

VAZÃO MÁXIMA DE PROJETO: TRANSFORMAÇÃO CHUVA-VAZÃO

BACELAR, Luiz Carlos Salgueiro Donato
Acadêmico do Curso de Graduação em Meteorologia e Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET/MEC/SESu) (luiz_bacelar90@hotmail.com)

DAMÉ, Rita de Cássia Fraga
Prof^ª. Dr^ª. Faculdade de Engenharia Agrícola/UFPel

TEIXEIRA, Claudia Fernanda Almeida
Prof^ª. Dr^ª. Faculdade de Engenharia Agrícola/UFPel

SIQUEIRA, Giliardi do Amaral
Acadêmico do Curso de Eng. Agrícola/FEA/UFPel

1 INTRODUÇÃO

O escoamento superficial é uma das fases do ciclo hidrológico e seu estudo é de grande importância devido ao dimensionamento de obras de engenharia e manejo agrícola. Sua quantificação é uma tarefa complexa e dependente de vários fatores, os quais são agregados a parâmetros ou variáveis em modelos que fazem a transformação chuva-vazão (Santos et al., 2001). Esses modelos são muito úteis, principalmente devido a sua flexibilidade em prever comportamentos futuros ocasionados por alterações de ocupação do solo, visto que no Brasil, de acordo com Damé et al. (2010), há uma escassez de dados fluviométricos, principalmente em pequenas bacias, as quais se encontram em crescente processo de expansão agrícola.

Na estimativa da vazão máxima, as falhas podem vir acarretar prejuízos, tanto em termos de saúde pública e perdas de vidas humanas (obras subdimensionadas), como em termos econômico-financeiros, uma vez que em obras superdimensionadas, tem-se o desperdício de capital.

Sob esta ótica, o presente trabalho tem por objetivo determinar qual a melhor metodologia, comparativamente ao método proposto pelo SCS (1972), para estimar os valores de vazão máxima de escoamento superficial, para cinco localidades no sul do estado do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as equações de Intensidade Duração e Frequência (IDF) de cinco localidades do estado do RS: Bagé, Encruzilhada do Sul, Pelotas, Porto Alegre e Rio Grande, obtidas do software PLÚVIO 2.1. As metodologias eleitas para a estimativa de vazão máxima foram: a) Racional (Tucci et al., 2001), b) McMath (Genovez, 2001), c) I-Pai-Wu (Genovez, 2001), d) Balanço Hídrico (Pruski, 1997) e; e) Soil Conservation Service (SCS, 1972).

Uma área hipotética de 7 km² foi utilizada, com comprimento de rio principal de 6 km e 117 m de desnível, cujo tempo de concentração da área foi de 72,2 minutos, estimado pela equação de Kirpich.

Com o propósito de avaliar a metodologia que mais se assemelha aos resultados do modelo SCS (1972), foram utilizados dois índices de desempenho para validação estatística: Índice de Confiança (c) e o Coeficiente de Eficiência

Ajustado (E'). O índice de confiança é obtido pelo produto entre o coeficiente de correlação (r) e o índice de Willmott (d) e interpretado como: "ótimo" (c > 0,85); "muito bom" (c entre 0,76 e 0,85); "bom" (c entre 0,66 e 0,75); "mediano" (c entre 0,61 e 0,65); "sofável" (c entre 0,51 e 0,60); "mau" (c entre 0,41 e 0,50) e "péssimo". Os valores de E' variam de $-\infty$ a 1, sendo que os maiores valores indicam melhor aceitação estatística entre os dados (Camargo e Sentelhas, 1997; Legates e McCabe Jr., 1999).

$$C = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^J (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^J (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right) \cdot r$$

(1)

$$E' = 1 - \frac{\sum_{i=1}^J |O_i - E_i|}{\sum_{i=1}^J |O_i - \bar{O}|}$$

(2)

