

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

# UTILIZAÇÃO DE UM MÉTODO DE AGRUPAMENTO PARA A REGIONALIZAÇÃO DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS

Vinícius da Silva Braga<sup>1</sup>; Patrícia Cristina Steffen<sup>2</sup> & Julio Gomes<sup>3</sup>

**Palavras-Chave** – Precipitação; *fuzzy C-means*; Drenagem.

## INTRODUÇÃO

Em projetos de engenharia, principalmente aqueles relacionados à drenagem urbana e à drenagem de rodovias, existe a necessidade de dados observados de precipitação para o dimensionamento das estruturas hidráulicas. No Brasil, a densidade de estações pluviométricas e pluviográficas é relativamente baixa, portanto, para os locais de interesse, geralmente não são disponíveis séries de dados observados que sejam consistentes e com extensão suficiente para subsidiar os projetos de engenharia.

Portanto, além de uma escassez espacial, tem-se também uma escassez temporal em termos de disponibilidade de dados. Nesse contexto, as chamadas equações de chuvas intensas, ajustes de funções matemáticas aos dados pluviométricos existentes, e a regionalização das referidas equações tornam-se ferramentas bastante úteis para a prática profissional.

As equações de chuvas intensas mais comumente empregadas estimam a intensidade máxima média de precipitação, em milímetros por unidade de tempo (geralmente minutos ou horas), a partir do tempo de duração da chuva e do tempo de recorrência adotados para o projeto. O processo de obtenção desse tipo de equação não é algo trivial. Um dos complicadores é a própria dificuldade de se obter um ajuste confiável para a relação intensidade-duração-frequência (IDF) que apresente bons valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), parâmetro que indica a qualidade do ajuste.

Adicionalmente, destaca-se a dificuldade dos projetistas de estruturas hidráulicas que, em situações de inexistência de informações ou de uma equação de chuvas intensas estabelecida para determinado local do projeto, têm que optar por fazer uso de alguma equação determinada para uma localidade distinta. O problema principal reside na variabilidade espacial do fenômeno de precipitação intensa, o que pode resultar em erros significativos. Nesse tipo de situação, a utilização de técnicas de regionalização para transferir as informações de um determinado local para outro pode ser útil na produção de estimativas mais confiáveis.

Considerando o exposto, o presente trabalho procurou avaliar a utilização de um método de agrupamento de dados, o método *fuzzy C-means*, para o estabelecimento de agrupamentos de estações pluviométricas, visando auxiliar na determinação de equações de chuvas intensas regionalizadas. Em termos metodológicos, foram ajustadas equações de chuvas intensas para as regiões (grupos) definidas a partir do método *fuzzy C-means*. O desempenho das equações de chuvas intensas

1) Engenheiro Civil, Universidade Federal do Paraná, vdasilvabraga@yahoo.com.br

2) Mestra, Universidade Federal de Mato Grosso, patriciacsteffen@yahoo.com.br

3) Doutor, Universidade Federal do Paraná, jgomes.dhs@ufpr.br

regionalizadas foi mensurado pelos desvios relativos em comparação a 26 equações de chuvas intensas locais, definidas para 25 cidades do estado do Paraná, apresentadas em Fendrich (2011).

## REVISÃO DE LITERATURA

Pfafstetter (1957) pode ser citado como um estudo pioneiro no Brasil na determinação de equações de chuvas intensas. Sem a pretensão de constituir uma lista exaustiva, podem ser citados ainda os estudos de Oliveira *et al.* (2005), Santos *et al.* (2009), Campos *et al.* (2014) e, especificamente para o estado do Paraná, os trabalhos de Souza (1959) e Fendrich (1998, 2003, 2011).

A função matemática mais comumente utilizada para representar a relação *intensidade de chuva x duração x frequência* é representada pela Equação 1:

$$i = \frac{aT^n}{(t+b)^m} \quad (1)$$

onde:  $i$  = intensidade média de precipitação (mm/h);

$T$  = tempo de recorrência (ano);

$t$  = duração da chuva (minuto);

$a, b, m, n$  = parâmetros a serem determinados por ajuste aos dados observados.

