

REVISÃO CRÍTICA DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE VAZÃO PARA FUTURA APLICAÇÃO NA REPRESA DOS ALAGADOS, PONTA GROSSA, PARANÁ

Augusto Sansana (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: augusto.sansana@hotmail.com

Guilherme Araujo Vuitik (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: gavuitik@uepg.br

Marcos Rogério Széliga (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: marcosrsze@hotmail.com

Resumo: Estudos hidrológicos visam avaliar métodos de cálculo de vazão de escoamento superficial em bacias hidrográficas, a escolha do melhor método depende de fatores como a área, tipo de solo, intensidade pluviométrica entre outros. O presente artigo tem como objetivo levantar na bibliografia os métodos de cálculos de transformação de chuva em vazão de escoamento superficial e analisar as distinções entre elas para futura aplicabilidade na Represa dos Alagados em Ponta Grossa, Paraná. A metodologia incluiu o Método Racional, Método Racional Corrigido e o Método SCS, utilizando digitalização da bacia do Rio Pitangui com dados de Modelo Digital de Elevação (MDE). A revisão bibliográfica considerou obras fundamentais, priorizando uma abordagem crítica sobre a aplicabilidade, vantagens e desvantagens de cada método. Os resultados revelam que o Método SCS, por considerar variáveis como chuva excedente e número de curva baseado no tipo de solo, destaca-se como o mais indicado para grandes bacias, como a Represa dos Alagados. Métodos Racional e Racional Corrigido são válidos para bacias menores, até 0,5 km², embora apresentem limitações na distribuição de chuva ao longo da bacia. A análise comparativa destaca a importância de escolher a abordagem adequada com base nas características específicas da bacia em estudo, proporcionando insights valiosos para a gestão hídrica e ambiental.

Palavras-chave: hidrologia, bacia hidrográfica, método chuva-vazão.

DRAINAGE FLOW CALCULATION METHODS IN DIFFERENT SCALE RURAL BASINS

Abstract: Hydrological studies aim to assess methods for calculating surface runoff in watersheds. The choice of the best method depends on factors such as the area, soil type, rainfall intensity, among others. This article aims to review the literature on rainfall-to-runoff calculation methods and analyze the distinctions among them for future application in the Alagados Reservoir in Ponta Grossa, Paraná. The methodology included the Rational Method, Modified Rational Method, and the SCS Method, using the digitization of the Pitangui River basin with Digital Elevation Model (DEM) data. The literature review considered fundamental works, prioritizing a critical approach to the applicability, advantages, and disadvantages of each method. The results reveal that the SCS Method, considering variables such as excess rainfall and curve number based on soil type, stands out as the most suitable for large basins, such as the Alagados Reservoir. The Rational and Modified Rational Methods are valid for smaller basins, up to 0.5 km², although they have limitations in distributing rainfall throughout the basin. The comparative analysis highlights the importance of choosing the appropriate approach based on the specific characteristics of the studied basin, providing valuable insights for water and environmental management.

Keywords: hydrology, watershed, rainfall-runoff method.

1. INTRODUÇÃO

A hidrologia é a ciência que trata da água no planeta Terra, sua ocorrência, propriedades, bem como a circulação e distribuição espacial (ANA, 2021). De acordo com Pinto et al (1976) sua importância é facilmente percebida quando considera o papel da água na vida do homem. Esta correlação fica evidente quando fenômenos hidrológicos comuns, como chuvas e escoamentos

em rios, se mostram catastróficos desde as grandes cheias até as estiagens, demonstrando o inadequado domínio do Homem sobre as leis naturais.

O estudo dos fenômenos naturais encontrados no ciclo hidrológico: precipitação, evaporação, infiltração e escoamento em bacias, depende de vários fatores. Para compreender melhor o funcionamento desses fenômenos dentro do sistema da bacia hidrográfica, têm-se desenvolvido modelos hidrológicos que simulam a ocorrência dos mesmos. Já para Tucci (1998) define o modelo hidrológico como uma ferramenta para representar os processos que ocorrem na bacia hidrográfica.

Alguns dos fatores a serem considerados ao trabalhar com modelos hidrológicos são: os objetivos para os quais se pretende empregar o modelo, as limitações inerentes a ele e a qualidade e quantidade dos dados utilizados no processo.

A escolha do modelo hidrológico a ser adotado é fortemente influenciada pelo propósito da pesquisa, pelas características específicas da bacia ou rio em questão, bem como pela disponibilidade dos dados e seus custos associados.