em que,

J é o número de períodos de retornos em anos (Tr) utilizados: 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos; O_i é o valor de vazão calculado pelo método SCS; E_i é valor de vazão do método que será comparado. \bar{O} é a média dos valores de vazão pelo método SCS; r é o coeficiente de correlação entre os valores do método SCS e do método que será comparado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de vazão máxima de projeto para os períodos de retorno (Tr) de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos e diferentes localidades, considerando-se as metodologias aplicadas, estão apresentados na Figura 1. Verifica-se que para todas as localidades em estudo, o método Racional foi o que apresentou os maiores valores de vazão, independente do período de retorno. Considerando-se o período de retorno de 10 anos, os valores variaram de 52,89 a 69,31 $m^3 s^{-1}$, para Encruzilhada do Sul e Pelotas, comparativamente ao método SCS, o qual variou de 2,66 a 6,78 $m^3 s^{-1}$, respectivamente. Tassi et al. (2005) também encontraram vazões de pico obtidas pelo método Racional, em média 91,2% maiores do que as obtidas pelo método SCS (1972). Apesar dos resultados obtidos na literatura confirmarem o aqui encontrado, o método Racional ainda é frequentemente utilizado para a determinação de vazão de projeto em muitas aplicações na área de Engenharia de Água e Solo, dada sua simplicidade.

Na Tabela 1 encontram-se os valores dos índices de confiança (c) e dos índices de eficiência ajustado (E'), considerando o método SCS (1972) como padrão para as estimativas das vazões máximas. Considerando-se os dois índices estatísticos aplicados, o método de Pruski et al. (1997) apresentou melhor adequação ao método utilizado, uma vez que a interpretação do índice de confiança (c) conduziu aos seguintes resultados: "mediano" para a localidade de Encruzilhada do Sul, "sofável" para as localidades de Porto Alegre e Pelotas, e "mau" para as localidades de Bagé e Rio Grande.

Na interpretação do índice de eficiência ajustado (E'), o método de Pruski et al. (1997) também apresentou melhor desempenho em todas as localidades estudadas. Para os outros modelos, o índice de eficiência ajustado (E') apresentou resultados extremamente insatisfatórios, mesmo demonstrando alta correlação (em torno de 0,99) entre os métodos comparados e o método de SCS (1972).

