



16, 17 e 18 de setembro de 2014
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

ESTIMATIVA DO FATOR DE REDUÇÃO PONTO-ÁREA PARA ESTUDOS DE MACRODRENAGEM NA BACIA DO ALTO TIETÊ

ESTIMATION OF POINT TO AREA REDUCTION FACTOR FOR STUDIES OF MACRODRAINAGE IN THE UPPER TIETE RIVER BASIN

L.S. Girnius; J.R.S. Martins

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, ligirnius@gmail.com; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, scarati@usp.br

Palavras-Chave: fator de redução ponto-área, hidrologia urbana, chuva de radar.

Key Words: areal reduction factors, urban hydrology, radar rainfall.

1. INTRODUÇÃO

A chuva de projeto é um dos fatores mais importantes no dimensionamento de obras de drenagem, sendo a principal forçante de modelos de transformação chuva-vazão. Estes modelos fornecem as vazões máximas nas seções do curso d'água, para as quais serão dimensionadas as obras ou adotados mecanismos de gestão e manejo das águas pluviais.

A bacia do Alto Tietê-BAT abrange praticamente toda a Região Metropolitana de São Paulo-RMSP, com cerca de 6.000km². Nos últimos anos, mesmo após a conclusão das obras de ampliação das calhas I e II em 2005, foram registradas falhas frequentes do sistema. Por isso, presume-se que a variabilidade espacial-temporal dos eventos teve papel importante na geração dos hidrogramas. O objetivo desse artigo é apresentar um procedimento para estabelecimento das tormentas de projeto críticas aplicáveis à BAT, na RMSP, a partir da análise de 7 eventos críticos observados nos últimos 10 anos para diferentes durações, e que permitem a obtenção de uma relação FR específica para a bacia com o uso da tecnologia de radar e de telemetria.

As curvas de FR tradicionais foram definidas na publicação TP-29 do US Weather Bureau (Bureau, 1958). Posteriormente, diversos estudos usando a mesma metodologia de interpolação dos dados de superfície foram desenvolvidos, assim como retratado por Miller (1973) na Figura 1-a. O uso dos radares meteorológicos permite incorporar aspectos espaciais mais realistas às tormentas de projeto, fator este de extrema importância para um diagnóstico dos sistemas de drenagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Uma maneira de cálculo dos FRs é a divisão da chuva média na área selecionada pela chuva máxima observada pontual, conhecido como *storm-centered* e, por isso, os valores são sempre menores que 1. Outra abordagem é a fixação de um ponto de referência e a chuva média na área é dividida pela máxima nesse local. Os estudos apresentados no TP-29 e por Miller (1973) resultaram na Eq. 1 (Asquith and Famiglietti, 2000), largamente utilizada no Brasil, na qual Z_e é a chuva média, Z_T é a chuva pontual, t é a duração da chuva em horas e A é o tamanho da área (mi^2).

$$\text{Eq. 1} \quad FR = \frac{Z_e}{Z_T} = 1 - e^{-1.1t^{0.25}} + e^{(-1.1t^{0.25} - 0.01A)}$$

Os estudos de Durrans et al. (2002) baseados em dados de radar concluíram que as relações FR derivadas desta técnica são inferiores às obtidas com dados da rede de superfície. Os estudos de Barbalho (2012) em uma pequena bacia urbanizada mostraram diferenças significativas em relação às curvas clássicas. Por fim, a análise crítica de Wright et. al. (2014) concluiu que a formulação tradicional não é representativa dos eventos extremos porque não são considerados os diferentes tipos de chuva, o que pode levar a uma superestimativa dos riscos e do dimensionamento das obras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para definição dos FR foram selecionados 7 eventos críticos (Tabela 1), sendo considerado o grau de relevância do evento na BAT como um todo, priorizando-se as precipitações que resultaram em extravasamentos dos drenos principais, em detrimento a chuvas pontuais. As estimativas do radar foram integradas aos dados de 54 postos primários da rede (ROCHA FILHO et al., 2013) (Figura 1-b), gerando arquivos ASCII grid (43 colunas x 73 linhas) de 2 x 2 km (Figura 2).

