

Vazão máxima de projeto: metodologia para dimensionamento de bueiros em áreas agrícolas

Maximum flow of project: methodology for design of storm drains in agricultural areas

Claudia Fernanda Almeida Teixeira¹, Rita de Cássia Fraga Damé¹, Giliardi do Amaral Siqueira¹, Luiz Carlos Salgueiro Donato Bacelar²

¹*Centro das Engenharias, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEA/UFPel, Pelotas, RS, cfteixei@ig.com.br; ritah2o@hotmail.com; giliardi_as@hotmail.com*

²*Faculdade de Meteorologia, FMet/UFPel, Caixa Postal 354, Pelotas-RS, Brasil, luiz_bacelar90@hotmail.com*

RESUMO: Objetivou-se selecionar uma metodologia de estimativa de vazão máxima, considerando a precipitação de projeto obtida por registros pluviográficos e por desagregação da precipitação diária, e assim dimensionar hidráulicamente um sistema de drenagem em Rio Grande/RS. Um trecho de estrada foi dividido em subáreas, perfazendo um total de 8 bueiros. Para a estimativa da precipitação de projeto foram utilizadas duas equações intensidade-duração-frequência obtidas pela desagregação da chuva diária, e a terceira relação foi obtida pelo software Plúvio. As metodologias utilizadas foram os métodos Racional, McMath e o I-Pai-Wu. Os resultados permitiram concluir que o método McMath apresentou desempenho adequado quando comparado ao Racional, o qual foi considerado padrão. Quanto a utilização de relações IDF obtidas de registros pluviográficos e por desagregação da precipitação diária, constatou-se que a forma de obtenção das relações não influenciou no dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem testado.

ABSTRACT: The objective was to select a methodology for estimating peak runoff flow, considering the design obtained by precipitation from rain gauge records and disaggregation of daily rainfall, and thus the hydraulic design a drainage system in Rio Grande / RS. A stretch of road was divided into subareas, a total of eight culverts. To estimate the rainfall design equations were used three intensity-duration-frequency obtained by the disaggregation of daily rainfall, and the third for the software Plúvio. The methods used were Rational methods, McMath and the I-Pai-Wu. The results showed that the method McMath presented adequate performance when compared to Rational, which was considered standard. As the use of IDF relationships obtained from rain gauge records and disaggregation of daily rainfall, it was found that the way to obtain the relationship did not influence the hydraulic design of the drainage system tested.

1. INTRODUÇÃO

A estimativa da vazão máxima de projeto é fundamental no dimensionamento de obras hidráulicas como bueiros, pontes, vertedouros, drenagem agrícola, bem como em projetos de conservação de solo e água. Assim, a ocorrência de erros na sua estimativa, quer sejam abaixo ou acima do valor admitido de risco, tem-se por consequência obras sub ou superdimensionadas. No caso de obras subdimensionadas, a causa está na ocorrência de um evento de maior magnitude, o

que poderá acarretar em prejuízos econômicos, danos à saúde pública e perdas de vidas. 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 et al. [14]).

Existem diversos métodos disponíveis na literatura para a estimativa da vazão de projeto, ou seja, a vazão máxima associada a uma

probabilidade de ocorrência e/ou período de retorno (PRUSKI et al. [12]; TASSI et al. [17]; SILVINO et al. [16]). Cada método está fundamentado em uma série de parâmetros que visam representar a vazão de projeto de uma área de drenagem.

A precipitação é um parâmetro comum a todos os métodos, juntamente com as características da área de contribuição. No caso específico de vazões máximas, em que se utilizam as intensidades 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 et al. [8]). Nesse sentido, Pruski et al. [11] apresentam um banco de dados para a maior parte do Brasil, excetuando os estados de Roraima, Amapá, Distrito Federal e Sergipe, das relações intensidade-duração-frequência (IDF) obtidas mediante o uso de registros pluviográficos. Ocorre, no entanto, que em muitas localidades não há a disponibilidade das equações que representam as relações IDF (OLIVEIRA et al. [10]), dispondo-se apenas de séries diárias de precipitação, em que a partir destas, é necessário aplicar a técnica da desagregação da precipitação diária para a duração igual ao tempo de concentração da área de drenagem (SILVEIRA [15]; DAMÉ et al. [3]). Visto a variabilidade temporal e espacial exibida pela precipitação, cabe questionar se as equações IDF de um local, podem ser utilizadas para a estimativa da precipitação de projeto de outra localidade, pertencentes a mesma bacia hidrográfica.