Geralmente o modelo hidrológico mais apropriado é aquele que o usuário se sente mais confortável em utilizar e que melhor se adequa tecnicamente à natureza do problema que está sendo abordado Tucci (2005).

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi levantar na bibliografia os métodos de cálculos de transformação de chuva em vazão de escoamento superficial e analisar as distinções entre elas para futura aplicabilidade na Represa dos Alagados em Ponta Grossa, Paraná.

2. Metodologia

Metodologia proposta para o artigo de revisão científica inicia-se com a delimitação do escopo, concentrando-se nos métodos hidrológicos, nomeadamente o Método Racional, Método Racional Corrigido e o Método do *Soil Conservation Service* (SCS). O primeiro passo consistiu na definição clara dos objetivos da revisão, visando analisar e comparar criticamente esses métodos.

A busca bibliográfica será conduzida em bases de dados científicas, conferindo ênfase a periódicos especializados em hidrologia, além de consultar obras fundamentais como "Hidrologia Ciência e Aplicação" de Carlos E. M. Tucci, "Hidrologia Básica" de Nelson L. de Sousa Pinto e Hidrologia Aplicada de Swami Marcondes Villela e Arthur Mattos. A revisão concentrou-se em estudos relevantes e recentes, priorizando uma abordagem crítica sobre a aplicabilidade, vantagens e desvantagens de cada método.

A análise dos trabalhos selecionados foi baseada na avaliação da metodologia empregada, destacando experiências anteriores na aplicação prática do Método Racional, Método Racional Corrigido e o Método SCS. O objetivo foi identificar abordagens eficazes, lacunas na literatura e desafios encontrados na implementação desses métodos, especialmente no contexto da Represa dos Alagados.

A estruturação dos resultados da revisão seguiu uma organização lógica, destacando contribuições significativas, lacunas identificadas e perspectivas futuras. O processo será conduzido em conformidade com as normas e diretrizes da publicação alvo, visando uma apresentação clara e coesa dos *insights* obtidos a partir da revisão da literatura.

3. Bacia hidrográfica

As bacias hidrográficas são como ecossistemas intrincados e interconectados. A topografia é a protagonista que dá forma à bacia hidrográfica. Montanhas, vales e planícies delineiam a área que define a trajetória das águas. A água que percorre a bacia, é reunida em um ponto de descarga uma única saída, seu exutório (Tucci, 1993).

Um processo importante para ser considerado é o da infiltração, desencadeado desde o momento em que a precipitação atinge o solo, revela a complexidade do comportamento hídrico nesse ambiente. Em nenhum solo, mesmo aquele modelado como impermeável, as perdas por infiltração são inexistentes. A água, ao penetrar no solo, segue uma complexa jornada, sendo temporariamente armazenada e posteriormente percolando para camadas mais profundas do solo. Quando a água infiltra, ela segue trajetórias diversas, cada uma com implicações distintas para o ambiente hidrológico. Parte dessa água é retida temporariamente no solo, contribuindo para a umidade superficial, outra fração percola para camadas mais profundas, eventualmente contribuindo para a formação do lençol freático (Villela e Mattos, 1977).

A gestão eficiente da água enfrenta inúmeros desafios, sendo a determinação da precipitação associada a um determinado período de recorrência o ponto inicial. Contudo, a verdadeira complexidade emerge quando é calculada a vazão resultante dessa precipitação. É crucial notar que o período de recorrência da vazão não se alinha perfeitamente com o da chuva que a originou, graças à influência da capacidade de infiltração do solo, uma variável com probabilidade independente. A influência da capacidade de infiltração do solo adiciona uma camada de complexidade ao sistema hidrológico. Essa variabilidade, inerente a essa variável, torna impraticável uma determinação precisa da probabilidade associada. Compreender essa variabilidade é essencial para uma gestão eficaz dos recursos hídricos. O cálculo da vazão, por sua vez, apresenta complexidades adicionais. A relação de períodos de recorrência entre chuva e vazão é um desafio, e reconhecer a variabilidade da capacidade de infiltração no processo é crucial para uma gestão hidrológica precisa. (Pinto et al., 1976).

Apesar da disponibilidade de inúmeros métodos para calcular a vazão de uma bacia, nesse artigo procurou-se estudar três principais métodos e suas distinções. Sendo eles: Método Racional, método racional modificado e método do hidrograma unitário sintético do *Soil Conservation Service* (SCS).

