambdas estudados. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

A análise em blocos apresentou correlações excelentes, ( $R^2$  acima de 0,70), melhorando os resultados para os três coeficientes de abstração iniciais. O  $\lambda=0,200$  apresentou os melhores resultados independente do bloco estudado. O bloco 3, composto por dados que apresentavam coeficiente de abstração maior ou igual a 0,250, apresentou correlações maiores que 90%. Sendo assim, podemos concluir que, como tratamos de

eventos de precipitação com grande amplitude e variabilidade de eventos e dados, e utilizando o método curva número a partir da manipulação dos parâmetros de equacionamento, trabalhar com os dados em blocos nos traz uma melhor representatividade dos valores.

### 3.3. Correlação da abstração inicial ( $\lambda$ ) com os parâmetros estudados

As regressões lineares entre  $\lambda$  e os demais parâmetros (Ia, S, CN, C e P5) indicaram correlações mais significativas com Ia e S, sobretudo nos Blocos 2 e 3 (Tabela 5). Os parâmetros CN e P5, associados à umidade antecedente e às características fisiográficas, não apresentaram correlação relevante, o que sugere que a abordagem adotada, embora eficiente, pode não captar diretamente os efeitos da ocupação do solo e da vegetação.

**Tabela 5:** Modelos ajustados para o coeficiente de abstração inicial obtido a partir do método CN - SCS para a Bacia Hidrográfica do Rio Santana, sendo a) bloco 1, b) bloco 2 e c) bloco 3.

"Variáveis	Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3	
	Parâmetro	Intersecção	Parâmetro	Intersecção	Parâmetro	Intersecção
Ia	0,0025 <sup>ns</sup>	0,0016 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,102*	-0,0015*	0,3286 <sup>ns</sup>
C	0,0059 <sup>ns</sup>	0,0157 <sup>ns</sup>	0,2723*	0,0615*	0,1750 <sup>ns</sup>	0,2672*
Ia	0,0039***	-0,0147 <sup>ns</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>	0,0226 <sup>ns</sup>	-0,0003 <sup>ns</sup>	0,2731*
C	0,0897 <sup>ns</sup>		0,3075*		0,1694 <sup>ns</sup>	
S	0,00E+00 <sup>ns</sup>	0,0214 <sup>ns</sup>	-2,00E-04*	0,1565*	-0,0008 <sup>ns</sup>	0,3500*
Ia	0,0033**		0,0045*		0,0144*	
S	0,00E+00***	0,014***	-3,00E-04*	0,1087*	-0,0043*	0,3081*
C	0,1249 <sup>ns</sup>	0,0555 <sup>ns</sup>	0,1778***		0,1238 <sup>ns</sup>	
S	1,00E-04 <sup>ns</sup>		-1,00E-04**	0,1117*	-0,0005 <sup>ns</sup>	0,3076*
C	0,025 <sup>ns</sup>		0,1942**		0,0462 <sup>ns</sup>	
S	0,00E+00 <sup>ns</sup>	0,068 <sup>ns</sup>	-2,00E-04*	0,0573*	-0,0040**	0,2943*
Ia	0,0035 <sup>ns</sup>		0,0047*		0,0137**	
CN	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0049 <sup>ns</sup>	0,0032*	-0,0839**	0,0031 <sup>ns</sup>	0,0520 <sup>ns</sup>
P5	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0106 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,1068*	0,0002 <sup>ns</sup>	0,2957*
CN	0,0001 <sup>ns</sup>		0,0032*		0,0030 <sup>ns</sup>	
P5	3,00E-04 <sup>ns</sup>	0,076 <sup>ns</sup>	2,00E-04*	-0,0862**	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0516 <sup>ns</sup>
CN	0,0016 <sup>ns</sup>	-0,0333 <sup>ns</sup>	0,0029*	-0,0755**	0,0019 <sup>ns</sup>	
C	0,1791 <sup>ns</sup>		0,0686 <sup>ns</sup>		0,1236 <sup>ns</sup>	0,1260 <sup>ns</sup>

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

\*significativo a 1%, \*\* significativo a 5%, \*\*\* significativo a 10%, ns não significativo.