Além da precipitação de projeto, os métodos de estimativa da vazão máxima consideram parâmetros de tipo e uso do solo e de relevo, levando em consideração a área de drenagem (TUCCI [18]). 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 às diversas condições de projeto, bem como parcimoniosos, visto a escassez de dados de vazão existentes.

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo utilizar três metodologias para estimar a vazão máxima, considerando a estimativa da precipitação de projeto obtida por registros pluviográficos e por desagregação da precipitação diária, para dimensionar hidráulicamente um

sistema de drenagem de um trecho de estrada vicinal no município de Rio Grande/RS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o dimensionamento das estruturas de drenagem foi selecionado um trecho de estrada vicinal no município de Rio Grande/RS, cuja área de contribuição é de aproximadamente 8.560 m² e declividade média de 1%. O trecho da referida estrada foi dividido em subáreas, cujas estruturas drenantes são interligadas, perfazendo um total de 8 bueiros. Na Figura 1 encontram-se a representação e a localização das subáreas que contribuem com a vazão de escoamento superficial para os bueiros previstos, os quais foram utilizados para a aplicação das metodologias propostas.

O tempo de concentração foi estimado segundo a equação Califórnia Culverts Practice (MATALIMA et al. [9]), utilizando o comprimento do escoamento e o desnível para cada uma das áreas de contribuição, cujas informações foram obtidas a partir das plantas topográficas da área em estudo.

Para a estimativa da precipitação de projeto foram utilizadas três equações IDF para as localidades denominadas de Estância do Curtume e Granja Santa Maria, as quais foram obtidas aplicando-se a técnica da desagregação da chuva diária, utilizando-se registros pluviométricos (SILVEIRA [15]; DAMÉ et al. [3]). A terceira relação foi obtida pelo Plúvio mediante os registros pluviográficos, de acordo com Pruski et al. [11] (Tabela 1). Embora a granja Santa Maria possua 46 anos de registros e localizada mais próxima a estação de Rio Grande, utilizou-se também os dados da Estância do Curtume (13 anos), uma vez que acredita-se que com a adequada exploração da informação pode-se melhor caracterizar o regime pluvial das chuvas intensas registradas na região.

Foi utilizado o período de retorno (Tr) de 50 anos, uma vez que Davis e Cornwell [4] recomendam que para obras de proteção contra enchentes relacionadas com a drenagem agrícola, o valor mínimo seja 50 anos.

As metodologias eleitas para a estimativa de vazão máxima foram: a) método Racional (TUCCI et al. [19]), b) método de McMath (SCARIOT [13]) e, c) método I-Pai-Wu (GENOVEZ [7]).

Para os métodos Racional e I-Pai-Wu foi utilizado o valor de coeficiente de escoamento igual a 0,95 (SCARIOT [13]) e para o método de

McMath 0,70, relacionado ao tipo de vegetação, solo e topografia do terreno. Cabe ressaltar que os valores de coeficiente de escoamento superficial diferem em função das pressuposições de cada metodologia utilizada na estimativa da vazão máxima de projeto.

Para avaliar a metodologia que mais se assemelha ao método Racional, considerado padrão visto o seu amplo conhecimento entre os usuários da área de recursos hídricos, foi utilizado o indicador estatístico Erro Relativo Médio Quadrático (RMSE).

A partir do estudo hidrológico para o dimensionamento das estruturas drenantes, ou seja, a estimativa dos valores de vazão máxima de projeto, o dimensionamento hidráulico das mesmas foi realizado seguindo a metodologia apresentada por Baptista e Coelho [2].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físicas de cada uma das áreas de contribuição, bem como o comprimento do escoamento, o desnível e o tempo de concentração são apresentados na Tabela 2. No trecho de estrada analisado, a contribuição designada por C11 apresenta o maior valor de área, sendo igual a 6.873,05 m², ou seja, aproximadamente 0,007 km². Observa-se que independente da área de contribuição analisada, estas são consideradas, do ponto de vista hidrológico, pequenas, proporcionando, por consequência, pequenos valores de vazão de projeto. De acordo com Franco [6], em termos práticos, classificam-se como bacias hidrográficas pequenas as que apresentam área menor do que 5 km² e tempo de concentração menor do que 1 h e Andrade Filho et al. [1] classificam como pequenas aquelas menores do que 3 km².

