



## ANÁLISE DE CONSTANTES DE DESAGREGAÇÃO DE CHUVA DIÁRIA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

*Marcelle Martins Vargas<sup>1</sup>; Samuel Beskow<sup>2</sup>; Tamara Leitzke Caldeira<sup>3</sup>; Carlos Rogério de Mello<sup>4</sup>;  
Lessandro Coll Faria<sup>2</sup>; Hugo Alexandre Soares Guedes<sup>5</sup>; Zandra Almeida da Cunha<sup>1</sup>; Daiana  
Nieswald Minks<sup>1</sup>; Laura Kerstner<sup>1</sup>; Diego Sebastian Ricci Morteo<sup>1</sup> Eduardo Moraes da Rosa<sup>1</sup>;  
Everton Pinto da Luz<sup>1</sup>*

**Resumo** – A hidrologia de bacias hidrográficas, no que tange à gestão de cheias e dimensionamentos hidráulicos, é veementemente dependente da análise de chuvas intensas. A modelagem de chuvas intensas deve primar pelo emprego de dados pluviográficos, no entanto, esses são escassos quando comparados aos pluviométricos, fazendo com que metodologias de desagregação de chuva diária sejam bastante utilizadas para ajustes de equações que relacionam intensidade-duração-frequência (IDF) de chuva. O objetivo deste estudo foi analisar a influência de três conjuntos de constantes de desagregação na estimativa de intensidades de chuva a partir de curvas IDF derivadas de dados pluviométricos, no Rio Grande do Sul. Os resultados encontrados apontam para a existência de influência das constantes de desagregação no ajuste dos coeficientes das equações IDF, visto que esses variaram substancialmente nas 15 localidades analisadas, e para o ajuste mais satisfatório quando do emprego das constantes de desagregação desenvolvidas por CETESB, pois essas apresentaram melhor desempenho para a estatística empregada. Além disso, constatou-se a necessidade de utilizar séries pluviográficas mais extensas e atuais para o estado, avaliar distribuições de probabilidades multiparâmetros e determinar constantes regionais de desagregação, de modo a disponibilizar informações mais realísticas para a tomada de decisão em recursos hídricos.

**Palavras-Chave** – chuvas intensas; equações IDF; método das relações de durações

## ANALYSIS OF DISAGGREGATION CONSTANTS OF DAILY RAINFALL FOR RIO GRANDE DO SUL STATE

**Abstract** – Watershed hydrology greatly depends on the analysis of intense rainfall in the context of flood management and hydraulic designs. The modeling of intense rainfall should preferably use pluviograph data; however, this type of record is more scarce than daily rainfall. Thus, methodologies of daily rainfall disaggregation are commonly used to adjust intensity-duration-frequency (IDF) equations. The objective of this study was to analyze the influence of three sets of disaggregation constants on the estimation of rainfall intensities using IDF equations derived from daily rainfall series in the Rio Grande do Sul State. The results indicated that the disaggregation constants exerted influence on the adjustment of the IDF equations because their coefficients varied substantially for the 15 locations evaluated in this study. Considering the statistical measure used in this study, the best adjustment was obtained when the disaggregation constants developed by CETESB were employed. It can be concluded that, in order to make it available more realistic

<sup>1</sup> Aluno de Graduação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico/Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Pelotas. marcellevarg@gmail.com; zcunha.enghidrica@gmail.com; daiana.nieswald@hotmail.com; laurakers@hotmail.com; diegorcp7@hotmail.com; duduardosr@yahoo.com.br; enghevertonluz@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor Adjunto, Centro de Desenvolvimento Tecnológico/Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Pelotas. samuelbeskow@gmail.com; lessandrofaria@gmail.com.

<sup>3</sup> Aluno de Pós-Graduação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico/Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas. tamaraleitzkecaldeira@gmail.com.

<sup>4</sup> Professor Adjunto, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras. crmello@deg.ufla.br.

<sup>5</sup> Professor Adjunto, Centro de Engenharias/Engenharia Civil, Universidade Federal de Pelotas. hugo.hydro@gmail.com.



information in Rio Grande do Sul for the decision-making in the scope of water resources, it is advisable to: i) use longer and more recent pluviograph data series for the state; ii) evaluate multiparameter probability distributions; and iii) determine regional disaggregation constants.

