[REEC] Revista Eletrônica de Engenharia Civil
Volume 21, N° 1, 2026 01 - 12
https://revistas.ufg.br/reec

PARÂMETROS DAS EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS (IDF) PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Parameters of the Intense Rains Equations (IDF) for the State of Rio Grande do Norte

Wesley de Oliveira Santos[1], José Espínola Sobrinho[2], Luis César de Aquino Lemos Filho[3], Paulo César Moura da Silva[4], Saulo Tasso Araújo da Silva[5], Eunice Maia de Andrade[6], Edmilson Gomes Cavalcante Júnior[7]

PALAVRAS CHAVE:
Eventos extremos;
Vazão de projeto;
Distribuição de probabilidade;

KEYWORDS:
Extreme events;
Project flow;
Probability distribution;

RESUMO: As barragens, bacias de contenção e terraços, são projetadas de forma que para certa precipitação é estimada a vazão máxima de projeto. Este trabalho objetivou determinar os parâmetros das equações IDF (intensidade, duração e frequência) para os municípios do estado do Rio Grande do Norte, a partir de dados pluviométricos de (1964-2013), disponibilizados pela EMPARN, por meio da metodologia da CETESB. Os dados foram organizados em planilhas do software excel, determinando-se a precipitação máxima diária anual. Foi aplicado o teste de aderência, Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância, para as distribuições de Gumbel e Weibull aos dados de precipitação por meio do software R, versão 2.12.1. Para validação das equações IDF, utilizou-se o R^2 (coeficiente de determinação) e o EPE (erro padrão da estimativa). Observou-se ajuste dos dados de precipitação máxima à distribuição de Gumbel para todos os municípios avaliados. Os indicadores da qualidade do ajuste das equações IDF apresentaram valores médios de 0,988 (R^2) e 0,136 mm h^{-1} (EPE), indicando um bom ajuste. A espacialização dos parâmetros da Equação IDF evidenciou a grande variabilidade das precipitações, onde os maiores valores dos parâmetros K e a foram encontrados nas mesorregiões Leste e Oeste e Agreste e Leste, respectivamente.

ABSTRACT: *The dams, containment basins and terraces are designed in such a way that for a certain precipitation the maximum design flow is estimated. This work aimed to determine the parameters of the IDF (intensity, duration and frequency) equations for the municipalities of the state of Rio Grande do Norte, based on pluviometric data from (1964-2013), provided by EMPARN, using CETESB methodology. The data were organized into excel spreadsheets, determining the annual maximum daily precipitation. The Kolmogorov-Smirnov adhesion test was applied at the 5% significance level for the Gumbel and Weibull distributions to the precipitation data using software R, version 2.12.1. For the validation of the IDF equations, R^2 (coefficient of determination) and EPE (standard error of estimation) were used. Adjustment of the maximum precipitation data to the Gumbel distribution was observed for all municipalities evaluated. The indicators of the adjustment quality of the IDF equations presented mean values of 0.988 (R^2) and 0.136 mm h^{-1} (EPE), indicating a good fit. The spatialization of the parameters of the IDF function evidenced the great variability of the precipitations, where the highest values of the parameters K and a were found in the East and West and Agreste and East mesoregions, respectively.*

*** Contato com os autores:**

Publicado em 28 de junho de 2026

[1] **e-mail: wesley.santos@ufersa.edu.br (W. O. Santos)**
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Manejo de Solo e Água, Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
[2] **e-mail: jespinola@ufersa.edu.br (J. E. Sobrinho)**
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Recursos Naturais, Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
[3] **e-mail: lcalfilho@ufersa.edu.br (L. C. A. Lemos Filho)**
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
[4] **e-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br (P. C. Moura)**
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Recursos Naturais, Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
[5] **e-mail: saulo@ufersa.edu.br (S. T. A. Silva)**
Meteorologista, Doutor em Meteorologia,P ofessor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
[6] **e-mail: eandrade.ufc@gmail.com (E. M. Andrade)**
Engenheiro Agrônoma, Doutora em Recursos Naturais Renováveis, Professora da Universidade Federal do Ceará (UFC)
[7] **e-mail: ediguatu@yahoo.com.br (E. G. Cavalcante Júnior)**
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Manejo de Solo e Água, Téc. de Laboratório (Hidráulica), Univ. Federal de Campina Grande (UFCG)

