



Avaliação de métodos de estimativa de vazão máxima para dimensionamento de bueiros

Ronei de Lima Schlickmann¹,

Álvaro Back²,

Resumo: Para determinação da vazão de cheia numa bacia hidrográfica se faz necessário um estudo minucioso com base em metodologias de estimativa da vazão máxima. Neste estudo foram comparados diferentes métodos de estimativa de vazão máxima para quatro pontos de um projeto de rodovia. Os dados necessários para a realização deste artigo foram obtidos do Projeto Básico e Executivo de Engenharia para Implantação de Pavimentação da Rodovia BR-285, em Timbé do Sul/SC, utilizando dados pluviométricos de quatro projetos de bueiros. As metodologias utilizadas foram os métodos Racional, Racional Corrigido, I-Pai-Wu, Ven Te Chow e McMath. Para o tempo de concentração utilizou-se as formulas de Kirpich, Ven Te Chow, Picking, Kerby-Hathaway e DNOS. Os resultados evidenciaram que o método Racional tende a apresentar valores de vazão maiores para as bacias com áreas superiores a 2 km². O método Ven Te Chow se mostrou muito sensível ao parâmetro CN, e os altos valores de vazão obtidos possivelmente indicam um inadequado coeficiente CN atribuído às bacias. Os métodos Racional modificado, I-Pai-Wu e McMath apresentam valores semelhantes, sendo que o método McMath pela simplicidade da estimativa e facilidade de obtenção dos parâmetros mostrou-se adequado para todas as condições estudadas.

Palavras-chave: vazão máxima; drenagem; bueiros; tempo de concentração.

Evaluation of Maximum Flow Estimation Methods for Manhole Sizing

Abstract: To determine the flood flow from a watershed, it is required to do a thorough study based on maximum flow estimation methodologies. In this study, different methods of estimation of maximum flow for four points of a highway project were compared. The necessary data to conduct this article were obtained from the Basic and Executive Engineering Project for Paving Implementation of the Highway BR-285, in Timbé do Sul/SC, using rainfall data from four culvert projects. The methodology used were Rational, Corrected Rational, I-Pai-Wu, Ven Te Chow and McMath methods. For the concentration time were used the Kirpich, Ven Te Chow, Picking, Kerby-Hathaway and DNOS formulations. The results showed that the Rational method presents higher flow values for watersheds with areas greater than 2 km². Ven Te Chow's method proved to be very sensitive to the CN parameter, and high flow values are probably allowed as CN coefficient assigned to watersheds. Modified Rational, I-Pai-Wu, and

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da UNESC. ronei_schlickmann@hotmail.com.

² Professor do Curso de Engenharia Civil da UNESC, ajb@unesc.net.



McMath methods presents similar values, and the McMath method for the simplicity of estimation and ease in obtaining the parameters showed to be suitable for all conditions studied.

Keywords: maximum flow; drainage; culvert; concentration time.

Introdução

O estudo hidrológico para a determinação dos valores máximos de vazões de projeto para bacias hidrográficas apresenta interesse principalmente no dimensionamento de estruturas hidráulicas como bueiros, pontes, vertedouros, entre outros. Existem diversos métodos para a estimativa dos parâmetros hidrológicos como tempo de concentração e vazão máxima, que podem levar a resultados bem diferenciados. A aplicação de determinado método sem observar suas premissas ou limitações pode levar a erros na estimativa, tem-se por consequência obras sub ou superdimensionadas. No caso de obras subdimensionadas, a ocorrência de um evento de maior magnitude que a adotada em projeto poderá acarretar em prejuízos econômicos, danos à estrutura física e em casos mais graves até perdas de vida. Por outro lado, obras superdimensionadas conduzem a um desperdício de capital, uma vez que o dimensionamento pressupõe eventos cuja probabilidade de ocorrência é extremamente rara, refletindo em uma relação custo-benefício desfavorável (SILVA, 2006, p. 704).