3.1. Método Racional

Ainda de acordo com Tucci (1993), o Método Racional é extensamente empregado na determinação da vazão máxima de projeto em bacias pequenas ($\leq 2\text{km}^2$). Um dos princípios básicos desta metodologia assume que a duração da precipitação intensa de projeto é igual ao tempo de concentração. Essa igualdade pressupõe que a bacia é suficientemente pequena para que essa situação ocorra. Isso ocorre porque a duração é inversamente proporcional à intensidade. Em bacias pequenas, as condições mais críticas são geralmente causadas por precipitações convectivas, que possuem pequena duração e grande intensidade.

O método racional adota um coeficiente único de *runoff* (C), estimado com base nas características específicas da bacia. Esse coeficiente é uma representação das perdas relacionadas à infiltração, evaporação e interceptação. Uma característica do método racional

é que ele não avalia o volume total da cheia nem a distribuição temporal das vazões. Ele se concentra na estimativa da vazão máxima instantânea.

A equação racional do método racional é apresentada na Equação 1, onde: Q = Pico de vazão em m^3/s ; C = coeficiente de *runoff* (Tabela 1); i = intensidade da precipitação, (mm/h). A = área da bacia (km^2).

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} \quad (1)$$

Tabela 1 – Ábaco do Colorado Highway Department

Características da bacia	C em %
Superfícies impermeáveis	90-95
Terreno estéril montanhoso	80-90
Terreno estéril ondulado	60-80
Terreno estéril plano	50-70
Prados, campinas, terreno ondulado	40-65
Matas decíduas, folhagem caduca	35-60
Matas coníferas, folhagem permanente	25-50
Pomares	15-40
Terrenos cultivados em zonas altas	15-40
Terrenos cultivados em vales	10-30

Fonte: Pinto et al. (1976).

Em resumo, as seguintes variáveis influenciam no coeficiente *runoff* "C": Porcentagem da área impermeável, características do solo, incluindo sua capacidade de infiltração, duração e intensidade da chuva, forma da área de drenagem, capacidade de campo da camada de solo, declividade da bacia, frequência escolhida para análise, uso do solo e suas características, armazenamento de água na superfície do solo e interceptação pela vegetação. (Tomaz, 2012)

3.2. Método Racional Modificado

O método racional para grandes áreas tende a superestimar a vazão máxima, dessa forma são propostas correções por meio de um coeficiente de retardo, tal coeficiente busca corrigir o escoamento superficial, pois, esse escoamento pode sofrer um retardamento em relação ao início da precipitação.

O Manual de Hidrologia Básica para Estrutura de Drenagem do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) recomenda duas maneiras para estimar o coeficiente de retardo, sendo uma para áreas rurais e outra para áreas urbanas (BRASIL, 2005), o primeiro é, matematicamente, o que apresenta maiores valores, pois áreas rurais tendem a ser mais permeáveis, já no ambiente urbano, em função de características de permeabilidade, resulta em coeficiente menores. Ambos são apresentados nas equações (2) e (3)

Áreas Rurais:

$$\emptyset = A^{-0,10} \quad (2)$$

Áreas Urbanas:

$$\emptyset = A^{-0,15} \quad (3)$$

onde: A = Área da bacia em km²

A equação do método racional corrigido é apresentada na Equação 4, onde: Q = Pico de vazão em m³/s; C = coeficiente de perdas (Tabela 1); i = intensidade da precipitação, (mm/h). A = área da bacia (km²), Ø = Coeficiente de retardo.

$$Q = \frac{C.i.A}{3,6} \emptyset \quad (4)$$

3.3. Método do Soil Conservation Service (SCS)

O método do Serviço de Conservação do Solo (SCS) é uma abordagem de distribuição temporal estabelecida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos em 1986. Ele delinea um hidrograma unitário adimensional e é resultado da análise de diversas bacias nos Estados Unidos.

Este método, originalmente desenvolvido para as condições norte-americanas, foi adaptado para os solos do estado de São Paulo. O trabalho de adaptação, conforme documentado por (Porto, 1995) demonstra que o método é suficientemente abrangente para ser aplicado em solos de outros estados brasileiros. Essa adaptação do método SCS permite uma aplicação mais precisa e relevante nas condições específicas do solo do estado de São Paulo, proporcionando uma ferramenta valiosa para a estimativa de hidrogramas unitários e contribuindo para a gestão eficaz de recursos hídricos em diversas regiões (PORTO, 1995).

3.3.1 Chuva Excedente

A chuva excedente é a parcela da precipitação que efetivamente contribui para o escoamento superficial, sendo essencial definir essa fração para uma gestão adequada dos recursos hídricos. Essa porção da chuva é aquela que não é perdida pelos processos de interceptação, infiltração, armazenamento em depressões do solo e evapotranspiração (Hoepfner, 2007).