ISSN: 2179-0612 DOI: 10.5216/reec.V21i1.74981
© 2026 REEC - Todos os direitos reservados.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os elementos hidrológicos, a precipitação pluviométrica é considerada a que mais interfere na vida humana, pois se configura como a principal entrada de água no sistema hidrológico, fazendo com que a vazão e a infiltração estejam intimamente ligadas à sua ocorrência. O conhecimento de eventos hidrológicos extremos é um requisito em projetos de drenagem, impermeabilização, além de outras obras de engenharia, seja em áreas urbanas ou rurais. Isso faz com que o projetista considere os riscos existentes com a execução da obra e, associe a melhor alternativa, do ponto de vista econômico, sem deixar de considerar as questões técnicas de desempenho e segurança (Souza et al., 2013).

Para reduzir os efeitos das inundações, as obras hidráulicas são projetadas com base na vazão máxima, seja observada estatisticamente ou com base no emprego de modelos chuva-vazão (Mello et al., 2003; Damé et al., 2010; Teixeira et al., 2011). Segundo Martins et al. (2010), as características das chuvas intensas, especificamente de modelos de equações de intensidade, duração e frequência (IDF), permitem um planejamento mais seguro na determinação de estruturas de contenção do processo erosivo, além de possibilitar o dimensionamento de estruturas hidráulicas para canalização de escoamento superficial, dentre outras utilizações (Genovez; Zuffo, 2000; Rodrigues et al., 2008; Santos et al., 2010; Alhassoun, 2011; Back et al., 2012; Elsebaie, 2012).

Para o desenvolvimento das equações IDF, normalmente é necessário dispor de uma grande base de dados pluviográficos que, na maioria das vezes, não são acessíveis devido à inexistência de uma rede contínua de monitoramento ou de um número reduzido de informações disponíveis, conforme (Sobrinho et al., 2014).

Em um trabalho pioneiro sobre chuvas intensas no Brasil, Pfafstetter (1957) desenvolveu uma fórmula empírica para definir as precipitações máximas em função de sua duração e tempo de recorrência utilizando registros de pluviógrafos de 98 postos, definindo para o estado do Rio Grande do Norte a Equação para o posto de Natal/RN.

Para o Rio Grande do Norte, Denardin e Freitas (1982) determinaram os parâmetros K, a, b e c adimensionais relativos à estação pluviográfica para determinação da intensidade máxima média da precipitação (Im). Esses coeficientes podem ser obtidos no software PLÚVIO 2.1, desenvolvido por (Pruski et al., 1997).

Garcia (2011) determinou a Equação de intensidade, duração e frequência para a Bacia experimental de Serra Negra do Norte (BESNN), região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, por meio de registros de dados de uma estação pluviográfica instalada na Bacia, numa área da Estação Ecológica do Sérido/IBAMA durante 9 anos (2002-2011). Essa estação pluviográfica foi implantada em 2002 dentro da área da Estação Ecológica do Sérido/IBAMA, uma área ambientalmente protegida, distante 300 km de Natal. No Plano diretor do município de Natal (2009), os coeficientes da Equação de intensidade, duração e frequência para a cidade de Natal/RN foram atualizados.

2. OBJETIVOS

Este trabalho apesenta como objetivo determinar as equações de chuvas intensas (curvas IDF) para os municípios do Estado do Rio Grande do Norte através do emprego da metodologia de desagregação de chuvas diárias.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estado do Rio Grande do Norte apresenta-se entre os paralelos 4º49'53" e 6º58'57" de latitude sul e os meridianos de 34º58'06" e 38º34'54" de longitude oeste, sendo dividido politicamente em 167 municípios, agrupados em 4 mesorregiões com as suas respectivas distribuições das precipitações médias anuais, conforme a Figura 1.