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 do dimensionamento de galerias pluviais e de bueiros (FRANCO [6]), além de seu frequente uso devido, principalmente, a sua simplicidade. Entretanto apresenta algumas restrições que, segundo Tassi et al. [17], devem-se aos princípios norteadores do referido método, quais sejam: considera a duração da precipitação igual ao tempo de concentração da bacia, adota um coeficiente único de perdas, estimado com base nas

características de cobertura do solo e o período de retorno da vazão de projeto igual ao da precipitação.

No presente trabalho, em função das áreas de drenagem serem menores do que 2 km², o método Racional foi considerado como padrão, de forma a permitir a análise do comportamento dos picos de vazão de projeto obtidos pelos métodos McMath e I-Pai-Wu e diferentes relações IDF. Assim, na Figura 2 são apresentados os gráficos que relacionam os valores de vazão máxima de projeto aplicando-se as três metodologias propostas, considerando a chuva crítica estimada pelas relações IDF obtidas de três localidades (Plúvio, Estância do Curtume e Granja Santa Maria), para o período de retorno de 50 anos.

Analisando-se a Figura 2 verifica-se que para o bueiro número 8, o qual recebe o maior volume de escoamento superficial, os valores de vazão obtidos pelo método de I-Pai-Wu foram sempre maiores quando a chuva crítica foi estimada a partir da IDF Plúvio, seguida da Granja Santa Maria e Estância do Curtume, alcançando valores de 1,3309; 1,0112 e 0,9013 m³ s⁻¹, respectivamente. Assim, selecionar a relação IDF que conduz a resultados satisfatórios de vazão torna-se uma decisão importante do ponto de vista hidrológico. No presente trabalho utilizar a IDF obtida de registros pluviográficos (IDF Plúvio) resulta em uma subestimativa de 24% (Granja Santa Maria) e de 32% (Estância do Curtume) nos valores de vazão, em relação àquelas obtidas a partir da técnica da desagregação da chuva diária. Zuffo [20] desenvolveu um estudo em Campinas/SP, em que a equação foi determinada para as precipitações registradas entre os anos de 1946 a 1978, ou seja, 33 anos de um período em que a área urbana era menor e a rural maior, comparadas com a atualidade. O autor concluiu no sentido de que há a necessidade de revisões periódicas e atualizações nas equações de chuvas que possuam mais de 20 anos de idade, para evitar a ocorrência de erros no dimensionamento das obras hidráulicas rurais contra as enchentes. Associado ao acima exposto, há que se considerar ainda que ocorre maior disponibilidade de dados pluviométricos do que pluviográficos, justificando-se então, em muitos casos, a preferência pelo uso da chuva de projeto obtida pela técnica da desagregação.

Além do superdimensionamento causado pelo uso incorreto de um determinado método, muitas

vezes o engenheiro projetista, movido pelo conservadorismo, opta por uma rede de drenagem com capacidade muita além da necessária, majorando em muito o custo da obra. Partindo-se para a análise dos valores de vazão obtidos pela relação IDF Plúvio, em função desta ser estimada a partir de registros pluviográficos, verifica-se a discrepância entre os mesmos quando são aplicadas as metodologias propostas, considerando-se o método Racional como padrão. O método de I-Pai-Wu superestimou os valores de vazão, alcançando uma diferença percentual em torno de 73%, em relação aos valores de obtidos pelo método Racional. Uma possível explicação para a superestimativa deve-se às condições em que o referido método foi obtido, uma vez que o mesmo é um aprimoramento do método Racional. Entretanto, deve ser aplicado para bacias de área de drenagem entre 2 e 200 km², visto que o mesmo considera a distribuição espacial da chuva a partir do uso de um coeficiente “K”, que considera área da bacia e da duração da precipitação (EVANGELISTA et al. [5])

A vazão determinada pelo método McMath é a que mais se aproxima do valor obtido pelo método Racional, ultrapassando-o em cerca de 5%. De acordo com Scariot [13], 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 e irreal das vazões em função das áreas de contribuição.