Bell (1969), utilizando séries parciais de precipitação, sugeriu a seguinte expressão para a estimativa de chuvas intensas:

$$h_t^T = (0,21 \ln T + 0,52)(0,54t^{0,25} - 0,50)h_{60}^{10} \quad (2)$$

onde:  $h_t^T$  = altura de chuva para duração  $t$  e tempo de recorrência  $T$  (mm);

$t$  = duração da chuva (minuto);

$T$  = tempo de recorrência (ano);

$h_{60}^{10}$  = altura de chuva para 60 minutos de duração e 10 anos de recorrência (mm).

A Equação 2 é válida para  $5 \leq t \leq 120$  minutos e para  $2 \leq T \leq 100$  anos. Bell (1969), no entanto, não delimitou nenhuma área onde é válido o uso da referida equação. Em outras palavras, simplesmente forneceu uma referência para localidades que não possuem dados em quantidade suficiente.

Chen (1983) desenvolveu uma nova equação para chuvas intensas que tornou a metodologia proposta por Bell (1969) mais acurada e que ampliou o intervalo de validade em termos de tempo de duração ( $t$ ) e de tempo de recorrência ( $T$ ). A formulação proposta por Chen (1983) é representada pela Equação 3 a seguir:

$$h_t^T = \frac{a_1 h_1^{10} \log \left\{ 10^{(2-x)} \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^{(1-x)} \right\}}{(t+b)^c} \left( \frac{t}{60} \right) \quad (3)$$

onde:  $h_t^T$  = altura de chuva para duração  $t$  e tempo de recorrência  $T$  (mm);

$t$  = duração da chuva (minuto);

$T$  = tempo de recorrência (ano);

$x$  = razão entre a altura precipitada ( $h$ ) para duração de 1 h e tempo de recorrência de 100 anos ( $h_1^{100}$ ) e a altura precipitada ( $h$ ) para duração de 1 h e tempo de recorrência de 10 anos ( $h_1^{10}$ );

$a_1, b, c$  = parâmetros a serem obtidos por ajuste aos dados observados.

Chen (1983) recomenda o uso da Equação 3 para 5 minutos  $\leq t \leq 24$  h e  $T \geq 1$  ano.

Hernandez (1991 *apud* FALAGUASTA e GENOVEZ, 2003) propôs uma adaptação do método de Chen (1983), tendo em vista a necessidade da obtenção de três alturas de chuva com duração de 1 hora e considerando a limitação dos dados pluviográficos em solo brasileiro, representada pelas Equações 4 a 6:

$$h_t^T = \frac{a_1 D_1 h_{24}^{10} \log [10^{(2-w)} T^{(w-1)}]}{(t+b)^c} \left( \frac{t}{1440} \right) \quad (4)$$

$$w = \frac{h_{24}^{100}}{h_{24}^{10}} \quad (5)$$

$$D_1 = 24 \frac{h_1^{10}}{h_{24}^{10}} \quad (6)$$

onde  $h_t^T$  representa a altura de chuva (mm) para e duração  $t$  (minuto) e tempo de recorrência  $T$  (ano).

Em relação à questão da regionalização, Valverde *et al.* (2003) destacam que todo estudo de regionalização envolve análises subjetivas na etapa de identificação de regiões homogêneas, na escolha da distribuição de probabilidades teóricas e na estimativa de seus parâmetros. Importante citar o estudo de Hosking e Wallis (1993) que desenvolveram o método dos momentos-L, derivado dos Momentos Ponderados por Probabilidade (MPP), visando contribuir para a definição de áreas consideradas homogêneas.

Como exemplos de estudos de regionalização de chuvas intensas no Brasil, novamente sem o objetivo de apresentar uma lista exaustiva, mencionam-se os trabalhos de Versiani e Carneiro (2001), Valverde *et al.* (2003), Fendrich (2003), Falaguasta e Genovez (2003), Gibertoni *et al.* (2004), Pereira *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2017). De modo geral, os métodos utilizados para a regionalização utilizam os parâmetros estatísticos das séries observadas de precipitação para definir as regiões homogêneas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do estado do Paraná, considerando o objetivo de avaliar o uso de um método de agrupamento de dados, o método *fuzzy c-means*, para auxiliar na definição de grupos de estações pluviométricas, com o objetivo de determinação de equações de chuvas intensas regionalizadas.

Devido à dificuldade na obtenção dos dados observados de chuva, de modo a permitir o ajuste de distribuições de probabilidade para diferentes localidades no estado do Paraná, permitindo estimar a intensidade de precipitação para diferentes durações e tempo de recorrência, optou-se por utilizar equações de chuvas intensas já estabelecidas em diferentes localidades do estado, encontradas em SUDERHSA (1998).