**Keywords** – intense rainfall; IDF equations; method of duration relation

## INTRODUÇÃO

A hidrologia de bacias hidrográficas, no que se refere à gestão de enchentes e inundações, bem como à estimativa de vazões máximas de projeto e suas aplicações em dimensionamentos hidráulicos, é fortemente dependente da análise de chuvas intensas (Caldeira *et al.* 2015).

Uma das alternativas para estimar a vazão máxima de projeto, quando não se dispõe de monitoramento na seção de controle, é a modelagem da curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) (Damé *et al.*, 2006). A curva IDF é comumente ajustada através da análise probabilística de dados pluviográficos, como em Bemfica *et al.* (2000), ou pluviométricos, de precipitação máxima diária anual ( $P_{MDA}$ ) desagregada para durações inferiores à diária, como em Aragão *et al.* (2013).

Mello & Silva (2013) relatam que o emprego de séries pluviográficas é mais indicado para modelagem de chuvas intensas, visto que permitem uma caracterização realística das intensidades de chuva associadas a diferentes durações. Contudo, dados desse tipo são bastante escassos no Brasil, tendo o projetista que lançar mão da técnica de desagregação de chuva diária.

Dentre os métodos empregados para desagregação de chuva diária, o Método das Relações de Durações (MRD) se destaca por ser simples e fornecer resultados satisfatórios na obtenção de alturas de chuva para diferentes durações inferiores à diária (Damé *et al.*, 2006). O MRD, segundo Tucci (2009), objetiva estimar a lâmina de  $P_{MDA}$  através de fatores multiplicativos, ou constantes de desagregação, sendo que as desenvolvidas por CETESB (1979) são as mais empregadas no Brasil para tal finalidade, como se pode observar em Aragão *et al.*, (2013).

Considerando a grande aplicabilidade no Brasil de curvas IDF obtidas pela metodologia MRD, no tocante ao dimensionamento de obras hidráulicas, torna-se relevante analisar a representatividade das constantes de desagregação na região de interesse. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a influência de diferentes constantes de desagregação, especificamente aquelas desenvolvidas por CETESB (1979), Damé *et al.* (2010) e Back *et al.* (2012), na estimativa de intensidades de chuva a partir de curvas IDF derivadas de dados pluviométricos, observados no estado do Rio Grande do Sul.

## METODOLOGIA

A análise da influência das constantes de desagregação no ajuste das equações IDF foi realizada comparando as intensidades de chuva estimadas por equações obtidas a partir de dados pluviográficos àquelas estimadas por equações derivadas de dados pluviométricos, empregando o MRD com as constantes propostas por CETESB (1979), Damé *et al.* (2010) e Back *et al.* (2012).

Foram empregadas as equações desenvolvidas por Denardin *et al.* (1980), Goulart *et al.* (1992) e Bemfica *et al.* (2000), sendo essas ajustadas a partir de dados de monitoramento pluviográfico em diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

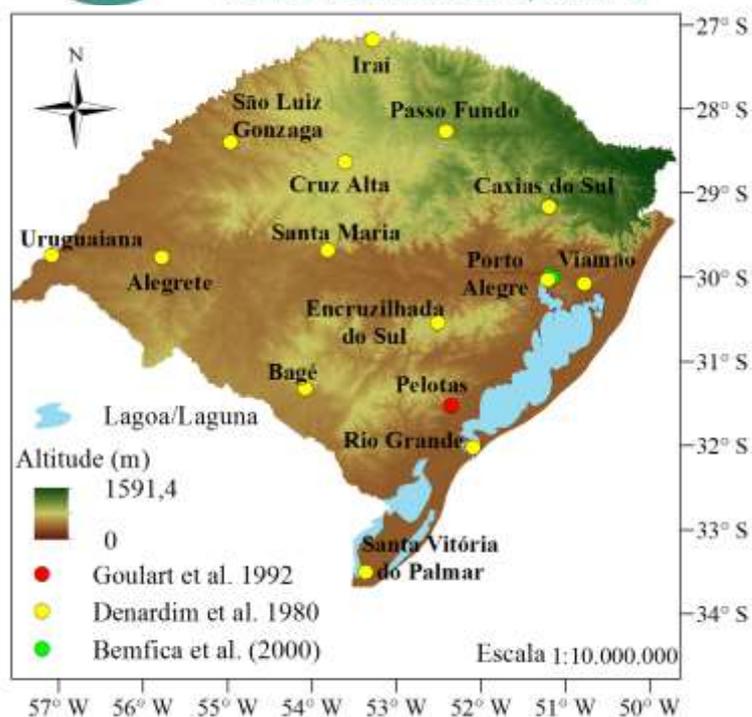


Figura 1 – Localidades contempladas com as equações IDF, derivadas de dados pluviográficos, empregadas neste estudo