O método SCS assume que, após uma precipitação, a relação entre a altura de precipitação retida na bacia hidrográfica após o início do escoamento superficial e a capacidade máxima de retenção de água na bacia é equivalente à relação entre a precipitação excedente e o escoamento superficial potencial. Nesse contexto, o escoamento superficial potencial é definido como a diferença entre a precipitação e as perdas iniciais que ocorrem até o encharcamento da superfície, (Equação 5) onde: P = Precipitação (mm); Pe = Precipitação excedente (mm); Fa = altura da precipitação retida na bacia hidrográfica após o início do escoamento superficial (perdas contínuas de precipitação) (mm); S = retenção potencial máxima (mm); Ia = perdas iniciais (perdas por interceptação, armazenamento em depressões, evapotranspiração e infiltração que antecedem o encharcamento da superfície e a formação do escoamento a superfície do terreno) (mm); P - Ia = escoamento superficial potencial (mm). (Portela, 2006).

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (5)$$

Sendo assim, conforme a Figura 1, na sequência de um evento de precipitação intensa, o método admite que a relação entre a altura de precipitação retida na bacia hidrográfica após o início do escoamento superficial e a capacidade máxima de retenção de água na bacia é igual à relação entre a precipitação efetiva e o escoamento superficial potencial. Esse princípio reflete a interação complexa entre a capacidade de retenção do solo e a eficácia da precipitação em contribuir para o escoamento superficial (PONCE, 1989). as perdas podem ser estimadas conforme a equação (6).

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (6)$$

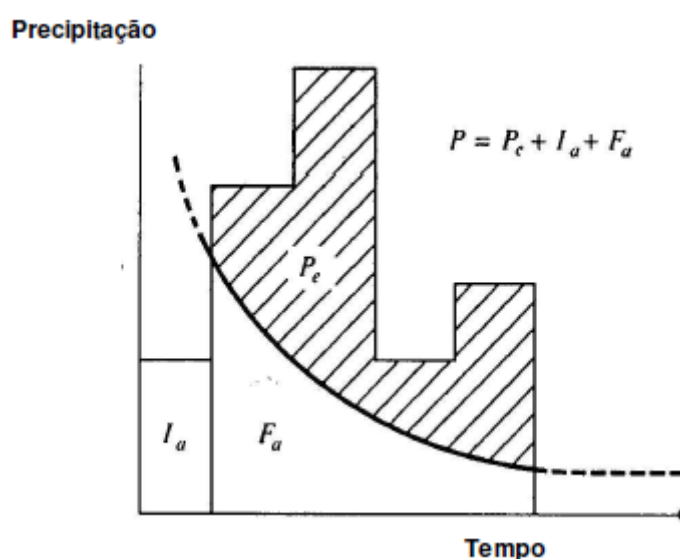


Figura 1: Perdas de precipitação. Fonte: Portela (2006).

3.3.2 Número de escoamento CN (Curve Number)

O número de curva, ou CN (Curve Number), é influenciado por diversos fatores, incluindo o tipo de solo, as condições de uso e ocupação do solo e a umidade antecedente.

O Método SCS classifica quatro grupos hidrológicos de solos e considera três condições distintas de umidade antecedente do solo, conforme Portela, (2005) distinguem-se os seguintes quatro grupos de solos:

“Grupo A: solos dando origem abaixo escoamento superficial potencial e elevada infiltração, mesmo quando totalmente encharcados. Inclui os solos arenosos profundos com pouco silte e argila.

Grupo B: solos que apresentam taxas de infiltração moderadas quando totalmente encharcados.

Grupo C: solos com baixas taxas de infiltração quando totalmente encharcados, consistindo principalmente em solos em que existem camadas que impedem o movimento descendente da água e em solos com textura

moderadamente fina a fina, com percentagem elevada de argila.

Grupo D: solos com elevado escoamento superficial potencial. Apresentam, quando totalmente encharcados, taxas de infiltração muito reduzidas e são fundamentalmente constituídos por solos argilosos, solos em zonas em que o nível freático é constantemente elevado, solos em que, à superfície ou próximo desta, ocorrem amadas argilosas ou ainda a solos finos sobre camadas impermeáveis.”

CONDIÇÃO I – Solos secos – As chuvas, nos últimos cinco dias, não ultrapassaram 15 mm.

• CONDIÇÃO II – Situação média na época das cheias – As chuvas, nos últimos cinco dias, totalizaram de 15 a 40 mm.

