

BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FRAGATA: HIDROGRAMA DE PROJETO

SIQUEIRA, Giliardi do Amaral

Faculdade de Engenharia Agrícola/UFPeI

TEIXEIRA, Claudia Fernanda Almeida

Faculdade de Engenharia Agrícola/UFPeI

DAMÉ, Rita de Cássia Fraga

Faculdade de Engenharia Agrícola/UFPeI

BACELAR, Luiz Carlos Salgueiro Donato

Faculdade de Meteorologia/UFPeI

1 INTRODUÇÃO

O dimensionamento de drenos, barragens e obras de proteção contra cheias e erosão hídrica requer o estudo das precipitações intensas, para obtenção da altura da chuva de projeto, e a partir da qual a definição da vazão a ser utilizada.

No projeto de estruturas de controle de erosão e inundação são necessárias, também, informações sobre o escoamento superficial. Quando o objetivo é reter ou armazenar toda a água, o conhecimento do volume escoado é suficiente. Por outro lado, se há necessidade da condução do excesso de água para fora da área de interesse, a determinação da vazão de escoamento superficial torna-se mais importante, particularmente a vazão correspondente a um determinado período de retorno (Pruski et al., 1998).

Para o presente estudo, não se dispõe de informações a cerca do comportamento das vazões de escoamento superficial para a bacia hidrográfica do arroio Fragata, localizada em Pelotas/RS. Neste sentido, quando o interesse é o estudo de áreas agrícolas e principalmente o planejamento conservacionista do uso e manejo do solo, muitas vezes é necessário conhecer o comportamento do escoamento superficial ao longo do tempo, representado por seu hidrograma.

Face ao exposto, o objetivo do trabalho foi obter o hidrograma de projeto, resultante do hietograma estimado pela relação intensidade-duração-frequência (IDF), para o arroio Fragata, localizado no município de Pelotas, RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O arroio Fragata tem suas nascentes no município de Morro Redondo, a oeste de Pelotas, a uma altitude de 300 m, aproximadamente, em que a área de drenagem, na seção transversal da ponte da ferrovia, é de 191,8 km², o comprimento e a declividade do curso d'água principal iguais a 33,1 km e 0,00903 m m⁻¹, respectivamente (ALL, 2009). A partir da caracterização fisiográfica da bacia, o tempo de concentração foi calculado utilizando a equação de Watt e Chow (Dingman, 2002), cujo valor encontrado foi de 782,6 min (\cong 13,0 horas).

Empregou-se a relação IDF do município de Pelotas, RS, obtida por Goulart et al. (1992), cuja expressão é:

$$I = \frac{(1253,0975 + 64,7169 \ln Tr)}{(t + 5)^{0,8277} Tr^{-0,0180}} \quad (1)$$

sendo I a intensidade máxima média de precipitação (mm h^{-1}), Tr o período de retorno (anos) e t o tempo de duração da chuva (min).

O hietograma de projeto foi obtido a partir do método dos blocos alternados (Marcellini, 1994), cujas etapas foram: (a) seleção da duração total da precipitação (t_d) e do intervalo de discretização (Δt); (b) obtenção da intensidade de precipitação para cada duração, a partir da relação IDF, obtida por Goulart et al. (1992); (c) transformação das intensidades em alturas de precipitação e acumuladas até o último intervalo de tempo; (d) cálculo dos incrementos dos totais acumulados por intervalo; (e) rearranjo dos incrementos ou blocos, obtidos em uma sequência tal que, no centro da duração da precipitação, se situe o bloco maior e, em seguida, os demais. Para se obter o hietograma de projeto efetivo foi utilizado o método do Soil Conservation Service (SCS, 1972; Singh et al., 2008), sendo a precipitação efetiva foi obtida pelas seguintes relações:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

sendo P_e a precipitação efetiva acumulada (mm), P a quantidade de chuva armazenada no instante (mm), I_a as abstrações iniciais (20% S) (mm), S o armazenamento máximo (mm) e CN o parâmetro curva número (adimensional).