Para os três blocos, o coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) apresentou boas correlações com os parâmetros abstração inicial (Ia) e capacidade máxima de infiltração (S), onde para os blocos 2 e 3, apresentaram uma significância de 1%, e  $R^2$  acima de 50%. Para o bloco 2, juntamente com esses dois parâmetros, o coeficiente de escoamento superficial também

apresentou boa correlação. Isso já era esperado por causa da forma como o  $\lambda$  foi obtido, a partir de análises envolvendo estes parâmetros. Já a precipitação antecedente e o parâmetro CN, que possuem associação com a umidade, características e uso e ocupação do solo, e são fatores de grande importância para o Modelo CN, não apresentaram boas correlações em nenhum dos modelos estudados. Logo, a partir da forma como estes foram encontrados e correlacionados, nos mostra que, diferentemente do que era esperado, esta forma de análise do escoamento superficial não leva em consideração as características fisiográficas da bacia hidrográfica, apenas parâmetros de precipitação dos eventos.

Estudos que envolvem correlações de parâmetros referentes a bacias hidrográficas tem se intensificados devido à importância sobre o tema. É válido destacar que as mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos também têm aumentado interesse dos pesquisadores sobre estas correlações que envolvem temas referentes a características de bacias.

Vovk e Zhuk, (2025), relatam que as descobertas de seus estudos oferecem novos insights sobre o comportamento do escoamento de águas pluviais sob intensidades de chuva variáveis, fornecendo informações valiosas para o gerenciamento de águas e avaliação de risco de inundação em bacias hidrográficas urbanas altamente impermeáveis. Rauber *et al.* (2025), em estudo no sul do Brasil, após seis anos de experimentação (médio prazo), verificaram que o monitoramento contínuo do escoamento superficial mostrou que os tratamentos com culturas de cobertura, reduzem em até 65% o número de eventos de precipitação em que ocorre o escoamento superficial, atrasam o início do escoamento superficial, atenuam a subida e o pico do hidrograma e diminuem em até 97% a profundidade anual do escoamento superficial em comparação ao tratamento com solo descoberto.

### **3.4. Vazões Máximas Estimadas versus Vazões Máximas Observadas pelo Método Racional**

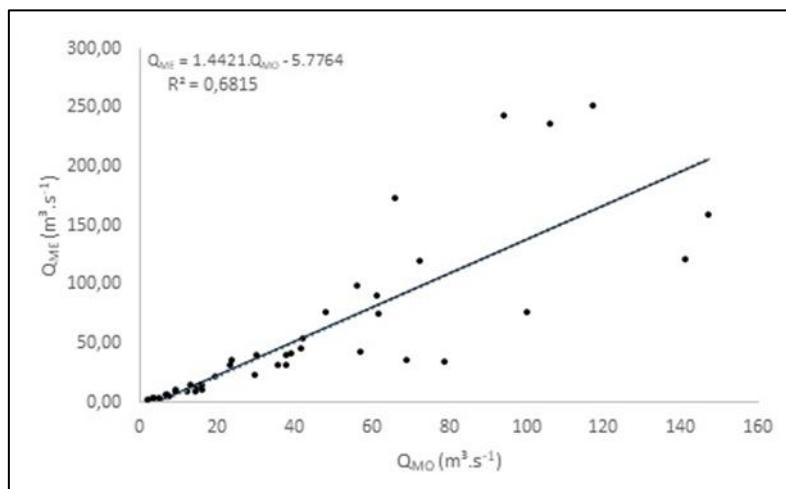
Na Tabela 6 estão apresentados os valores para o tempo de concentração ( $t_c$ ) de cada evento calculados com base na Equação de *Airport* para a BHRS.

A análise de vazão máxima estimada versus observada pelo Método Racional apresentou  $R^2$  de 68,15% (Figura 6). Para eventos com vazões inferiores a  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , o ajuste foi melhor ( $R^2 = 88,76\%$ , Figura 7). No entanto, ao aplicar a segmentação em blocos, não se observou melhora significativa nas correlações, exceto no Bloco 3, que manteve desempenho semelhante ao dos dados originais (Figura 8).