Visando ajustar as equações IDF a partir de dados pluviométricos para as mesmas localidades (Figura 1), foram empregadas séries históricas obtidas junto à Agência Nacional de Águas (ANA), através do portal HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas. No intuito de não considerar anos civis com presença de falhas, as séries históricas aplicadas tiveram extensão variando entre 10 anos (Viamão) e 64 anos (São Luiz Gonzaga). Outros estudos na mesma temática (Back, 2001; Aragão *et al.* 2013) consideraram séries históricas com um limiar mínimo de 10 a 15 anos.

Na sequência, as séries de  $P_{MDA}$  foram ajustadas às funções densidade de probabilidades (FDP) de Gumbel, Log-Normal a 2 parâmetros (LN-2P), Generalizada de Valores Extremos (GEV), seguindo metodologia apresentada em Mello & Silva (2013), e Kappa a 4 parâmetros (K-4P), de Hosking (1994). Os parâmetros das referidas FDP's foram estimados através do método dos Momentos-L, seguindo recomendações de Mello & Silva (2013) para Gumbel e LN-2P, e o algoritmo de Hosking (2005), para GEV e K-4P.

A análise de aderência dos modelos probabilísticos às séries de  $P_{MDA}$  foi pautada no teste de aderência de Anderson-Darling (AD) (D'Agostino & Stephens, 1986), sob a hipótese nula de que os dados amostrais seguem a FDP testada ao nível de significância de 5%. Este teste atribui maior peso às caudas das distribuições, conforme relatado em Franco *et al.* (2014), e é mais robusto para análise de chuvas intensas (Ben-Zvi, 2009).

Após a definição da FDP mais adequada para representar cada série histórica, foram estimados os respectivos valores de  $P_{MDA}$  para diferentes Tempos de Retorno (TR). Posteriormente, aplicou-se o MRD para desagregação de precipitação diária, considerando as constantes propostas por CETESB (1979), Damé *et al.* (2010) e Back *et al.* (2012). As constantes de desagregação de CETESB (1979) foram fundamentadas no estudo de Pfafstetter (1957), utilizando dados pluviográficos de 98 localidades do Brasil. Já Damé *et al.* (2010) desenvolveram suas constantes de desagregação com base em dados pluviográficos da localidade de Pelotas e Back *et al.* (2012)



determinaram as relações entre precipitações de diferentes durações para Santa Catarina, considerando 13 postos pluviométricos distribuídos no interior e no litoral do estado.

No ambiente do software Statistical Analysis System (SAS) foi ajustado o modelo matemático (Equação 1) indicado em Tucci (2009) para representar a curva IDF de cada um dos três conjuntos de dados resultantes.

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t+c)^d} \quad (1)$$

em que  $i$  é a intensidade de chuva ( $\text{mm.h}^{-1}$ ), TR é o tempo de retorno (anos),  $t$  é a duração (min) e  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são coeficientes ajustados para cada local.

A influência das constantes de desagregação foi analisada para diferentes cenários, sendo esses definidos para os TR's de 10, 50 e 100 anos e para as durações de 30, 60 e 360 minutos. A medida estatística empregada neste estudo foi o Erro Padrão da Estimativa (EPE), que tem sido comumente empregado em trabalhos nesta temática (Goulart *et al.*, 1992; Teodoro *et al.*, 2014), sendo expresso por:

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((I_{\text{pluviográficos}} - I_{\text{pluviométricos}}) / I_{\text{pluviográficos}})^2}{n}} \quad (2)$$

em que  $I_{\text{pluviográficos}}$  é a intensidade de chuva ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) estimada por equações IDF derivadas de dados pluviográficos,  $I_{\text{pluviométricos}}$  é a intensidade de chuva ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) estimada por equações IDF ajustadas por dados pluviométrico, sendo por constantes de CETESB (1979), Damé *et al.* (2010) ou Back *et al.* (2012) e  $n$  é o número de durações analisadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do teste de aderência para as FDP's ajustadas aos dados de  $P_{\text{MDA}}$  permitiu constatar que 5 séries foram melhor representadas pela distribuição K-4P, outras 5 se adequaram melhor à GEV, 4 à Gumbel e apenas 1 à LN-2P.