Sendo assim, como não foi possível trabalhar diretamente com os dados observados, as relações *intensidade x duração x frequência*, estabelecidas no desenvolvimento do presente trabalho, devem ser entendidas como uma forma de avaliar a viabilidade do uso do método de agrupamento pelo cálculo do afastamento entre os valores estimados pelas equações regionalizadas e pelas equações locais.

Ao todo, foram consideradas 26 equações de chuvas intensas no desenvolvimento do estudo em 25 cidades do estado do Paraná, listadas na Tabela 1 e cuja localização é apresentada na Figura 1. Salienta-se que, das 26 equações apresentadas em SUDERHSA (1998), 24 delas foram obtidas por Fendrich (1998) para os tempos de recorrência de 2, 3, 5, 10, 20 e 50 anos.

Tabela 1 – Equações locais de chuvas intensas utilizadas no estudo

Cidade	Equação	Cidade	Equação
Apucarana	$i = 1301,07 T^{0,177} / (t+15)^{0,836}$	Londrina	$i = 3132,56 T_R^{0,093} / (t+30)^{0,939}$
Bandeirantes	$i = 1077,21 T^{0,157} / (t+10)^{0,781}$	Morretes	$i = 2160,23 T_R^{0,155} / (t+24)^{0,89}$
Cambará	$i = 1772,96 T^{0,126} / (t+17)^{0,867}$	Nova Cantu	$i = 2778,43 T_R^{0,149} / (t+24)^{0,94}$
Cascavel	$i = 1062,92 T^{0,141} / (t+5)^{0,776}$	Palmital	$i = 1548,46 T_R^{0,130} / (t+16)^{0,834}$
Cerro Azul	$i = 1625,55 T^{0,138} / (t+18)^{0,860}$	Paranavaí	$i = 2808,67 T_R^{0,104} / (t+33)^{0,93}$
Cianorte	$i = 2115,18 T^{0,145} / (t+22)^{0,849}$	Pato Branco	$i = 879,43 T_R^{0,152} / (t+9)^{0,732}$
Clevelândia	$i = 2553,88 T^{0,166} / (t+24)^{0,917}$	Piraquara	$i = 1537,80 T_R^{0,12} / (t+17)^{0,859}$
Curitiba (INEMET)	$i = 5950,00 T^{0,217} / (t+26)^{1,150}$	Planalto	$i = 1659,59 T_R^{0,156} / (t+14)^{0,84}$
Curitiba (PUC)	$i = 3221,07 T^{0,258} / (t+26)^{1,010}$	Ponta Grossa	$i = 1902,39 T_R^{0,152} / (t+21)^{0,893}$
Francisco Beltrão	$i = 1012,28 T^{0,182} / (t+9)^{0,760}$	Teixeira Soares	$i = 959,18 T_R^{0,177} / (t+9)^{0,789}$
Guarapuava	$i = 1039,68 T^{0,171} / (t+10)^{0,799}$	Telêmaco Borba	$i = 3235,19 T_R^{0,162} / (t+24)^{0,968}$
Guaraqueçaba	$i = 1479,78 T^{0,172} / (t+19)^{0,802}$	Tomazina	$i = 2676,70 T_R^{0,149} / (t+29)^{0,931}$
Laranjeiras do Sul	$i = 771,97 T^{0,148} / (t+8)^{0,726}$	Umuarama	$i = 1752,27 T_R^{0,148} / (t+17)^{0,84}$

## Procedimentos metodológicos

Para o agrupamento das estações pluviométricas e a definição das regiões homogêneas, foram estabelecidos como indicadores (variáveis explicativas) as razões entre duas alturas de precipitação calculadas para determinado tempo de duração ( $t$ ) e tempo de recorrência ( $T$ ), com base na estrutura das equações descritas na revisão de literatura.

As alturas precipitadas foram calculadas para os tempos de recorrência de 10 e 100 anos e para os tempos de duração de 1 h, 2 h, 6 h, 12 h e 24 h, totalizando 45 indicadores que foram calculados para todas as 26 equações das 25 localidades, considerando-se a respectiva equação de chuvas intensas, apresentada na Tabela 1. Como o número de indicadores resultou excessivo, realizou-se

uma análise de correlação entre os indicadores, eliminando-se os aqueles que apresentaram coeficiente de correlação igual ou superior a 0,90 em relação a outro indicador previamente analisado.