• CONDIÇÃO III – Solo úmido (próximo da saturação) – As chuvas, nos últimos cinco dias, foram superiores a 40 mm, e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

O parâmetro S, que representa a retenção potencial máxima, está diretamente relacionado com o tipo de solo e suas condições de utilização e cobertura na bacia hidrográfica. Essa relação é expressa pelo número de curva, CN. O número desempenha um papel crucial na determinação da resposta hidrológica de uma área específica, sendo uma ferramenta valiosa na gestão e previsão de eventos relacionados ao ciclo da água em uma bacia hidrográfica.

A determinação do CN é realizada em função do tipo de uso e do grupo hidrológico do solo para a condição II por meio da Tabela 2.

Tabela 2: Valores de CN em função da cobertura e tipo do solo, considerando a condição II (média) de umidade.

Tipos de uso do solo		A	B	C	D
Residencial					
Tamanho do lote	% Impermeável				
Até 500m ²	65	77	85	90	92
1000m ²	38	61	75	83	87
1500m ²	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
Ruas e estradas:					
Pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
Com cascalho		76	85	89	91
De terra		72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos industriais (70% de impermeabilização)		81	88	91	93
Espaços abertos, parques e jardins:					
Boas condições, cobertura de grama >75%		39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama >50%		49	69	79	84
Pastos	Condições ruins	68	79	86	89
	médias	49	69	79	84
	boas	39	61	74	80

Pastos	Condições ruins	47	67	81	88
	médias	25	59	75	83
	boas	6	35	70	79
Campos	Condições boas	30	58	71	78
Florestas	Condições ruins	45	66	77	83
	médias	36	60	73	79
	boas	25	55	70	77

Fonte: Portela (2006)

3.3.3 Hidrograma unitário - SCS

O Hidrograma Unitário Sintético (HUS) do Soil Conservation Service (SCS) é descrito como um hidrograma curvilíneo adimensional, no qual as vazões e os tempos de ocorrência são apresentados como frações da vazão de pico do hidrograma (Q_p) e do tempo relativo a essa ocorrência (t_p) podendo, inclusive, se aproximar pelo hidrograma unitário triangular, conforme imagem 2, onde possui um menor tempo de base, mas apresenta porcentagem do volume de cheia no trecho ascendente. (PORTELA, 2006).

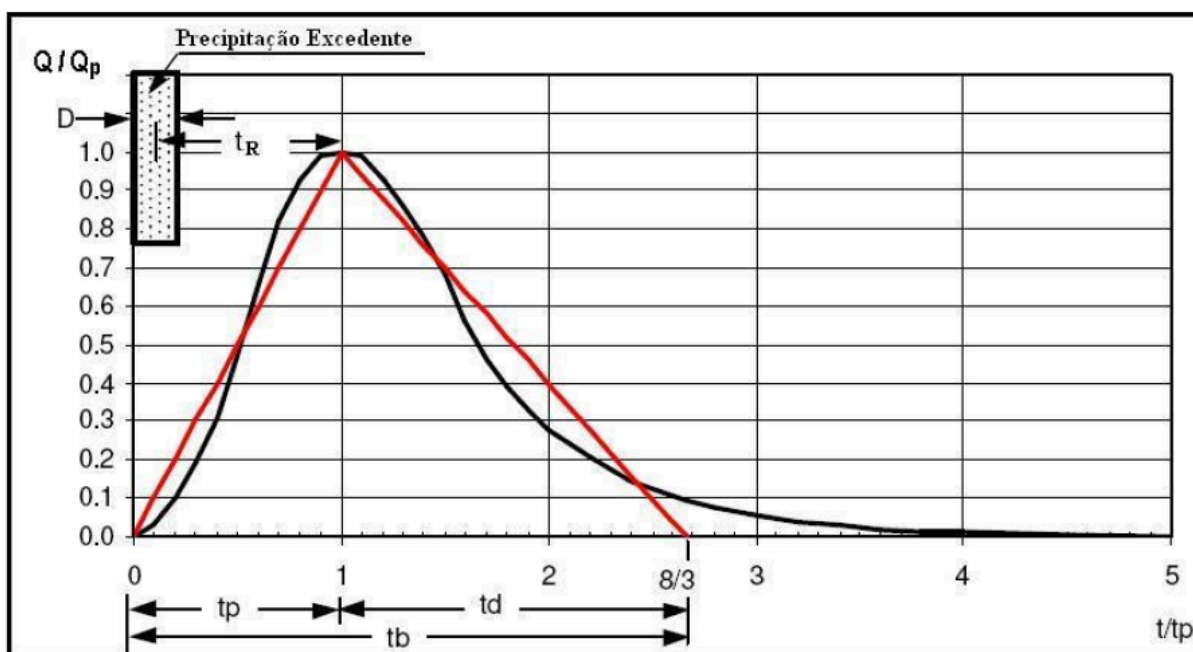


Figura 2: Correspondência triangular do HUS do SCS. Fonte: Portela (2006).