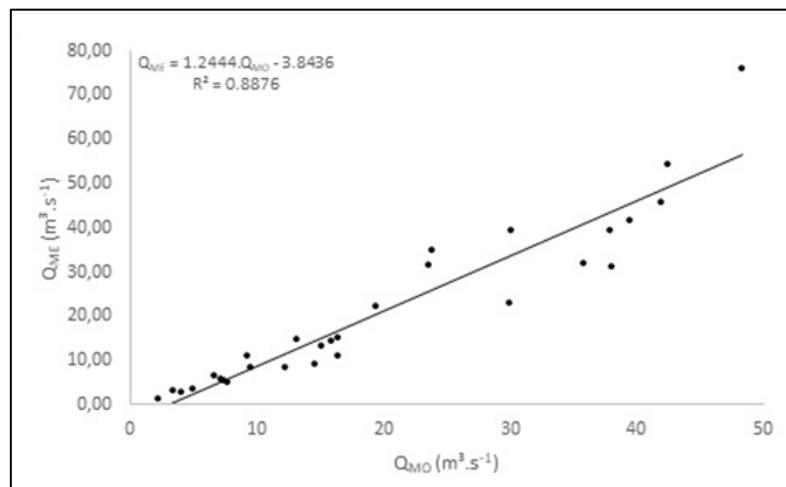
**Tabela 5:** Tempos de concentração ( $t_c$ ) calculados para a Bacia Hidrográfica do Rio Santana.

Evento	$t_c$ (h)	Evento	$t_c$ (h)	Evento	$t_c$ (h)
1	58,2	16	52,5	31	50,2
2	53,8	17	56,0	32	51,8
3	62,2	18	59,3	33	44,0
4	50,1	19	38,9	34	43,4
5	58,8	20	58,7	35	56,7
6	60,9	21	62,6	36	58,2
7	63,7	22	64,1	37	55,3
8	63,2	23	58,2	38	51,9
9	59,4	24	65,3	39	62,6
10	37,3	25	27,6	40	48,2
11	48,6	26	63,1	41	61,3
12	63,1	27	54,4	42	62,4
13	56,6	28	52,63	43	57,5
14	61,3	29	50,7		
15	61,9	30	34,3		

