

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

FELIPE LUIZ QUINALHA COSTA

**MODELAGEM CHUVA-VAZÃO: CORRELAÇÃO ENTRE COEFICIENTE CN E
ABSTRAÇÃO INICIAL DO MÉTODO CURVA NÚMERO**

POÇOS DE CALDAS/MG

2024

FELIPE LUIZ QUINALHA COSTA

**MODELAGEM CHUVA-VAZÃO: CORRELAÇÃO ENTRE COEFICIENTE CN E
ABSTRAÇÃO INICIAL DO MÉTODO CURVA NÚMERO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: recursos hídricos e meio ambiente.
Orientador: Flávio Aparecido Gonçalves

POÇOS DE CALDAS

2024

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Campus Poços de Caldas

Costa, Felipe Luiz Quinalha.

Modelagem chuva-vazão: correlação entre coeficiente CN e abstração inicial do Método Curva Número / Felipe Luiz Quinalha Costa. - Poços de Caldas, MG, 2024.

53 f. : il. -

Orientador(a): Flávio Aparecido Gonçalves.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental) -
Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2024.

Bibliografia.

1. Ciclo hidrológico. 2. Escoamento superficial. 3. Método curva número. I. Gonçalves, Flávio Aparecido, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

FELIPE LUIZ QUINALHA COSTA

Modelagem chuva-vazão: correlação entre coeficiente CN e abstração inicial do método curva número

O Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação da Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Aprovada em: 06 de setembro de 2024.

Prof. Dr. Flávio Aparecido
Gonçalves Presidente da
Banca Examinadora
Instituição: Universidade
Federal de Alfenas

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Tiezzi
Instituição: Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Paulo Henrique Bretanha Junker
Menezes Instituição: Universidade Federal de
Alfenas



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Aparecido Gonçalves, Professor do Magistério Superior**, em 10/09/2024, às 10:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1331999** e o código CRC **603D747E**.

Dedico primeiramente à Deus, à
minha esposa, aos meus pais e a
todos aqueles que foram
importantes nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus pelo fôlego de vida, por me permitir concluir esse sonho, sempre presente em minha trajetória, dando fé, coragem, ânimo e força para sempre ir em busca dos meus objetivos.

À Universidade Federal de Alfenas e o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia Ambiental pela oportunidade de realizar o curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao grande amigo, professor e orientador Dr. Flávio Aparecido Gonçalves, por toda contribuição, confiança, dedicação e paciência que creditou a mim.

À minha esposa Andressa, companheira e amiga, por nunca desistir dos nossos sonhos e sempre contribuir para que se torne realidade.

Aos meus pais, Paulo e Rosana, que mesmo de longe se fazem presentes, com amor e carinho, acreditando nesse objetivo.

Aos meus sogros, Roberto e Regina, sempre apoiando e dando incentivo para a conclusão de cada objetivo proposto.

Ao meu irmão André, por toda parceria e apoio. A Avó Geni, que sempre me incentivou e foi fundamental desde a época de graduação, apoiando em cada desafio. Aos demais familiares, sempre acreditando em cada sonho.

Ao meu amigo Leonardo Barbosa, companheiro de TCC e autor do estudo base para continuação da tese de mestrado, obrigado pela parceria de sempre.

Aos gestores da Neo Química e Mercado Livre, por sempre apoiarem na conclusão do curso, com conselhos e experiências de vida.

RESUMO

O escoamento superficial é um dos principais componentes do ciclo hidrológico. Por meio do Método Curva Número, da equação de correlações de valores estimados de CN e da base de metadados da ANA referentes a valores de CN baseados em características específicas, discorreu-se as análises desta pesquisa. Assim, as propostas no presente estudo, foram (1) determinar o melhor método de separação de escoamento para os eventos analisados; (2) correlacionar valor de CN, coeficiente de vazão máxima e coeficiente de abstração inicial e confrontar com valores metadados de CN; (3) comparar três estações com vazões e áreas de drenagem distintas e validar a influência da área de drenagem sobre o escoamento. A hipótese central deste estudo é que a influência da área de drenagem das bacias hidrográficas afeta significativamente a precisão dos parâmetros utilizados no Método Curva Número (CN) para a estimativa do escoamento superficial. E a principal contribuição científica deste trabalho é a validação e aprimoramento do Método Curva Número (CN) com base em dados empíricos e análise da área de drenagem detalhada. Para isso, utilizou-se 10 bacias hidrográficas, obtidos pela base de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Os resultados indicaram que o método de separação gráfica foi mais efetivo para a separação entre escoamentos superficiais e subterrâneos. Relacionados as comparações entre o coeficiente de abstração inicial, de 0,200 da literatura e 0,138 (Barbosa, 2021), 60% dos valores estimados utilizando o coeficiente de 0,138 ficaram mais próximos aos valores calculados pelo Método Curva Número, mostrando-se mais eficaz para as bacias hidrográficas estudadas. Para o confronto com valores metadados de CN médios, fornecidos para Catálogo Metadados da ANA, 80% dos valores médios estimados ficaram abaixo, visto que foi comparado valores médios estimados com valores metadados CN médios, o que justifica a variação. Essa variação de CN foi de 21% em média. Já no que se refere as influências, a comparação entre bacias hidrográficas de São Martinho, Pirai e Itaú de Minas mostram a grande relevância das características específicas, quando verificado os valores de escoamento superficial para cada área de estudo. Além disso, para verificação da influência da área de drenagem, a comparação entre as bacias hidrográficas de Piracicaba e Pirassununga, as quais possuem áreas de drenagem na mesma ordem de grandeza, 9000 km², as variações de valores de CN estimados com valores metadados de CN, foram de 30% e 23%, gerando grandes impactos no escoamento superficiais, conseqüentemente. Dessa maneira, evidencia que a influência de outros parâmetros é mais relevante que a área de drenagem.

Palavras-chave: ciclo hidrológico; escoamento superficial; método Curva Número.

ABSTRACT

Surface runoff is one of the main components of the hydrological cycle. Using the Number Curve Method, the correlation equation of estimated CN values and the ANA metadata base referring to CN values based on specific characteristics, the analyzes of this research were discussed. Thus, the proposals in the present study were (1) to determine the best flow separation method for the analyzed events; (2) correlate CN value, maximum flow coefficient and initial abstraction coefficient and compare with CN metadata values; (3) compare three stations with different flows and drainage areas and validate the influence of the drainage area on runoff. The central hypothesis of this study is that the influence of the drainage area of the river basins significantly affects the precision of the parameters used in the Number Curve Method (CN) to estimate surface runoff. And the main scientific contribution of this work is the validation and improvement of the Number Curve Method (CN) based on empirical data and detailed drainage area analysis. For this, 10 river basins were used, obtained from the database of the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA). The results indicated that the graphical separation method was more effective for separating surface and underground flows. Related to the comparisons between the initial abstraction coefficient, 0.200 from the literature and 0.138 (Barbosa, 2021), 60% of the values estimated using the coefficient of 0.138 were closer to the values calculated by the Number Curve Method, proving to be more effective for river basins studied. When comparing medium CN metadata values, provided to the ANA Metadata Catalog, 80% of the estimated average values were below, as estimated average values were compared with medium CN metadata values, which justifies the variation. This CN variation was 21% on average. Regarding influences, the comparison between the São Martinho, Pirai and Itaú de Minas river basins shows the great relevance of specific characteristics when checking the surface runoff values for each study area. Furthermore, to verify the influence of the drainage area, the comparison between the Piracicaba and Pirassununga river basins, which have drainage areas in the same order of magnitude, 9000 km², the variations in CN values estimated with CN metadata values, were 30% and 23%, consequently generating large impacts on surface runoff. In this way, it shows that the other parameters influence is more relevant than the drainage area.

Keywords: hydrological cycle; surface flow; number Curve Method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comportamento dos escoamentos a partir de eventos de precipitação.....	15
Figura 2 - Métodos gráficos para separação dos escoamentos superficiais e subterrâneos.....	17
Figura 3 - Componentes associados ao Método Curva Número	20
Figura 4 - Método proposto para análise do Coeficiente de Abstração Inicial (Ia) a partir do Método Curva Número	23
Figura 5 - Relação entre a Abstração Inicial e a Retenção Máxima Potencial.....	24
Figura 6 - Separação do escoamento superficial direto por meio da análise gráfica.....	28
Figura 7 - Fluxograma metodológico	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bacias hidrográficas selecionadas	27
Tabela 2 - Valores de área de drenagem, precipitação total e C para cada respectiva bacia hidrográfica.....	33
Tabela 3 - Valores de CN, S e ES para cada respectiva bacia hidrográfica	34
Tabela 4 - Valores de área de drenagem, CNs, S e ES das bacias hidrográficas de São Martinho, Pirai e Itaipava de Minas	35
Tabela 5 - Valores de área de drenagem, CNs, S e ES das bacias hidrográficas de Piracicaba e Pirassununga	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA.....	14
2.2	SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	16
2.3	MÉTODO DE SEPARAÇÃO GRÁFICA.....	16
2.4	FILTROS DIGITAIS RECURSIVOS	17
2.5	FILTRO DIGITAL RECURSIVO DE LYNE & HOLLICK	18
2.6	FILTRO DIGITAL RECURSIVO DE ECKHARDT	18
2.7	MÉTODO CURVA NÚMERO	19
2.8	COEFICIENTE DE ABSTRAÇÃO INICIAL	24
3	METODOLOGIA	27
3.1	OBTENÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	27
3.2	SEPARAÇÃO DOS COMPONENTES DE ESCOAMENTO	27
3.3	OBTENÇÃO DE VALORES DE CN BASE METADADOS.....	28
3.4	CORRELAÇÃO ENTRE CN E COEFICIENTE DE ABSTRAÇÃO INICIAL	28
3.5	COMPARAÇÃO ENTRE BACIAS COM ÁREAS DE DRENAGEM DISTINTAS.....	30
3.6	FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	SEPARAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ESCOAMENTO	32
4.2	CORRELAÇÃO ENTRE CN E COEFICIENTE DE ABSTRAÇÃO INICIAL	33
4.3	COMPARATIVO ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS	35
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICES	44

1 INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico possui alguns componentes, sendo que o escoamento superficial é considerado um dos principais e têm grande importância para estudos relacionados a capacidade hídrica potencial de uma bacia hidrográfica, sedimentação de partículas nos corpos hídricos, estudos vinculados a erosão, prevenções de inundações e dimensionamentos de obras hidráulicas. Em relação a dados quantitativos como a vazão, que normalmente são adquiridos em estudos envolvendo bacias hidrográficas, não estratificam as características específicas dos principais componentes subterrâneos e superficiais, além de que são considerados insignificantes os componentes subsuperficiais em comparação a estas. Para analisar a magnitude, influência e comportamentos no regime hidrológico em determinada bacia hidrográfica, a compreensão de cada uma destas parcelas são de grande importância.

Separação e estimativa dos componentes subterrâneos e superficiais são relevantes, como base de dados para contribuir com projetos de gestão de recursos hídricos, em benefício da calibração e validação de modelos hidrológicos sendo utilizados dados baseados na região estudada, trazendo maior confiabilidade de aplicação do modelo.

Os métodos de separação dos componentes do escoamento podem usufruir de métodos mais simplificados, como análises gráficas a partir dos hidrogramas até métodos mais robustos, como traçadores químicos, filtros digitais que contem ou não embasamento físico. A respeito o método a ser escolhido no estudo, têm-se o critério de levar em consideração a menor quantidade de parâmetros necessários para calibração e aplicações mais rápidas e simples.

O escoamento superficial também pode ser determinado por meio de modelos hidrológicos que não dependem de monitoramento em tempo real das vazões das bacias hidrográficas de estudos e podem ser estimados por meio de variáveis conhecidas, principalmente o uso e ocupação de solo e a precipitação. Dentre os possíveis métodos, há um mais conhecido e explorado, principalmente por conta da sua simplicidade e quantidade reduzida de parâmetros, que é o Método Curva Número. Este método possui duas variáveis principais, sendo elas a capacidade máxima de infiltração (infiltração potencial), um parâmetro dependente do Número da Curva (CN), no qual o valor é relacionado a diversas características fisiográficas da bacia hidrográfica; correlaciona com a abstração inicial, uma variável decorrente de uma fração de precipitação retida pela cobertura vegetal e depressões do terreno; e a precipitação total ou precipitação de um evento (chuva) de projeto.

Historicamente, o método CN adota uma relação linear de duas variáveis, conhecido

como coeficiente de abstração inicial, sendo a parcela de 20% a capacidade máxima de infiltração. Todavia, diversos estudos analisam essa relação e mostram que o coeficiente abstração inicial e valores tabelados de CN não podem ser generalizados, o que implica a necessidade de observar as características da região estudada para validar os valores para aplicação.

Além disso, existem algumas correlações entre grandezas como valor de CN e o coeficiente de escoamento do Método Racional que trazem o valor aproximado de CN sem a necessidade do estudo aprofundado das características morfométricas da bacia hidrográfica estudada.

Sendo assim, realizou-se estudos com o intuito de contribuir com essas análises do Método Curva Número por meio de dados chuva-vazão, correlacionar algumas bacias hidrográficas para validação do método de separação gráfica de escoamento, a relação entre tempo de concentração, valores CN, coeficiente de escoamento e o coeficiente de abstração inicial, a fim de gerar dados a serem comparados com valores de CN de metadados da ANA em cada bacia hidrográfica.

Objetivou-se com este trabalho analisar eventos com dados de chuva-vazão para diferentes bacias hidrográficas e verificar a influência da área de drenagem destas bacias hidrográficas no escoamento superficial. Assim, para cumprimento do proposto, os objetivos específicos são: (1) determinar o melhor método de separação de escoamento para os eventos analisados; (2) correlacionar valor de CN, coeficiente de vazão máxima e coeficiente de abstração inicial e confrontar com valores metadados de CN; (3) comparar três estações com vazões e áreas de drenagem distintas e validar a influência da área de drenagem sobre o escoamento.

A hipótese central deste estudo é que a influência da área de drenagem das bacias hidrográficas afeta significativamente a precisão dos parâmetros utilizados no Método Curva Número (CN) para a estimativa do escoamento superficial. Especificamente, o estudo testa a ideia de que a utilização de um coeficiente de abstração inicial variável, ajustado às características morfométricas específicas de cada bacia, pode melhorar a acurácia dos valores de CN e, conseqüentemente, fornecer estimativas mais confiáveis de escoamento superficial em comparação com a aplicação de valores padrão.