A vazão de pico para precipitação de 1 mm é dada pela equação 6

$$Q_p = \frac{2,08 \cdot A}{t_p} \tag{6}$$

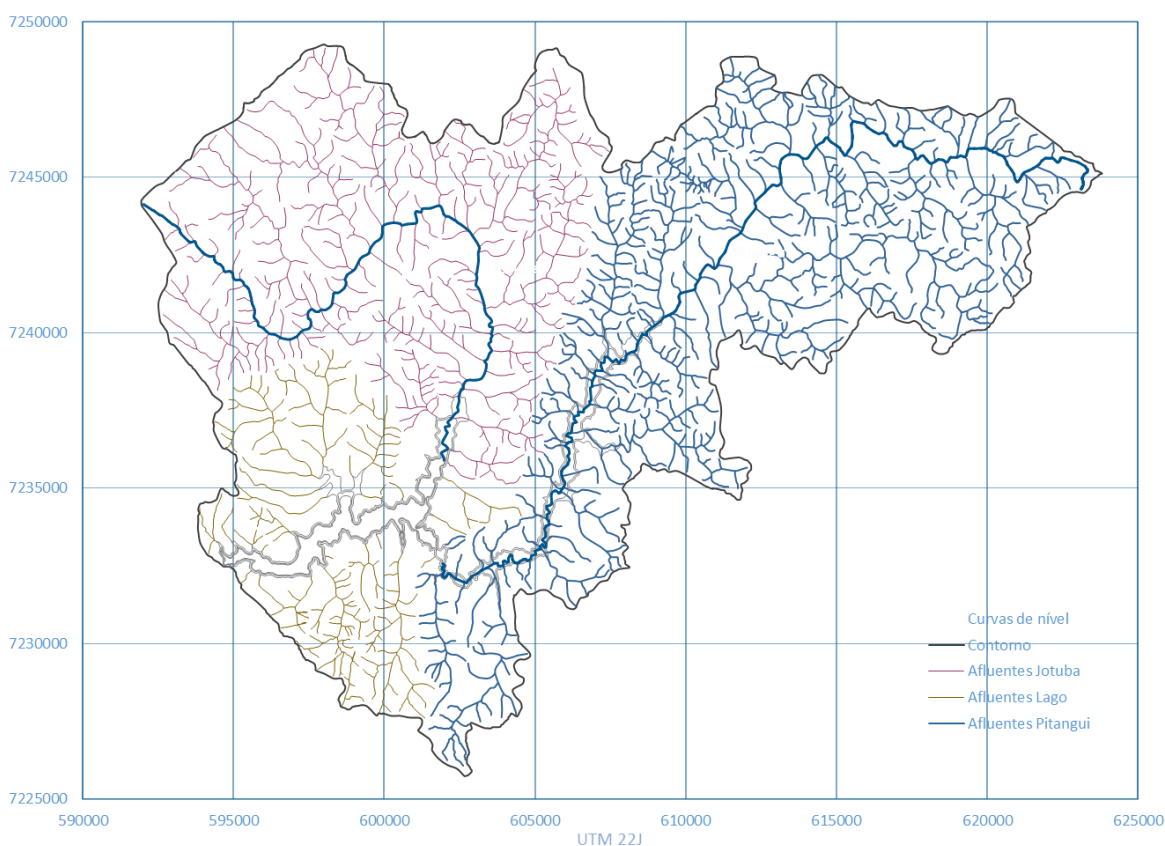
onde: Q_p = Vazão de pico (m^3/s); A = Área da bacia (km^2); t_p = tempo de pico (horas).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. A bacia hidrográfica do Rio Pitangui

A bacia hidrográfica do Rio Pitangui – Alagados montante, encontra-se com sua digitalização reproduzida na Figura 2. A digitalização envolve dados geométricos obtidos a partir de Modelo Digital de Elevação – MDE – e se compõe pela rede hidrográfica que alimenta os dois rios principais da bacia, Pitangui e Jotuba. Levando em consideração a rede hidrográfica de alimentação das vertentes principais pode-se obter uma estimativa mais precisa do Tempo de Concentração da bacia e sua evolução em eventos de precipitação. Segundo essa digitalização a área da bacia é de 375,7 km².