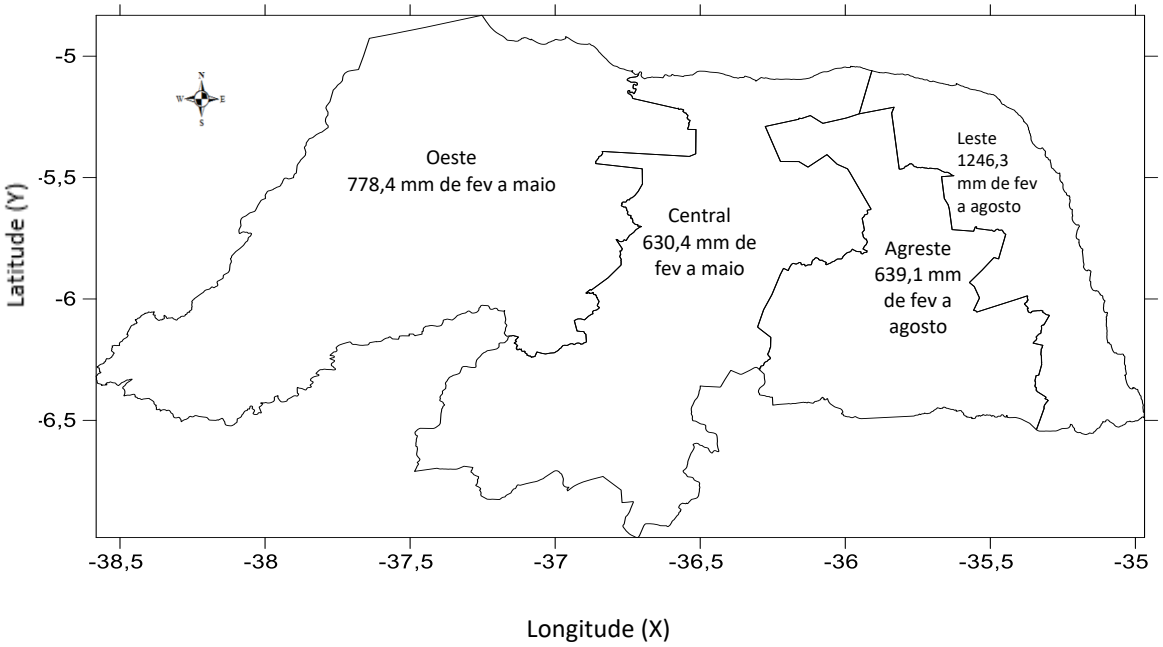

FIGURA 1: Precipitação média anual nas mesorregiões potiguares.
FONTE: Pfaltzgraff et al. (2010).

É considerado o estado do Nordeste com maior proporção de área semiárida, com 93,4% dos 53.077 km^2 da sua área total (Neves, 2010). Esse estado apresenta as características de regiões próximas ao equador, com temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e altas taxas de evaporação. A semiaridez destaca-se pela acentuada variabilidade espacial e temporal da pluviometria, com uma chuva média para o estado de 823,60 mm, apresentando taxas negativas de balanço hídrico, predominância de solos cristalinos de baixa profundidade e reduzida capacidade de retenção de água (Ana, 2006).

Para a determinação das intensidades médias máximas de chuvas para o estado do Rio Grande do Norte, utilizou-se dados pluviométricos diários de 167 municípios, sendo 130 no período de 1964 a 2013 (50 anos) e 37 municípios de 1964 a 2011 (48 anos) disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (Emparn, 2012).

Os dados diários de precipitação auxiliaram na determinação das chuvas máximas diárias anuais que em seguida foram desagregadas em chuvas de diferentes durações (1h, 2h, 3h, 6h, 8h, 10h, 12h, 24h, 5min, 10min, 15min, 20min, 25 e 30min) de acordo com a metodologia proposta por (Cetesb, 1986), conforme os coeficiente de proporcionalidade apresentados na Tabela 1, para diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 50, 100 e 500 anos), que segundo Porto et al. (2000) variam em virtude do tipo da obra de engenharia construída em uma determinada área.

TABELA 1: Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva.

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de desagregação
5 min para 30min	0,34
10min para 30min	0,54
15min para 30min	0,70
20min para 30min	0,81
25min para 30min	0,91
30min para 1h	0,74
1h para 24h	0,42
2h para 24h	0,48
3h para 24h	0,54
6h para 24h	0,72
8h para 24h	0,78
10h para 24h	0,82
12h para 24h	0,85
24h para 1dia	1,14

FONTE: CETESB (1986).