Existem diversos métodos disponíveis para estimativa de vazão de projeto. Cada método está fundamentado em uma série de parâmetros que visam representar a vazão de projeto de uma área de drenagem. Existem métodos mais simplificados, em que a vazão é estimada com base em informações facilmente disponíveis, e também os cálculos são realizados facilmente. A utilização destes métodos é baseada em certos pressupostos assumidos no método. A aplicação destes métodos em condições diferenciadas dos pressupostos pode levar a erros nas estimativas. Por outro lado, existem métodos mais complexos, que podem gerar resultados mais precisos, porém que requerem mais informações e esforço computacional para a obtenção destas estimativas.

A precipitação é um parâmetro comum a todos os métodos, juntamente com as características da área de contribuição. No caso específico de vazões máximas, há de se considerar a variabilidade temporal dos eventos de precipitação, assim, a intensidade máxima



de precipitação associada a um período de retorno é um dos parâmetros a serem determinados (LIMA, 2008, p. 327). Na estimativa da chuva de projeto é necessário definir a duração da chuva, sendo o tempo de concentração da bacia um dos parâmetros mais usados na definição da duração da chuva. Silveira (2005) mostrou que existem muitas incertezas na estimativa deste parâmetro, e avaliando 23 diferentes fórmulas, o autor conclui que é possível o uso de fórmulas de tempo de concentração para uma faixa de áreas de bacias muito superior às usadas em sua calibração, sobretudo em bacias rurais. No caso de bacias urbanas, as fórmulas com melhor desempenho mostraram uma faixa de erro maior do que as correspondentes em bacias rurais.

Além da precipitação de projeto, os métodos de estimativa de vazão máxima consideram parâmetros de tipo e uso do solo e de relevo, levando em consideração a área de drenagem (TUCCI, 2003, p. 195). Todas estas variáveis envolvidas lançam um desafio aos engenheiros projetistas e pesquisadores da área de recursos hídricos, no desenvolvimento de modelos hidrológicos que sejam pertinentes as diversas condições de projeto, bem como parcimoniosos, visto a escassez de dados de vazão existentes.

Nesse sentido o presente artigo tem como objetivo aplicar cinco metodologias de estimativa de vazão máxima, considerando a estimativa de intensidade máxima média de precipitação obtida pela equação do Intensidade-Duração-Frequência, para dimensionar hidraulicamente um sistema de drenagem para quatro pontos diferentes de uma rodovia localizada no município de Timbé do Sul/SC.

Materiais e Métodos

Para o presente estudo foram selecionados quatro pontos do Projeto Básico e Executivo de Engenharia para Implantação de Pavimentação da Rodovia BR-285, em Timbé do Sul/SC. Na seleção dos pontos adotou-se como critério a seleção daqueles com a maior amplitude de áreas de contribuição.

As metodologias eleitas para a estimativa de vazão máxima foram: i) o método Racional; ii) o método Racional Corrigido; iii) o método I-Pai-Wu; iv) o método de Ven te Chow e v) o método McMath. O método racional é designado pela “Eq. 1”.



$$Q = \frac{CIA}{3,6} \quad (1)$$

em que:

Q = vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

C = coeficiente de escoamento (adimensional);

I = intensidade de precipitação (mm h^{-1});

A = área da bacia (km^2).

Para grandes áreas o método Racional tende a superestimar a vazão máxima, assim foi aplicada uma correção por meio de um coeficiente de retardo, este coeficiente procura corrigir o fato do escoamento superficial sofrer um retardamento em relação ao início da precipitação. Com a aplicação do coeficiente de retardo, que varia de 0 a 1, procura-se uma compensação para este efeito. O Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER, 1975) admite duas maneiras para calcular o coeficiente de retardo, Eqs. 2 e 3:

$$\emptyset = \frac{1}{n\sqrt{100 \cdot A}} \quad (2)$$

em que:

A = área da bacia (km^2);

n = 6; para declividades fortes maiores que 1%.

$$\emptyset = \frac{1}{n\sqrt{10 \cdot L}} \quad (3)$$

em que:

L = comprimento da bacia (km);

n = 3,5; para declividades fortes.

O Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT) através do “Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem” (BRASIL, 2005), propõe duas maneiras para expressar o coeficiente de retardo, conforme as Eqs. 4 e 5:



Para áreas rurais;

$$\emptyset = A^{-0,10} \quad (4)$$

Para áreas urbanas;

$$\emptyset = A^{-0,15} \quad (5)$$

em que:

A = área da bacia (km²);

Dessa forma o método Racional Corrigido é apresentado na “Eq. 6”.