Para a etapa de definição das regiões homogêneas, fez-se uso do método de agrupamento *fuzzy C-means* (BEZDEK *et al.*, 1983), com o objetivo de agrupar as diferentes localidades com base na similaridade entre os indicadores estabelecidos e, a partir do agrupamento encontrado, delimitar regiões consideradas homogêneas. Steffen e Gomes (2018) apresentam procedimento do uso do método *fuzzy C-means* para o agrupamento de dados.

O agrupamento das estações, a partir do método *fuzzy C-means*, representou uma aproximação inicial para a definição das regiões homogêneas. Para definição das regiões homogêneas a partir do agrupamento pelo método *fuzzy c-means*, buscou-se evitar a sobreposição de áreas quando possível, dando preferência a formação de regiões cujas localidades eram enquadradas em um mesmo grupo.

Ajustou-se uma equação de chuvas intensas generalizada para todo o estado do Paraná e para cada região homogênea. Para o ajuste das equações de chuva regionalizadas, foram usadas 3 formas para a representar a equação IDF: Uehara (1980), Chen (1993) (Equação 4) e a equação usual (Equação 1).

A Equação 4, devida a Chen (1983), foi assim representada na etapa de ajuste:

$$\frac{i_t^T}{i_1^{10}} = \frac{a_1 \log \left\{ 10^{(2-x)} \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^{(1-x)} \right\}}{(t+b)^c} \quad (7)$$

O ajuste das equações consistiu em determinar os valores de  $a_1$ ,  $b$  e  $c$  e foi feito utilizando-se o *software* LAB Fit, desenvolvido por Silva *et al.* (2004). Para a utilização do *software* LAB Fit, foi necessário realizar as seguintes transformações de variáveis:

$$X = \log \left\{ 10^{(2-x)} \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^{(1-x)} \right\} \quad (8)$$

$$x = \frac{h_1^{100}}{h_1^{10}} \quad (9)$$

$$Z = \frac{i_t^T}{i_1^{10}} \quad (10)$$

Como o valor da variável  $x$ , Equação 9, é função do regime de precipitação de cada local, adotou-se a média dos valores de  $x$  para as estações consideradas dentro do grupo em análise. A qualidade do uso dessa simplificação foi avaliada por meio do cálculo do desvio-padrão amostral ( $S$ ) e do coeficiente de variação ( $CV$ ), razão entre a média e o desvio-padrão amostral, dos valores de  $x$  obtidos para cada equação dentro de uma mesma região.

Para o ajuste, foram considerados como valores observados, as intensidades e alturas de precipitação estimadas pelas equações locais, calculadas para os tempos de recorrência de 2, 5, 10, 20, 50, 75 e 100 anos e para os tempos de duração de 10, 20, 30 minutos e 1, 2, 3, 6, 12, 18 e 24 horas.

A viabilidade das equações de chuvas intensas generalizadas foi avaliada a partir do cálculo dos desvios relativos, usando como base de comparação as intensidades estimadas a partir das equações de chuvas intensas locais.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise inicial do conjunto dos 45 indicadores, considerando-se os valores de correlação entre eles, permitiu a redução para um conjunto de 6 indicadores que foram utilizados no agrupamento das localidades, e que são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Indicadores utilizados para o agrupamento das localidades analisadas no estudo

Indicador	Razão
I <sub>1</sub>	$h_1^{10}/h_1^{100}$
I <sub>2</sub>	$h_1^{10}/h_2^{10}$
I <sub>3</sub>	$h_1^{10}/h_6^{100}$
I <sub>4</sub>	$h_2^{10}/h_6^{10}$
I <sub>5</sub>	$h_1^{100}/h_{24}^{10}$
I <sub>6</sub>	$h_6^{10}/h_{12}^{100}$

A aplicação do método *fuzzy C-means*, considerando-se o conjunto de indicadores apresentados na Tabela 2, permitiu a definição de 4 grupos de localidades. A Tabela 3 apresenta os grupos obtidos com as respectivas localidades e a Figura 1 apresenta o mapa da localização espacial dos membros (localidades) de cada grupo. Observa-se, a partir da Tabela 3, que a Região 2 ficou restrita somente às estações localizadas em Curitiba.