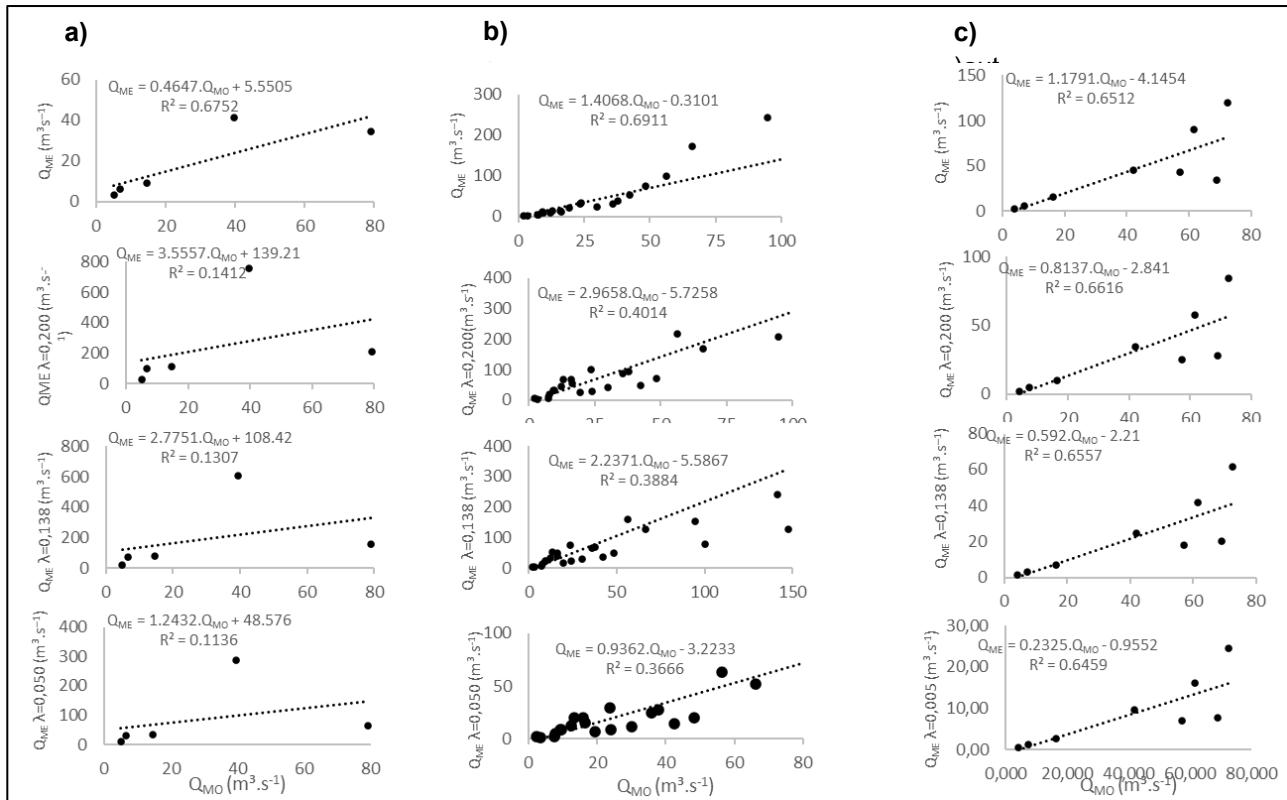
**Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Figura 6** - Vazão Máxima Estimada versus Vazão Máxima Observada para a BHRS. **Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Figura 7** - Vazão Máxima Estimada versus Vazão Máxima observada para  $QMO \leq 50 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ . **Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Figura 8** - Vazão Máxima Estimada versus Observada para a BHRs para o a) bloco 1; b) bloco 2; e c) bloco 3 para os lambdas estudados. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para os cálculos envolvendo as análises das vazões máximas estimadas versus vazões máximas observadas, percebemos que, quando as separamos em blocos, não apresentamos melhorias para os blocos analisados, quando o coeficiente de abstração inicial é exclusivo de cada e evento. Quando projetamos as vazões para os valores de  $\lambda$  pré-definidos, os blocos 1 e 2 nos mostraram uma piora nos valores. Já para o bloco 3, a correlação se mostrou semelhante aos dados calculados diretamente para cada evento.

O estudo de precipitação-escoamento é amplamente reconhecido como um dos tipos mais complexos de modelagem hidrológica, principalmente porque envolve a integração de uma gama diversificada de características de bacias hidrográficas (Guduru e Mohammed, 2024). Estes autores ainda destacam que devido à sua capacidade de emular o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, a modelagem de precipitação-escoamento desempenha um papel crucial na previsão do escoamento gerado na saída da bacia hidrográfica.

Cada um dos métodos empregados possui pressupostos e limitações inerentes que influenciam diretamente a separação dos componentes do escoamento. O filtro de Lyne e Hollick, por exemplo, assume um comportamento exponencial da recessão de base, utilizando um parâmetro de suavização que pode superestimar o escoamento base e,

consequentemente, subestimar o escoamento superficial. Já o filtro de Eckhardt, embora mais robusto, exige a definição de parâmetros como o  $BFI_{max}$  e o fator de recursão a cuja calibração pode variar entre diferentes bacias e impactar a acurácia dos resultados. Ambos os filtros, por serem métodos automáticos, podem desconsiderar nuances importantes do comportamento hidrológico local.

O método de separação gráfica, por sua vez, embora dependa da análise visual do hidrograma e da experiência do analista, permite maior flexibilidade na identificação do início e fim do escoamento superficial. Sua principal limitação está na subjetividade, mas, ao mesmo tempo, constitui uma vantagem em bacias onde o comportamento hidrológico não segue padrões regulares, como é o caso da BHRS. Assim, compreender os pressupostos e as limitações de cada método é essencial para garantir a confiabilidade das estimativas de escoamento superficial.