Essa metodologia é uma alternativa para determinação das equações IDF (intensidade, duração e frequência) por meio da desagregação de dados diários obtidos de pluviômetros a partir dos fatores de proporcionalidade, para locais como o estado do Rio Grande do Norte que não dispõe de registros de chuva de várias durações obtidos de pluviógrafos, que nem sempre são disponíveis, (Ana, 2011).

Por meio desses coeficientes, as precipitações de diferentes durações são desagregadas, conforme as relações entre as alturas das precipitações (h) para determinadas durações e o respectivo coeficiente.

A Equação 1 representa a intensidade, duração e a frequência da precipitação (IDF) ou Equação de chuvas intensas (Bernard, 1930).

$$I_m = \frac{KT^a}{(t+b)^c} \qquad \text{Eq. [1]}$$

Em que: I_m = intensidade máxima média de precipitação, mm h^{-1}; T = período de retorno, anos; t = duração da precipitação, minutos; K, a, b, e c = são parâmetros de ajuste relativos a cada localidade.

Para determinação dos parâmetros da Equação IDF, a Equação 1 descrita conforme a Equação 2, em que o coeficiente D é representado pela Equação 3, em seguida a Equação 2 foi transformada na Equação da reta segundo as propriedades dos logaritmos, conforme a Equação 4. Já os parâmetros K e a foram obtidos de acordo com a Equação 5.

$$I_m = \frac{D}{(t+b)^c} \qquad \text{Eq. [2]}$$

$$D = K.T^a \qquad \text{Eq. [3]}$$

$$\log i_m = \log D - c.\log(t+b) \qquad \text{Eq. [4]}$$

Em que: log D e c = são os coeficientes linear e angular da reta, respectivamente.

$$\log D = \log K + a.\log T \qquad \text{Eq. [5]}$$

Em que: log K e a = são os coeficientes linear e angular da reta, respectivamente.

A determinação do parâmetro b realizou-se por tentativa e erro através da análise de regressão, buscando determinar o melhor modelo de Equação de acordo com o coeficiente de determinação (R^2), sendo aplicada aos valores dos logaritmos da intensidade de chuva (log i_m) para um dado período de retorno, com relação aos logaritmos das durações (log t), de acordo com (Villela e Mattos, 1975).

Em uma segunda etapa, foram elaborados gráficos de dispersão, empregando-se a análise de regressão linear simples tendo como ordenadas os valores de log i_m, e como abscissas os valores de log (t+b), e assim foi estimado o coeficiente angular (c) e o linear (log D), para cada período de retorno analisado (2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 e 500 anos). Os parâmetros K e a também foram determinados pelo método dos mínimos quadrados, que consiste em adotar os estimadores que minimizam a soma dos quadrados dos desvios entre valores estimados e observados na amostra, empregando-se a análise de regressão linear simples.

Para a estimativa da vazão máxima, a intensidade máxima da precipitação é a variável de interesse, levando-se em consideração o tempo de concentração da bacia, sendo definido como o tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia escoe até o ponto de controle, exultório ou local de medição associado a um determinado período de retorno (Aragão et al., 2013).

Devido ser necessário prever, com o auxílio de probabilidades, as frequências associadas às precipitações máximas, foram utilizadas as distribuições de Gumbel e Weibull para verificar o ajuste dessas distribuições aos dados de precipitação máxima diária anual, pois ambas são comuns no estudo de precipitações intensas e se ajustam satisfatoriamente às distribuições de valores extremos de grandezas hidrológicas, tais como totais precipitados e vazões observadas (Naghettini e Pinto, 2007; Sansigolo, 2008; Alves et al., 2013).