Tabela 3 – Agrupamentos obtidos pelo método *fuzzy C-Means*

Grupo	Localidades
1	Apucarana, Clevelândia, Morretes, Nova Cantu, Planalto, Ponta Grossa, Telêmaco Borba, Tomazina.
2	Curitiba (INEMET), Curitiba (PUC)
3	Cambará, Cerro Azul, Londrina, Palmital, Paranavaí, Piraquara.
4	Bandeirantes, Cascavel, Cianorte, Francisco Beltrão, Guarapuava, Guaraqueçaba, Laranjeiras do Sul, Pato Branco, Teixeira Soares, Umuarama.

Considerando-se o agrupamento obtido e a localização espacial dos membros (localidades) de cada grupo, definiu-se cinco regiões distintas, conforme apresentadas na Figura 2, para o estabelecimento das equações de chuvas intensas generalizadas.

A Tabela 4 apresenta os melhores ajustes obtidos para o estado do Paraná (conjunto único com todas as localidades) e para cada uma das cinco regiões representadas na Figura 2. Observa-se, pelas equações apresentadas na Tabela 4, que a equação usual (Equação 1) e a e a forma proposta por Chen (Equação 4), representaram os melhores ajustes para as equações generalizadas, ou seja, a forma proposta por UEHARA (1980) não produziu o melhor ajuste para nenhuma das regiões.

Figura 1 - Mapa de localização espacial dos agrupamentos

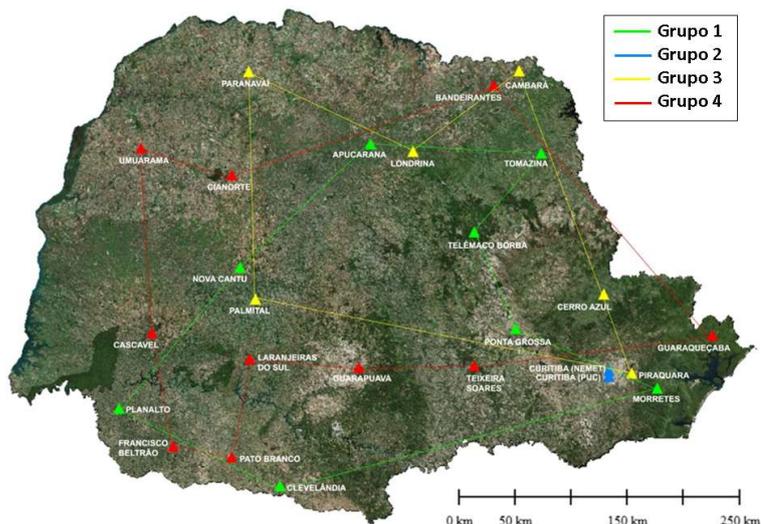
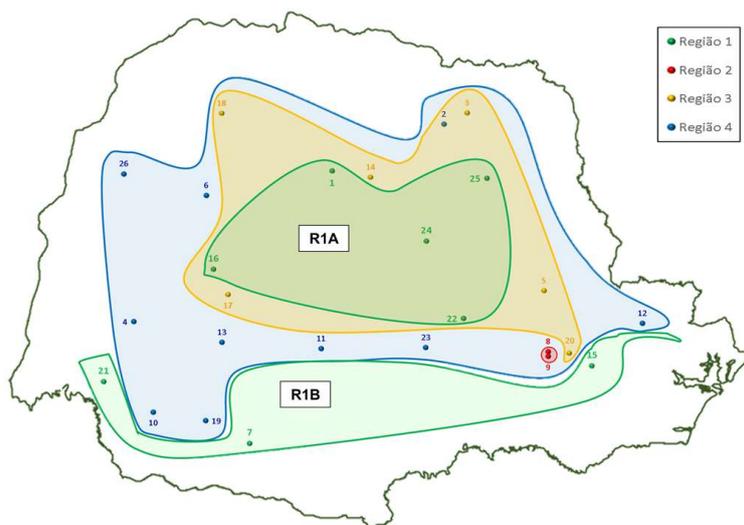


Figura 2 – Definição das regiões para o estabelecimento das equações de chuvas intensas generalizadas



A partir das equações apresentadas nas Tabelas 1 e 4, calculou-se os desvios (diferenças) relativos entre os valores de intensidade de chuva obtidos a partir das equações generalizadas para o estado do Paraná e para as 5 regiões (Tabela 4) e os valores de intensidade de chuva obtidos a partir das equações locais (Tabela 1).