#### 4. CONCLUSÕES

Este estudo avaliou o comportamento do coeficiente de abstração inicial ( $\lambda$ ) a partir de 43 eventos hidrológicos na Bacia Hidrográfica do Rio Santana, utilizando três métodos de separação do escoamento: Eckhardt, Lyne e Hollick e o método gráfico.

Os resultados demonstraram que o método gráfico foi o mais coerente, por considerar o tempo de resposta da bacia ao início da precipitação, condizente com uma área predominantemente rural. O valor médio de  $\lambda$  encontrado foi de 0,138, inferior ao valor tradicional de 0,200 adotado pelo método CN, com variação de 0,006 a 0,376 e distribuição normal confirmada pelo teste de Kolmogorov–Smirnov.

A segmentação dos dados em blocos, com base nos valores de  $\lambda$ , permitiu melhorar substancialmente a correlação entre escoamentos estimados e observados. As análises demonstraram que a abordagem em blocos reduz a influência das características fisiográficas e melhora a representatividade do método CN, com destaque para o Bloco 3 ( $\lambda \geq 0,250$ ), que apresentou  $R^2$  superior a 0,90 para diferentes cenários.

A aplicação do Método Racional também se mostrou eficaz para estimativas de vazão máxima em eventos com menor magnitude, atingindo  $R^2$  de 88,76% para  $Q \leq 50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . No entanto, a divisão em blocos não trouxe melhorias expressivas para essas estimativas. Em conjunto, os resultados indicam que a utilização de métodos ajustáveis ao contexto regional, como o método gráfico e a segmentação por  $\lambda$ , pode aprimorar significativamente as estimativas hidrológicas em bacias com baixa antropização.

Para o avanço das investigações hidrológicas com base no coeficiente de abstração inicial, recomenda-se a aplicação da metodologia desenvolvida neste estudo em outras bacias hidrográficas com diferentes níveis de antropização, características edafoclimáticas e regimes hidrológicos. Além disso, é pertinente investigar outros fatores que possam influenciar o valor de  $\lambda$ , como cobertura do solo, umidade antecedente e intensidade da precipitação. Também se sugere o desenvolvimento e a calibração de modelos preditivos mais robustos, baseados em inteligência artificial ou aprendizado de máquina, que possam estimar o coeficiente de abstração inicial com maior acurácia a partir de dados observacionais e características da bacia.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. S. **Modelagem chuva-vazão**: uma proposta metodológica à análise do coeficiente de abstração inicial do Método Curva Número. 2025. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2025.
- CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; RODRIGUES, S. C. Dinâmica hídrica do solo de fitofisionomia de campo limpo do Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. **Caderno de Geografia**, v. 34, n. 76, 2318-2962. 2024b.
- ECKHARDT, K. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. **Hydrological Processes**, v. 19, n. 2, p. 507-515, 2005.
- GONÇALVES, J. M. S.; SANTOS, N. M. Análise das classificações do relevo para o Rio Grande do Sul. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 13, p. 3-20, 2013.
- GUDURU, J. U.; MOHAMMED, A. S. Hydrological modeling using HEC-HMS model, case of Tikur Wuha River Basin, Rift Valley River Basin, Ethiopia. **Environmental Challenges**, v. 17, p. 101017. 2024.
- HAWKINS, R. H.; YU, B., MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. Another Look at SCS-CN Method. **Journal Of Hydrologic Engineering**, v. 6, n. 5, p. 451-452, 2001.
- JIANG, R. **Investigation of Runoff Curve Number Initial Abstraction Ratio**. 2001. 121 f. Curso de Master of Science With a Major in Watershed Management, University of Arizona, Tucson, 2001. Disponível em: <https://repository.arizona.edu/handle>. Acesso em: 7 jun. 2025.
- LIMA NETO, V. D. S.; TAVARES, P. R. L.; DE CASTRO, M. A. H.; CABRAL, J. J. D. S. P. Análise da Implantação de Reservatórios de Detenção em Lotes Urbanos: Analysis of the Implementation of Detention Tanks in Urban Lots. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 10, n. 1, p. 222-237. 2024.