Tabela 1. Eventos selecionados para o cálculo dos FRs

Evento	Início	Fim	Duração (h)	Vazão (m^3/s)*
Mai-2005	23/5/05 0:10	26/5/05 1:00	73	1.175
Fev -2007	5/2/07 15:30	12/2/07 0:00	152	815
Dez-2007	18/12/07 17:10	21/12/07 1:00	56	935
Set-2009	6/9/09 6:10	10/9/09 14:50	105	895
Dez-2009	7/12/09 10:10	9/12/09 4:00	42	1.090
Jan-2010	20/1/10 18:10	22/1/10 18:00	48	986
Jan-2011	10/1/11 18:10	12/1/11 18:00	48	1.320

*vazão estimada na Barragem Móvel com base na curva-chave e no monitoramento de nível realizado pelo SAISP. A capacidade de projeto da calha neste trecho é de 1.048 m^3/s , porém se encontra bastante reduzida devido ao assoreamento do fundo do canal.

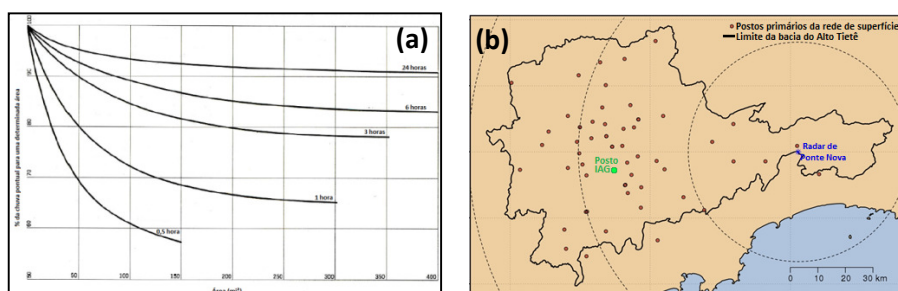


Figura 1- Curvas FR - Miller (1973) (a) e rede telemétrica e radar na BAT (b)

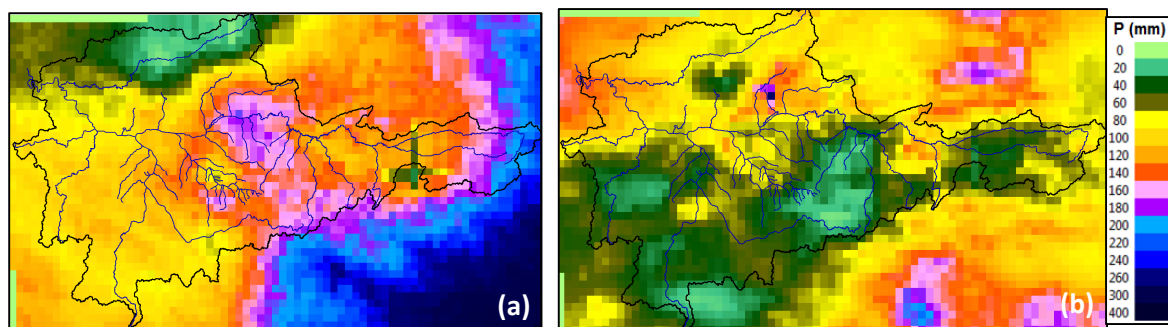


Figura 2 – Precipitação acumulada de 24 h em mai/05 e jan/11 (b)

A área da bacia foi delimitada para o cálculo da chuva média e comparada com a chuva pontual no posto IAG (cód. DAEE E3-035), escolhido para determinação do FR como local de referência. A justificativa desse procedimento está na análise estatística pontual, tendo em vista que este é o posto padrão na região para a determinação da relação IDF (Martinez Jr et al, 1999).

O processamento dos dados resultou em 34 valores de FR, considerando apenas a área total da bacia, para as durações de chuva de 6 a 120 horas. Os pontos obtidos são apresentados na Figura 3, na qual pode-se concluir que a duração tem papel importante no FR da RMSP. Observa-se também que chuva média sobre a bacia decai rapidamente com a magnitude do evento no posto de referência, especialmente para as menores durações. Os valores de FR maiores que 1 representam as chuvas com núcleos distantes do posto IAG e, provavelmente, concentrados em áreas menores.

A Figura 5 mostra as curvas de FR em função do período de retorno para as precipitações obtidas na análise estatísticas do posto IAG. Observa-se que para as chuvas menos frequentes o FR decai mais lentamente enquanto para as menores durações as chuvas tendem a ser menos uniformes, isto é, resultam em FRs mais baixos. Por outro lado, não é possível chegar a uma conclusão sobre o efeito da duração da chuva em intervalos pequenos, pois os resultados para 12 e 24 horas foram bastante similares, assim como para as durações superiores a 48 horas. Numa comparação com a aplicação da Eq. 1 observa-se que os resultados são similares para os períodos de retorno de 2 e 5 anos, mas para eventos menos frequentes a estimativa pela Eq. 1 tenderia a majorar a força hidrológica quando comparada aos FRs obtidos a partir da observação pelo radar de Ponte Nova.