A Tabela 05 uma comparação entre a média e o desvio-padrão dos desvios relativos em cada região, quando se utiliza a equação regionalizada para todo o estado do Paraná e a equação regionalizada para cada região. Evidentemente, observa-se uma melhoria do desempenho das equações generalizadas por região em comparação à equação generalizada para todo o estado, principalmente para as regiões 02 e 03.

Tabela 4 – Equações de chuvas intensas estabelecidas para o estado do Paraná e para as regiões definidas após o agrupamento pelo método *fuzzy C-means*.

Região	Localidades	$x$	$i_1^{10}$ (mm/h)
Paraná	$\frac{i_t^T}{i_1^{10}} = \frac{1,2479 \log \left\{ 10^{(2-x)} \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^{(1-x)} \right\}}{(t + 0,2736)^{0,8514}}$	1,4361	57,7
1A	$\frac{i_t^T}{i_1^{10}} = \frac{1,3332 \log \left\{ 10^{(2-x)} \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^{(1-x)} \right\}}{(t + 0,3620)^{0,9059}}$	1,4452	58,0
1B	$i_t^T = \frac{54,9570 T^{0,1611}}{(t + 0,3815)^{0,8990}}$	---	58,0
2	$i_t^T = \frac{52,0812 T^{0,2380}}{(t + 0,4247)^{1,0671}}$	---	61,4
3	$i_t^T = \frac{53,3365 T^{0,1265}}{(t + 0,3214)^{0,8646}}$	---	56,1
4	$\frac{i_t^T}{i_1^{10}} = \frac{1,1315 \log \left\{ 10^{(2-x)} \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^{(1-x)} \right\}}{(t + 0,1650)^{0,7682}}$	1,4439	57,1

**Obs:** unidades nas equações  $t$ (h),  $T$ (ano) e  $i$ (mm/h).

Tabela 5 – Média e desvio-padrão dos desvios relativos das equações generalizadas em comparação às equações locais

Região	desvios relativos			
	média (%)		desvio-padrão (%)	
	equação do estado	equação da região	equação do estado	equação da região
R1A	8,8	7,4	2,1	1,6
R1B	8,9	6,2	2,8	3,3
R2	24,4	13,1	10,1	2,6
R3	15,3	7,7	4,9	4,6
R4	11,8	10,5	4,6	2,7

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método *fuzzy C-means* permitiu estabelecer o agrupamento de localidades com base nos indicadores definidos, razões entre alturas de precipitação para diferentes tempos de duração e tempo de recorrência, auxiliando na definição de regiões para o ajuste de equações de chuvas intensas generalizadas, que produziram menores desvios em relação às equações de chuvas intensas locais em comparação a uma equação de chuvas intensas regionalizada estabelecida para todo o estado do Paraná.

O número de grupos ideal pelo método *fuzzy C-means* resultou em 4 grupos, que auxiliou na definição de 5 regiões, considerando a localização espacial dos membros (localidades) de cada grupo, mostrando-se, portanto, útil em proporcionar uma aproximação inicial para definição de regiões homogêneas, podendo ainda considerar a definição de indicadores que considerem, além de intensidades e alturas de chuva observadas,

outros aspectos, como: localização geográfica, relevo, mecanismos de formação de chuva presentes em cada localidade, entre outros.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação conjunta de outros indicadores que possam exercer influência no regime pluviométrico, como, por exemplo, variáveis meteorológicas e relevo. Além disso, sugere-se o uso da metodologia *fuzzy c-means*, utilizando-se como indicadores as coordenadas das estações pluviométricas, de modo que o agrupamento considere aspectos hidrológicos e de localização na formação dos grupos.

Além disso, sugere-se o uso de dados observados nas localidades de interesse, preferencialmente nas que possuem equações de chuvas intensas já desenvolvidas, de forma a permitir o cálculo dos erros relativos das equações locais e das equações generalizadas em comparação aos dados observados.