A precipitação extrema (X) foi determinada pela Equação 6, segundo o método de Chow-Gumbel (Chow, 1964) e a variável reduzida pela Equação 7. Uma forma de aplicar as distribuições de probabilidade é através da fórmula geral proposta por Chow (1959), para determinação da precipitação máxima para um determinado período de retorno T, conforme as Equações 6 e 7.

$$X = \bar{X} + \frac{S_x}{S_n}\left(Y - Y_n\right) \qquad \text{Eq. [6]}$$

Em que: $\bar{X}$ = média da série de dados de precipitação, mm; S_x = desvio padrão da série de dados, mm; S_n = desvio padrão da variável reduzida (adimensional); Y_n = média da variável reduzida (adimensional); Y = variável reduzida (adimensional).

$$Y = -\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right] \qquad \text{Eq. [7]}$$

Em que: Y = variável reduzida (adimensional); T = é o período de retorno, anos.

$$X_T = \overline{X} + K_T \cdot S_x \qquad \text{Eq. [8]}$$

$$K_T = \frac{Y - Y_n}{S_n} \qquad \text{Eq. [9]}$$

Em que: X_T = precipitação para um determinado período de retorno T, anos; $\overline{X}$ = média da série de dados, mm; S_x = desvio padrão da série de dados, mm; K_T = fator de freqüência, adimensional, relativo a uma determinada distribuição de probabilidade.

Por meio das equações citadas acima, foram calculadas as intensidades máximas de chuva para as respectivas durações e períodos de retorno para a elaboração das curvas de intensidade duração e frequência.

Os valores da média da variável reduzida (Y_n) e do desvio padrão da variável reduzida (S_n) para uma série histórica de tamanho n foram obtidas a partir do estudo de Linsley (1949).

A Tabela 2 apresenta os valores da média da variável reduzida (Y_n) e do desvio padrão da variável reduzida (S_n) para uma série histórica. Para o período de 48 anos (1964 – 2011) de dados de precipitação utilizou-se à interpolação linear para obtenção da média e do desvio padrão da variável reduzida.

TABELA 2: Valores esperados da média (Y_n) e o desvio padrão (S_n) da variável reduzida em função do tamanho da amostra (N).

N	Yn	Sn	N	Yn	Sn
20	0,52	1,06	80	0,56	1,19
30	0,54	1,11	90	0,56	1,20
40	0,54	1,14	100	0,56	1,21
50	0,55	1,16	150	0,56	1,23
60	0,55	1,17	200	0,57	1,24
70	0,55	1,19	∞	0,57	1,28

FONTE: Linsley (1949).

Há vários testes de aderência utilizados para verificar se uma distribuição teórica de probabilidade se ajusta de forma correta ou não aos dados amostrais, tais como Anderson-Darling, Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov. Dentre os testes de aderência, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software R versão 2.12.1 (2010), pois este teste é comum no uso de análises de precipitação de chuvas intensas (Haktanir et al., 2010; Beijo et al., 2005; Oliveira et al., 2011; Martins et al., 2011), conforme a Equação 10.

$$D_{máx} = MÁX\left|F'(X) - F(X)\right| \qquad \text{Eq. [10]}$$

Em que: $D_{máx}$ = valor da estatística-teste que representa a diferença máxima absoluta entre a distribuição teórica de um modelo assumido e a função distribuição empírica; F'(X) = distribuição de probabilidade teórica e F(X) = distribuição de probabilidade empírica (observada).

Para avaliar a precisão dos modelos das equações IDF geradas, verificou-se, por meio da análise estatística, a qualidade do ajuste entre as equações IDF e as distribuições testadas (Gumbel e Weibull), utilizando-se o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão da estimativa (EPE), de acordo com a Equação 11.

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{I_c - I_o}{I_o}\right)^2}{N}} \qquad \text{Eq. [11]}$$

Em que: I_c = intensidade da precipitação calculada por meio da Equação IDF, (mm h^{-1}); I_o = intensidade de precipitação extraída da melhor distribuição ajustada (mm h^{-1}); N = durações, (anos) da série histórica.