Figura 2 – Bacia Hidrográfica Rio Pitangui – Alagados montante.



Fonte: Processamento QGis a partir de MDE – SUDERHSA – IAT e edição em planilha eletrônica.

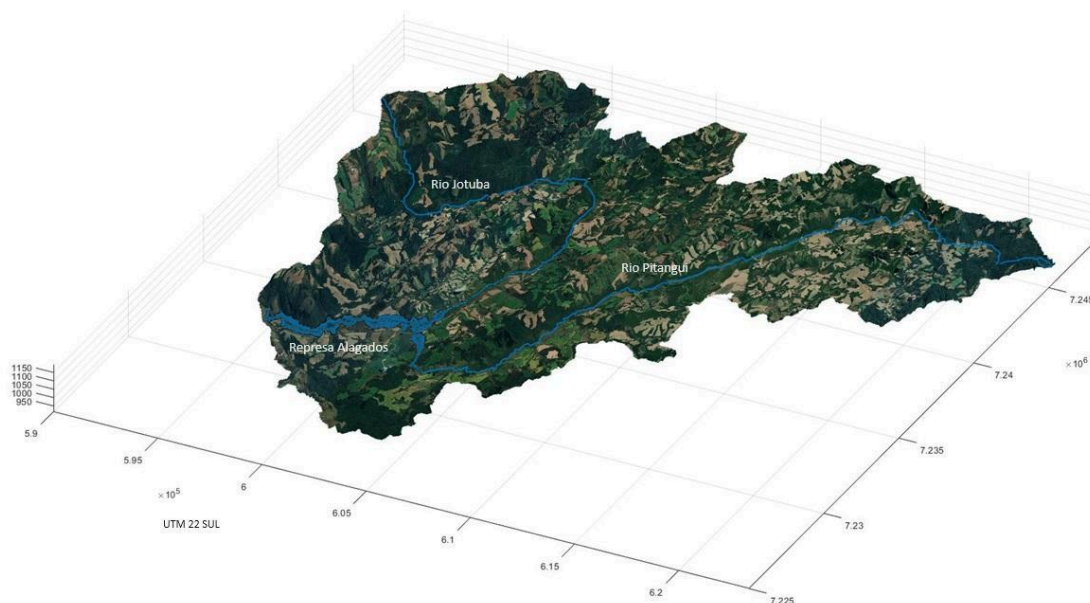
O MDE proporciona dados planialtimétricos. Estes dados adequadamente sistematizados em matrizes podem ser processados de forma a serem produzidos modelos digitais 3D. O modelo 3D acaba se constituindo pela base de dados para a Modelagem Chuva-Vazão. A extração destes dados na aplicação da modelagem chuva-vazão acarreta facilidades na calibração do modelo.

A inclusão de parâmetros de calibração tem por objetivo a otimização dos resultados teóricos quando comparados aos resultados aferidos em séries históricas de precipitações e níveis/vazões nos rios afluentes ao reservatório, bem como da precipitação direta. A otimização, com solução de funções-objetivos, envolve a variação de parâmetros, como a temporização do escoamento superficial pleno, a retenção inicial, a variabilidade da

infiltração, a evapotranspiração, a uniformidade/não uniformidade da precipitação na área da bacia e outras influências na determinação da chuva efetiva. Impondo-se restrições, aplicam-se processos numéricos que acarretam a solução ótima para a aproximação aos resultados reais.

A Figura 3 contém a reprodução de tela, adaptada para impressão 2D, de uma vista do modelo 3D da Bacia Hidrográfica Rio Pitangui – Alagados Montante, onde se incluem os rios principais, o reservatório e a cobertura do solo em elevação.

Figura 3 – Modelo digital 3D – Bacia Hidrográfica Rio Pitangui – Alagados montante.



Fonte: Processamento QGis / Matlab a partir de MDE – SUDERHSA – IAT

4.2. Comparativo entre os métodos

Estudos de Siqueira et. Al., (2023). Compararam os métodos de cálculo de vazão em bacias rurais, no caso, foi utilizado para calcular dentro da área da Fazenda Escola Capão da Onça, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa que foram divididos em três bacias, a Bacia 1 com 23,66 km², bacia 2 com 0,45 km² e bacia 3 com 0,34 km². Os métodos utilizados foram o racional e racional corrigido, e outros que não são interesses nesses estudos. Os autores apontaram um superdimensionamento causado pelo método racional e método racional modificado, decorrente de poucos parâmetros, considerando insuficiência de dados em comparação a outros métodos em bacias grandes, porém são válidos a utilização desse método para as bacias 2 e 3 que apresentam uma área menor que 0,5 km².