No entanto, não é possível recomendar um método mais apropriado para o trecho de estrada estudado, tendo em vista a indisponibilidade de dados observados para comparação. No entanto, o método Racional, dado suas características apropriadas em termos de pressuposições (seleção adequada do coeficiente de escoamento e dos parâmetros físicos) permitiu concluir que o método McMath foi o que melhor representou a vazão máxima de escoamento superficial para o trecho em estudo.

Com o objetivo de confirmar o resultado obtido foi utilizado o índice estatístico Erro Relativo Médio Quadrático (RMSE), cujos valores obtidos a partir das comparações entre os valores de vazão máxima estimados com aqueles obtidos pelo método Racional, para o período de retorno 50 anos, encontram-se na Tabela 3. É possível observar que, de fato, o método McMath conduziu a menores desvios, os quais variaram de 0,09 a 0,23, sendo que para o método I-Pai-Wu, os

desvios foram iguais a 1,23, independentemente da relação IDF utilizada.

Tabela 3 - Valores de Erro Relativo Médio Quadrático (RMSE) obtidos entre os valores de vazão máxima de projeto estimados pelos métodos de McMath e I-Pai-Wu com os obtidos pelo método Racional, considerando a chuva crítica estimada pelas três relações IDF

IDF	Índice RMSE	
	McMath	I-Pai-Wu
Plúvio	0,09	1,23
Estância do Curtume	0,20	1,23
Granja Santa Maria	0,23	1,23

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros hidráulicos que permitiram o dimensionamento do sistema drenante da estrada, a partir da estimativa da vazão de projeto pelo método Racional e considerando as três relações IDF.

Uma vez que os valores da declividade de assentamento (1%) de cada um dos bueiros foi superior a declividade crítica calculada de acordo com Baptista e Coelho [2], verifica-se que os bueiros funcionarão como canais, ou seja, o regime de escoamento é supercrítico, com controle hidráulico a montante. Quando os valores de vazão de projeto obtidos pelas três IDF utilizadas são comparados com a vazão admissível, verifica-se que, independente da relação IDF a ser utilizada, não há reflexos nos valores encontrados dos diâmetros dos drenos, ou seja, na localidade em estudo, pode-se utilizar relações IDF obtidas, tanto de registros pluviográficos, quanto de registros pluviométricos.

Quanto aos valores de velocidade de escoamento, estes variaram de 1,40 a 2,56 m s⁻¹, os quais estão entre os valores indicados como mínimo e máximo, que são 0,80 a 3,60 m s⁻¹, respectivamente. A partir das avaliações hidráulicas, os bueiros a serem utilizados na estrada são do tipo simples, de concreto e com diâmetros que variam de 0,30 a 1,0 m (BSCD300 a BSCD1000).

4. CONCLUSÕES

1) Para o período de retorno de 50 anos, recomendado para obras de proteção contra enchentes e considerando a vazão máxima estimada pelo método Racional, o método McMath foi o que alcançou o menor valor de RMSE,

indicando “ótimo” desempenho da metodologia proposta para a estimativa do escoamento superficial;

2) A utilização de relações IDF obtidas de registros pluviográficos e a partir da técnica da desagregação da precipitação diária não influenciaram no dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem testado.