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

em que:

Q = vazão (m³ s⁻¹);

C = coeficiente de escoamento;

I = intensidade de precipitação (mm h⁻¹);

A = área da bacia (km²);

\emptyset = Coeficiente de retardo;

O método I-Pai-Wu é um aperfeiçoamento do Método Racional e considera fatores intervenientes da bacia hidrográfica, como a forma da bacia, a distribuição da chuva e o armazenamento da bacia. A aplicação desse método é mais precisa, porque considera variáveis importantes no desenvolvimento de uma cheia. É recomendada para áreas de até 30 km². A vazão máxima é estimada pela ‘Eq. 7’.

$$Q = 0,278 C I A^{0,9} K \quad (7)$$

em que:

Q = vazão (m³ s⁻¹);



C = coeficiente de escoamento;

I = intensidade de precipitação (mm h^{-1});

A = área da bacia (km^2);

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

O método de Ven Te Chow, amplamente utilizado no Brasil, permite simular a chuva crítica ou a vazão de projeto, empregados na previsão de enchentes e no planejamento de obras hidráulicas em bacias que não possuam dados fluviométricos (FENDRICH, 2008, p. 121). A vazão máxima é estimada pela a “Eq. 8”.

$$Q = \frac{AXYZ}{3,6} \quad (8)$$

em que:

Q = vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

A = área da bacia (km^2);

X = fator de deflúvio;

Y = fator climático (mm h^{-1});

Z = fator de redução do tempo (km^2).

O método McMath é expresso pela seguinte equação “Eq. 9”.

$$Q = 0,0091C IA^{0,8}S^{0,2} \quad (9)$$

em que:

Q = vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

C = coeficiente de escoamento;

I = intensidade de precipitação (mm h^{-1});

A = área da bacia (ha);

S = declividade (m m^{-1}).

O uso das metodologias na determinação da vazão máxima foi possível a partir de dados de intensidade máxima média de precipitação, do período de retorno das chuvas, da duração da



chuva igual ao tempo de concentração da bacia, das características de vegetação, do tipo de solo e de relevo, bem como a área de drenagem da bacia. Para determinação da intensidade máxima média de precipitação utilizou-se a equação do Índice-Duração-Frequência (IDF), para o tempo de concentração serão aplicadas cinco equações, equação de Kirpich, Ven Te Chow, Picking, Kerby-Hathaway e DNOS.

Tempo de concentração (t_c) de uma bacia hidrográfica, numa dada seção de um curso de água, é o tempo para que a totalidade da bacia contribua com o escoamento superficial da seção considerada. Pode ser também definido como o tempo necessário para que a gota de água que cai no ponto mais afastado da bacia atinja a seção considerada. Segundo Lencastre e Franco (1992), o tempo de concentração é considerado uma característica constante da bacia, sendo independente das características das chuvas.

O tempo de concentração pode ser calculado por meio de várias equações. Para definir a fórmula mais apropriada é necessário estudar a aplicabilidade e as limitações inerentes a estas equações. Utilizar uma fórmula sem este conhecimento levará a projetos equivocados e duvidosos.

O tempo de concentração foi obtido pelas equações de Kirpich, Ven te Chow, Picking, Kerby-Hathaway e DNOS, apresentadas respectivamente nas Eqs. 10 a 14.

$$Tc = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (10)$$

$$Tc = 25,2 \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0,64} \quad (11)$$

$$Tc = 5,32 \left(\frac{L^2}{I} \right)^{0,33} \quad (12)$$

$$Tc = 37,1 N^{0,47} L^{0,47} I^{-0,235} \quad (13)$$

$$Tc = \frac{10A^{0,3}L^{0,2}}{K I^{0,4}} \quad (14)$$

em que:



Tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (km);

H = diferença de cota da bacia (m);

I = declividade ($m\ m^{-1}$);

K = coeficiente adimensional que depende das características da bacia;

A = área da bacia (ha).

N = Fator de retardância.

O fator K do DNOS tem tabela específica, Tabela 1. O fator N na equação de Kerby-Hathaway é a retardância que varia em função da rugosidade da superfície conforme Tabela 2, encontrada em Wanielista et al. (1997).