Para o processamento dos dados e confecção dos mapas utilizou-se o SIG (Sistema de Informação Geográfica), em que os postos pluviométricos dos 167 municípios do Rio Grande do Norte foram georreferenciados para o sistema de projeção de coordenadas (latitude e longitude) em graus, Datum WGS

84. As linhas de isovalores dos parâmetros da Equação IDF foram elaboradas, a partir da interpolação dos dados não amostrados, utilizando o método da Krigagem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os percentuais de ajuste das distribuições de probabilidade testadas (Gumbel e Weibull) aos dados de precipitação máxima diária anual para os municípios do Rio Grande do Norte foram de 100% e 84,4% para as distribuições de Gumbel (167 municípios) e Weibull (141 municípios), respectivamente. Assim, pôde-se verificar que a distribuição de Gumbel apresentou melhor ajuste, se comparada à distribuição de Weibull, devido ter apresentado ajuste para todos os municípios do Rio Grande do Norte aos dados de precipitação.

Observa-se semelhança entre os resultados obtidos aos que a literatura cita sobre as distribuições de probabilidades aplicadas a valores extremos, em que a distribuição de Gumbel surge como a mais indicada e melhor ajustada (Naghettine e Pinto, 2007; Ben-Zvi, 2009).

Conforme Back et al. (2011), em estudos sobre distribuições de probabilidades aplicadas a chuvas intensas, a distribuição de Gumbel é a que tem produzido melhor ajuste.

Freire et al. (2012) ao analisar uma série histórica de precipitação máxima diária anual para Mossoró/RN de 1970 a 2007, obteve ajuste dos dados de precipitação à distribuição de Gumbel. No entanto, houve tendência em 44 postos pluviométricos de melhor aderência dos dados à distribuição de Weibull para um estudo realizado no estado de Sergipe por Aragão et al. (2013), sendo que em apenas 4 postos a distribuição de Gumbel se adequou melhor. A distribuição de Weibull também foi a que melhor se adequou aos dados de chuvas intensas nas estações para o estado de Pernambuco (SILVA, 2009). Segundo Overeem et al. (2008), deve-se alertar para o fato de que, apesar de bastante utilizada, a distribuição de Gumbel pode subestimar as quantidades de precipitação para longos períodos de retorno.

Conforme os valores médios dos indicadores da qualidade do ajuste das equações IDF, R^2 = 0,988 e EPE = 0,136 mm h^{-1}, que apresenta uma variação de 0,090 a 0,214 mm h^{-1} para os diferentes períodos de retorno, verifica-se que o método utilizado para determinação das equações IDF conduz ao melhor conjunto dos valores dos parâmetros K, a, b e c, devido o coeficiente de determinação R^2 ter apresentado um valor médio próximo da unidade e o EPE médio apresentou um valor próximo de zero.

Aragão et al. (2013), ao determinar os parâmetros da equação IDF para o estado de Sergipe usando o método da desagregação de chuvas, verificou que o valor do coeficiente de determinação R^2 permaneceu constante e igual a 0,99 e os valores da EPE (erro padrão da estimativa) ficaram entre 1 e 3 mm h^{-1}, indicando um bom desempenho com relação a qualidade do ajuste das equações usadas para estimar a intensidade máxima média de precipitação para as localidades desse estado.

Garcia et al. (2011), ao determinar as equações de intensidade, duração e frequência para o estado do Mato Grosso (Cáceres, Cuiabá e Rondonópolis) utilizando-se as metodologias de análise de pluviogramas, desagregação de chuvas de 24 h e de Bell, compararam as estimativas da intensidade de precipitação aplicando-se as equações obtidas através dessas metodologias e verificou que o método da desagregação de chuvas apresentou melhor desempenho global, com um erro relativo médio (ERM = 27%).

Oliveira et al. (2008) ao empregar a metodologia de desagregação de chuvas diárias, foi possível obter a relação intensidade-duração-frequência com base em dados pluviométricos, cujos resultados apresentaram-se adequados com valores de ERM menores que 14,4%, o que permite sua utilização em localidades para o estado de Goiás em que não há disponibilidade de registros pluviográficos.