Para o parâmetro CN , adotou-se um valor de 78, em função das características de tipo e uso do solo da área do entorno da bacia em estudo, ou seja, solos de permeabilidade baixa e ocupação essencialmente rural, com predomínio de pastagens e campos permanentes.

Obteve-se o hietograma efetivo da seguinte forma: (a) obtenção da lâmina efetiva para cada duração (Eqs. 2 e 3) e (b) cálculo dos incrementos da lâmina efetiva acumulada, por intervalo de tempo. Para obtenção do hidrograma de projeto primeiro se estimaram os parâmetros do hidrograma unitário sintético triangular do SCS (1972), cuja metodologia consistiu, inicialmente, da estimativa do Hidrograma Unitário Curvilíneo da área em estudo, em que se adotou um valor de duração da chuva, t_r , ($0,1333 \times t_c$); calculou-se o tempo entre metade da precipitação e o instante de pico (t_p), pela expressão, $t_p = 0,6 t_c$; o tempo de instante do pico (T_p) pela expressão, $T_p = (t_r/2) + t_p$; o tempo entre o início e o fim do escoamento superficial, ou seja, o tempo de base (t_b), $t_b = 2,67 \times ((t_r/2) + t_p)$; a vazão de pico (Q_p), em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, pela expressão, $Q_p = (0,208 \times A)/T_p$, donde A é a área de drenagem expressa em km^2 e T_p , o tempo de instante de pico em horas.

A partir dos valores obtidos de T_p e Q_p , obtiveram-se as ordenadas do Hidrograma Unitário da área em estudo, através do Hidrograma Unitário Adimensional (SCS, 1972). Para a estimativa do hidrograma de escoamento

superficial foram utilizadas as ordenadas do hidrograma unitário e os valores de precipitação excedentes obtidos a partir dos hietogramas efetivos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 são apresentados os hietogramas de projeto e efetivo, reorganizados pelo método dos blocos alternados, para o período de retorno de 10 anos, para o arroio Fragata, considerando-se que a relação IDF foi obtida a partir da equação analítica apresentada por Goulart et al. (1992) e a precipitação excedente obtida mediante metodologia do SCS (1972).

Observa-se que o maior valor total de precipitação, 36,27 mm, ocorreu na duração de 400 min, cuja lâmina escoada, para a mesma duração foi de 17,12 mm. O percentual de lâmina escoada em relação ao total precipitado foi de aproximadamente 50%, considerando apenas o período de retorno de 10 anos. Segundo Moreti et al. (2003) e Damé et al. (2005), na seleção do período de retorno, para elaboração de projetos na área de Engenharia de Água e Solo, deve-se considerar os custos da obra, o grau de risco, a vida útil da obra, o tipo de estrutura e a facilidade de reparo e ampliação da mesma. Para projetos hidroagrícolas, Pruski (1993) recomenda um período de retorno 10 anos.

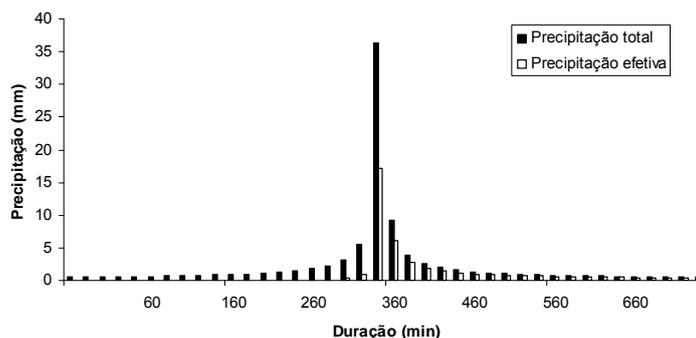


Figura 1. Hietogramas de projeto e efetivo para o período de retorno de 10 anos para o arroio Fragata, na localidade de Pelotas/RS.

O hidrograma de projeto para o arroio Fragata estimado a partir do hietograma obtido pela equação analítica de Goulart et al. (1992), é apresentado na Figura 2.