Tabela 1. Valores de K para fórmula do DNOS.

Características do terreno da bacia	K
Terreno areno-argiloso, vegetação intensa, elevada absorção	2,0
Terreno comum, coberto de vegetação, absorção apreciável	3,0
Terreno argiloso, coberto de vegetação, absorção média	4,0
Terreno com vegetação média, pouca absorção	4,5
Terreno em rocha, escassa vegetação, baixa absorção	5,0
Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção	5,5

Fonte: Brasil (2005)

Tabela 2. Valores de N da equação de Kerby-Hathaway.

Características da Bacia	N
Pavimento alisado	0,02
Cobertura com grama rala	0,3
Cobertura com grama média	0,4
Cobertura com grama espessa	0,8

Fonte: Wanielista et al. (1997)

Para a estimativa da precipitação de projeto utilizou-se a equação Índice-Duração-Frequência (IDF) de Timbé do Sul (BACK, 2013), conforme apresenta a “Eq. 15”

$$Im = \frac{918,7Tr^{0,148}}{(t+8,9)^{0,698}} \quad (15)$$

em que:

Im = intensidade máxima média de precipitação ($mm\ h^{-1}$);

Tr = período de retorno (anos);



t = duração da precipitação (min);

Foram calculadas as vazões máximas para os períodos de retorno de 15, 25 e 50 anos.

Resultados e discussão

Na Tabela 3 encontram-se alguns dos parâmetros morfométricos das bacias de contribuição dos pontos selecionados. O ponto B4 apresenta maior área e comprimento, 6,330 km², porém com a menor declividade (5,1%). Por outro lado, B3 apresenta a maior declividade, de 19%, consequência de um desnível elevado, igual a 520 metros.

Tabela 3. Parâmetros morfométricos das bacias de contribuição.

Bacia	Área (km ²)	Comprimento (m)	Desnível (m)	Declividade média (m m ⁻¹)	K	C
B1	0,763	1027	182	0,177	3,0	0,25
B2	2,057	2096	187	0,089	3,0	0,30
B3	3,089	2697	520	0,193	3,0	0,30
B4	6,330	5147	260	0,051	3,0	0,30

O tempo de concentração estimado pelos diferentes métodos consta na Tabela 4. A equação de Kirpich foi desenvolvida baseada em observações de bacias rurais com área de até 0,5 km², com declividade variando de 3 a 10% e cobertura florestal variando de 0 a 56% (PORTO et al., 2015). De acordo com Chin (2000), a fórmula de Kirpich é indicada para áreas rurais com até 80 ha. A fórmula de Kerby-Hathaway é mais indicada para escoamento predominante em superfícies, com área inferior 4 ha e declividade menor que 1% (WANIELISTA et al., 1997). Ven Te Chow ajustou a equação baseada em observações de bacias hidrográficas com áreas de até 24,3 km². A fórmula de DNOS, também indicada pelo DER- SC Silveira (2005) comenta que a fórmula do DNOS apesar de ser provavelmente a fórmula frequentemente usada em órgãos técnicos do Brasil, nenhuma referência sobre sua origem tinha sido encontrada. Silveira (2005) também comenta não ter encontrado referências sobre a origem e condições de aplicação da fórmula de Picking. Silveira (2005) analisando várias fórmulas de tempo de concentração afirma que a maioria delas produz resultados similares para bacias com comprimento de até 10 km, sendo difícil dizer qual a melhor equação.

Os autores apontam a equação de Kirpich como a mais usada. Com base nas análises de várias fórmulas de tempo de concentração o autor recomendou a equação de Kirpich para bacias rurais de até 12 km² e urbanas de até 2,7 km², que segundo os autores não deixa de ser surpreendente em função de sua proposição com dados somente de bacias muito pequenas. Para o presente estudo adotou-se a fórmula de Kirpich para os pontos B1, B2 e B3, enquanto Ven Te Chow para o ponto B4, com as intensidades da chuva estimadas de acordo com a Tabela 5.