REFERÊNCIAS

1. ANDRADE FILHO, A. G.; SZÉLIGA, M. R.; SZESZ, J. R. S. Utilização de micro-reservatórios de retenção para atenuação de inundações em bacias urbanas. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 6, n. 01, p. 47-68, 2000.
2. BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 480p.
3. DAMÉ, R. C. F. et al. Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 01, p. 46–54, 2010.
4. DAVIS, M. L.; CORNWELL, D. A. **Introduction to environmental engineering**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1998. 919 p.
5. EVANGELISTA, A. W. P.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F.; SEDIYAMA, G. C. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para dimensionamento de sistemas de drenagem agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 04, p. 441–449, 2005.
6. 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.
7. 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.
8. LIMA, J. S. S. et al. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 02, p. 327-332, 2008.
9. MATA-LIMA, H. et al. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista Escola de Minas**, v. 60, n. 03, p. 525-536, 2007.
10. OLIVEIRA, L. F. C. et al. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n. 01, p. 13-18, 2005.
11. PRUSKI, F.F.; et al. **Hídros: Dimensionamento de sistemas hidroagrícolas**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 259p.
12. PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; DEMETRIUS D. S. Modelo hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n. 02, p. 301-307, 2001.
13. 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.
14. SILVA, J. M. A. et al. Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em encostas e canais. Parte II: modelo computacional e análise de sensibilidade. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 03, p. 704-712, 2006.
15. SILVEIRA, A. L. L. Equação para os coeficientes de desagregação de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 04, p. 143-147, 2000.
16. SILVINO, A. N. O. et al. Determinação de vazões extremas para diversos períodos de retorno para o rio Paraguai utilizando métodos estatísticos. **Geociências**, v. 26, n. 04, p. 369-378, 2007.
17. 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**, v. 5, n. 07, p. 27-37, 2005.
18. TUCCI, C. E. M. Parâmetros do hidrograma unitário para bacias urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n.02, p.195–199, 2003.

19. TUCCI, C. E. M.; BELTRAME, L. F. S. Hidrologia – ciência e aplicação Vazões médias. In: **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre ABRH 2001 cap7, p113-124. 2001.
20. ZUFFO, A. C. Equações de chuvas são eternas? In: CONGRESSO

LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 21., São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: IAHR, 2004. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~zuffo/b407.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2010.