A principal contribuição científica deste trabalho é a validação e aprimoramento do Método Curva Número (CN) com base em dados empíricos e análise da influência da área de drenagem sobre o escoamento superficial. O estudo proporciona:

1. Desenvolvimento e Validação de Ajustes Específicos para o Método CN: O

trabalho sugere uma abordagem mais precisa para ajustar o coeficiente de abstração inicial e o valor de CN conforme as características específicas das bacias hidrográficas. Isso inclui a identificação de como variáveis morfométricas, como tempo de concentração e características do uso do solo, podem influenciar a estimativa de escoamento superficial;

2. Comparação e Avaliação de Métodos de Separação de Escoamento: O estudo compara diferentes métodos de separação de escoamento, contribuindo para a seleção e recomendação de técnicas que melhor se adequem às condições específicas de diferentes bacias hidrográficas;

3. Integração de Dados Chuva-Vazão: A pesquisa demonstra a eficácia da utilização de dados chuva-vazão em combinação com análises de área de drenagem para melhorar a precisão das estimativas do escoamento superficial. Isso fornece uma base sólida para a calibração e validação de modelos hidrológicos em contextos variados;

4. Simplificação e Generalização do Método CN: A aplicação de uma equação simplificada que correlaciona o valor de CN, o coeficiente de escoamento C e o coeficiente de abstração inicial oferece uma ferramenta prática e eficiente para a estimativa de escoamento superficial, potencialmente reduzindo a necessidade de análises morfométricas complexas e permitindo uma aplicação mais ampla do método em diferentes bacias hidrográficas.

Em resumo, com este trabalho busca-se contribuir para o aprimoramento da metodologia CN e proporciona novas direções para a pesquisa e aplicação prática na gestão de recursos hídricos e modelagem hidrológica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA

O ciclo hidrológico segundo Tucci (2000), é o circuito fechado realizado pela água, entre a atmosfera e a superfície terrestre, estimulada pela energia solar, a gravidade e a rotação da Terra. Mello e Silva (2013) definem o ciclo hidrológico como o comportamento da água no ambiente, dentre cada um dos estados físicos, que ocorre sincronicamente no oceano, solo, atmosfera, montanhas e outros.

Para Silva *et al.* (2008), a precipitação é o principal componente hidrológico no ciclo, no qual os demais estão ligados diretamente aos seus aspectos temporais e espaciais, além das características fisiográficas. A principal fonte de entrada de água no ciclo hidrológico é a precipitação, que é submetido as características morfológicas da superfície e variações meteorológicas. Dentre a precipitação que acontece em um evento de chuva, uma parte é retida pela cobertura vegetal, já a outra parcela é dividida em outras duas, sendo uma que infiltra no solo e a outra que escoar (Mello; Silva, 2013; Viola, 2008).

Segundo Tucci (2000), os escoamentos são subdivididos em superficial, o qual é o fluxo sobre a superfície do solo, o subsuperficial ocorre próximo às raízes da cobertura vegetal e o subterrâneo, que é a contribuição ao aquífero. Para analisar os escoamentos superficiais e subterrâneos, é fundamental os hidrogramas.

Para Mello e Silva (2013) o escoamento superficial é gerado por meio do excesso de precipitação e decorre na superfície, além de estar relacionado com a saturação do solo, pois causa uma diminuição da capacidade de infiltração do solo, por meio de altas intensidades, que permitem extrapolar a capacidade atual de infiltração no solo.

Dentro da análise ciclo hidrológico, a respeito da etapa terrestre do comportamental da água, a bacia hidrográfica é o componente mais importante. A bacia é caracterizada por ter o exutório, o ponto de saída dos escoamentos de água captada por toda a sua área. O exutório é fundamental para analisar os principais comportamentos dos parâmetros hidrológicos. (Tucci, 2000).

Os principais componentes presentes na bacia hidrográfica são água, fauna, flora e solo e estes sofrem diversas interações, sendo submetidas a interferências naturais e antrópicas que impactam todo o ecossistema. Para analisar as interferências, são utilizados indicadores, por exemplo os recursos hídricos e seus comportamentos (Souza *et al.*, 2002).

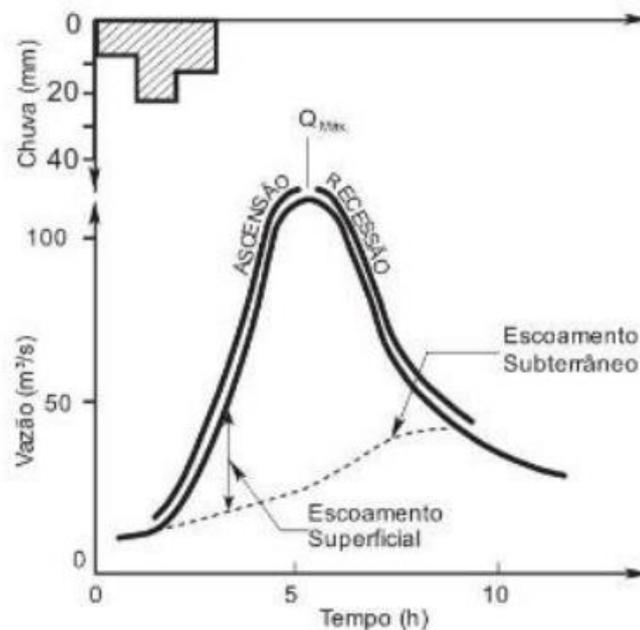
Guerra e Cunha (1996) mencionam que as bacias hidrográficas são relevantes unidades

de gestão de social e natural, sendo que por meio delas, é possível acompanhar, planejar e gerenciar as alterações naturais e antrópicas a respeito dos usos e interesses, promovendo melhor quantidade e qualidade das bacias. As simulações hidrológicas de eventos de precipitação são de suma importância para prever o comportamento e respostas hidrológicas em bacias. Essas simulações são uma ferramenta da hidrologia, que procuram modelar e conceituar processos de interação em condições ambientais variáveis no espaço e no tempo. (Schuler; Victoria, 2003; Silva; Tucci; Collischonn, 2006).

Hidrogramas expressam a influência e comportamento de diversas partes hidrológicas, hidrometeorológicas e fisiográficas. Estes são exemplificados através de gráficos, tendo a vazão em função do tempo por meio de eventos de precipitação (Magalhães, 1989; Tucci, 2000).

A partir da Figura 1, Collischonn e Dornelles (2013) demonstram o comportamento de um hidrograma com base num evento de precipitação. Porém, relevo, cobertura, forma de bacia, variações temporais e espaciais de precipitação, rede de drenagem, condições do solo e outros são fatores que influenciam na forma do hidrograma. (Mello; Silva, 2013; Tucci, 2000).

Figura 1 - Comportamento dos escoamentos a partir de eventos de precipitação



Fonte: Collischonn e Dornelles (2013, p. 130).

Os gráficos de fluxo de água são obtidos de acordo com Righetto (1998) a partir de dados de chuva e fluxo ao longo do tempo, que podem ser coletados por instrumentos como pluviógrafos, linígrafos, registradores de dados, entre outros. De acordo com Porto *et al.* (1999), os principais fatores que influenciam os gráficos de fluxo de água e suas formas são as características do terreno e da área da bacia hidrográfica, a geologia e a chuva, o uso e a ocupação do solo e as alterações humanas no corpo de água.

2.2 SEPARAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Atualmente, é utilizada para aplicações práticas e científicas, a separação do escoamento superficial e subterrâneo. Ladson *et al.* (2013) cita que na hidrologia é bastante comum e em modelagens de escoamento de água, estimativa de inundações, por exemplo, são empregados a separação dos componentes em fluxo superficial e subterrâneo.

De acordo com Brodie e Hosteller (2005), para uma melhor análise da magnitude e dinâmica gerada pelos componentes, é importante os hidrogramas criados por meio da separação entre escoamento superficial e subterrâneo. Furey e Gupta (2001) salientam o valor da separação das séries temporais dos fluxos, com o intuito de entender a variabilidade temporal e espacial dos escoamentos em bacias hidrográficas, abrangendo as análises para áreas não contabilizadas. Além disso, expõem que a separação dos escoamentos promove o melhor gerenciamento da quantidade e qualidade de água na bacia hidrográfica estudada.

Segundo Martatti *et al.* (2004) para assimilar as relações hidro químicas, evapotranspiração, vazão e precipitação, é fundamental a análise do comportamento dos fluxos superficiais e subterrâneos.

Para realizar a separação dos escoamentos, existem os mais complexos, como uso de traçadores hidro químicos ao mais simplificado, como por exemplo os métodos de separação por análises gráficas e filtros digitais.

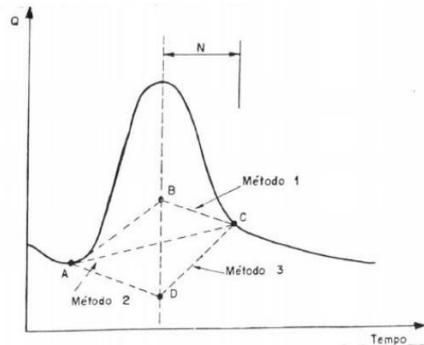
2.3 MÉTODO DE SEPARAÇÃO GRÁFICA

Os métodos que envolvem a separação do escoamento normalmente determinam os pontos do hidrograma que representam o fluxo de base no início e no final os picos de vazão e os relacionam através do ajuste da curva á forma como o escoamento subterrâneo é expresso nesses intervalos de tempo (Brodie; Hosteller, 2005).

Barnes (1939) desenvolveu um dos métodos de separação gráfica mais tradicionais. Este método é um procedimento manual e baseia-se na linearidade da regressão em gráficos semi-log, demonstrando assim as características individuais de cada evento analisado. Os métodos gráficos facilitam a identificação dos escoamentos superficiais e subterrâneos através da análise direta de hidrograma. Comparado a outros tipos de isolamento do escoamento superficial e subterrâneo, este método é mais fácil de implementar porque é definido com base em suposições empíricas e utiliza a sensibilidade do pesquisador, mas este método pode ser demorado e subjetivo.

Vários métodos de separação gráfica são usados para analisar fluxos superficiais e subterrâneos. Tucci (2000) descreveu os três mais comumente usados e que são apresentados na Figura 2:

Figura 2 - Métodos gráficos para separação dos escoamentos superficiais e subterrâneos



Fonte: Tucci (2000, p. 397).

Método 1: A curva de declínio deve ser estimada do ponto C até o ponto B que está perpendicularmente abaixo do vértice. Conecte os pontos do ABC e é definido acima e abaixo da curva, os volumes de escoamentos superficiais e subterrâneos, respectivamente.

Método 2: Esta é a maneira mais simples de conectar os pontos A e C. É considerado uma reta entre os pontos, que são as inflexões da curva e identificar os escoamentos abaixo e acima da reta traçada.

Método 3: Neste método, a tendência anterior precisa ser extrapolada para o ponto A até encontrar o ponto D, perpendicular ao vértice. As conexões do ponto ADC são definidas, sendo acima o escoamento superficial e abaixo o escoamento subterrâneo.

Um dos maiores problemas com métodos de separação gráfica é a subjetividade que pode ser obtida ao aplicá-lo. Sendo uso manual, a utilização por diferentes pesquisadores e engenheiros, têm-se a possibilidade de produzir resultados diferentes no mesmo campo de pesquisa. Assim, existe uma tendência em aplicar softwares de filtros digitais, mitigando a subjetividade nos desfechos obtidos e otimização do tempo utilizado pelos métodos gráficos.

2.4 FILTROS DIGITAIS RECURSIVOS

De acordo com Eckhardt (2005), filtros digitais possuem rotinas digitais que analisam os dados de vazão, por meio de fatores adaptados à bacia estudada, o que gera dados de escoamento subterrâneo referentes a cada intervalo de tempo, que possibilita a obtenção de curvas de separação dos escoamentos.

Os filtros digitais recursivos, embora sem base física, são um método simples e fácil de

usar que fornece um sistema imparcial e de fácil replicação (Chapman; Maxwell, 1996; Lyne; Hollick, 1979; Nathan; McMahon, 1991).

De acordo com Brodie e Hosteller (2005), o método de filtragem digital possui um procedimento para obtenção da vazão base a partir do hidrograma de vazão total. No entanto, estes filtros são muito vulneráveis aos parâmetros usados em cada método e requerem calibração para que os resultados sejam considerados numericamente consistentes.

Reichert *et al.* (2015) aplicou dois filtros digitais para isolar todo o fluxo, aumentando o poder preditivo do modelo para separar os escoamentos. Foram utilizados dois filtros principais: Lyne, Hollick e Eckhardt. Os valores obtidos mostraram-se adequados para análises que separam todo o fluxo de uma série contínua.

2.5 FILTRO DIGITAL RECURSIVO DE LYNE & HOLLICK

Lyne e Hollick (1979) recomendaram um dos primeiros filtros digitais recursivos com o intuito da separação do fluxo base e superficial, necessitando de apenas um parâmetro. Para Nathan e McMahon (1991), o filtro possui um procedimento simples de automatização, objetivo e replicável, o que permite ser vantajoso para aplicações e comparações hidrológicas entre diversos locais de contribuição. O filtro Lyne e Hollick indica as demonstrações de escoamento subterrâneo e determina os valores do escoamento superficial por meio da diferença com o escoamento total (Li *et al.* 2013).

Vastamente utilizado por softwares, o filtro Lyne e Hollick têm alguns entraves quando comparados a outros filtros na literatura, especialmente quando não existe o escoamento superficial, a sua incapacidade em determinar o escoamento subterrâneo, entretanto, é muito utilizado por conta de sua simplicidade na realização. Este filtro é usado especialmente para estudos que envolvem dados de vazão diária e resultados de pico de hidrograma mais suaves.

2.6 FILTRO DIGITAL RECURSIVO DE ECKHARDT

Eckhardt (2005), sugeriu com base em dois parâmetros, um filtro para a separação do escoamento subterrâneo em bacias hidrográficas grandes. Este filtro expõe resultados satisfatórios e com isso é aplicado a várias regiões do mundo

De acordo com Collischonn e Fan (2012), o parâmetro “a” é determinado por meio do estudo de recessão do hidrograma e representa a descarga do aquífero em determinado tempo quando não tem escoamento superficial e recarga subterrânea. Em contrapartida, o índice de escoamento de base, BFI_{max}, precisa de mais cautela, porque é considerado através de valores

dependentes das variações geológicas relevantes na área de análise. Depois de testes em seu próprio método, Eckhardt (2005) considerou o BFI_{max} para três tipos hidrológicos distintos.

Para riachos perenes com aquíferos oriundos de rochas semelhantes ao granito, 0,25. Já para riachos efêmeros com aquíferos porosos, têm-se 0,50. E para rios perenes com aquíferos porosos, indica-se 0,8. Se tratando de uma primeira abordagem, Eckhardt indicou esses valores a serem utilizados, entretanto o mais aconselhado é determinar valores por meio de traçadores químicos.

Mattiuzi *et al.* (2016), efetuaram uma análise para determinar a recarga subterrânea na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí, Rio Grande do Sul, com a aplicação do filtro de Eckhardt. Os resultados foram satisfatórios, o que demonstra que o método é rápido e eficaz para alcance das contribuições subterrâneas.

2.7 MÉTODO CURVA NÚMERO

O método CN – SCS (Curve Number – Soil Conservation Service), é um dos modelos de chuva–vazão mais conhecidos e ele estima o escoamento superficial de uma previsão empírica do estado da superfície de uma bacia hidrográfica e dados de eventos de chuva. Criado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Scs, 1972), essa metodologia é um dos modelos mais aplicados para determinar o escoamento superficial em um evento de chuva (Eldho *et al.*, 2007; Jain *et al.*, 2006).