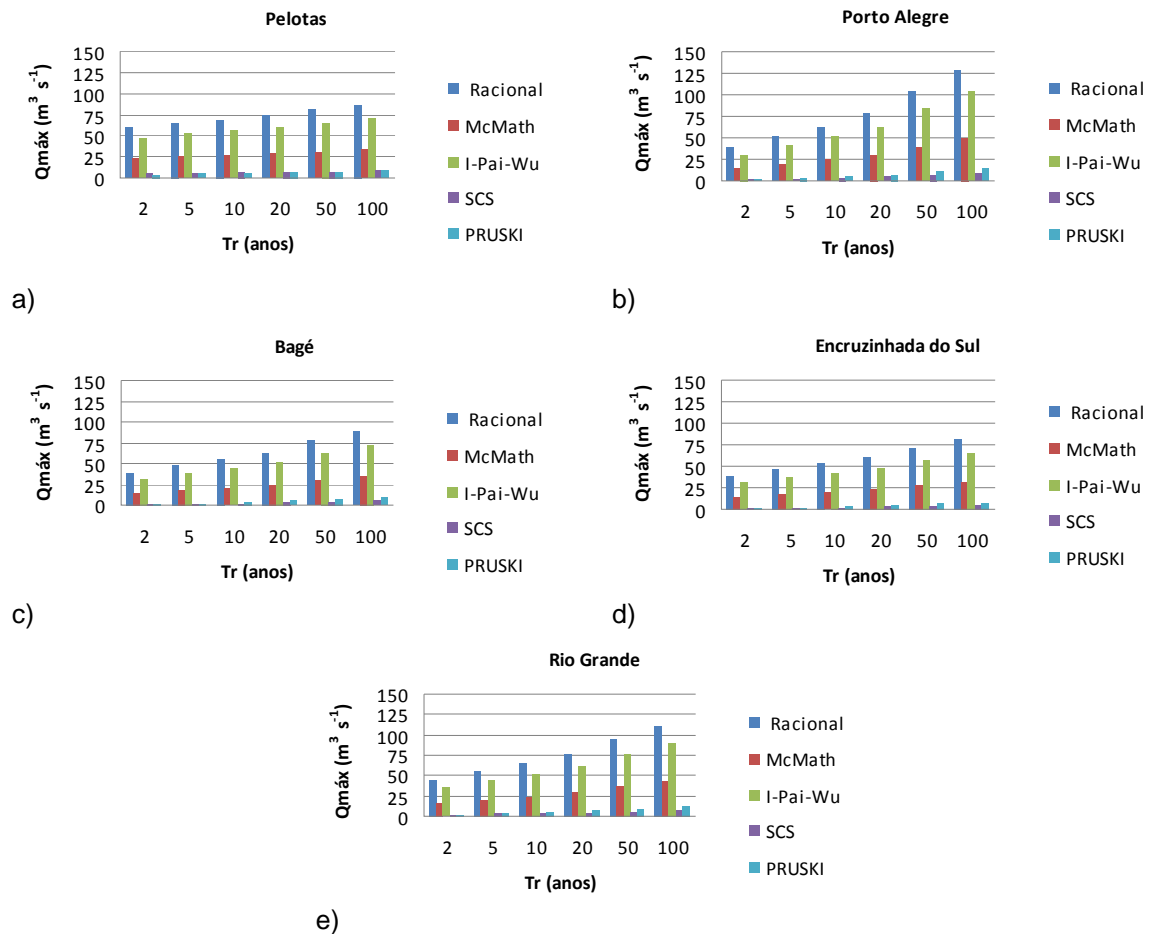


Figura 1. Valores de vazão máxima de projeto para os períodos de retorno (Tr) de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos e diferentes localidades, considerando-se as metodologias testadas.

Tabela 1. Valores de índice de confiança (c) e índice de eficiência ajustado (E') aplicados entre as metodologias de estimativa de vazão máxima.

Localidade	Índice	Método			
		Racional	McMath	I-Pai-Wu	Pruski
Pelotas	c	0,02	0,05	0,02	0,54
	E'	-85,81	-28,80	-67,87	-1,20
Porto Alegre	c	0,05	0,13	0,06	0,61
	E'	-111,45	-38,69	-88,56	-4,34
Bagé	c	0,02	0,07	0,03	0,48
	E'	-124,77	-43,83	-99,30	-3,65
Enc. do Sul	c	0,03	0,08	0,03	0,65
	E'	-102,39	-35,19	-81,25	-1,70
Rio Grande	c	0,03	0,09	0,04	0,51
	E'	-117,13	-40,88	-93,14	-4,22

Não é possível recomendar com absoluta certeza, um método mais apropriado para a bacia, tendo em vista os resultados encontrados e a indisponibilidade de dados observados para comparação. No entanto, o método apresentado por Pruski et al. (1997), tem demonstrado representar bem o escoamento superficial em bacias hidrográficas, desde que as condições e parâmetros de entrada sejam selecionados de forma apropriada. Nesse sentido, Teixeira et al. (2009) com o objetivo de estimar a vazão de projeto para a localidade de Pelotas/RS, também encontraram melhor desempenho para a metodologia proposta por Pruski et al. (1997), para bacias com área de drenagem igual a 7 km², tanto com chuva de projeto estimada por relação IDF quanto por desagregação de chuva diária.

4 CONCLUSÕES

O método de Pruski et al. (1997) apresentou melhor desempenho em comparação aos métodos Racional, McMath e I-Pai-Wu, os quais superestimaram os valores de vazão, para todas as localidades estudadas.

5 REFERÊNCIAS

- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA, C.F.A.; TERRA, V.S.S.; ROSSKOFF, J.L.C. Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.46-54, 2010.
- GENOVEZ, A.M. Vazões máximas. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001, p. 33-112.
- LEGATES, D.R.; MCCABE JR., G.J. Evaluating the use of "goodness-of-fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. **Water Resources Research**, v.35, n.1, p.233-241, 1999.
- PRUSKI, F.F; FERREIRA, P.A.; RAMOS, M.M.; CECON, P.R. A model to design level terraces. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.123, n.1, p.8-12, 1997.
- SANTOS, R.S.; TUCCI, C.; SILVEIRA, A.L.L.; MENESES FILHO, A.S. Estimativa do hidrograma de projeto com base na incerteza dos parâmetros do modelo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.6, n.1, p.29-41, 2001.
- SCS – Soil Conservation Service. Hydrology. In: National engineering handbook. Washington: USDA, 1972. p.101-1023.
- TASSI, R.; BASTOS, C.A.B.; MIRANDA, T.C. Aspectos metodológicos sobre o emprego do método do SCS com auxílio de ferramentas de geoprocessamento no projeto de estruturas de drenagem de uma rodovia. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.7, p.27-37, 2005.
- TUCCI, C.E.M. Vazão máxima e hidrograma de projeto. In: TUCCI, C.E.M. *Hidrologia*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.
- TEIXEIRA, C.; DAMÉ, R.C.F.; LOPES, E.; Estimativa de vazão de projeto para a localidade de Pelotas/RS: Comparação entre metodologias. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXVIII**. Juazeiro (BA)/Petrolina (PE): SBEA, 2009.