Finalmente, o estudo apresentado pode ainda ser ampliado das 26 relações IDF utilizadas no presente trabalho para as 47 relações IDF encontradas em Fendrich (2011) para o estado do Paraná, a fim de ampliar a quantidade de dados e proporcionar uma melhor definição do comportamento regional das chuvas intensas no estado do Paraná.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEZDEK, J. C.; EHRLICH, R.; FULL, W. (1983). “*FCM: the fuzzy c-means clustering algorithm*”. *Computers & Geosciences*, v. 10, n. 2/3, p. 191-203.
- BELL, F. C. (1969). “*Generalized rainfall-duration-frequency relationships*”. *Journal of the Hydraulics Division – ASCE*, v. 95, n. HY1, p 311-327.
- CAMPOS, A. R.; SANTOS, G. G.; SILVA, J. B. L.; IRENE FILHO, J.; LOURA, D. S. (2014) “*Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí*”. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 45, n. 3, p. 488-498.
- CHEN, C. L. (1983). “*Rainfall intensity – duration – frequency formulas*”. *Journal of the Hydraulics Division – ASCE*, v. 109, n. 12, pp. 1603-1621.
- FALAGUASTA, L. N.; GENOVEZ, A. M. (2003). “*Equações de chuvas intensas generalizadas para os estados de São Paulo e Paraná*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 169-176.
- FENDRICH, R. (1998). *Chuvas intensas para obras de drenagem no estado do Paraná*. 1ª ed. Ed. Champagnat, Curitiba, 99 p.
- FENDRICH, R. (2003). *Chuvas intensas para obras de drenagem no estado do Paraná*. 2ª ed. Autor e editor. Curitiba, 101 p.
- FENDRICH, R. (2011). *Chuvas intensas para obras de drenagem no estado do Paraná*. 3ª ed. Autor e editor, Curitiba, 89 p.
- GIBERTONI, R. F. C.; KAVISKI, E; MINE, M. R. M. (2004). “*Regionalização de parâmetros hidrológicos utilizando análise difusa*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 9, n. 3, p. 69-79.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. L.; GRIEBELER, N. P. (2005). “*Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no estado de Goiás e Distrito Federal*”. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 13-18.
- PFAFSTETTER, O. (1957). *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. Globo, 419 p.

- PEREIRA, M. A. F.; KOBAYAMA, M. CASTRO, N. M. R. (2013). “Análise de homogeneidade da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Ijuí – RS”. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20., 2013, Bento Gonçalves (RS). ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 1-8.
- SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; GRIEBELER, N. P. (2009). “Intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado de Mato Grosso do Sul”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, p. 899-905.
- SILVA, U. R.; GUEDES, G.; LUZ, L. D. (2017). “Estudo para obtenção de curvas de chuvas intensas regionalizadas na região da Chapada Diamantina, Bahia”. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., 2013, Florianópolis (SC). ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. p. 1-9.
- SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; CAVALCANTI, C. G. B.; SILVA, D. D. P. S.; SORAES, I. B.; OLIVEIRA, J. A. S.; SILVA, C. D. P. S. (2004). “LAB Fit Ajuste de Curvas: Um software em português para tratamento de dados experimentais”. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 4, p. 419-427.
- SOUZA, P. V. P. (1959). *Possibilidades pluviais de Curitiba em relação a chuvas de grande intensidade*. Curitiba: CEPHH/UFPR, 15 p.
- STEFFEN, P. C.; GOMES, J. (2018). “Clustering of historical floods observed on Iguazu river, in União da Vitória, Paraná”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.23, n. 38, p. 1-12. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820170107>.
- SUDERHSA. *Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná*. (1998). Curitiba: SUDERHSA, Governo do Estado do Paraná. Disponível em [http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/mp12.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mp12.pdf). Consulta em 06.jun.2021.
- UEHARA, K.; ZAHED FILHO; SILVEIRA, L. N. L.; PALERMO, M. A. PALERMO, M. A. (1980). *Pequenas bacias hidrográficas do estado de São Paulo: estudo de vazões médias e máximas*. FDTE/Escola Politécnica da USP, São Paulo, v. 2, 708 p.
- VALVERDE, A. E. L.; DA SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; LEITE, H. G.; BRANDÃO, V. S. (2003). “Análise regional de chuvas intensas para a bacia do rio Doce”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 157-168.
- VERSIANI, B. R.; CARNEIRO, R. M. F. (2001). “Identificação de regiões homogêneas na análise regional de precipitações e de vazões máximas na bacia do rio São Francisco (Minas Gerais)”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 3, p. 67-80.