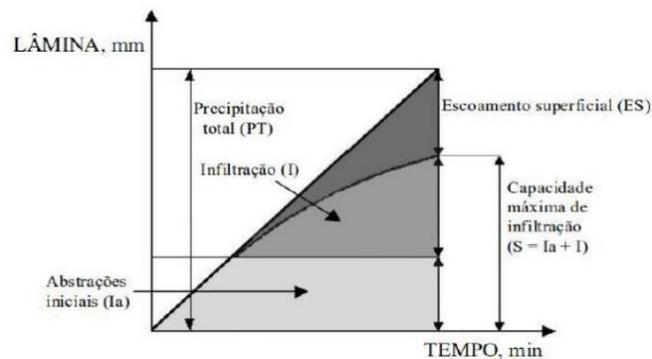
Para Shi *et al.* (2009), os dados proporcionados pelo Método Curva Número para a previsão do escoamento superficial é fundamentais para estudar a capacidade hídrica de uma área, verificar possíveis riscos de sedimentação e inundações à jusante da bacia, tramar medidas de conservação da água e solo, entre outros aspectos relevantes.

Existem diversos métodos usados para os estudos do escoamento superficial, porém, possuem pouca aplicabilidade, por conta da demanda de dados de entrada e as incertezas dos parâmetros. Assim, é importante serem simplificados os métodos de análises para a determinação do escoamento superficial, com premissas bem estabelecidas e baixa quantidade de dados de entrada (Grayson *et al.*, 1992; Moore; McMahon, 1992; Shi *et al.*, 2009).

Segundo Durán-Barroso, Gonzáles e Valdés (2016), a grande procura pelo Método CN é por causa de sua facilidade de aplicação, compondo os fatores essenciais que impactam diretamente o escoamento superficial, em apenas uma medida, o CN. Essa medida foi elaborada com base em uma análise empírica, com o intuito de estudar pequenas bacias situadas nos Estados Unidos, o que gerou tabelas com características distintas.

A princípio, essa técnica foi elaborada para estimar o escoamento superficial em bacias de porte pequeno, até áreas de 250km², no qual a capacidade máxima de infiltração do solo é determinada por meio de um parâmetro, o CN. Esse parâmetro leva em consideração as características físico-químicas do solo, unidade antecedente, cobertura vegetal, entre outros (Mello; Silva, 2013; Ponce; Hawkins, 1996). O método SCS-CN é fundamentado na equação de balanço hídrico e apresenta a proporcionalidade entre a retenção e escoamento superficial (Ponce; Hawkins, 1996; Shi *et al.*, 2009). O método CN alega que a proporcionalidade entre o escoamento superficial para o escoamento superficial máximo é igual a proporção da infiltração acumulada para a capacidade máxima de infiltração. Pruski, Griebeler e Silva (2001) demonstram por meio da Figura 3, as componentes do Método Curva Número.

Figura 3 - Componentes associados ao Método Curva Número



Fonte: Pruski, Griebeler e Silva (2001, p. 405).

Utilizar o Método CN em bacias hidrológicas não monitoradas corresponde no conhecimento de algumas características da área, como uso, ocupação, condições e tipo do solo, umidades antecedentes dos eventos analisados e características da superfície. Os dados citados estão incluídos nos principais parâmetros que determinam o escoamento superficial por meio de eventos de precipitação, denominados abstração inicial e a capacidade máxima de infiltração (Mishra *et al.*, 2006; Ponce; Hawkins, 1996).

A abstração inicial é conhecida como toda precipitação antecedente ao início do escoamento superficial. Segundo Ponce e Hawkins (1996), as abstrações iniciais são caracterizadas como uma parcela de precipitação retida como armazenamento, infiltração e interceptação anteriormente ao escoamento superficial. Para Mello e Silva (2013), entende-se a abstração inicial como fragmento da precipitação total, que precede a precipitação efetiva, isto é, toda chuva que acontece antes do começo do escoamento superficial. Esse fragmento pode ter ficado retido na vegetação e obstáculos do solo ou infiltrado no solo.

A capacidade máxima de infiltração (S), ou retenção potencial máxima, é relacionado às perdas sucedidas em um evento devido a infiltração contínua na bacia hidrográfica. Esse

indicador está ligado às características físicas da área de estudo, como a cobertura vegetal e uso e ocupação do solo. De acordo com Mullem *et al.* (2002), embora suas associações com parâmetros físicos, a capacidade máxima de infiltração não é uma propriedade física identificável, podendo ser associada apenas para eventos particulares de precipitação.

A retenção potencial máxima é determinada por meio do parâmetro CN, que apresenta valores tabelados para combinações de uso e ocupação de solo, condições de umidades antecedentes e classificações hidrológicas de solo. A retenção é inversamente proporcional ao CN, a qual varia de 0 a 100, logo, quando CN for mais próximo a 100, a retenção será mais perto de 0, já quando CN for próximo a 0, a retenção tenderá a infinito. Essa mesma relação vale com o escoamento superficial (Mello; Silva 2013; Tucci, 2000).

De acordo com Scs (2004), a variabilidade do parâmetro CN, proveniente das condições de umidade de solo, total precipitado, intensidade e duração da chuva, dentre outros fatores, estão envolvidos no parâmetro AMC (condições de umidade antecedente), separada em 3 classes, como apresenta Mello e Silva (2013):

- AMC I: solos secos, com precipitação antecedente nos últimos 5 dias menores que 13 mm no período seco e menores que 36 mm no período úmido;
- AMC II: solos com umidade próxima à capacidade de campo, com precipitação antecedente nos últimos 5 dias entre 13 a 28 mm no período seco, e no período úmido entre 36 a 53 mm;
- AMC III: solo úmido próximo à saturação, com precipitação antecedente nos últimos 5 dias maiores que 28 mm no período seco e 53 mm no período úmido.

Mello e Silva (2013) além das classificações das condições da umidade antecedente, também classificam em quatro grupos as características do solo:

- Grupo A: Solos muito profundos e alta permeabilidade. São caracterizados por baixo escoamento e alta infiltração, com baixo teor de argila e arenosos;
- Grupo B: Solos com menores profundidades e possui maior possibilidade de escoamento comparado ao solo A, devido a menor permeabilidade. São caracterizados por maior teor de argila com menor profundidade e arenosos;
- Grupo C: Solos com profundidade entre 0,5 a 2,0 m e que produzem escoamento superficial direto maior que o solo 2, com baixa permeabilidade superficial;
- Grupo D: Solos com pouca profundidade, com a maior capacidade de escoamento superficial direto, devido a composição argilosa e baixa capacidade de infiltração.

Visando simplificar os parâmetros do Método CN, é utilizada uma relação linear entre a abstração inicial (Ia) e a capacidade máxima de infiltração (S). Historicamente, a abstração

inicial é considerada como 20% da capacidade máxima de infiltração, porém, essa correlação sofre diversos questionamentos em relação à sua aplicabilidade. De acordo com Hjelmfelt (1991), a perda de precipitação inicial é causada por diversos fatores físicos e características especiais de cada evento, então, a validação dessa relação linear não pode ser obtida. Além disso, Elhakeen e Papanicolaou (2009), checaram por meio de seus estudos que essa correção não é proporcional, como é retratado no método.

O Método Curva Número, todavia, vem sendo discutido a respeito dos aspectos correlacionados ao coeficiente de abstração inicial (I_a), condições de umidade antecedente, parâmetro CN e aplicações em bacias com as mais variadas características (Jain *et al.*, 2006).

De acordo com Ponce e Hawkins (2006), o Método Curva Número pode ser apontado como inconsistente por conta de fatores, por exemplo a variabilidade espacial e temporal da precipitação, alterações relacionadas às precipitações antecedentes e qualidade dos dados analisados.

Para Cunha *et al.* (2005) a aplicação dos valores determinados com referências pelo Método Curva Número, superestimam os valores de vazões de cheias analisados por especialistas na área de recursos hídricos ao serem aplicados para bacias com características distintas de que foi baseado o método. O CN tabelado, pode ter um mal desempenho, se for utilizado em bacias com distintas características geomorfológicas, além de ser influenciada pela precipitação antecedente ao evento analisado.

O coeficiente de abstração inicial (I_a), é definido como 20% da capacidade máxima de infiltração, porém é o parâmetro mais questionado do método. Além disso, estudos tem indagado a veracidade da validação da relação I_a/S , com o intuito de verificar o comportamento para eventos de precipitação em uma bacia hidrográfica analisada (Jain *et al.*, 2006; Mishra *et al.*, 2006; Ponce; Hawkins, 1996).

De acordo com Ponce e Hawkins (1996), os principais problemas relacionados ao Método Curva Número descritos pela literatura ao longo do tempo, são:

1. O método foi criado utilizando os dados de bacias do centro oeste dos Estados Unidos e depois o método é utilizado em outras regiões com parâmetros semelhantes, sem a necessidade de adaptar as tabelas CN;
2. Em relação aos baixos valores de CN e volumes de precipitação, o método se torna vulnerável a escolha do parâmetro e a umidade antecedente;
3. O método foi estudado para determinar o escoamento superficial em áreas agrícolas e depois, expandido para áreas urbanas. Já em áreas florestais, o Curva Número não possui resultados satisfatórios, tendo maior apropriação para ambientes nos quais possui mais

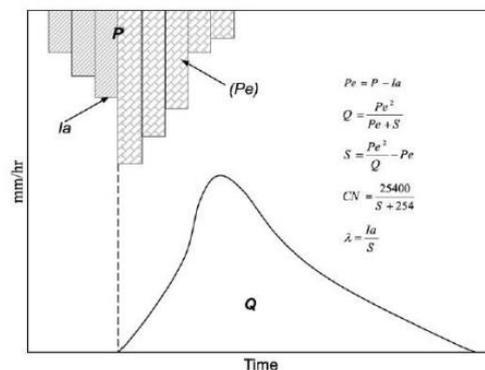
escoamento superficial, tendo o escoamento subterrâneo baixo;

4. Este método é recomendado para bacias inferiores a 250 km², porque não é considerado os efeitos em escala espacial. Inclusive, na literatura, alguns pesquisadores destacam que o Número da Curva tende a reduzir ao passo que aumenta a área de drenagem na bacia estudada;

5. A Abstração inicial, considerada como 20% referente a capacidade máxima de infiltração, teria que ser interpretado como um indicador regional, a fim de compreender melhor o método para a bacia hidrográfica e suas características hidrogeológicas;

Hawkins *et al.* (2001), ao analisar todos as incertezas do método, sugeriu uma análise para calcular o coeficiente de abstração inicial, por meio do Método Curva Número, no qual os parâmetros, coeficiente de abstração inicial (Ia) e capacidade máxima de infiltração (S), são determinados por meio dos dados da precipitação total, deflúvio superficial e abstração inicial, gerando a partir de dados hidrológicos valores específicos para cada evento. Esse processo foi reproduzido por Shai *et al.* (2008) e o modo de aplicação está explícito na Figura 4.

Figura 4 - Método proposto para análise do Coeficiente de Abstração Inicial (Ia) a partir do Método Curva Número



Fonte: Shi *et al.* (2008, p. 5).

Primeiramente, este procedimento calcula o deflúvio superficial da razão entre o volume do escoamento superficial pela área da bacia hidrográfica para cada evento analisado. Neste método, é de suma importância a separação dos escoamentos, visto que a análise utiliza apenas os dados dos escoamentos superficiais. Em sequência, com os hidrogramas gerados para cada evento, por meio dos dados de vazão pelo tempo e precipitação, emprega-se a definição que a precipitação por completo anterior ao escoamento superficial e considerado a abstração inicial do evento. Assim, tendo os valores de precipitação total, abstração inicial e deflúvio superficial, consegue-se obter a capacidade máxima de infiltração e com isso, determinar o coeficiente de abstração inicial.

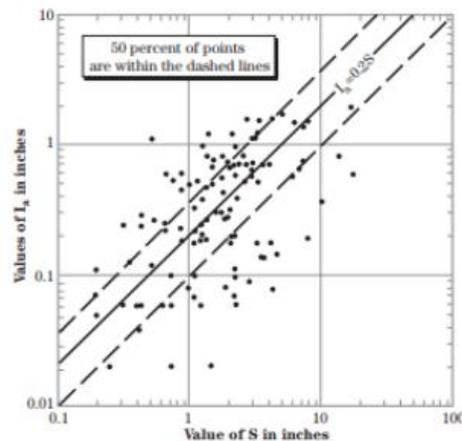
O novo método proposto por Halkins *et al.* (2001), foi também aplicado por Shai *et al.*

(2009) para estudar as lâminas de escoamento superficial criadas para coeficientes de abstração inicial pré-determinados e correlacionadas com os valores examinados por meio dos dados reais.

2.8 COEFICIENTE DE ABSTRAÇÃO INICIAL

O coeficiente de abstração inicial ser apresentando pela literatura como 0,2, é baseado na documentação oficial da National Engineering Handbook, capítulo 10 (Scs, 2004), que por meio dos dados de campo dos Estados Unidos, gerou-se o gráfico a seguir, representado pela Figura 5, para estabelecer esse valor constante.

Figura 5 - Relação entre a Abstração Inicial e a Retenção Máxima Potencial



Fonte: Scs (2004, p. 9).

Entretanto, diversos estudos apresentam resultados inconsistentes com a utilização do coeficiente de abstração inicial sendo 20% da capacidade máxima de infiltração, 0,2 que é indicada pelo Método Curva Número Tradicional. De acordo com Ling e Yusop (2014), o principal motivo para essa incoerência são as características fisiográficas de cada bacia hidrográfica estudada e assim, muitos pesquisadores estão efetuando estudos regionais para gerar associações com o modelo original, a fim de validar seus modelos em determinada região.

Mello (2003), por meio da análise de dados do deflúvio, abstração inicial e precipitação total, notou-se que a relação I_a/S não apresenta nenhum padrão de comportamento, o que implica em uma elevada sensibilidade do parâmetro abstração inicial. A bacia estudada por Mello (2003), o valor de coeficiente de abstração inicial variou de 0 a 0,081, com valor médio de 0,015, muito abaixo de 0,200, como sugere o método Curva Número.

O coeficiente de abstração inicial pré determinado pode não condizer com as diferenças sobre cada evento de precipitação, visto que o parâmetro não será constante em eventos longos

e menos intensos e curtos e mais intensos. Além disso, pode-se sugerir que o coeficiente de abstração inicial pode ser considerado um fator característico de regiões que apresentam características fisiográficas semelhantes, podendo elevar a capacidade de amenizar as variações climáticas e geológicas (Ponce; Hawkins, 1996; Smith, 1976). Em estudos das áreas rurais em Illinois, EUA, Yuan *et al.* (2001) constataram que a relação entre a abstração inicial e a capacidade máxima de infiltração não permite uma associação direta, logo, os valores precisam ser adquiridos para cada evento isoladamente.