Back (2001) afirma que muitos autores assumem a hipótese de que os dados seguem a FDP de Gumbel sem testá-la ou verificar se outra gera ajustes mais satisfatórios. Para o estado do Rio Grande do Sul, na modelagem probabilística de  $P_{\text{MDA}}$  baseada em 342 séries históricas e em três FDP's, Caldeira *et al.* (2015) constataram ajustes mais satisfatórios, para a maior parte das séries analisadas, para a FDP Log-Normal a 3 parâmetros, seguida pela LN-2P e Gumbel. Todavia, os resultados apresentados neste estudo dão indícios de que distribuições multiparâmetros, como GEV e K-4P, podem ser consideradas como uma boa alternativa, contrastando com a literatura nacional no tocante a FDP's com frequências caudais, onde Gumbel é mais aplicada.

Na Tabela 1 pode-se observar as equações IDF ajustadas neste estudo a partir de dados pluviométricos, considerando as constantes de CETESB (1979), Damé *et al.* (2010) e Back *et al.* (2012), ajustadas com base na melhor FDP. Analisando as equações IDF (Tabela 1), observa-se que existe variabilidade nos coeficientes, especialmente em relação à  $a$  e  $b$ , quando compara-se diferentes localidades e as mesmas constantes de desagregação. A variabilidade constatada dá indícios de que as intensidades de chuva são bastante divergentes ao longo do estado, fato que também foi verificado por Aragão *et al.* (2013), ao estimar os coeficientes da IDF para o Sergipe, e por Silva *et al.* (2002), em estudo de chuvas intensas na Bahia.

Observa-se que o ajuste do modelo matemático considerado resultou em valores idênticos para os coeficientes  $c$  e  $d$ , para diferentes localidades e mesmas constantes de desagregação. Este fato foi também constatado por Aragão *et al.* (2013), que relatam ser consequência da metodologia de desagregação de chuva diária, dos limites inferiores para consideração de chuva intensa ou do modelo matemático de IDF adotado. Esta tendência, de  $c$  e  $d$  constantes, não foi constatada em estudos que estimaram os coeficientes a partir de dados pluviográficos, como em Ben-Zvi (2009).