LYNE, V. D.; HOLLIK, M. Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling. In: HYDROLOGY AND WATER RESOURCES SYMPOSIUM, 1979. **Proceedings...** Perth: Institution of Engineers Australia, Perth, Australia, 1979. p. 89–92.

MELLO, C. R. **Estudo Hidrológico em microbacia hidrográfica com regime de escoamento efêmero.** 2003. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia:** Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas. Lavras: UFLA, 2013. 455p.

MISHRA, S. K.; TYAGI, J. V.; SINGH, V. P.; SINGH, R. SCS-CN-based modeling of sediment yield. **Journal Of Hydrology**, v. 324, n. 1-4, p. 301-322, 2006.

MULVANY, T. J. On the use of self-registering rain and flood gauges, in making observations of the relations of rainfall and of flood discharges in a given catchment. **Proc. Inst. Civ. Eng.** v. 4, p. 18-33, 1850.

NATHAN, R. J.; MCMAHON, T. A. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. **Water Resources Research**, v. 26, n. 7, p. 1465-1473, 1991.

NEVES, L. Z.; RODRIGUES, L. M.; DOS SANTOS, J. D.; DE MORAIS, M. S.; DE JESUS FRANÇA, L. C.; MUCIDA, D. P. Uso do índice de vegetação na avaliação da dinâmica da vegetação e sua correlação com processos erosivos. **Revista Espinhaço**, v. 13, n. 1, p. 1-19, 2024.

NICOLETE, D. A. P.; PIROLI, E. L. Avaliação do impacto das mudanças de uso e cobertura das terras no escoamento superficial. **Mercator (Fortaleza)**, v. 23, p. e23012. 2024.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; DE MELO TAVARES, C.; MARIANO, M. O. H.; JUCÁ, J. F. T.; RUSSO, M. A. T. Estudo hidrológico da área do lixão do Roger em João Pessoa-PB, Brasil: Hydrological study of the Roger dump area in João Pessoa-PB, Brazil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 11, n. 1, 235-253. 2025.

QUANDT, A.; NEUFELDT, H.; GORMAN, K. Climate change adaptation through agroforestry: opportunities and aps. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 60, p. 101244. 2023.

RAUBER, L. R.; REINERT, D. J.; GUBIANI, P. I.; TASSI, R. Surface runoff influenced by single and consortia of cover crops in southern Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 166, p. 127567. 2025.

REICHERT, J. M.; RODRIGUES, M. F.; RODRIGUES, L. A.; MINELLA, J. P. G.; CAVALCANTE, R. P. L. Filtros digitais para separação dos componentes do escoamento total e produção de sedimentos durante eventos chuvosos em bacias hidrográficas florestais embutidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais...** Natal: SBCS, 2015. p. 1-4.

ROSSATO, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: uma proposta de classificação climática. **Entre-Lugar**, v. 11, n. 22, p. 57-85, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa, 2025. 393p.

SCS - SOIL CONSERVATION SERVICE. **SCS National Engineering Handbook, Section 4. Hydrology**, Soil Conservation Service. US Department of Agriculture, Washington, DC. 1972. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/SCS>. Acesso em: 7 jun. 2025.

SOARES, G. A. S.; SILVA, N. T.; DE ALMEIDA BANDIM, C. G.; DE SANTANA, S. H. C.; DA SILVA, J. N. B.; GALVÍNCIO, J. D. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Riacho Cachoeira, Pernambuco, Brasil. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 6, n. 02, 214-239. 2024.

SOUZA, L. H. F.; RODRIGUES, S. C.; DANELON, J. R. B. Contribuições da Geomorfologia no contexto da modelagem hidrológico-hidráulica do escoamento superficial urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 44, p. 225331, 2024.

VOVK, L.; ZHUK, V. Stormwater hydrographs from the highly urbanized catchment for synthetic rainfalls with linear patterns. **Journal of Hydroinformatics**, v. 27, n. 2, 261-274. 2025.

Recebido: 07/06/2025  
Aceito: 28/11/2025