Estabelecer a abstração inicial como sendo uma porção da capacidade máxima de infiltração pode negligenciar a real magnitude dos parâmetros, que dependem diretamente das alterações fisiográficas das bacias hidrográficas. Em estudos mais simples, a padronização dos valores de abstração inicial pode ser suficiente, caso contrário, ter entendimento das características da bacia hidrográfica ajudam a reduzir os erros relacionados nos cálculos do Método Curva Número (Bosznay, 1989).

Segundo Sheeder *et al.* (2002), em bacias hidrográficas localizadas na Pensilvânia, EUA, determinaram que a abstração inicial é o parâmetro que apresenta maiores erros na estimativa do escoamento superficial, concluindo que o coeficiente de abstração inicial é menor que 0,200 proposto. Já Jiang (2001), usou dados de 307 bacias hidrográficas e verificou que a abstração inicial e a capacidade máxima de infiltração não apresentaram nenhuma interação. Os valores do coeficiente de abstração inicial variaram de 0 a 0,996, no qual o valor de 0,05 foi o que apresentou melhor ajuste.

Mishra *et al.* (2006), com dados de cinco bacias hidrográficas, constataram que utilizar valores variáveis para o coeficiente de abstração inicial, para cada evento estudado e cada área, apresenta uma performance mais satisfatória, quando comparado ao valor fixo de 0,200. Shi *et al.* (2009), ao analisar uma bacia hidrográfica na área de Três gargantas, na China, utilizaram dados de eventos chuva-vazão de seis anos e checaram que o coeficiente de abstração inicial variou de 0,010 a 0,154, tendo média igual a 0,053, concluindo que o método subestima eventos com grandes escoamentos, sugerindo o coeficiente de abstração inicial de 0,050 como ideal.

Para uma bacia hidrográfica, localizada na Ática, Grécia, com dados de eventos chuva-vazão e escoamentos observados, o coeficiente de abstração inicial na área total da bacia hidrográfica foi de 0,014, já para uma sub bacia, determinou-se o valor de 0,037. A diferença foi explicada pelos tipos de solo e formações geológicas distintas (Baltas; Dervos; Mimkou, 2007).

Hawkins *et al.* (2001), sugeriu dois métodos para determinação do coeficiente de abstração inicial por meio de dados de eventos chuva-vazão. Os resultados apontaram que o

valor de 0,05 apresenta melhor ajuste de dados e seria mais recomendado do que a utilização do Método Curva Número. Essa alteração é principalmente observada quando têm-se eventos de precipitação que geram escoamentos superficiais menores ou apresentam valores menores de CN.

3 METODOLOGIA

3.1 OBTENÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para obtenção dos dados, consultou-se o portal de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), estações telemétricas em funcionamento no Brasil que apresentam dados simultâneos de chuva-vazão. A seleção da estação e eventos, baseou-se de alguns critérios, tais como: análises de estações telemétricas que contenham pelo menos 10 eventos de uma boa qualidade; eventos que não apresentam falhas de dados, e que seja possível extrair também informações da precipitação antecedente de 5 dias; e hidrogramas bem definidos, que facilitem o entendimento dos eventos e a separação dos componentes de escoamento.

Dessa forma, foram selecionadas 10 bacias hidrográficas para o presente estudo, que estão dispostas na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Bacias hidrográficas selecionadas

Município	Código	Área BH (km ²)	Latitude	Longitude
SÃO MARTINHO	84598002	620	-28,1656	-48,9717
PIRAÍ	58350001	626	-22,6625	-43,9567
ITAÚ DE MINAS	61685000	1297	-20,7706	-46,7197
ANDRELÂNDIA	61060001	2050	-21,6708	-44,3539
GUARAREMA	58105300	5210	-23,4153	-46,0244
FLÓRIDA PAULISTA	63805000	6840	-21,7244	-51,2767
PIRACICABA	62707500	9050	-22,7003	-47,7108
PIRASSUNUNGA	61898500	9540	-21,9269	-47,3253
IPORANGA	81350000	12500	-24,5864	-48,5922
ELDORADO	81380000	14700	-24,5197	-48,1056

Fonte: Autor.

3.2 SEPARAÇÃO DOS COMPONENTES DE ESCOAMENTO

A separação do escoamento total em seus dois componentes principais, superficial e subterrâneo, foi realizada por meio dos dados obtidos pelos eventos chuva-vazão. Utilizaram-se os métodos de Filtros Digitais Recursivos Eckhardt (2005) (Equação 1) e Lyne e Hollick (1979) (Equação 2) além do método de separação gráfica. Os Filtros Digitais Recursivos escolhidos são os mais utilizados atualmente, demandando apenas de um ou dois parâmetros para suas aplicações, o que fornece simplicidade na obtenção de resultados consistentes. O método de separação gráfica, possui diversas formas de análises e aplicações, sendo utilizado

neste projeto conforme descrito por Mello e Silva (2013), conforme apresentado na Figura 5, o que considera o escoamento subterrâneo como linear entre dois pontos principais de inflexão em um hidrograma, determinando-se seu valor a cada intervalo de tempo.

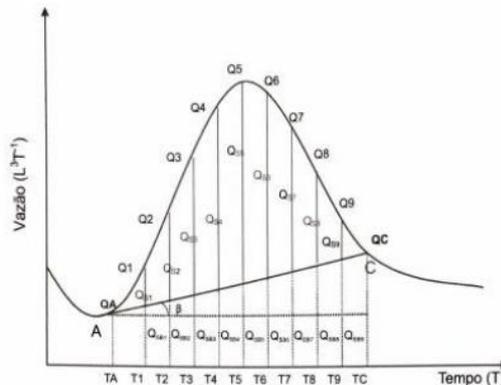
$$b_k = \frac{(1 - \text{BFI}_{\text{max}}) \cdot a \cdot b_{k-1} + (1 - a) \cdot \text{BFI}_{\text{max}} \cdot y_k}{1 - (a \cdot \text{BFI}_{\text{max}})} \quad (1)$$

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

onde: b_k é a vazão base no intervalo de tempo k (m^3/s); BFI_{max} é o índice de escoamento base, a é o decaimento exponencial no período de recessão; e y_k é a vazão total no intervalo de tempo k (m^3/s).

Os valores do decaimento exponencial no período de recessão serão utilizados de 0,925 e 0,995 para o Filtro Lyne e Hollick e Filtro Eckhardt respectivamente, e o índice de escoamento base, presente no equacionamento do Filtro Eckhardt será de 0,750.

Figura 6 - Separação do escoamento superficial direto por meio da análise gráfica



Fonte: Mello e Silva (2013, p. 15).

Os procedimentos citados acima, pretendem determinar o escoamento superficial de cada intervalo de tempo, por conseguinte, o escoamento superficial é obtido com base na diferença do escoamento total com o escoamento subterrâneo.

3.3 OBTENÇÃO DE VALORES DE CN BASE METADADOS

Para a obtenção dos valores de CN para cada bacia hidrográfica selecionada, consultou-se o Catálogo de Metadados da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) que possui a base de dados com valores de CN disponíveis para todo território brasileiro. Com o apoio do software QGIS e as latitudes e longitudes das respectivas bacias hidrográficas, demonstradas na Figura 1,

plotou-se as dez áreas de estudo.

Logo após, separou-se cada bacia hidrográfica em diversos polígonos e gerou-se a tabela de dados com valores mínimos, médios e máximos de CN para cada polígono. Tendo esses dados, realizou-se a média ponderada dos valores médios de CN correlacionados com cada área dos polígonos, gerando-se um valor médio para a bacia estudada. Esse processo foi realizado para as dez áreas de estudo selecionadas. A critérios de citação de dados da base da ANA, será tratado no presente trabalho com valores metadados para melhor entendimento.

3.4 CORRELAÇÃO ENTRE CN E COEFICIENTE DE ABSTRAÇÃO INICIAL

Segundo Herlander (2007), com o intuito de determinar a correlação entre o valor de CN e o coeficiente de abstração inicial, têm-se a Equação 3, a seguir:

$$CN = \frac{1000}{10 + P_{tot} \left[\frac{1}{f_a} + \frac{1-f_a}{2f_a^2} C \left[1 - \left(1 + \frac{4f_a}{(1-f_a)^2} \frac{1}{C} \right)^{1/2} \right] \right]}, \text{ com } f_a = I_a/S \quad (3)$$

Onde: P_{tot} é a precipitação total, I_a são perdas iniciais da precipitação, S é a máxima capacidade de retenção do solo e C é o coeficiente de escoamento da fórmula racional. Os valores de P_{tot} , I_a e S são expressos em polegadas (25.4 mm).

A precipitação total foi medida pela estação telemétrica e contempla a soma total de chuva dentro do espaço de tempo analisado.

O valor de f_a , dado pela relação entre abstração inicial (I_a) e capacidade máxima de infiltração, foi utilizado dois valores distintos, o primeiro de acordo com a literatura, segundo com Mello e Silva (2013), a abstração inicial é 20% da capacidade máxima de infiltração. Já o segundo valor foi 0,138, de acordo Barbosa (2021) em estudo realizado com a proposta de análise ao coeficiente de abstração inicial.

O coeficiente de escoamento superficial (C) foi calculado por meio da relação entre o escoamento superficial e a precipitação total do evento, conforme a Equação 4:

$$C = \frac{Q}{P_{total}} \quad (4)$$

Para isso, o deflúvio superficial direto (Q) foi determinado pela razão entre o volume total do escoamento superficial pela área total da bacia, conforme a Equação 5:

$$Q = \frac{VES}{A \cdot 10^3} \quad (5)$$

Onde VES é dado em m³ e obtido pelo somatório das vazões superficiais multiplicado pelo intervalo de tempo em segundos e A é a área da bacia dada em km².

Para fins de comparação entre a relação de CN com C e o coeficiente de abstração inicial, determinou-se os valores de CN, como mostrado na Equação 6:

$$CN = \frac{25400}{S+254} \quad (6)$$

Sendo que a capacidade máxima de infiltração é calculada por meio da Equação 7, onde o valor da abstração inicial (I_a) foi definido a partir de hidrógrafas geradas para cada evento, considerado-se toda precipitação realizada antes do início do escoamento superficial. Dessa maneira, tendo os valores de deflúvio superficial (Q), abstração inicial (I_a), possibilitou o cálculo do valor da capacidade máxima de infiltração:

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

Com o valor de S, determinou-se pela Equação 6, os valores de CN para cada bacia hidrográfica analisada, tendo então valores calculados de CN e valores determinados pela relação entre CN e coeficiente de abstração inicial, dado pela Equação 3.

3.5 COMPARAÇÃO ENTRE BACIAS COM ÁREAS DE DRENAGEM DISTINTAS

Tendo os valores de CN calculados pela Equação 6, os valores correlacionados pela Equação 3 e os valores de CN dados pela base da ANA, foi calculado os respectivos valores de escoamento superficial, para validar o impacto dos mesmos em termos de escoamento. Assim, fez-se o cálculo do valor de capacidade máxima de infiltração (S), através da manipulação da Equação 6, representado pela Equação 8, a seguir:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (8)$$

Logo após, realizou-se a verificação da Equação 9, para ser possível o cálculo do escoamento superficial, no qual a diferença da precipitação total e a abstração inicial precisa ser maior que zero para gerar escoamento e caso contrário, o escoamento superficial é zero.

$$(PT - 0,2.S) > 0 \quad (9)$$

Após essa checagem, fez-se o cálculo do valor de escoamento superficial (ES), exposto pela Equação 10:

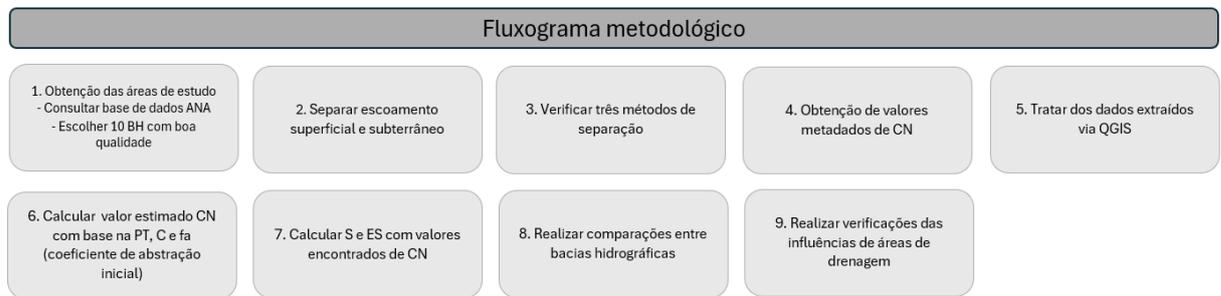
$$ES = \frac{(PT-0,2.S)^2}{PT+0,8.S} \quad (10)$$

Assim, foram gerados quatro valores de escoamento superficial baseado em cada valor de CN da sua respectiva bacia hidrográfica e foi possível realizar as comparações objetivas no presente trabalho.

3.6 FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

A fim de elucidar a metodologia proposta acima, realizou-se a construção de um fluxograma metodológico com todos os processos executados. Segue Figura 7, a seguir:

Figura 7 - Fluxograma metodológico



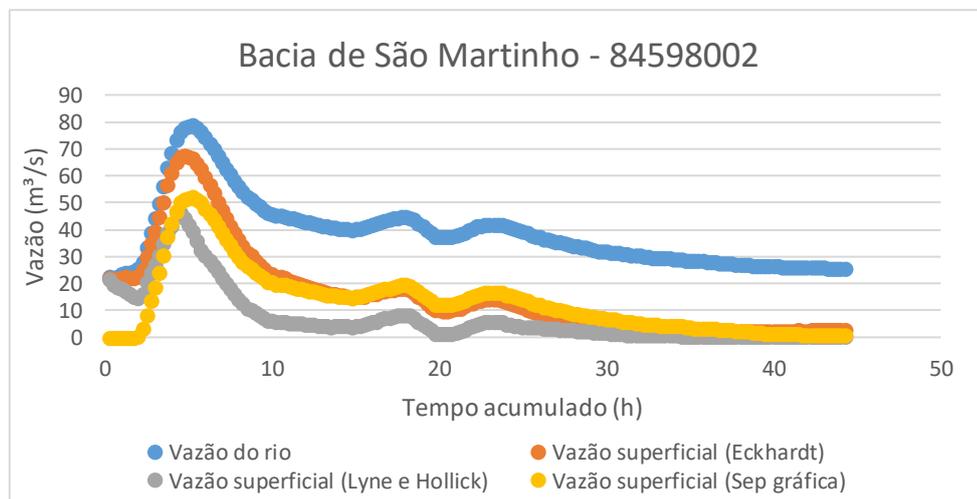
Fonte: Autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SEPARAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ESCOAMENTO

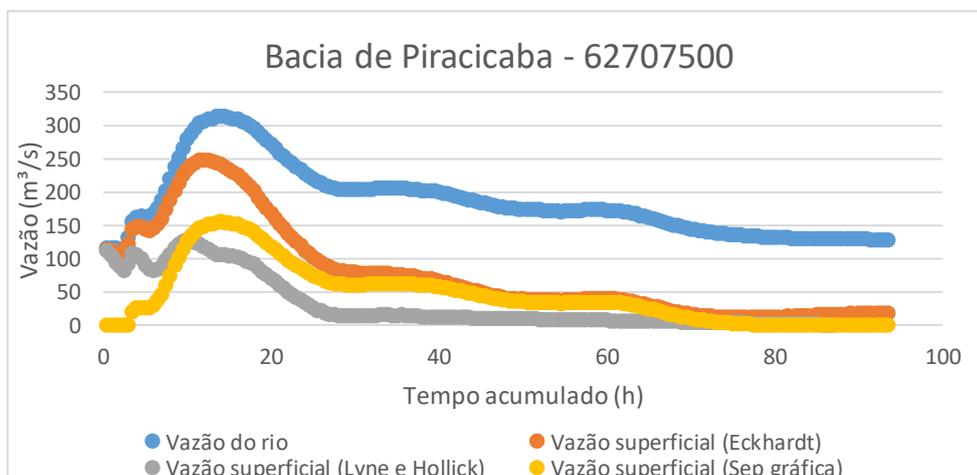
Os valores calculados pelos três métodos de separação de escoamento, filtro Eckhardt, filtro Lyne e Hollick e método Separação gráfica estão demonstrados nos gráficos 1 e 2, sendo duas das dez bacias hidrográficas escolhidas no presente trabalho, para representar as diferenças entre os filtros e discutir o que melhor se aplica. No Apêndice A e B estão dispostos os eventos estudados em conjunto com os parâmetros utilizados.