Tabela 4. Tempo de concentração (min) de acordo com os métodos de estimativa

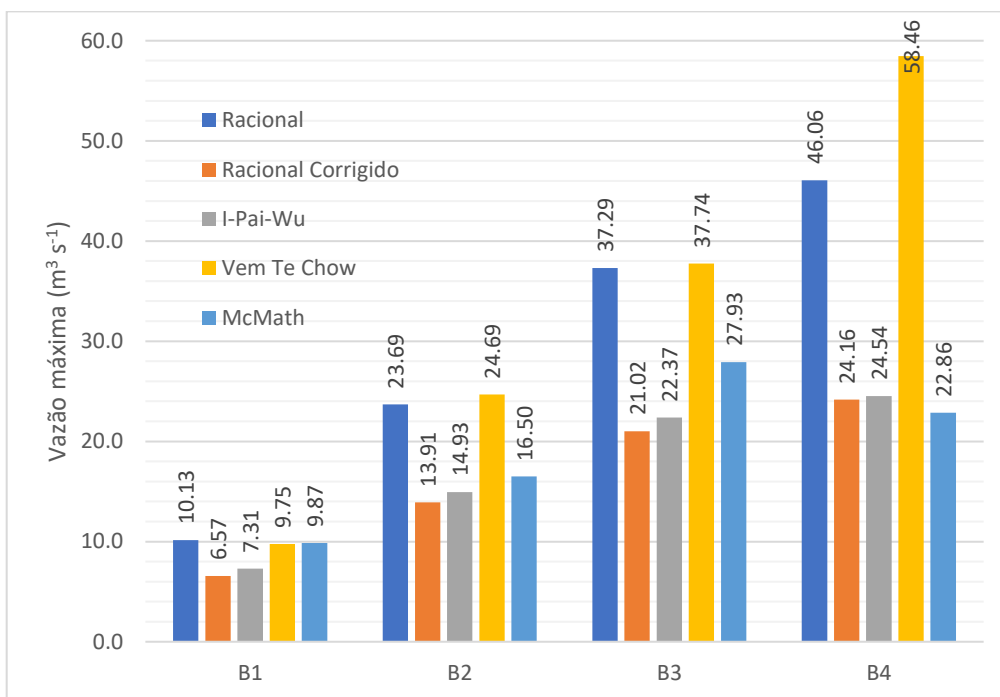
Bacia	Kirpich	Ven Te Chow	Piking	Kerby-Hathaway	DNOS	Adotado
B1	7,93	10,22	9,60	19,14	15,51	7,93
B2	17,88	20,09	19,43	31,44	34,69	17,88
B3	16,14	18,45	17,78	29,54	27,67	16,14
B4	44,46	42,83	72,74	54,82	66,72	42,83

Tabela 5. Valores de intensidade máxima (mm h⁻¹)

Bacia	15 anos	25 anos	50 anos
B1	191,2	206,2	228,5
B2	138,2	149,1	165,2
B3	144,9	156,2	173,1
B4	87,3	94,2	104,3

As vazões máximas obtidas para período de retorno de 15, 25 e 50 anos, são apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

Com relação as metodologias existentes para a estimativa da vazão de projeto em pequenas bacias, o método Racional é certamente o mais difundido na prática, como por exemplo, no caso de dimensionamento de galerias pluviais e de bueiros (FRANCO, 2004). O método Racional ganhou este nome simplesmente por ser o primeiro derivado da equação racional. A experiência mostra que o emprego do método deve ser limitado a áreas com galerias e a bacias naturais com menos de 500 hectares.



Figuras 1. Vazão máxima para período de retorno de 15 anos.