Tabela 1 – Equações IDF ajustadas neste estudo a partir de dados pluviométricos

Local	Código ANA	Melhor FDP	IDF ajustada a partir da desagregação de chuva diária empregando as constantes de		
			CETESB (1979)	Damé et al. (2010)	Back et al. (2012)
Alegrete	02955001	Kappa	$i = \frac{1231,90 \cdot TR^{0,06}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1419,80 \cdot TR^{0,06}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{902,30 \cdot TR^{0,06}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Bagé	03154001	GEV	$i = \frac{740,40 \cdot TR^{0,26}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{853,50 \cdot TR^{0,26}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{542,30 \cdot TR^{0,26}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Caxias do Sul	02951008	GEV	$i = \frac{720,80 \cdot TR^{0,17}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{830,90 \cdot TR^{0,17}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{527,90 \cdot TR^{0,17}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Cruz Alta	02853005	Kappa	$i = \frac{998,30 \cdot TR^{0,12}}{(t + 9,80)^{0,72}}$	$i = \frac{1150,70 \cdot TR^{0,12}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{731,20 \cdot TR^{0,12}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Encruzilhada do Sul	03052005	Kappa	$i = \frac{1010,50 \cdot TR^{0,11}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1164,90 \cdot TR^{0,11}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{740,20 \cdot TR^{0,11}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Iraí	02753003	Kappa	$i = \frac{1026,10 \cdot TR^{0,11}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1182,70 \cdot TR^{0,11}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{751,60 \cdot TR^{0,11}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Passo Fundo	02852020	Gumbel	$i = \frac{881,20 \cdot TR^{0,13}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1015,80 \cdot TR^{0,13}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{645,50 \cdot TR^{0,13}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Pelotas	03152014	Kappa	$i = \frac{878,50 \cdot TR^{0,12}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1012,50 \cdot TR^{0,12}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{643,50 \cdot TR^{0,12}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Porto Alegre	03051011	Gumbel	$i = \frac{765,00 \cdot TR^{0,14}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{881,70 \cdot TR^{0,14}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{560,30 \cdot TR^{0,14}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Rio Grande	03252002	GEV	$i = \frac{857,20 \cdot TR^{0,12}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{988,00 \cdot TR^{0,12}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{627,90 \cdot TR^{0,12}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Santa Maria	02953017	GEV	$i = \frac{1017,30 \cdot TR^{0,18}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1172,60 \cdot TR^{0,18}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{745,1 \cdot TR^{0,18}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Santa Vitória do Palmar	03353007	GEV	$i = \frac{729,80 \cdot TR^{0,26}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{841,30 \cdot TR^{0,26}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{534,60 \cdot TR^{0,26}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
São Luiz Gonzaga	02854011	Gumbel	$i = \frac{1014,30 \cdot TR^{0,11}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1169,10 \cdot TR^{0,11}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{742,90 \cdot TR^{0,11}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Uruguaiana	02957001	LN-2P	$i = \frac{1100,10 \cdot TR^{0,15}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1268,10 \cdot TR^{0,15}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{805,80 \cdot TR^{0,15}}{(t + 8,00)^{0,69}}$
Viamão	03050006	Gumbel	$i = \frac{870,30 \cdot TR^{0,13}}{(t + 9,79)^{0,72}}$	$i = \frac{1003,30 \cdot TR^{0,13}}{(t + 15,24)^{0,75}}$	$i = \frac{637,50 \cdot TR^{0,13}}{(t + 8,00)^{0,69}}$

Para uma mesma localidade, ainda analisando a Tabela 1, verifica-se um comportamento padrão, em que  $a$ ,  $c$  e  $d$  apresentam valores inferiores quando estimados pelo MRD com constantes de Back *et al.* (2012), enquanto que  $b$  mostrou-se invariável com as constantes de desagregação.

Baseando-se nos valores de EPE calculados nesta análise (Tabela 2), verificou-se que as constantes de desagregação de Damé *et al.* (2010) geraram resultados mais satisfatórios para o município de Pelotas. Esta constatação era esperada e pode ser atribuída ao fato de que tais constantes foram desenvolvidas a partir de uma série histórica pluviográfica da mesma localidade.

No entanto, de uma forma geral, constatou-se que as equações IDF ajustadas a partir de desagregação de chuva diária empregando as constantes de CETESB (1979) resultaram em valores médios de EPE inferiores para 60,8% dos cenários, seguido pelas constantes de Back *et al.* (2012) e de Damé *et al.* (2010), que culminaram em melhores ajustes para 31,4% e 7,8%, respectivamente. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que as constantes de CETESB (1979) foram desenvolvidas com base em uma quantidade substancialmente superior de postos pluviográficos quando comparadas às constantes de Damé *et al.* (2010) e Back *et al.* (2012). Além disso, 14 das 98 estações pluviográficas empregadas no estudo de CETESB (1979) estavam localizadas no estado do Rio Grande do Sul, podendo, por esse motivo, ter sido mais representativas.



Tabela 2 - Erro Padrão da Estimativa (EPE) médio para as durações de 30, 60 e 360 minutos, entre as intensidades de chuva estimadas pelas IDF's ajustadas a partir das constantes de CETESB (1979), Damé *et al.* (2010) e Back *et al.* (2012) e as estimadas pelas respectivas equações obtidas a partir de dados pluviográficos