Grafico 1 - Gráfico com valores dos filtros Eckhardt, Lyne e Hollick e Separação gráfica para os dados da Bacia hidrográfica de São Martinho (84598002)



Fonte: Autor.

Grafico 2 - Gráfico com valores dos filtros Eckhardt, Lyne e Hollick e Separação gráfica para os dados da Bacia hidrográfica de Piracicaba (62707500)



Fonte: Autor.

Nestes dois exemplos, o filtro LH subestima a vazão superficial, logo propõe menores valores de deflúvio superficial comparados aos outros métodos estudados, gerando alta capacidade máxima de infiltração. Já para o filtro EC, exibe maiores vazões comparado ao método anterior, porém da mesma maneira que o filtro LH, observa-se baixa abstração inicial, iniciando o escoamento juntamente quando começa a precipitação. Agora para o método SG, analisa-se em sua aplicação, maiores valores de abstração inicial em comparação aos métodos anteriores, visto que no início da precipitação, não há escoamento superficial, além de possuir volumes de escoamento superficial coesos em comparação aos demais métodos, o que possibilita a utilização desses valores para análises futuras, levando em consideração a simplicidade do método de separação gráfica.

4.2 CORRELAÇÃO ENTRE CN E COEFICIENTE DE ABSTRAÇÃO INICIAL

Na Tabela 2, estão apresentados as dez bacias hidrográficas, com suas respectivas áreas, precipitações totais e os valores de C, calculados pela Equação 4.

Tabela 2 - Valores de área de drenagem, precipitação total e C para cada respectiva bacia hidrográfica

Bacia	Área (km ²)	C (calculado)	Ptotal (pol)
São martinho - 84598002	620	0,051	2,803
Pirai - 58350001	626	0,099	2,354
Itaú de Minas - 61685000	1297	0,130	1,752
Andrelândia - 61060001	2050	0,004	1,693
Guararema - 58105300	5210	0,008	1,555
Flórida Paulista - 63805000	6840	0,138	1,299
Piracicaba - 62707500	9050	0,038	2,496
Pirassununga - 61898500	9540	0,174	0,976
Iporanga - 81350000	12500	0,041	8,402
Eldorado - 81380000	14700	0,056	6,724

Fonte: Autor.

Em seguida, na Tabela 3, estão apresentados as dez bacias hidrográficas, com seus respectivos valores de CN, calculados pela Equação 6, os valores correlacionados com o coeficiente C, precipitação total e “fa”, que representa o coeficiente de abstração inicial, dados pela Equação 3 e os valores metadados de CN médios, obtidos pela base de dados da ANA, sendo a média ponderada de cada bacia hidrográfica, levando em consideração todos os polígonos com valor de CN médio. Além de cada valor para a capacidade máxima de infiltração e os respectivos escoamentos superficiais.

Tabela 3 - Valores de CN, S e ES para cada respectiva bacia hidrográfica

Bacia	Parâmetros	CN (calculado)	CN (correlação fa = 0,2)	CN (correlação fa = 0,138)	CN médio (base ANA)
São martinho - 84598002	CN	49,90	54,83	48,07	71,61
	PT-0,2S>0	20,20	29,36	33,34	51,06
	S	255,01	209,21	274,35	100,70
	ES	1,48	3,61	3,61	17,18
Pirai - 58350001	CN	61,47	64,52	58,98	74,62
	PT-0,2S>0	27,95	31,86	35,43	42,52
	S	159,23	139,68	176,62	86,39
	ES	4,17	5,92	5,92	14,03
Itaú de Minas - 61685000	CN	75,72	73,41	68,96	66,78
	PT-0,2S>0	28,21	26,10	28,72	19,23
	S	81,46	92,00	114,32	126,35
	ES	7,26	5,77	5,77	2,54
Andrelândia - 61060001	CN	53,79	57,57	49,05	82,84
	PT-0,2S>0	-0,64	5,56	6,59	32,48
	S	218,18	187,18	263,84	52,62
	ES	0,00	0,16	0,16	12,40
Guararema - 58105300	CN	57,03	61,24	53,18	70,28
	PT-0,2S>0	1,23	7,35	8,64	18,02
	S	191,35	160,77	223,66	107,41
	ES	0,01	0,32	0,32	2,59
Flórida Paulista - 63805000	CN	76,01	79,34	75,63	69,36
	PT-0,2S>0	16,97	19,77	21,70	10,56
	S	80,15	66,16	81,87	112,21
	ES	2,97	4,55	4,55	0,91
Piracicaba - 62707500	CN	50,98	55,80	48,73	74,14
	PT-0,2S>0	14,55	23,17	26,51	45,68
	S	244,23	201,16	267,29	88,60
	ES	0,82	2,39	2,39	15,54
Pirassununga - 61898500	CN	84,25	85,31	82,68	66,16
	PT-0,2S>0	20,30	21,06	22,46	3,82
	S	47,48	43,72	53,21	129,92
	ES	6,08	6,84	6,66	0,11
Iporanga - 81350000	CN	24,27	27,64	22,39	77,57
	PT-0,2S>0	54,86	80,43	91,87	198,71
	S	792,68	664,86	880,62	73,45
	ES	3,55	8,68	8,68	145,09
Eldorado - 81380000	CN	30,33	34,27	28,55	77,57
	PT-0,2S>0	54,11	73,36	83,07	156,11
	S	583,47	487,22	635,75	73,45
	ES	4,59	9,60	9,60	106,16

Fonte: Autor.

Baseado na Tabela 3, percebe-se que existe uma proximidade em ordem de grandeza quando comparado o valor de CN calculado pela equação do Método Curva Número e o valor estimado por meio da equação que correlaciona o valor do coeficiente C do Método Racional. Vale ressaltar que são métodos distintos, utilizados para determinar variáveis semelhantes, então visto a proximidade dos coeficientes, a correlação é válida.

Dentre os valores correlacionas de CN, com o intuito de comparações entre os valores de coeficientes de abstração inicial, o valor da literatura tem abstração inicial sendo 20% da capacidade máxima de infiltração e o valor estudado pelo Barbosa (2021), no qual a abstração inicial é 13,8% da capacidade máxima de infiltração, entende-se que na amostragem de dez bacias distintas, fez-se mais próximo o valor estimado baseado no coeficiente de abstração

inicial igual a 13,8%, em 60% das bacias hidrográficas analisadas, mostrando-se eficácia do valor determinado por Barbosa (2021).

Além disso, os valores metadados de CN são de suma importância, pois assim têm-se a comparação com dados da ANA para a validação da estimativa. Os valores metadados de CN, são valores médios, possibilitando a melhor comparação, visto que estes são valores médios também.

Dentre as dez bacias estudadas, 80% delas tiveram valores metadados de CN médios acima dos respectivos valores calculados e correlacionados, o que implica maior escoamento superficial. Tratando-se de valores médios que são fornecidos para ANA, as diferenças são aceitáveis, pois a diferença em maneira geral, retirando dois outliers, sendo dados das bacias hidrográficas Iporanga e Eldorado, ficaram com variação de 22% em média.

Agora em relação a comparação em termos de escoamento superficial, as diferenças são mais expressivas. Nos quais a capacidade máxima de infiltração é inversamente proporcional aos valores de CN o que impacta diretamente o valor de escoamento superficial.

É importante ressaltar que os valores de CN metadados, mínimos, médios e máximos não obtiveram variação expressiva, sendo 27%, 21% e 23%, respectivamente, comparado aos dados estimados, tendo os valores médios mais próximos dos estimados.

4.3 COMPARATIVO ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A comparação entre bacias hidrográficas é bastante relevante para a avaliação da influência de parâmetros sobre os resultados, como a área de drenagem. Sendo assim, para vislumbrar a possível influência de outros parâmetros morfométricos, têm-se três bacias a serem comparadas, a Bacia Hidrográfica São Martinho, Pirai e Itaú de Minas, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de área de drenagem, CNs, S e ES das bacias hidrográficas de São Martinho,

Pirai e Itaú de Minas

Bacia	Parâmetros	CN (calculado)	CN (correlação fa = 0,2)	CN (correlação fa = 0,138)	CN médio (base ANA)
São martinho - 84598002 Área: 620 km ² Δ CN: 28%	CN	49,90	54,83	48,07	71,61
	PT-0,2S>0	20,20	29,36	33,34	51,06
	S	255,01	209,21	274,35	100,70
	ES	1,48	3,61	3,61	17,18
Pirai - 58350001 Área: 626 km ² Δ CN: 17%	CN	61,47	64,52	58,98	74,62
	PT-0,2S>0	27,95	31,86	35,43	42,52
	S	159,23	139,68	176,62	86,39
	ES	4,17	5,92	5,92	14,03
Itaú de Minas - 61685000 Área: 1297 km ² Δ CN: 7%	CN	75,72	73,41	68,96	66,78
	PT-0,2S>0	28,21	26,10	28,72	19,23
	S	81,46	92,00	114,32	126,35
	ES	7,26	5,77	5,77	2,54

Fonte: Autor.

Dentre as oito bacias, teve-se uma variação de 21% em média entre os valores metadados de CN médios e os valores correlacionados. De acordo com a Tabela 4, têm-se baixa, média e alta variação de CN dentre a amostragem. Para São Martinho, com variação de 28%, percebe-se que esse resultado implica diretamente no valor final do escoamento superficial, saindo de 3,61 para 17,18, devido as condições de uso e ocupação. Já para Pirai, foi uma variação próxima da média, com 17% e com valores de escoamento entre 5,92 a 14,03. E Itaiú de Minas, com a menor variação, sendo 7% e dessa maneira, os valores de escoamento superficial ficaram bastante próximos consequentemente, tendo 5,77 e 2,54.

Assim, entende-se que há outros parâmetros que influenciam, tendo enorme relevância no produto final que é o escoamento superficial, gerando maior impacto do que a área de drenagem, pois São Martinho e Pirai possuem áreas muito próximas, tendo diferença de 2% entre áreas, porém, maiores diferenças nas condições morfométricas, gerando maior divergência entre valores de CN.

Além disso, a fim de comparar outras bacias para demonstrar o impacto das áreas de drenagem, segue a Tabela 5, com dados das bacias hidrográficas de Piracicaba e Pirassununga, a seguir:

Tabela 5 - Valores de área de drenagem, CNs, S e ES das bacias hidrográficas de Piracicaba e Pirassununga

Bacia	Parâmetros	CN (calculado)	CN (correlação fa = 0,2)	CN (correlação fa = 0,138)	CN médio (base ANA)
Piracicaba - 62707500 Área: 9050 km ² Δ CN: 30%	CN	50,98	55,80	48,73	74,14
	PT-0,2S>0	14,55	23,17	26,51	45,68
	S	244,23	201,16	267,29	88,60
	ES	0,82	2,39	2,39	15,54
Pirassununga - 61898500 Área: 9540 km ² Δ CN: 23%	CN	84,25	85,31	82,68	66,16
	PT-0,2S>0	20,30	21,06	22,46	3,82
	S	47,48	43,72	53,21	129,92
	ES	6,08	6,84	6,66	0,11

Fonte: Autor.

Baseado na Tabela 5, compreende-se que as duas bacias possuem a mesma ordem de grandeza, por volta de 9000 km², porém, com grandes diferenças entre elas, quando comparadas as variações de CNs. Piracicaba tem 9050 km², com 30% de variação do CN, já Pirassununga possui 9540 km², com 23% de variação de CN. O que implica em maior influência de outros parâmetros do que de área de drenagem, visto que ambas variam pouco as áreas e Piracicaba possui maior variação de CN comparado a Pirassununga, gerando maiores diferenças consequentemente no escoamento superficial.

Por fim, por meio dessas amostragens e cálculos, entende-se que a Equação 3, para correlacionar valor de CN e coeficiente C, é satisfatória. Além de outros parâmetros gerarem maiores impactos do que a área de drenagem, influenciando no escoamento superficial.

5 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou uma análise detalhada da influência da área de drenagem no escoamento superficial em dez bacias hidrográficas utilizando dados de chuva e vazão. Os principais achados indicam que:

1. Método de Separação de Escoamento: Entre os métodos de separação de escoamento (Filtros Digitais e Separação Gráfica), o método de Separação Gráfica mostrou-se o mais eficiente para a determinação do escoamento superficial. Isso pode indicar que a abordagem gráfica é mais adaptável ou precisa para os dados específicos utilizados;

2. Coeficiente de Abstração Inicial: A comparação entre os coeficientes de abstração inicial de 0,200 (literatura) e 0,138 (Barbosa, 2021) revelou que 60% das bacias estudadas apresentaram resultados mais próximos ao utilizar o coeficiente de 0,138. Portanto, o valor de 0,138 parece ser mais adequado para as bacias analisadas;

3. Influência da área de drenagem: A comparação entre valores medidos e estimados de CN, bem como entre bacias com diferentes características e áreas de drenagem, indicou que a outros parâmetros têm um impacto significativo no escoamento superficial. Os valores medidos de CN foram geralmente maiores do que os valores estimados, refletindo a importância das características específicas das bacias na modelagem de escoamento; e

4. Impacto da área de drenagem: A análise comparativa entre bacias com áreas de drenagem semelhantes, mas outras características diferentes (como São Martinho e Pirai), demonstrou que a outros parâmetros tem um efeito mais pronunciado sobre o escoamento superficial do que a área de drenagem. O mesmo foi observado na comparação entre Piracicaba e Pirassununga, reforçando a importância das demais características.