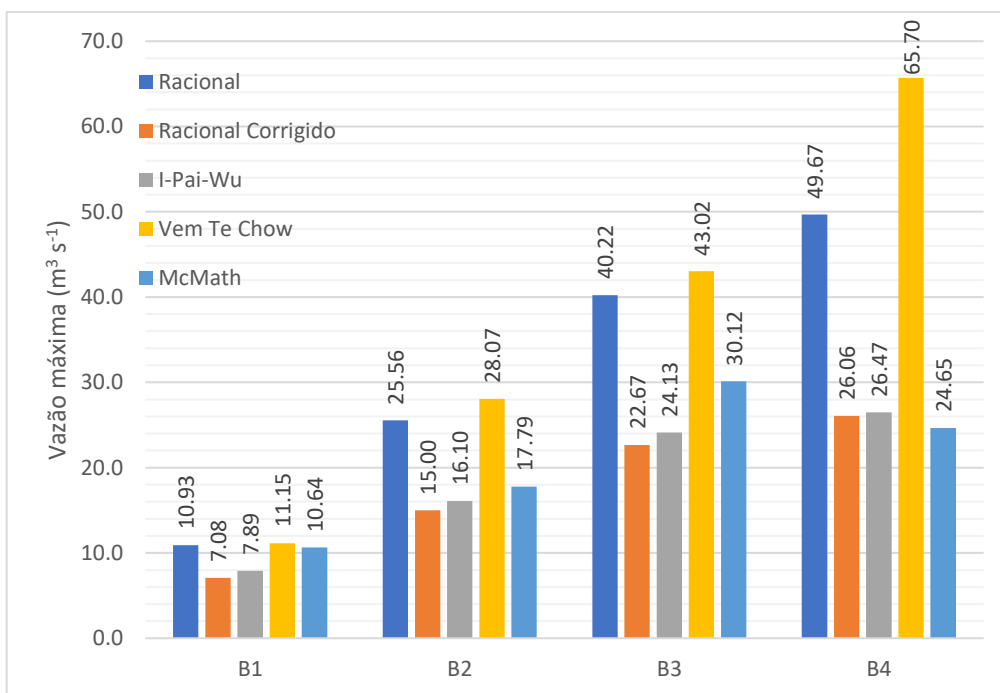


Figura 2. Vazão máxima para período de retorno de 25 anos.

O uso do método para áreas naturais grandes não é recomendado, não obstante, é satisfatório para o projeto de galerias pelo processo chamado “detalhado”, no qual se consideram sub-bacias pequenas, de alguns hectares. (WILKEN, 1978). Apesar de concordarem da limitação para grandes áreas, não existe concordância quanto ao valor limite. O Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE 1975), recomenda sua utilização para bacias de até 2 km². Jabor (2013) recomenda o método Racional para áreas de até 4 km² e o método racional modificado para áreas de 4 a 10 km². São Paulo (2005) recomenda o método racional para áreas de até 2,0 km². O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) recomenda o método racional para áreas de até 1 km² e o método racional modificado para áreas maiores (BRASIL, 2005)

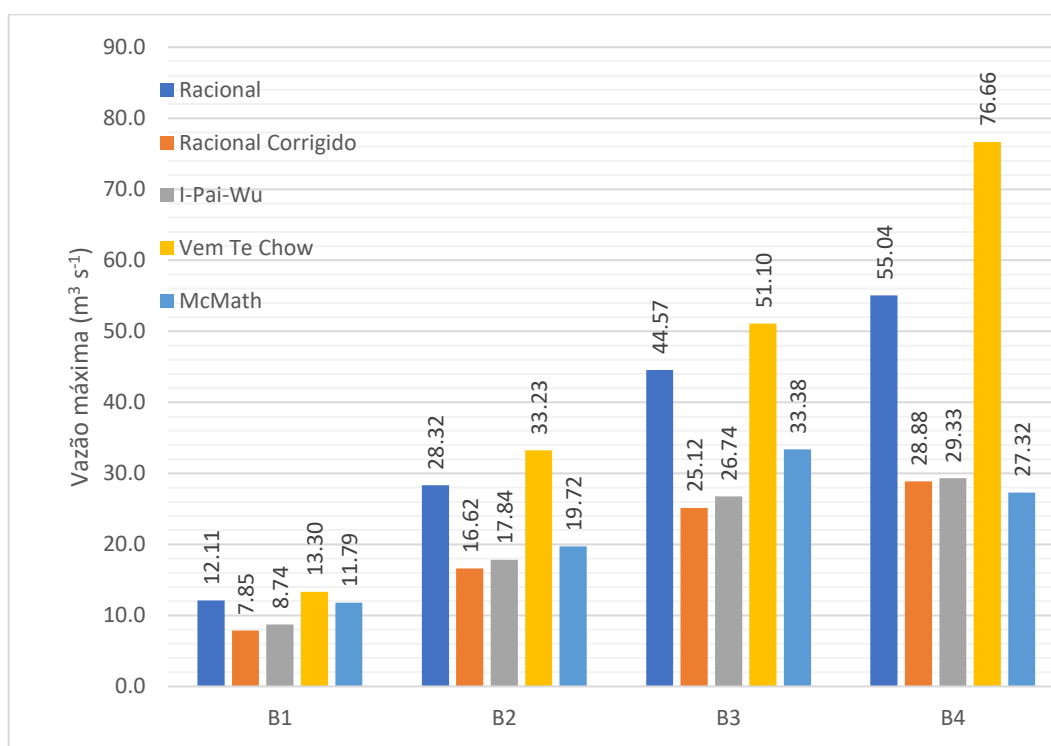


Figura 3. Vazão máxima para período de retorno de 50 anos.