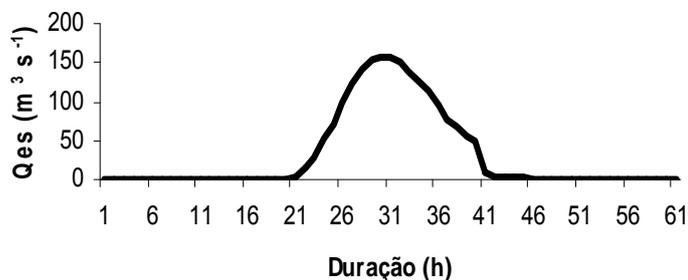


Figura 2. Hidrograma de projeto estimado para o arroio Fragata, na localidade de Pelotas/RS.

Observa-se que o valor obtido para vazão de pico de escoamento superficial foi 157,50 m³ s⁻¹. Damé et al. (2010) com o objetivo de comparar os hidrogramas de projeto resultantes dos hietogramas estimados pelas relações IDF de precipitação obtidos por dados pluviométricos e pluviográficos, para a

localidade de Pelotas, RS, encontraram valores de precipitação total, efetiva e vazão de pico iguais aproximadamente a 20 mm, 2 mm e $8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Cabe ressaltar que os valores encontrados pelos autores, inferiores aos obtidos para o arroio Fragata, deve-se ao fato de que os mesmos utilizaram uma bacia hipotética de 7 km^2 de área, tempo de concentração da área de 72,2 min, estimado pela equação de Kirpich e um valor de 65, para o parâmetro curva número (CN). No presente estudo, foi considerada área da bacia de $191,8 \text{ km}^2$, tempo de concentração estimado pela equação de Watt e Chow e valor de CN igual a 78, o que pode ter contribuído para que os valores acima citados apresentem-se superiores.

4 CONCLUSÕES

Para o período de retorno de 10 anos, recomendado para projetos hidroagrícolas, o valor de precipitação obtido foi de 36,27 mm e o total de lâmina escoada em relação ao total precipitado foi de 17,12 mm, e o valor de pico para a vazão de escoamento superficial foi de $157,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

5 REFERÊNCIAS

- ALL-AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA DO BRASIL. **Estudo de reavaliação das condições hidráulicas na ponte ferroviária do arroio Fragata**. Relatório de Produto: UFRGS/IPH/FAURGS, 39p. 2009.
- DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA, C.F.A.; MOURA C.; MACHADO, R.; BESKOW, S. Análise do impacto de um evento de precipitação ocorrido na cidade de Pelotas/RS. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.3, p.15-25, 2005.
- 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, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG.
- DINGMAN, S.L. **Physical Hydrology**. Prentice Hall, Upper Saddle River, 646p. 2002.
- GOULART, J.P.; MAESTRINI, A.P.; NEIBEL, A.L. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.7, n.1, p.543-552, 1992.
- MARCELLINI, S.S. Análise de critérios para a determinação das tormentas de projeto e sua influência nos hidrogramas em pequenas bacias hidrográficas. São Paulo: USP, 1994. 176p. Dissertação Mestrado.
- MORETI, D.; CARVALHO, M.P.; MANNIGEL, A.R.; MEDEIROS, L.R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.713-725, 2003.
- PRUSKI, F.F. Desenvolvimento de metodologia para dimensionamento de canais de terraços. Viçosa: UFV, 1993. 97p. Tese Doutorado.
- PRUSKI, F.F., SILVA, J.M.A., RODRIGUES, L.N., SILVA, D.D. A model to obtain the hydrograph of surface runoff in terraced areas. In: *Water and the environment: innovation issues in irrigation and drainage* (ed. E&FN Spon), Londres. 1998.
- SCS – Soil Conservation Service. Hydrology. In: *National engineering handbook*. Washington: USDA, 1972. p.101-1023.
- SINGH, P.K.; BHUNYA, P.K.; MISHRA, S. K.; CHAUBE, U.C. A sediment graph model based on SCS-CN method. **Journal of Hydrology**, v.349, p.244-255, 2008.