Em resumo, o estudo confirmou que o método de Separação Gráfica é o mais eficaz para estimar o escoamento superficial entre os métodos testados. O coeficiente de abstração inicial de 0,138 mostrou-se mais apropriado para as bacias analisadas do que o valor de 0,200 sugerido na literatura. As características específicas desempenham um papel crucial na determinação do escoamento superficial, com variações significativas observadas entre bacias com características diferentes. Os resultados sugerem que a equação de correlação entre CN, C e Ia é uma ferramenta válida para simplificar as análises de escoamento, embora o impacto da aspectos específicos devam ser considerados. Estudos futuros devem investigar mais detalhadamente a influência do formato das bacias e outros parâmetros morfométricos para aprimorar a modelagem de escoamento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Curva número de base hidrográfica**. Catálogo de Metadados da ANA (Agência Nacional de Águas), 2018. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67>. Acesso em: 20 jul. de 2024
- ARNOLD, J. *et al.* Automated base flow separation and recession analysis techniques. **Ground Water**, [s.l.], v. 33, n. 6, p. 1010-1018, nov. 1995. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.1995.tb00046.x>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- BALTAS, E. A.; DERVOS, N. A.; MIMIKOU, M. A.. Technical note: determination of the scs initial abstraction ratio in an experimental watershed in greece. **Hydrology And Earth System Sciences**, [s.l.], v. 11, n. 6, p. 1825-1829, 26 nov. 2007. Copernicus GmbH. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1825-2007>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- BARBOSA, L. S. **Modelagem chuva vazão: uma proposta metodológica à análise do coeficiente de abstração inicial do Método Curva Número**. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2021.
- BARNES, B. S. The structure of discharge-recession curves. **Transactions, American Geophysical Union**, [s.l.], v. 20, n. 4, p. 721-735, 1939. American Geophysical Union (AGU). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1029/tr020i004p00721>. Acesso em: 16 mar. 2024.
- BOSZNYAY, M. Generalization of SCS Curve Number Method. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, [s.l.], v. 115, n. 1, p. 139-144, fev. 1989. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(1989\)115:1\(139\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(1989)115:1(139)). Acesso em: 16 mar. 2024.
- BRODIE, R. S.; HOSTETLER, S. **A review of techniques for analysing baseflow from stream hydrographs**. **Bureau of Rural Sciences**. Australian Government, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. International Association of Hydrogeologist Conference. Camberra, 2005, 13 p.
- CARVALHO, F.; RODRIGUES, S. C. Método Curve Number – pesquisas e discussões dos parâmetros valor CN e abstração inicial. **Geografia Ensino & Pesquisa**, 31. (2021). Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236499447861>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- CHAPMAN, T.G.; MAXWELL, A. I. Baseflow Separation – Comparison of Numerical Methods with Tracer Experiments. *In*: HYDROLOGY AND WATER RESOURCES SYMPOSIUM. Barton, ACT: Institution of Engineers, Australia, National conference publication, n. 96/05, 1996, p. 539 – 545.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2013.
- COLLISCHONN, W.; FAN, F. M. Defining parameters for Eckhardt's digital baseflow filter. **Hydrological Processes**, [s.l.], v. 27, n. 18, p. 2614-2622, 8 jun. 2012. Wiley. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.10000>. Acesso em: 15 mar. 2024.

em: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9391>. Acesso em: 25 mar. 2024.

CUNHA, S. *et al.* Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia /Evaluation of the SCS method for effective rainfall and flood hydrograph estimation. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 20, n. 4, p. 837-848, 2005. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n4.p837-848>. Acesso em: 30 mar. 2024.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. Relaciones entre las escorrentías superficial y subterránea. *In*: CUSTÓDIO; LLAMAS. **Hidrologia subterránea**. 2 ed. Editora Omega, Barcelona, 1983. Cap. 11.2, p. 1121 – 1157.

DURÁN-BARROSO, P.; GONZÁLEZ, J.; VALDÉS, J. B. Improvement of the integration of Soil Moisture Accounting into the NRCS-CN model. **Journal Of Hydrology**, [s.l.], v. 542, p. 809-819, nov. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.09.053>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ECKHARDT, K. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. **Hydrological Processes**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 507-515, 2005. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.5675>. Acesso em: 18 jul. 2024.

ELDHO, T. I. *et al.* An advanced soil moisture accounting procedure for SCS curve number method. **Hydrological processes**, [s.l.], v. 21, n. 21, p. 2872-2881, 2007. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.6503>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ELHAKEEM, M.; PAPANICOLAOU, A. N. Estimation of the Runoff Curve Number via Direct Rainfall Simulator Measurements in the State of Iowa, USA. **Water Resources Management**, [s.l.], v. 23, n. 12, p. 2455-2473, 17 jan. 2009. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-008-9390-1>. Acesso em: 20 jul. 2024.

FERNANDES, R. O.; COSTA, C. T. F.; STUDART, T. M. C. Análise de sensibilidade em hidrogramas de cheias máximas obtidos pelo método do SCS em uma bacia urbana. **Águas Subterráneas**, [s.l.], v. 31, n. 3, p. 243-254, 7 jul. 2017. Lepidus Tecnologia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v31i3.28812>. Acesso em: 21 jul. 2024.

FUREY, P. R.; GUPTA, V. K. A physically based filter for separating base flow from streamflow time series. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 37, n. 11, p. 2709- 2722, nov. 2001. American Geophysical Union (AGU). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1029/2001wr000243>. Acesso em: 25 jul. 2024.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. *In*: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.

GRAYSON, R. B.; MOORE, I. D.; MCMAHON, T. A. Physically based hydrologic modeling: 2. is the concept realistic?. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 28, n. 10, p. 2659-2666, out. 1992. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1029/92wr01259>. Acesso em: 24 mai. 2024.

HAWKINS, R. H. *et al.* Another Look at SCS-CN Method. **Journal Of Hydrologic**

Engineering, [s.l.], v. 6, n. 5, p. 451-452, out. 2001. **American Society of Civil Engineers (ASCE)**. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)1084-0699\(2001\)6:5\(451\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)1084-0699(2001)6:5(451)). Acesso em: 15 abr. 2024.

HERLANDER, M. L. *et al.* Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista Escola de Minas**, [s.l.], 60(3): 525-536. Ouro Preto, Set. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672007000300014>. Acesso em: 15 mar. 2024.

HJELMFELT, A. T. Investigation of Curve Number Procedure. **Journal Of Hydraulic Engineering**, [s.l.], v. 117, n. 6, p. 725-737, jun. 1991. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9429\(1991\)117:6\(725\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9429(1991)117:6(725)). Acesso em: 17 mar. 2024.

JAIN, M.K. *et al.* On the Ia-S relation of the SCS-CN method. **Hydrology Research**, [s.l.], v. 37, n. 3, p. 261-275, 1 jun. 2006. IWA Publishing. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2166/nh.2006.011>. Acesso em: 25 Abr. 2024.

JIANG, R. **Investigation of Runoff Curve Number Initial Abstraction Ratio**. 2001. 121 f. Thesis (Masters) - Science With A Major In Watershed Management, University Of Arizona, Tucson, 2001.

KOPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LADSON, A. *et al.* A standard approach to baseflow separation using the Lyne and Hollick filter. **Australian Journal Of Water Resources**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 25-34, 2013. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7158/w12-028.2013.17.1>. Acesso em: 20 abr. 2024.

LI, L. *et al.* Framework for assessing and improving the performance of recursive digital filters for baseflow estimation with application to the Lyne and Hollick filter. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 41, p. 163-175, mar. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.11.009>. Acesso em: 20 abr. 2024.

LING, L; YUSOP, Z. A micro focus with macro impact: exploration of initial abstraction coefficient ratio (λ) in soil conservation curve number (cn) methodology. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s.l.], v. 18, p. 1-5, 25 fev. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012121>. Acesso em: 14 abr. 2024.

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

MAGALHÃES, P. C. **Engenharia hidrológica**: hidrologia superficial. Rio de Janeiro: Ed. da UFRJ, 1989. cap. 4, p. 201.

MATTIUZI, C. P. *et al.* Estimativa de recarga subterrânea a partir da Separação de escoamento de base na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí (América do Sul). **Águas Subterrâneas**, [s.l.], v. 29, n. 3, p. 285-300, 1 fev. 2016. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.14295/ras.v29i3.28487>. Acesso em: 20 mai. 2024.

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

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

MIRANDA, A. *et al.* Métodos de Separação dos Escoamentos Superficial Direto e Subterrâneo: estudo de caso para a bacia do rio das velhas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 169-181, 2014. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n2.p169-181>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MISHRA, S. K. *et al.* SCS-CN-based modeling of sediment yield. **Journal Of Hydrology**, [s.l.], v. 324, n. 1-4, p. 301-322, jun. 2006. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.10.006>. Acesso em: 15 mar. 2024.

MORTATTI, J. *et al.* Hidrologia dos Rios Tietê e Piracicaba: Séries Temporais de Vazão e Hidrogramas de Cheia. **Revista Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 12, n. 23, p. 55-68, jun. 2004.

MULLEM, V. A. J. *et al.* Runoff Curve Number Method: Beyond the Handbook. *In: SECOND FEDERAL INTERAGENCY HYDROLOGIC MODELING CONFERENCE. Proceedings [...]*. NOAA, Las Vegas. 2002.

NATHAN, R. J.; MCMAHON, T. A. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 26, n. 7, p. 1465- 1473, 1991. American Geophysical Union (AGU). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1029/wr026i007p01465>. Acesso em: 21 abr. 2024.

NATHAN, R. J.; WEINMANN, E. Australian rainfall and runoff. Discussion paper: Monte-Carlo simulation techniques. AR&R D2, **Engineers Australia: Water Engineering**. Barton, 2013, Australia.

PONCE, V. M.; HAWKINS, R. H. Runoff Curve Number: has it reached maturity? **Journal Of Hydrologic Engineering**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 11-19, jan. 1996. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)1084-0699\(1996\)1:1\(11\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)1084-0699(1996)1:1(11)). Acesso em: 29 abr. 2024.

PORTO, R. L. L. *et al.* **Escoamento Superficial: Análise do Hidrograma**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 1999.

PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, D. D. Comparação entre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 25, n. 2, p. 403-410, jun. 2001. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832001000200016>. Acesso em: 15 mar. 2024.

REICHERT, J. M. *et al.* 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.

RIBEIRO, D.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade natural dos aquíferos à contaminação da sub-bacia do Rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 91-102, 5 abr. 2011. Lepidus Tecnologia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v25i1.19366>. Acesso em: 15 mai. 2024.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. 1ª ed. São Carlos: Editora Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) -USP, 1998. 819 p.

ROJAS, R.M. **Drenaje superficial de tierras agrícolas**. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. CIDIAT. Mérida, Venezuela, 1984. 96p.

SCHULER, A. E.; VICTORIA, R. L. **Fluxos hidrológicos em microbacias com floresta e pastagem na Amazônia Oriental, Paragominas, Pará**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2003.

SCS (Soil Conservation Service). SCS National Engineering Handbook, Section 4. Hydrology, Soil Conservation Service. **US Department of Agriculture**, Washington, DC. 1972.

SCS (Soil Conservation Service). SCS National Engineering Handbook, Section 4. Hydrology, Soil Conservation Service. **US Department of Agriculture**, Washington, DC. 2004.

SHEEDER, S.A. *et al.* Dual urban and rural hydrograph signals in three small watersheds. **Journal Of The American Water Resources Association**, [s.l.], v. 38, n. 4, p. 1027-1040, ago. 2002. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.2002.tb05543.x>. Acesso em: 18 abr. 2024.

SHI, Z. H. *et al.* Research on the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the Three Gorges Area, China. **Catena**, [s.l.], v. 77, n. 1, p. 1-7, abr. 2009. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2008.11.006>. Acesso em: 21 mai. 2024.

SILVA, P. M. O. *et al.* Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 258-265, jun. 2008. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662008000300006>. Acesso em: 05 mar. 2024.

SILVA, B.; TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W. Previsão de Vazão com Modelos Hidroclimáticos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 15- 29, 2006. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v11n3.p15-29>. Acesso em: 10 abr. 2024.

SMITH, Roger E. Approximations for Vertical Infiltration Rate Patterns. **Transactions Of The Asae**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 0505-0509, 1976. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.36058>. Acesso em: 13 abr. 2024.

SOARES, M. R. G. J. Eficiência do método curve number de retenção de águas pluviais. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, n. 1, p. 1-16, jan. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/rm2017.e16001>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SOUZA, C.G., *et al.* **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER, 2002. 124p.

TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ufrs, 2000. 943p.

VIOLA, M. R. **Simulação hidrológica na região do Alto Rio Grande a montante do reservatório de Camargos/CEMIG**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

WELLS, L. G. *et al.* Comparison of Four Infiltration Models in Characterizing Infiltration through Surface Mine Profiles. **Transactions Of The Asae**, [s.l.], v. 29, n. 3, p. 0785-0793, 1986. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.30230>. Acesso em: 15 mai. 2024.