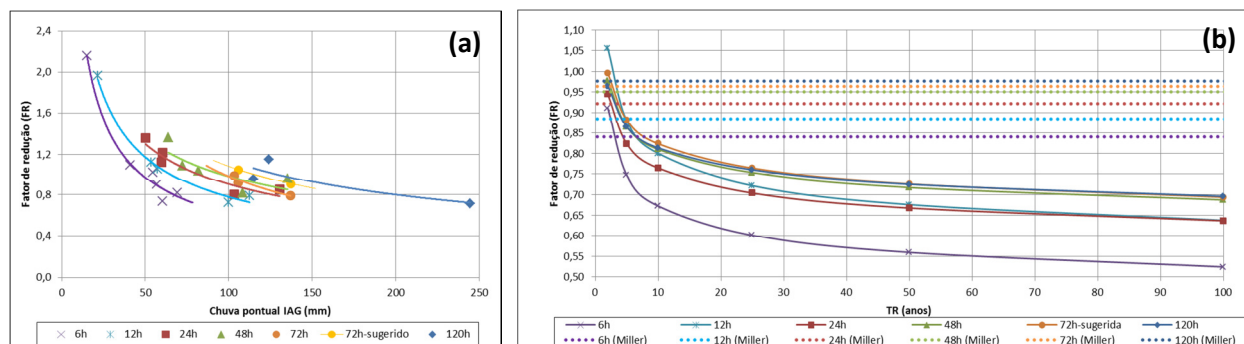


Figure 4 –FRs em função da duração e da precipitação pontual e curva de tendência (a) e FR observado em comparação aos dados da Eq. 1 (b)



16, 17 e 18 de setembro de 2014
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

4. CONCLUSÃO

Os radares meteorológicos são cada vez mais utilizados para monitoramento hidrológico e climático. As observações de um radar podem ser utilizadas com precisão suficiente como forçante de modelos hidrológicos, porém as curvas de FRs ainda são importantes nas estimativas de tormentas de projeto para projeto e avaliação de risco de sistemas de drenagem. Lembrando que os dados do radar devem ser verificados e calibrados com base nos testemunhos de superfície.

Os resultados para a bacia do Alto Tietê mostraram que a duração do evento, o volume precipitado e as características da região podem afetar a distribuição espacial das chuvas, tendo em vista as diferenças entre os valores de FR obtidos nesse estudo para os tradicionais. Essas variações podem resultar em tormentas de projeto superestimadas, afetando, por exemplo, a avaliação de risco. Os resultados aqui apresentados mostram que o FR tem forte dependência da duração e da magnitude do evento (TR).

REFERÊNCIAS

- ASQUITH, W. H., AND J. S. FAMIGLIETTI, 2000, Precipitation areal-reduction factor estimation using an annual-maxima centered approach: *Journal of Hydrology*, v. 230, p. 55-69.
- BARBALHO, F. D., 2012, MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DO FATOR DE REDUÇÃO DE ÁREA EM BACIAS URBANAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, Goiânia, GO, BRAZIL, 89 p.
- BUREAU, U. S. W., 1958, Rainfall intensity-frequency regime, Part 2—Southeastern United States Washington, DC.
- DURRANS, S., L. JULIAN, AND M. YEKTA, 2002, Estimation of Depth-Area Relationships using Radar-Rainfall Data: *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 7, p. 356-367.
- MARTINEZ JR., F., AND N. L. G. MAGNI, 1999, Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo, São Paulo, DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.
- MILLER, J. F. F., R.H.TRACEY, R.J., 1973, Precipitation-frequency atlas of the conterminous western United States (by states), NOAA Atlas 2, Silver Spring, Md., NWS.
- ROCHA FILHO, K., F. CONDE, and C. P. ANDRIOLI, 2013, Correção em tempo real da precipitação estimada por um radar meteorológico com uma rede de superfície, XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Bento Gonçalves, RS, BRAZIL, ABRH.
- WRIGHT, D. B., J. A. SMITH, AND M. L. BAECK, 2014, Critical Examination of Area Reduction Factors: *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 19, p. 769-776.