Para o ponto B1 observa-se que o método Racional apresentou vazões com diferenças de 3,52% superior ao método McMath, e valor 8,8 % inferior ao método Ven Te Chow. Para o método racional modificado e o Método I-Pai-Wu as diferenças foram de 35,8 e, 28,5%



superior, respectivamente. Especificamente para o ponto B1, com área inferior a 1 km², o método racional modificado não se justifica.

Observa-se que para todos os períodos de retorno e em todos os pontos calculados os métodos Racional Modificado e I-Pai-Wu apresentaram valores muito semelhantes, em geral com diferenças inferiores a 10%. Pela simplicidade de cálculo pode-se recomendar usar o método Racional modificado para áreas acima de 1 km² como alternativa ao método I-Pai-Wu.

O método de McMath apresentou valores ligeiramente superiores aos do método racional modificado para os pontos B2 e B3 e aproximadamente 5 % inferior para o ponto B4. Constata-se assim que o método McMath é equivalente ao método racional modificado em que o fator de redução para áreas acima de 6 km² é mais acentuado que os aplicados no método racional modificado. O método McMath pode ser utilizado em bacias maiores que 0,5 km², já que o fator de correção impede que a vazão aumente na mesma proporção que a área da bacia. Entretanto, a fórmula fornece valores relativamente baixos para bacias com área superior a 8 km² (BATISTA et al., 2002).

O método de Ven Te Chow apresentou os maiores valores de vazão máxima, inclusive muito superiores aos valores calculados pelo método racional. Essas diferenças são mais acentuadas nas bacias com maior área. Essa constatação coloca em dúvidas os valores estimados pelo método Ven Te Chow, uma vez que a limitação do método Racional para grandes áreas se dá pela tendência de superestimava das vazões.

Na Tabela 6, constam os valores de vazões máximas estimadas pelo método Ven Te Chow para o ponto B4, adotando-se diferentes valores de CN. Observa-se que para valores de CN entre 65 e 70 os valores de vazão máxima obtido com o método Ven Te Chow estariam coerentes com os métodos de McMath e I-Pai-Wu. O parâmetro CN é fundamental na estimativa da lâmina de escoamento superficial ou da chuva efetiva. Seu valor é obtido em função do tipo de solo e das características da superfície, além de levar em conta a umidade do solo (TUCCI, 2003). Essa influência do CN na estimativa da vazão de pico também ocorre nos métodos de geração de hidrogramas sintéticos, não abordados neste estudo.

Tabela 6. Valores de vazão máxima estimada para o ponto B4 por meio do método Ven Te Chow.

Período de retorno (anos)	Parâmetro CN				
	65	70	75	80	85
15	20,2	27,6	36,5	46,7	58,7
25	24,3	32,6	42,2	53,3	65,7
50	31,0	40,7	51,2	63,63	76,6

O método proposto por Ven Te Chow utiliza as hipóteses de hidrograma unitário, considerando que o fenômeno de transformação da chuva em vazão é regido por equações lineares. Neste método a chuva efetiva é estimada pelo método SCS, sendo muito sensível a variações no parâmetro CN (BIANCHI et al., 2012). Nunes e Fiori (2007) mostraram que alterações no parâmetro CN afetam significativamente o valor de vazão máxima. Dessa forma os valores obtidos neste estudo podem refletir a adoção inadequada do parâmetro CN para estas bacias.