YUAN, Y.; NIE, W.; MCCUTCHEON, S. C.; TAGUAS, E. V. Initial abstraction and curve numbers for semiarid watersheds in Southeastern Arizona. **Hydrological Processes**, [s.l.], v. 28, n. 3, p. 774-783, 21 nov. 2012. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9592>. Acesso em: 20 abr. 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela de dados da Bacia de São Martinho

Tabela 6 - Dados dos parâmetros da Bacia de São Martinho (continua)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
1	0,25	22,37	0,33	22,04	0,84	21,53	24,66	0,00
2	0,50	22,11	0,65	21,46	2,44	19,67	24,65	0,00
3	0,75	22,62	0,97	21,65	3,94	18,68	24,67	0,00
4	1,00	23,40	1,30	22,10	5,37	18,03	24,69	0,00
5	1,25	23,92	1,63	22,29	6,74	17,18	24,71	0,00
6	1,50	24,18	1,95	22,23	8,04	16,14	24,72	0,00
7	1,75	24,44	2,27	22,17	9,26	15,18	24,73	0,00
8	2,00	25,23	2,60	22,63	10,43	14,80	24,76	0,47
9	2,25	27,94	2,96	24,98	11,64	16,30	24,85	3,09
10	2,50	33,46	3,40	30,06	13,07	20,39	25,04	8,42
11	2,75	38,96	3,91	35,05	14,80	24,16	25,24	13,72
12	3,00	43,99	4,48	39,51	16,80	27,19	25,41	18,58
13	3,25	49,62	5,13	44,49	19,05	30,57	25,61	24,01
14	3,50	56,25	5,86	50,39	21,60	34,65	25,84	30,41
15	3,75	63,17	6,68	56,49	24,45	38,72	26,08	37,09
16	4,00	68,64	7,56	61,08	27,56	41,08	26,27	42,37
17	4,25	73,38	8,49	64,89	30,82	46,56	26,44	46,94
18	4,50	76,46	9,46	67,00	34,13	46,33	26,54	49,92
19	4,75	77,79	10,42	67,37	37,35	44,44	26,59	51,20
20	5,00	78,24	11,37	66,87	40,40	41,84	26,61	51,63
21	5,25	78,68	12,31	66,37	43,26	39,42	26,62	52,06
22	5,50	77,79	13,22	64,57	45,88	35,91	26,59	51,20
23	5,75	76,46	14,09	62,37	48,22	32,24	26,54	49,92
24	6,00	74,26	14,91	59,35	50,26	30,31	26,47	47,79
25	6,25	72,08	15,68	56,40	51,98	28,41	26,39	45,69
26	6,50	69,92	16,40	53,52	53,40	26,52	26,32	43,60
27	6,75	67,36	17,07	50,29	54,55	24,25	26,23	41,13
28	7,00	64,84	17,70	47,14	55,41	22,02	26,14	38,70
29	7,25	62,34	18,27	44,07	56,03	19,81	26,05	36,29
30	7,50	60,29	18,80	41,49	56,42	18,03	25,98	34,31
31	7,75	57,86	19,28	38,58	56,62	15,89	25,90	31,96
32	8,00	55,86	19,73	36,13	56,64	14,15	25,83	30,03
33	8,25	53,88	20,14	33,74	56,51	12,44	25,76	28,12
34	8,50	51,93	20,51	31,42	56,24	10,76	25,69	26,24
35	8,75	51,15	20,86	30,29	55,88	10,21	25,66	25,49
36	9,00	49,62	21,18	28,44	55,47	8,93	25,61	24,01
37	9,25	48,47	21,48	26,99	54,99	8,02	25,57	22,90
38	9,50	47,34	21,76	25,58	54,46	7,13	25,53	21,81
39	9,75	46,22	22,01	24,21	53,88	6,25	25,49	20,73
40	10,00	45,84	22,26	23,58	53,29	6,08	25,48	20,36

Tabela 6 - Dados dos parâmetros da Bacia de São Martinho (continuação)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
41	10,25	45,10	22,48	22,62	52,71	5,57	25,45	19,65
42	10,50	45,10	22,71	22,39	52,14	5,77	25,45	19,65
43	10,75	44,73	22,92	21,81	51,60	5,61	25,44	19,29
44	11,00	44,36	23,12	21,24	51,07	5,46	25,42	18,94
45	11,25	43,99	23,32	20,67	50,55	5,30	25,41	18,58
46	11,50	43,63	23,50	20,13	50,04	5,15	25,40	18,23
47	11,75	43,26	23,68	19,58	49,55	4,99	25,39	17,87
48	12,00	42,90	23,85	19,05	49,06	4,85	25,37	17,53
49	12,25	42,53	24,01	18,52	48,59	4,69	25,36	17,17
50	12,50	42,17	24,16	18,01	48,12	4,54	25,35	16,82
51	12,75	41,81	24,30	17,51	47,66	4,40	25,34	16,47
52	13,00	41,45	24,43	17,02	47,21	4,25	25,32	16,13
53	13,25	41,09	24,56	16,53	46,76	4,10	25,31	15,78
54	13,50	40,73	24,68	16,05	46,32	3,95	25,30	15,43
55	13,75	40,73	24,79	15,94	45,90	4,15	25,30	15,43
56	14,00	40,38	24,90	15,48	45,50	4,02	25,29	15,09
57	14,25	40,38	25,01	15,37	45,12	4,22	25,29	15,09
58	14,50	40,38	25,11	15,27	44,76	4,22	25,29	15,09
59	14,75	40,02	25,21	14,81	44,42	3,87	25,27	14,75
60	15,00	40,38	25,31	15,07	44,10	4,22	25,29	15,09
61	15,25	40,38	25,40	14,98	43,83	4,22	25,29	15,09
62	15,50	40,73	25,51	15,22	43,58	4,55	25,30	15,43
63	15,75	41,45	25,62	15,83	43,39	5,25	25,32	16,13
64	16,00	41,81	25,73	16,08	43,26	5,60	25,34	16,47
65	16,25	42,17	25,85	16,32	43,17	5,94	25,35	16,82
66	16,50	42,90	25,97	16,93	43,12	6,65	25,37	17,53
67	16,75	43,26	26,10	17,16	43,12	6,99	25,39	17,87
68	17,00	43,63	26,23	17,40	43,14	7,35	25,40	18,23
69	17,25	43,99	26,36	17,63	43,19	7,70	25,41	18,58
70	17,50	44,36	26,50	17,86	43,26	8,06	25,42	18,94
71	17,75	44,73	26,64	18,09	43,36	8,41	25,44	19,29
72	18,00	44,73	26,77	17,96	43,46	8,41	25,44	19,29
73	18,25	44,36	26,90	17,46	43,54	8,06	25,42	18,94
74	18,50	43,63	27,02	16,61	43,58	7,35	25,40	18,23
75	18,75	42,17	27,11	15,06	43,53	5,94	25,35	16,82
76	19,00	41,09	27,18	13,91	43,38	4,90	25,31	15,78
77	19,25	39,67	27,23	12,44	43,16	3,53	25,26	14,41
78	19,50	38,61	27,26	11,35	42,86	2,51	25,22	13,39
79	19,75	37,56	27,28	10,28	42,50	1,49	25,19	12,37
80	20,00	37,21	27,29	9,92	42,12	1,16	25,17	12,04

Tabela 6 - Dados dos parâmetros da Bacia de São Martinho

(continuação)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
81	20,25	37,21	27,31	9,90	41,75	1,16	25,17	12,04
82	20,50	37,21	27,32	9,89	41,41	1,16	25,17	12,04
83	20,75	37,56	27,34	10,22	41,11	1,49	25,19	12,37
84	21,00	37,91	27,36	10,55	40,85	1,83	25,20	12,71
85	21,25	38,26	27,38	10,88	40,65	2,17	25,21	13,05
86	21,50	38,96	27,42	11,54	40,49	2,84	25,24	13,72
87	21,75	40,02	27,47	12,55	40,42	3,87	25,27	14,75
88	22,00	40,38	27,53	12,85	40,40	4,22	25,29	15,09
89	22,25	41,09	27,59	13,50	40,43	4,90	25,31	15,78
90	22,50	41,45	27,66	13,79	40,49	5,25	25,32	16,13
91	22,75	41,81	27,73	14,08	40,58	5,60	25,34	16,47
92	23,00	41,81	27,80	14,01	40,67	5,60	25,34	16,47
93	23,25	41,81	27,87	13,94	40,75	5,60	25,34	16,47
94	23,50	41,81	27,94	13,87	40,83	5,60	25,34	16,47
95	23,75	41,81	28,01	13,80	40,91	5,60	25,34	16,47
96	24,00	41,09	28,07	13,02	40,95	4,90	25,31	15,78
97	24,25	40,73	28,11	12,62	40,94	4,55	25,30	15,43
98	24,50	40,38	28,16	12,22	40,91	4,22	25,29	15,09
99	24,75	39,67	28,19	11,48	40,85	4,10	25,26	14,41
100	25,00	39,31	28,21	11,10	40,75	3,98	25,25	14,06
101	25,25	38,61	28,23	10,38	40,61	3,86	25,22	13,39
102	25,50	37,91	28,23	9,68	40,44	3,74	25,20	12,71
103	25,75	37,56	28,23	9,33	40,23	3,62	25,19	12,37
104	26,00	37,21	28,22	8,99	40,02	3,50	25,17	12,04
105	26,25	36,52	28,21	8,31	39,78	3,38	25,15	11,37
106	26,50	36,18	28,19	7,99	39,53	3,26	25,14	11,04
107	26,75	35,83	28,16	7,67	39,26	3,14	25,13	10,70
108	27,00	35,49	28,13	7,36	38,99	3,02	25,11	10,38
109	27,25	35,15	28,10	7,05	38,72	2,90	25,10	10,05
110	27,50	34,81	28,06	6,75	38,44	2,78	25,09	9,72
111	27,75	34,47	28,01	6,46	38,15	2,66	25,08	9,39
112	28,00	33,80	27,96	5,84	37,85	2,54	25,06	8,74
113	28,25	33,80	27,91	5,89	37,55	2,42	25,06	8,74
114	28,50	33,13	27,85	5,28	37,24	2,30	25,03	8,10
115	28,75	33,13	27,79	5,34	36,93	2,18	25,03	8,10
116	29,00	32,80	27,73	5,07	36,63	2,06	25,02	7,78
117	29,25	32,46	27,66	4,80	36,33	1,94	25,01	7,45
118	29,50	32,13	27,59	4,54	36,03	1,82	25,00	7,13
119	29,75	32,13	27,52	4,61	35,74	1,70	25,00	7,13
120	30,00	31,80	27,45	4,35	35,46	1,58	24,99	6,81

Tabela 6 - Dados dos parâmetros da Bacia de São Martinho

(continuação)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
121	30,25	31,48	27,37	4,11	35,17	1,46	24,97	6,51
122	30,50	31,48	27,30	4,18	34,89	1,34	24,97	6,51
123	30,75	31,15	27,22	3,93	34,62	1,22	24,96	6,19
124	31,00	30,82	27,14	3,68	34,35	1,10	24,95	5,87
125	31,25	30,82	27,06	3,76	34,09	0,98	24,95	5,87
126	31,50	30,50	26,98	3,52	33,83	0,86	24,94	5,56
127	31,75	30,17	26,89	3,28	33,57	0,74	24,93	5,24
128	32,00	30,17	26,81	3,36	33,31	0,72	24,93	5,24
129	32,25	29,85	26,72	3,13	33,06	0,70	24,92	4,93
130	32,50	29,85	26,64	3,21	32,82	0,68	24,92	4,93
131	32,75	29,53	26,55	2,98	32,59	0,66	24,91	4,62
132	33,00	29,53	26,46	3,07	32,36	0,64	24,91	4,62
133	33,25	29,21	26,37	2,84	32,14	0,62	24,90	4,31
134	33,50	29,21	26,28	2,93	31,92	0,60	24,90	4,31
135	33,75	29,21	26,20	3,01	31,71	0,58	24,90	4,31
136	34,00	28,89	26,11	2,78	31,51	0,56	24,88	4,01
137	34,25	28,89	26,02	2,87	31,32	0,54	24,88	4,01
138	34,50	28,89	25,94	2,95	31,13	0,52	24,88	4,01
139	34,75	28,57	25,85	2,72	30,95	0,50	24,87	3,70
140	35,00	28,57	25,76	2,81	30,78	0,48	24,87	3,70
141	35,25	28,26	25,67	2,59	30,60	0,46	24,86	3,40
142	35,50	28,26	25,58	2,68	30,42	0,44	24,86	3,40
143	35,75	28,26	25,49	2,77	30,26	0,42	24,86	3,40
144	36,00	27,94	25,41	2,53	30,10	0,40	24,85	3,09
145	36,25	27,94	25,32	2,62	29,94	0,38	24,85	3,09
146	36,50	27,94	25,23	2,71	29,79	0,36	24,85	3,09
147	36,75	27,63	25,14	2,49	29,64	0,34	24,84	2,79
148	37,00	27,63	25,06	2,57	29,49	0,32	24,84	2,79
149	37,25	27,35	24,97	2,38	29,34	0,30	24,83	2,52
150	37,50	27,35	24,88	2,47	29,19	0,28	24,83	2,52
151	37,75	27,08	24,79	2,29	29,04	0,26	24,82	2,26
152	38,00	27,08	24,70	2,38	28,89	0,25	24,82	2,26
153	38,25	26,82	24,61	2,21	28,75	0,24	24,81	2,01
154	38,50	26,82	24,52	2,30	28,60	0,23	24,81	2,01
155	38,75	26,55	24,43	2,12	28,46	0,22	24,80	1,75
156	39,00	26,55	24,34	2,21	28,32	0,21	24,80	1,75
157	39,25	26,55	24,25	2,30	28,18	0,20	24,80	1,75
158	39,50	26,28	24,16	2,12	28,05	0,19	24,79	1,49
159	39,75	26,28	24,08	2,20	27,92	0,18	24,79	1,49
160	40,00	26,28	23,99	2,29	27,79	0,17	24,79	1,49

Tabela 6 - Dados dos parâmetros da Bacia de São Martinho

(conclusão)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
161	40,25	26,28	23,91	2,37	27,68	0,20	24,79	1,49
162	40,50	26,02	23,82	2,20	27,57	0,19	24,78	1,24
163	40,75	26,02	23,74	2,28	27,45	0,18	24,78	1,24
164	41,00	26,02	23,65	2,37	27,34	0,17	24,78	1,24
165	41,25	26,02	23,57	2,45	27,24	0,16	24,78	1,24
166	41,50	26,02	23,49	2,53	27,15	0,15	24,78	1,24
167	41,75	25,76	23,41	2,35	27,06	0,14	24,78	0,98
168	42,00	25,76	23,33	2,43	26,96	0,13	24,78	0,98
169	42,25	25,76	23,25	2,51	26,87	0,17	24,78	0,98
170	42,50	25,76	23,17	2,59	26,79	0,16	24,78	0,98
171	42,75	25,76	23,10	2,66	26,71	0,15	24,78	0,98
172	43,00	25,76	23,02	2,74	26,64	0,14	24,78	0,98
173	43,25	25,49	22,94	2,55	26,56	0,13	24,77	0,72
174	43,50	25,49	22,87	2,62	26,48	0,12	24,77	0,72
175	43,75	25,49	22,79	2,70	26,41	0,11	24,77	0,72
176	44,00	25,49	22,72	2,77	26,34	0,11	24,77	0,72
177	44,25	25,49	22,65	2,84	26,28	0,10	24,77	0,72