Local	TR (anos)	CETESB (1979)	Damé et al. (2010)	Back et al. (2012)	Local	TR (anos)	CETESB (1979)	Damé et al. (2010)	Back et al. (2012)	Local	TR (anos)	CETESB (1979)	Damé et al. (2010)	Back et al. (2012)
Alegrete	10	0,01	0,04	0,08	Passo Fundo	10	0,08	0,06	0,03	Santa Maria	10	0,06	0,03	0,03
	50	0,07	0,09	0,14		50	0,02	0,03	0,08		50	0,02	0,03	0,08
	100	0,09	0,12	0,16		100	0,04	0,06	0,11		100	0,03	0,05	0,10
Bagé	10	0,15	0,12	0,06	Pelotas	10	0,07	0,07	0,08	Santa Vitória do Palmar	10	0,04	0,06	0,10
	50	0,20	0,17	0,11		50	0,06	0,05	0,07		50	0,05	0,07	0,11
	100	0,23	0,19	0,13		100	0,06	0,05	0,06		100	0,05	0,07	0,12
Caxias do Sul	10	0,04	0,06	0,11	Porto Alegre	10	0,08	0,10	0,15	São Luís Gonzaga	10	0,04	0,04	0,08
	50	0,09	0,11	0,16		50	0,20	0,22	0,25		50	0,04	0,06	0,10
	100	0,11	0,13	0,17		100	0,24	0,26	0,29		100	0,05	0,07	0,11
Cruz Alta	10	0,05	0,07	0,12	Porto Alegre 8º DISME	10	0,06	0,07	0,10	Uruguaiana	10	0,12	0,09	0,03
	50	0,07	0,09	0,13		50	0,07	0,08	0,12		50	0,11	0,08	0,01
	100	0,07	0,10	0,14		100	0,07	0,09	0,13		100	0,10	0,07	0,01
Encruzilhada do Sul	10	0,15	0,12	0,05	Porto Alegre Aeroporto	10	0,18	0,15	0,09	Viamão	10	0,19	0,16	0,09
	50	0,07	0,04	0,03		50	0,17	0,14	0,08		50	0,12	0,09	0,03
	100	0,04	0,02	0,06		100	0,17	0,14	0,08		100	0,09	0,06	0,02
Iraí	10	0,02	0,02	0,07	Rio Grande	10	0,06	0,08	0,13					
	50	0,07	0,09	0,14		50	0,14	0,16	0,20					
	100	0,10	0,12	0,17		100	0,17	0,19	0,22					

Ademais, Denardin *et al.* (1980), ao analisarem as características fundamentais da chuva no Rio Grande do Sul, também basearam-se no estudo de Pfafstter (1957), contemplando as mesmas 14 estações pluviográficas do estado que outrora foram consideradas por CETESB (1979), fato esse que auxilia na compreensão dos resultados obtidos neste estudo.

Cabe ressaltar ainda, neste contexto, que Denardin *et al.* (1980) consideraram intensidades de chuva associadas aos TR's de 2, 5, 10 e 15 anos, para durações variando de 5 a 840 minutos, empregando esses valores no ajuste empírico das equações por meio de regressão linear múltipla, enquanto Goulart *et al.* (1992) ajustaram a equação IDF a partir de dados pluviográficos da localidade de Pelotas, modelando séries parciais com base nas FDP's Log-Pearson III, Gumbel ou Log-Normal, para durações de 30 a 1440 minutos e um intervalo de 2 a 100 anos de TR. Já Bemfica *et al.* (2000) desenvolveram tal relação para os postos pluviográficos denominados "8º DISME" e "Aeroporto", no município de Porto Alegre, empregando a FDP de Gumbel.

Embora não venha sendo discutido na literatura da área, deve ser ressaltado que a FDP empregada pode impactar no ajuste das relações IDF. No tocante a chuvas intensas, existe uma tendência de que distribuições de extremos tenham melhor aplicabilidade, especialmente as multiparâmetros, como constatado neste estudo. Denardin *et al.* (1980), Goulart *et al.* (1992) e Bemfica *et al.* (2000) empregaram modelagem empírica de probabilidades ou distribuições mais simplificadas para ajustar IDF's, enquanto que as distribuições multiparâmetros GEV e K-4P, de modo geral, proporcionaram ajustes mais satisfatórios ao que se propõe este estudo. Neste contexto,



a análise da influência das constantes de desagregação na estimativa de intensidades de precipitação pode vir a ser, de certa forma, impactada.