Em função da área pequena o método Racional apresentou os melhores resultados para B1. A vazão determinada por McMath aproxima-se apresentando valor menor em cerca de 3%. De acordo com Scariot (2008), a equação de McMath foi obtida em função da fórmula Racional e, além disso, possui um fator de redução de área que evita um aumento linear irreal das vazões em função das áreas de contribuição. A vazão de Ven Te Chow aumenta em relação ao método Racional, conforme aumenta o período de retorno, ouve um aumento médio de 36% na vazão de Ven Te Chow, enquanto o método Racional um aumento de 19%. Diante da limitação de cada método, nota-se que os valores do método Racional e Ven Te Chow para B2, B3 e B4, são muito elevados, o que pode causar um superdimensionamento do sistema de drenagem, tonando-se obsoleto.

É possível verificar que em B2 e B3, McMath apresenta os melhores resultados, com valores coerentes com o método Racional corrigido. Dita a aplicação mais precisa, por considerar variáveis importantes no desenvolvimento de uma cheia, o método I-Pai-Wu apresentou valores em torno de 10% menor que McMath para B2, e 20% menor para B3.

Conclusões



Para a bacia com área inferior a 1 km² todos métodos apresentaram valores relativamente próximos. A medida que foi aumentando a área o método Racional e especialmente o método Ven Te Chow, apresentaram valores muito superiores aos demais, mostrando a tendência da superestimava das vazões.

O método Racional Corrigido juntamente com o método I-Pai-Wu e o método McMath apresentaram comportamento semelhante, mostrando a coerência entre eles. Pela facilidade de obtenção dos parâmetros necessários e simplicidade de cálculo o método de McMath pode ser recomendado para bacias com área de até 8 km².

Referências bibliográficas

- BACK, Á. J. **Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina** (Com programa HidroChuSC para cálculos). Florianópolis: Epagri, 2013, 193p
- BATISTA, M.J.; NOVAES, F.; SANTOS, D. G.; SUGUINO, H. H. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. Ed. 2. Brasília: CODEVASF, 2002. 216p.
- BIANCHI, R. C.; RIZZI, N. E.; GUIMARAES, N. E.; SCHECHI, R. G. **Estimativa da vazão máxima da bacia hidrográfica do Rio Canguiri através do método de Ven Te Chow**. RAEGA, v.25, 2012. p.164-185.
- BRASIL. Departamento Nacional De Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de estudos e pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. Rio de Janeiro, 2005. 133p.
- CHIN, D. A. **Water Resources Engineering**. New Jersey: Prentice Hall, 2000. ISBN 0-201-35091-2. 750 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM DNER. **Vazão de Dimensionamento de Bueiros**, IPR 478, DNER, 1975.
- FENDRICH, R. **Canais de drenagem de pequenas bacias hidrográficas**. Curitiba. Editora UFPR. 2008. 121p
- FRANCO, E. J. **Dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais com base no método racional**. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- JABOR, M. A. **Drenagem de Rodovias. Estudos hidrológicos e projeto de drenagem**. Apostila do curso de drenagem em rodovias. 2013. 178p.
- LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M. **Lições de Hidrologia**. 2ª edição revista Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 1992. 453p.



LIMA, J. S. S. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Revista Ciência Agrônômica**, p.327, 2088.

NUNES, F. G.; FIORI, A. P. A utilização do método de Vem Te Chow –Soil conservation Service (SCS) na estimativa da vazão máxima da bacia hidrográfica do rio Atuba. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.2, n.2, p.139-155, 2007.

PORTO, R. L. L. ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In TUCCI, C. E. M. (Org) **Hidrologia ciência e aplicação**, Porto Alegre, ABRH, 2015. P,805-848.

SÃO PAULO. **Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica.** Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas. 2005. 116p.

SCARIOT, M. R. **Modelagem e simulação sistêmica de rios; avaliação dos impactos ambientais no rio Mogi-Guaçu/SP.** 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, J. M. A. Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em encostas e canais. Parte II: modelo computacional e análise de sensibilidade. **Engenharia Agrícola**, p.704, 2006.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **Revista Brasileira de Recursos hídricos**, v.10, n.1, p.5-23, 2005.

TUCCI, C. E. M. Parâmetros do hidrograma unitário para bacias urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, p. 195. 2003.y

WANIELISTA, M.; KERSTEN, R.; EAGLIN, R. **Hydrology Water Quantity and Quality control.** John a Wiley & Sons. 1997.

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial.** Cetesb. 1978. 478p.