Fonte: Autor

APÊNDICE B – Tabela de dados da Bacia de Piracicaba

Tabela 7 - Dados dos parâmetros da Bacia de Piracicaba (continua)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
1	0,50	115,80	1,71	114,09	4,34	111,46	130,36	0,00
2	1,00	115,22	3,38	111,84	12,68	102,54	130,28	0,00
3	1,50	114,65	5,01	109,64	20,35	94,30	130,20	0,00
4	2,00	114,07	6,60	107,47	27,40	86,67	130,11	0,00
5	2,50	116,38	8,19	108,19	33,99	82,39	130,45	0,00
6	3,00	132,17	9,98	122,19	40,76	91,41	132,71	0,00
7	3,50	155,62	12,08	143,54	48,49	107,13	136,06	19,56
8	4,00	162,08	14,24	147,84	56,77	105,31	136,99	25,09
9	4,50	163,54	16,37	147,17	64,72	98,82	137,20	26,34
10	5,00	162,08	18,45	143,63	72,08	90,00	136,99	25,09
11	5,50	162,81	20,49	142,32	78,86	83,95	137,09	25,72
12	6,00	167,22	22,56	144,66	85,32	81,90	137,73	29,49
13	6,50	175,53	24,71	150,82	91,77	83,76	138,92	36,61
14	7,00	186,50	26,98	159,52	98,47	88,03	140,49	46,01
15	7,50	202,12	29,43	172,69	105,65	96,47	142,72	59,40
16	8,00	219,49	32,09	187,40	113,54	105,95	145,21	74,28
17	8,50	236,90	34,96	201,94	122,14	114,76	147,70	89,20
18	9,00	252,27	38,00	214,27	131,32	120,95	149,91	102,36
19	9,50	266,26	41,19	225,07	140,92	125,34	151,91	114,35
20	10,00	278,66	44,50	234,16	150,78	127,88	153,68	124,98
21	10,50	288,22	47,88	240,34	160,73	127,49	155,05	133,17
22	11,00	294,71	51,29	243,42	170,54	124,17	155,98	138,73
23	11,50	302,41	54,75	247,66	180,14	122,27	157,09	145,32
24	12,00	305,75	58,19	247,56	189,44	118,00	157,56	148,19
25	12,50	309,11	61,61	247,50	198,29	114,00	158,04	151,07
26	13,00	310,24	64,98	245,26	206,64	109,54	158,21	152,03
27	13,50	312,50	68,32	244,18	214,49	106,30	158,53	153,97
28	14,00	313,64	71,61	242,03	221,89	106,00	158,69	154,95
29	14,50	312,50	74,81	237,69	228,73	105,02	158,53	153,97
30	15,00	311,37	77,94	233,43	234,97	104,06	158,37	153,00
31	15,50	310,24	80,99	229,25	240,65	103,09	158,21	152,03
32	16,00	309,11	83,96	225,15	245,83	102,12	158,04	151,07
33	16,50	305,75	86,83	218,92	250,45	99,24	157,56	148,19
34	17,00	302,41	89,59	212,82	254,47	96,38	157,09	145,32
35	17,50	299,09	92,24	206,85	257,94	93,53	156,61	142,48
36	18,00	295,80	94,79	201,01	260,91	90,71	156,14	139,66
37	18,50	289,29	97,20	192,09	263,28	85,14	155,21	134,08
38	19,00	282,88	99,47	183,41	264,99	79,64	154,29	128,59
39	19,50	277,61	101,61	176,00	266,13	75,13	153,53	124,08
40	20,00	270,35	103,60	166,75	266,72	68,91	152,49	117,86

Tabela 7 - Dados dos parâmetros da Bacia de Piracicaba (continuação)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
41	20,50	265,24	105,48	159,76	266,80	64,53	151,76	113,48
42	21,00	258,20	107,22	150,98	266,42	58,50	150,75	107,45
43	21,50	254,24	108,86	145,38	265,66	55,11	150,19	104,05
44	22,00	247,40	110,37	137,03	264,54	49,25	149,21	98,19
45	22,50	242,59	111,78	130,81	263,08	45,12	148,52	94,07
46	23,00	237,84	113,10	124,74	261,36	41,05	147,84	90,00
47	23,50	233,16	114,31	118,85	259,42	37,04	147,17	85,99
48	24,00	227,62	115,42	112,20	257,25	32,50	146,38	81,24
49	24,50	223,08	116,45	106,63	254,85	28,81	145,73	77,35
50	25,00	218,60	117,38	101,22	252,30	25,17	145,08	73,52
51	25,50	215,05	118,25	96,80	249,64	22,33	144,58	70,47
52	26,00	213,30	119,07	94,23	246,98	21,03	144,32	68,98
53	26,50	209,81	119,82	89,99	244,32	18,24	143,82	65,99
54	27,00	207,23	120,53	86,70	241,64	16,23	143,46	63,77
55	27,50	205,51	121,19	84,32	238,99	14,75	143,21	62,30
56	28,00	203,81	121,81	82,00	236,42	13,30	142,97	60,84
57	28,50	203,81	122,42	81,39	233,97	13,30	142,97	60,84
58	29,00	202,96	123,01	79,95	231,68	12,57	142,84	60,12
59	29,50	202,96	123,59	79,37	229,53	12,57	142,84	60,12
60	30,00	202,96	124,15	78,81	227,53	12,57	142,84	60,12
61	30,50	202,96	124,70	78,26	225,69	12,57	142,84	60,12
62	31,00	202,96	125,25	77,71	223,99	12,57	142,84	60,12
63	31,50	203,81	125,79	78,02	222,44	13,30	142,97	60,84
64	32,00	203,81	126,32	77,49	221,04	13,30	142,97	60,84
65	32,50	204,66	126,86	77,80	219,78	14,03	143,09	61,57
66	33,00	205,51	127,40	78,11	218,68	14,75	143,21	62,30
67	33,50	205,51	127,92	77,59	217,69	14,75	143,21	62,30
68	34,00	205,51	128,44	77,07	216,78	14,75	143,21	62,30
69	34,50	204,66	128,93	75,73	215,90	14,03	143,09	61,57
70	35,00	204,66	129,42	75,24	215,06	14,03	143,09	61,57
71	35,50	205,51	129,90	75,61	214,31	14,75	143,21	62,30
72	36,00	204,66	130,37	74,29	213,62	14,03	143,09	61,57
73	36,50	203,81	130,81	73,00	212,91	13,30	142,97	60,84
74	37,00	203,81	131,25	72,56	212,23	13,30	142,97	60,84
75	37,50	202,96	131,66	71,30	211,57	12,57	142,84	60,12
76	38,00	202,12	132,05	70,07	210,89	11,85	142,72	59,40
77	38,50	202,12	132,44	69,68	210,23	11,73	142,72	59,40
78	39,00	201,27	132,80	68,47	209,59	11,61	142,60	58,67
79	39,50	200,43	133,15	67,28	208,94	11,49	142,48	57,95
80	40,00	199,59	133,47	66,12	208,27	11,37	142,36	57,23

Tabela 7 - Dados dos parâmetros da Bacia de Piracicaba (continuação)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
81	40,50	197,92	133,77	64,15	207,55	11,25	142,12	55,80
82	41,00	197,09	134,05	63,04	206,80	11,13	142,00	55,09
83	41,50	194,61	134,28	60,33	205,98	11,01	141,65	52,96
84	42,00	192,97	134,49	58,48	205,07	10,89	141,41	51,56
85	42,50	192,15	134,68	57,47	204,13	10,77	141,30	50,85
86	43,00	189,72	134,83	54,89	203,14	10,65	140,95	48,77
87	43,50	188,10	134,95	53,15	202,07	10,53	140,72	47,38
88	44,00	187,30	135,06	52,24	200,99	10,41	140,60	46,70
89	44,50	185,70	135,14	50,56	199,91	10,29	140,37	45,33
90	45,00	184,11	135,20	48,91	198,78	10,17	140,14	43,97
91	45,50	182,53	135,23	47,30	197,62	10,05	139,92	42,61
92	46,00	180,96	135,24	45,72	196,43	9,93	139,69	41,27
93	46,50	178,62	135,22	43,40	195,18	9,81	139,36	39,26
94	47,00	177,84	135,18	42,66	193,91	9,69	139,25	38,59
95	47,50	177,07	135,13	41,94	192,68	9,57	139,14	37,93
96	48,00	175,53	135,07	40,46	191,45	9,45	138,92	36,61
97	48,50	174,76	134,99	39,77	190,23	9,33	138,81	35,95
98	49,00	174,76	134,91	39,85	189,07	9,21	138,81	35,95
99	49,50	173,24	134,81	38,43	187,94	9,09	138,59	34,65
100	50,00	173,24	134,71	38,53	186,83	8,97	138,59	34,65
101	50,50	172,48	134,61	37,87	185,79	8,85	138,48	34,00
102	51,00	172,48	134,51	37,97	184,79	8,73	138,48	34,00
103	51,50	172,48	134,40	38,08	183,86	8,61	138,48	34,00
104	52,00	172,48	134,31	38,17	183,01	8,49	138,48	34,00
105	52,50	171,72	134,20	37,52	182,19	8,37	138,37	33,35
106	53,00	170,96	134,08	36,88	181,38	8,25	138,26	32,70
107	53,50	170,96	133,96	37,00	180,60	8,13	138,26	32,70
108	54,00	170,96	133,85	37,11	179,87	8,01	138,26	32,70
109	54,50	170,21	133,73	36,48	179,18	7,89	138,15	32,06
110	55,00	170,96	133,62	37,34	178,53	7,77	138,26	32,70
111	55,50	170,96	133,51	37,45	177,97	7,65	138,26	32,70
112	56,00	171,72	133,42	38,30	177,47	7,53	138,37	33,35
113	56,50	171,72	133,33	38,39	177,04	7,41	138,37	33,35
114	57,00	171,72	133,24	38,48	176,64	7,29	138,37	33,35
115	57,50	172,48	133,16	39,32	176,30	7,17	138,48	34,00
116	58,00	172,48	133,09	39,39	176,01	7,05	138,48	34,00
117	58,50	172,48	133,01	39,47	175,75	6,93	138,48	34,00
118	59,00	172,48	132,94	39,54	175,50	6,81	138,48	34,00
119	59,50	172,48	132,87	39,61	175,28	6,69	138,48	34,00
120	60,00	171,72	132,79	38,93	175,04	6,57	138,37	33,35

Tabela 7 - Dados dos parâmetros da Bacia de Piracicaba (continuação)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
121	60,50	171,72	132,71	39,01	174,79	6,45	138,37	33,35
122	61,00	171,72	132,64	39,08	174,56	6,33	138,37	33,35
123	61,50	170,96	132,55	38,41	174,32	6,21	138,26	32,70
124	62,00	170,21	132,45	37,76	174,04	6,09	138,15	32,06
125	62,50	168,71	132,34	36,37	173,69	5,97	137,94	30,77
126	63,00	167,22	132,20	35,02	173,26	5,85	137,73	29,49
127	63,50	166,48	132,05	34,43	172,78	5,73	137,62	28,86
128	64,00	164,27	131,88	32,39	172,23	5,61	137,30	26,97
129	64,50	162,81	131,69	31,12	171,58	5,49	137,09	25,72
130	65,00	161,35	131,48	29,87	170,86	5,37	136,89	24,46
131	65,50	159,19	131,24	27,95	170,07	5,25	136,58	22,61
132	66,00	157,75	130,98	26,77	169,20	5,13	136,37	21,38
133	66,50	155,62	130,70	24,92	168,26	5,01	136,06	19,56
134	67,00	153,51	130,40	23,11	167,23	4,89	135,76	17,75
135	67,50	151,42	130,06	21,36	166,13	4,77	135,46	15,96
136	68,00	150,03	129,72	20,31	164,97	4,65	135,26	14,77
137	68,50	148,65	129,36	19,29	163,80	4,53	135,07	13,58
138	69,00	147,29	128,99	18,30	162,61	4,41	134,87	12,42
139	69,50	145,25	128,59	16,66	161,39	4,29	134,58	10,67
140	70,00	143,91	128,19	15,72	160,13	4,17	134,39	9,52
141	70,50	142,57	127,77	14,80	158,86	4,05	134,20	8,37
142	71,00	141,24	127,34	13,90	157,59	3,93	134,01	7,23
143	71,50	140,58	126,90	13,68	156,34	3,81	133,91	6,67
144	72,00	139,26	126,46	12,80	155,11	3,69	133,72	5,54
145	72,50	138,61	126,02	12,59	153,89	3,57	133,63	4,98
146	73,00	137,95	125,57	12,38	152,72	3,45	133,53	4,42
147	73,50	137,30	125,13	12,17	151,59	3,33	133,44	3,86
148	74,00	136,65	124,68	11,97	150,49	3,21	133,35	3,30
149	74,50	136,01	124,24	11,77	149,43	3,09	133,26	2,75
150	75,00	135,36	123,79	11,57	148,40	2,97	133,16	2,20
151	75,50	134,72	123,34	11,38	147,40	2,85	133,07	1,65
152	76,00	134,72	122,90	11,82	146,45	2,73	133,07	1,65
153	76,50	134,08	122,46	11,62	145,54	2,61	132,98	1,10
154	77,00	133,44	122,02	11,42	144,66	2,49	132,89	0,55
155	77,50	132,80	121,58	11,22	143,79	2,37	132,80	0,00
156	78,00	132,80	121,14	11,66	142,97	2,25	132,80	0,00
157	78,50	132,17	120,71	11,46	142,18	2,13	132,71	0,00
158	79,00	132,17	120,29	11,88	141,43	2,01	132,71	0,00
159	79,50	131,54	119,86	11,68	140,71	1,89	132,62	0,00
160	80,00	131,54	119,44	12,10	140,03	1,77	132,62	0,00

Tabela 7 - Dados dos parâmetros da Bacia de Piracicaba (conclusão)

Evento	Tempo Acumulado (h)	Vazão Rio (m ³ /s)	Bk (Eckhardt)	Vazão superficial (Eckhardt)	Bk (Lyne e Hollick)	Vazão superficial (Lyne e Hollick)	Sep gráfica	Vazão superficial (Sep gráfica)
161	80,50	130,90	119,02	11,88	139,37	1,65	132,52	0,00
162	81,00	130,90	118,61	12,29	138,73	1,53	132,52	0,00
163	81,50	130,90	118,21	12,69	138,14	1,41	132,52	0,00
164	82,00	130,28	117,81	12,47	137,58	1,29	132,44	0,00
165	82,50	130,28	117,41	12,87	137,03	1,17	132,44	0,00
166	83,00	130,28	117,02	13,26	136,52	1,05	132,44	0,00
167	83,50	130,28	116,64	13,64	136,06	0,93	132,44	0,00
168	84,00	130,28	116,27	14,01	135,62	0,81	132,44	0,00
169	84,50	130,28	115,90	14,38	135,22	0,69	132,44	0,00
170	85,00	130,28	115,54	14,74	134,85	0,57	132,44	0,00
171	85,50	130,28	115,19	15,09	134,51	0,45	132,44	0,00
172	86,00	130,28	114,85	15,43	134,19	0,33	132,44	0,00
173	86,50	129,65	114,50	15,15	133,87	0,21	132,35	0,00
174	87,00	130,28	114,17	16,11	133,58	0,09	132,44	0,00
175	87,50	129,65	113,84	15,81	133,31	-0,03	132,35	0,00
176	88,00	129,65	113,51	16,14	133,04	-0,15	132,35	0,00
177	88,50	129,65	113,19	16,46	132,78	-0,27	132,35	0,00
178	89,00	129,65	112,87	16,78	132,55	-0,39	132,35	0,00
179	89,50	129,03	112,56	16,47	132,31	-0,51	132,26	0,00
180	90,00	129,65	112,25	17,40	132,08	-0,63	132,35	0,00
181	90,50	129,03	111,95	17,08	131,88	-0,75	132,26	0,00
182	91,00	129,03	111,65	17,38	131,66	-0,87	132,26	0,00
183	91,50	128,40	111,35	17,05	131,44	-0,99	132,17	0,00
184	92,00	128,40	111,05	17,35	131,21	-1,11	132,17	0,00
185	92,50	127,78	110,75	17,03	130,98	-1,23	132,08	0,00
186	93,00	127,78	110,46	17,32	130,74	-1,35	132,08	0,00
187	93,50	127,17	110,16	17,01	130,50	-1,47	131,99	0,00

Fonte: Autor