Todavia, estudos como este são bastante incomuns e é difundida a aplicação dos coeficientes da CETESB (1979) sem análise prévia de outras metodologias, permitindo constatar que este trabalho traz importantes resultados para a literatura nacional, tendo aplicações práticas diretas na engenharia de recursos hídricos.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que: i) os coeficientes  $a$  e  $b$  das equações IDF ajustadas com base em dados pluviométricos apresentaram variação substancial entre as localidades, para o mesmo conjunto de constantes de desagregação; ii) as constantes de desagregação influenciaram no ajuste dos coeficientes das curvas IDF, visto que esses apresentaram valores variáveis de  $a$ ,  $c$  e  $d$  para uma mesma localidade; iii) de uma forma geral, as constantes da CETESB (1979) resultaram em intensidades de chuva, para diferentes cenários, mais próximas daquelas obtidas através das equações IDF ajustadas por dados pluviográficos; e iv) se faz necessário empregar séries pluviográficas mais extensas e atuais para o estado do Rio Grande do Sul, bem como também avaliar FDP's multiparâmetros e determinar constantes regionais de desagregação mais representativas do estado, de modo a disponibilizar informações mais realísticas para a tomada de decisão em recursos hídricos no que tange a chuvas intensas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de Produtividade em Pesquisa ao segundo e ao quarto autor, e de bolsa de Iniciação Científica ao primeiro e ao sétimo autor, e à FAPERGS pela bolsa de mestrado do terceiro autor e de bolsa de Iniciação Científica ao décimo segundo autor.

## REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, R. de; SANTANA, G. R. de; COSTA, C. E. F. F. da; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E. de; SRINIVASAN, V. S. (2013). Chuvas intensas para o estado do Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17 (3), pp. 243-252.
- BACK, A. (2001). Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia* 16 (2), pp. 211-221.
- BACK, A. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HEN, A. (2012) Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação de chuva diária em Santa Catarina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16 (4), pp. 391 – 398.
- BEMFICA, D. C.; GOLDENFUM, J. A.; SILVEIRA, A. L. L. da (2000). Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 5 (4) pp. 5-16
- BEN-ZVI, A. (2009). Rainfall intensity-duration-frequency relationships derived from large partial duration series. *Journal of Hydrology* 367, pp. 104-114.
- CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; SOUZA, M. R. de; GUEDES, H. A. S. (2015). Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19 (3), pp. 197-203.



- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1979). *Drenagem Urbana – Manual de Projeto*. CETESB São Paulo – SP, 464 p.
- DAMÉ, R. C. F.; PEDROTTI, C. B. M.; CARDOSO, M. A. G. C.; SILVEIRA, C. P. da; DUARTE, L. A. ÁVILA, M. S. V. de; MOREIRA, A. C. (2006). Comparação entre curvas intensidade-duração-frequência de ocorrência de precipitação obtidas a partir de dados pluviográficos com aquelas estimadas por técnicas de desagregação de chuva diária. *Revista Brasileira de Agrociência* 12 (4), pp; 505-509.
- DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S.; ROSSKOFF, J. L. (2010). Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14 (1), pp. 46-54.
- D'AGOSTINO, R. B.; STEPHENS, M. A. (1986). *Goodness-of-fit Thechnniques*. Marcel Dekker New York – USA.
- DENARDIN, J. E.; FREITAS, P. L.; WÜNSCHE, W. A.; WENDT, W. (1980). Características fundamentais da chuva no Brasil. Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*.
- FRANCO, C. S.; MARQUES, R. F. P. V.; OLIVEIRA, A. S.; OLIVEIRA, L. F. C. de, (2014). Distribuição de probabilidades para precipitação máxia diária anual na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18 (7), pp. 735-741.
- GOULART, J. P.; MAESTRINI, A. P.; NEBEL, A. L. (1992) Relação intensidade-duração-frequência de chuvas em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia* 7, pp. 543-552.
- HOSKING, J. R. M. (1994). The four-parameter Kappa distribution. *IBM Journal Research and Development* 38 (3).
- MELLO, C. R. M.; SILVA, A. M. (2013). *Hidrologia: Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas*. UFLA Lavras – MG, 455 p.
- PFAFSTETTER, O. (1957). *Chuvas intensas no Brasil*. DNOS Rio de Janeiro – RJ, 419 p.
- SILVA, D. D. da; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F. PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. de, (2002). Chuvas intensas no Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 6 (2), pp. 362-367.
- TEODORO, P. E.; NEIVOCK, M. P.; MARQUES, J. R. F.; FLORES, A. M. F.; RODRIGUES, C. C. B. (2014). Influência de diferentes coeficientes de desagregação na determinação de equações IDF para Aquidauana, MS. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil* 9 (2), pp. 1-9.
- TUCCI, C. E. M. (2009). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. UFRGS Porto Alegre – RS, 943 p.