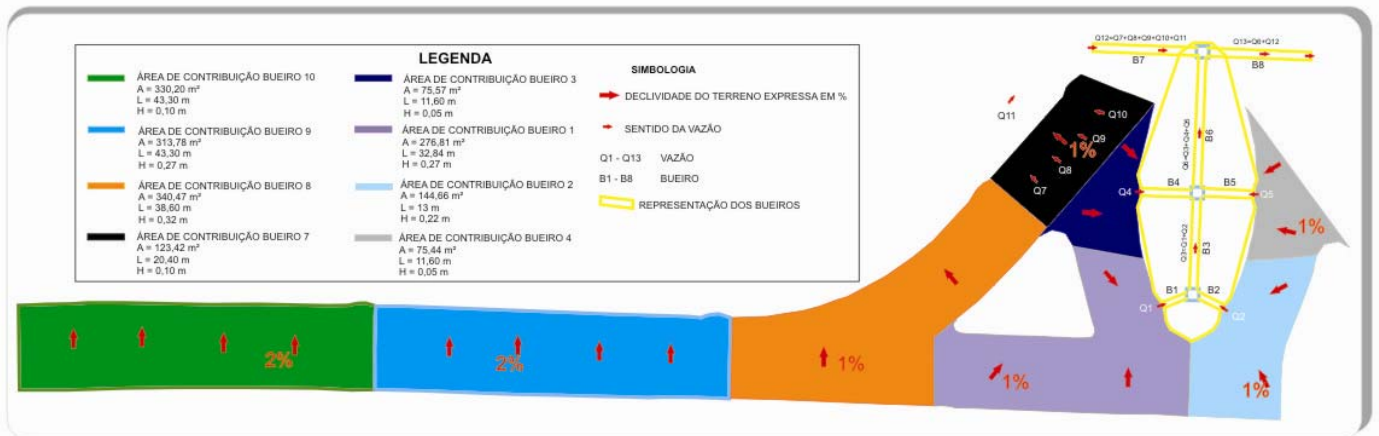


Figura 1 - Representação e localização das áreas de contribuição aos bueiros

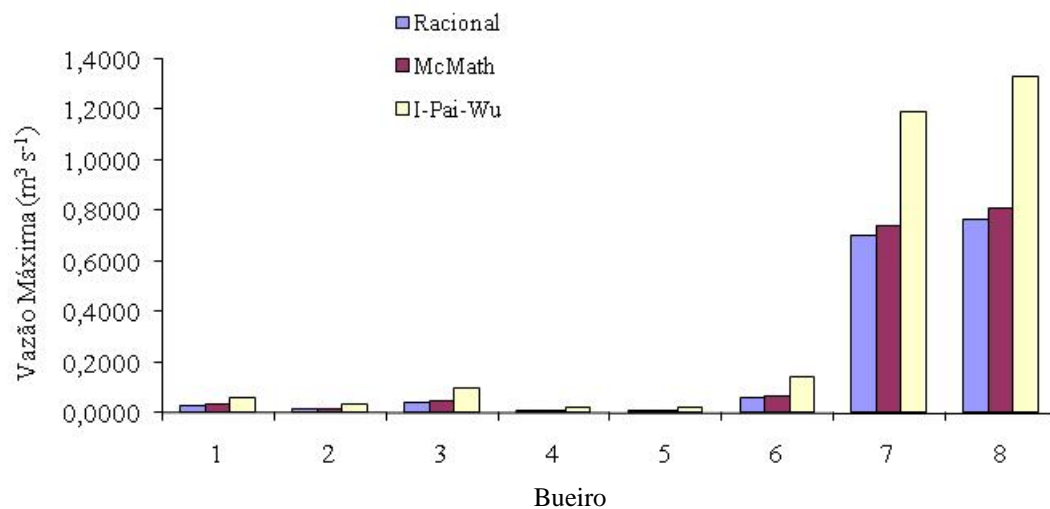
Tabela 1 - Relações intensidade-duração-frequência (IDF) de ocorrência das precipitações para a localidade de Rio Grande/RS

Localidade	Latitude	Longitude	IDF
Plúvio	32°02'00''	52°06'00''	$I = \frac{774,14 Tr^{0,2300}}{(t + 6,9000)^{0,7400}}$
Estância do Curtume	32°26'00''	52°36'00''	$I = \frac{943,38 Tr^{0,1128}}{(t + 9,3670)^{0,7271}}$
Granja Santa Maria	32°24'16''	52°33'21''	$I = \frac{1218,48 Tr^{0,077}}{(t + 9,3661)^{0,7271}}$

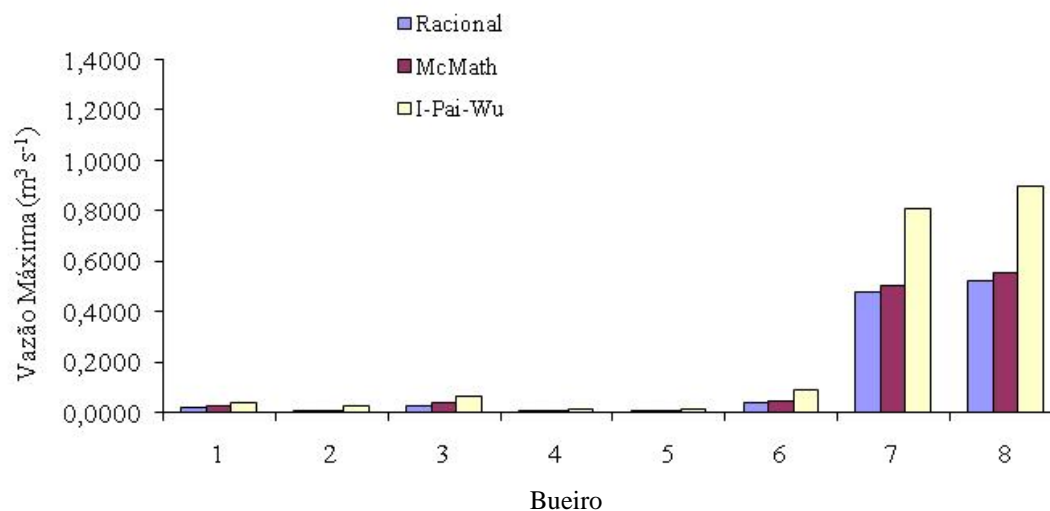
I – Intensidade máxima média de precipitação pluvial (mm h⁻¹); Tr – Período de retorno (anos); t – duração da precipitação (min).