O Método do Soil Conservation Service (SCS) é frequentemente utilizado para estimar o escoamento superficial e gerar hidrogramas, sendo uma ferramenta valiosa para a hidrologia. No entanto, como qualquer método, apresenta desafios e vantagens.

Uma das dificuldades associadas ao SCS está na necessidade de determinar parâmetros empíricos, como o Número da Curva (CN), cuja obtenção pode ser desafiadora. Além disso, o método foi inicialmente desenvolvido nos Estados Unidos, o que pode resultar em generalizações que afetam sua aplicabilidade em diferentes regiões e climas.

A fragilidade do método reside em sua sensibilidade aos parâmetros, especialmente ao CN, o que pode resultar em variações significativas nos resultados e aumentar a incerteza. Limitações geográficas também podem surgir, principalmente em áreas com características geomorfológicas distintas.

No entanto, o SCS possui vantagens notáveis. Sua simplicidade de aplicação é uma delas, sendo uma ferramenta acessível para estimativas preliminares de escoamento superficial. Além disso, o método pode ser adaptado a diferentes condições climáticas e geográficas, desde que ajustes e calibrações adequadas sejam realizados. A incorporação de um hidrograma unitário adimensional simplifica a representação do comportamento temporal do escoamento superficial.

Tabela 3 – Comparações sistemáticas entre os métodos racional, racional corrigido e SCS

Critérios de Comparação	Método Racional e Racional Corrigido	Método do Soil Conservation Service (SCS)
Áreas de Aplicação	Válido para bacias menores (<0,5 km ²)	Frequentemente aplicado para estimar escoamento superficial em diferentes tamanhos de bacias
Superdimensionamento	Indicado pelos autores Siqueira et al 2023 para bacias grandes	Sensibilidade aos parâmetros, especialmente o Número da Curva (CN)
Parâmetros Utilizados	Poucos parâmetros, considerando insuficiência de dados em bacias grandes	Necessidade de determinar parâmetros empíricos, como o CN, que pode ser desafiadora

Fonte. Os Autores.

5. Conclusão

Ao analisar as variáveis dos métodos discutidos neste trabalho, percebe-se que o método racional é o mais simplista, considera chuva com intensidade igual na bacia, e não utiliza outras variáveis para eventual correção. Já no método racional corrigido tem-se uma nova variável chamada de coeficiente de retardo, essa variável altera dependendo da região que se situa, sendo urbana e rural e tal acréscimo da variável trás na fórmula um parâmetro adicional, assim torna-se mais próximo ao real. Por fim no método SCS, o mais abrangente, trouxe parâmetros mais precisos, como chuva excedente, ou seja, a precipitação que realmente contribui para a vazão da bacia, desconsiderando eventos como de evaporação, e o número de curva que é determinado em função do tipo do solo. A tabela 2 é taxativa quanto aos parâmetros, trazendo casos bastante usuais. Estudos recentes apontam que os métodos racional e racional corrigidos são válidos para bacias pequenas, de até 0,5 km², o que faz aponta que o método SCS é o mais indicado para calcular a vazão na Represa dos Alagados.

Referências

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas da irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2ªed. Brasília: ANA, 2021.

TUCCI, C. E. M.; **Hidrologia: ciência e aplicação** – 1. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFGRS: ABRH, 1993.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

HOEPFNER, A. C. **Estudo comparativo entre vazões de pico estimadas pelo método racional e pelo método do SCS para a bacia hidrográfica do rio bom retiro em Joinville-SC**, 2007. 55f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

SIQUEIRA, M. M. Métodos de cálculo de vazão de escoamento superficial em bacias rurais de diferentes escalas. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. 489–496, 2023.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; GOMIDE, F.L.S.; MARTINS, J.A. **Hidrologia básica**. Editora Edgard Blücher, São Paulo – SP, 278p., 1976.

PONCE, V. M., 1989, **Engineering Hydrology. Principles and practices**. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

PORTELA, M. M., 2000, “**Hydrologic aspects related to flash floods. The Portuguese experience**”, *Euroconference 2000: Flash flods*, IST, Lisboa, Portugal.

PORTELA, M., M., 2006, , “Estimação de precipitações intensas em bacias hidrográficas de Portugal Continental”, *Recursos Hídricos* (em fase de apreciação), Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), Lisboa.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo – SP, 245p., 1975.