Tabela 2 - Valores de área de contribuição, comprimento de rio principal (L), desnível (H) e tempo de concentração (tc) referentes ao trecho de rodovia em estudo

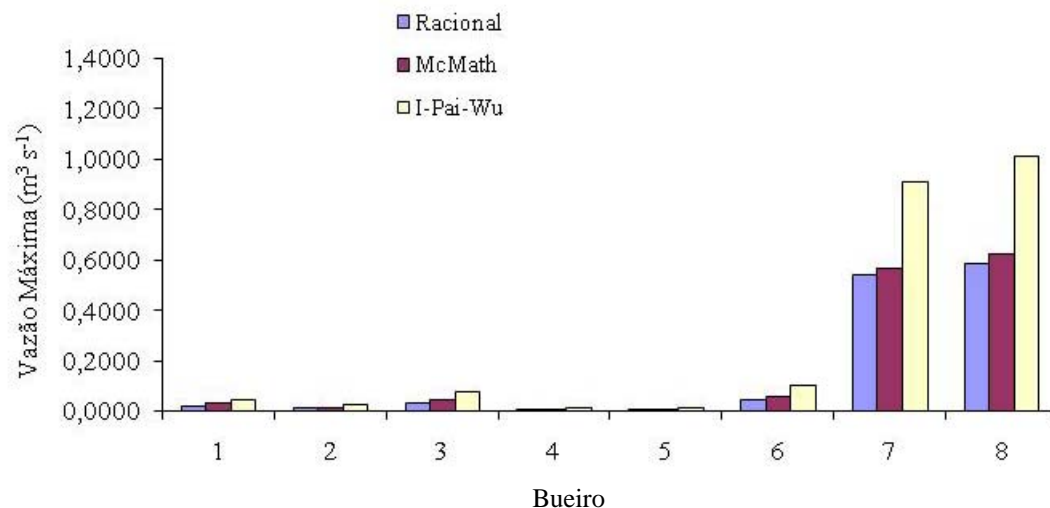
Contribuição	Área (m ²)	L (km)	H (m)	tc (min)
C-01	276,81	0,0328	0,27	1,8249
C-02	144,66	0,0130	0,22	0,6771
C-04	75,57	0,0116	0,05	1,0501
C-05	75,44	0,0116	0,05	1,0501
C-07	330,23	0,0430	0,10	3,6520
C-08	313,78	0,0430	0,27	2,4915
C-09	340,47	0,0390	0,32	2,0848
C-10	123,42	0,0200	0,10	1,5086
C-11	6873,05	0,1150	1,80	3,7385



a) IDF_Plúvio



b) IDF_Estância do Curtume



c) IDF_Granja Santa Maria

Figura 2 - Valores de vazão máxima de projeto ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) estimados pelos métodos Racional, McMath e I-Pai-Wu, considerando a chuva crítica estimada pelas relações IDF obtidas do Plúvio (a), Estância do Curtume (b) e Granja Santa Maria (c), para o período de retorno de 50 anos.

Tabela 4 – Valores relativos ao dimensionamento hidráulico do sistema de drenos obtidos pelo método Racional, considerando a chuva crítica estimada pelas relações IDF Plúvio, Granja Santa Maria e Estância do Curtume, para o período de retorno de 50 anos

Bueiro	Ic ¹ (m m ⁻¹)	Q _{adm} ² (m ³ s ⁻¹)	Q _{Plúvio} ³ (m ³ s ⁻¹)	Q _{Sta Maria} (m ³ s ⁻¹)	Q _{E. Curtume} (m ³ s ⁻¹)	V ⁴ (m s ⁻¹)	Tipo de Bueiro ⁵
1	0,008	0,08	0,03	0,02	0,02	1,40	BSCD300
2	0,008	0,08	0,02	0,01	0,01	1,40	BSCD300
3	0,008	0,08	0,04	0,03	0,03	1,40	BSCD300
4	0,008	0,08	0,01	0,01	0,01	1,40	BSCD300
5	0,008	0,08	0,01	0,01	0,01	1,40	BSCD300
6	0,007	0,43	0,06	0,04	0,04	1,98	BSCD600
7	0,006	1,53	0,71	0,54	0,48	2,56	BSCD1000
8	0,006	1,53	0,77	0,58	0,52	2,56	BSCD1000

¹Ic - Declividade crítica para bueiro tubular; ²Q_{adm} - vazão admissível de acordo com o regime supercrítico; ³Q_{Plúvio} - vazão estimada pelo método Racional, considerando a chuva crítica obtida pela IDF Plúvio; ⁴V - velocidade de escoamento;

⁵BSCD300: bueiro simples celular de concreto de diâmetro de 0,30 m; BSCD600: bueiro simples celular de concreto de diâmetro de 0,60 m e, BSCD1000: bueiro simples celular de concreto de diâmetro de 1,00 m.