Ao comparar os resultados obtidos da estimativa da intensidade máxima média de precipitação por meio dos dados da série histórica em estudo, utilizando os parâmetros apresentados na Tabela 3 (situação 1), que apresentam um valor limite do total precipitado, a partir do qual a chuva pode ser considerada intensa, conforme a metodologia da CETESB (1986) com a (situação 2), conforme os valores apresentados na Tabela 4, levando-se em consideração um período de retorno, T =10 anos e uma duração t =15 minutos

(comuns em obras hidráulicas), de acordo com a CETESB (1986). Foi obtido um erro variando de 0,93%, sendo calculado pela seguinte expressão: ((1-115,22/116,30).100 = 0,93%) a 6,55% utilizando como exemplo os dados de chuvas intensas da microrregião de Mossoró/RN, sendo composta por 6 municípios.

TABELA 3: Valores mínimos de precipitação adotados

Duração (minutos)	5	10	15	20	30	45	60	120	180	240	360	480	720	1440
Precipitação adotada (mm)	8	10	15	15	20	23	25	30	33	35	40	40	47	55

FONTE: CETESB (1986).

TABELA 4: Parâmetros da equação IDF conforme a série histórica utilizada.

Municípios	Método	Parâmetros				Erro (%)	Im (mm/h)
		K	a	b	C		
Areia Branca	1	756,311	0,216	9,778	0,741	0,93	115,22
	2	844,139	0,168	9,797	0,738		116,30
Baraúnas	1	734,552	0,198	9,778	0,741	0,31	107,18
	2	824,697	0,144	9,893	0,737		107,51
Grossos	1	507,354	0,209	9,778	0,741	5,13	76,05
	2	686,664	0,079	9,014	0,733		80,16
Mossoró	1	752,889	0,221	9,778	0,741	1,64	115,92
	2	840,917	0,175	9,732	0,738		117,86
Serra do Mel	1	552,732	0,217	9,778	0,741	6,55	84,27
	2	714,562	0,120	9,163	0,737		90,18
Tibau	1	666,435	0,245	9,778	0,741	2,42	108,59
	2	821,481	0,159	9,710	0,737		111,28

FONTE: Autoria própria.

De acordo com os valores dos parâmetros das equações IDF apresentados na Tabela 4, houve a tendência dos parâmetros (b = 9,778) e (c = 0,741) apresentarem valores constantes para todos os municípios (situação 2). Esta tendência também foi observada por Oliveira et al. (2008) e Silva (2009), sendo considerado uma consequência da desagregação de chuvas diárias, ou da forma de determinação dos parâmetros, pois para dados de pluviógrafos, a mesma tendência não foi observada (Aragão et al., 2000; Cecílio; Pruski, 2003; Silva, 2009).

Aragão et al. (2013) obteveram um erro de 5%, sendo inferior ao obtido nesse trabalho ao realizar um estudo para determinação dos parâmetros de chuvas intensas para o estado de Sergipe. Esses erros podem ser considerados desprezíveis em face das incertezas no processo de determinação dos parâmetros e da própria série. Assim, é possível inferir que as metodologias acima citadas para obtenção dos parâmetros das equações IDF levam a valores com mesma ordem de grandeza para os parâmetros b e c.

No software PLÚVIO 2.1, desenvolvido por Prusky et al. (1997) para a cidade de Natal, os parâmetros K = 586,66, a = 0,26, b = 15 e c = 0,68 obtidos por Denardin e Freitas (1982) ao estudar as características fundamentais de chuvas no Brasil, apresentaram valores próximos dos obtidos nesse trabalho, no que se refere aos parâmetros a = 0,21 e c = 0,74.

De acordo com Garcia (2011), os parâmetros que apresentaram maior proximidade, foram a = 0,20, b = 8,0 e c = 0,68, sendo que apenas o parâmetro K apresentou maior diferença.

De acordo com a Figura 2, pode-se verificar a variabilidade do parâmetro K, apresentando os maiores valores em áreas localizadas nas mesorregiões Oeste e Leste (Figura 1), que segundo Pfaltzgraff et al. (2010),

são as mesorregiões de maior precipitação média anual, passando a diminuir no sentido leste – oeste já na Figura 3, observa-se que o parâmetro a, apresentou os maiores valores nas áreas das mesorregiões Agreste e Leste e em uma parte da Oeste, sendo que a maior concentração para os menores valores é observado nas mesorregiões Oeste e Central (Figura 1), apresentando uma diminuição assim como para o parâmetro K, no sentido leste – oeste.

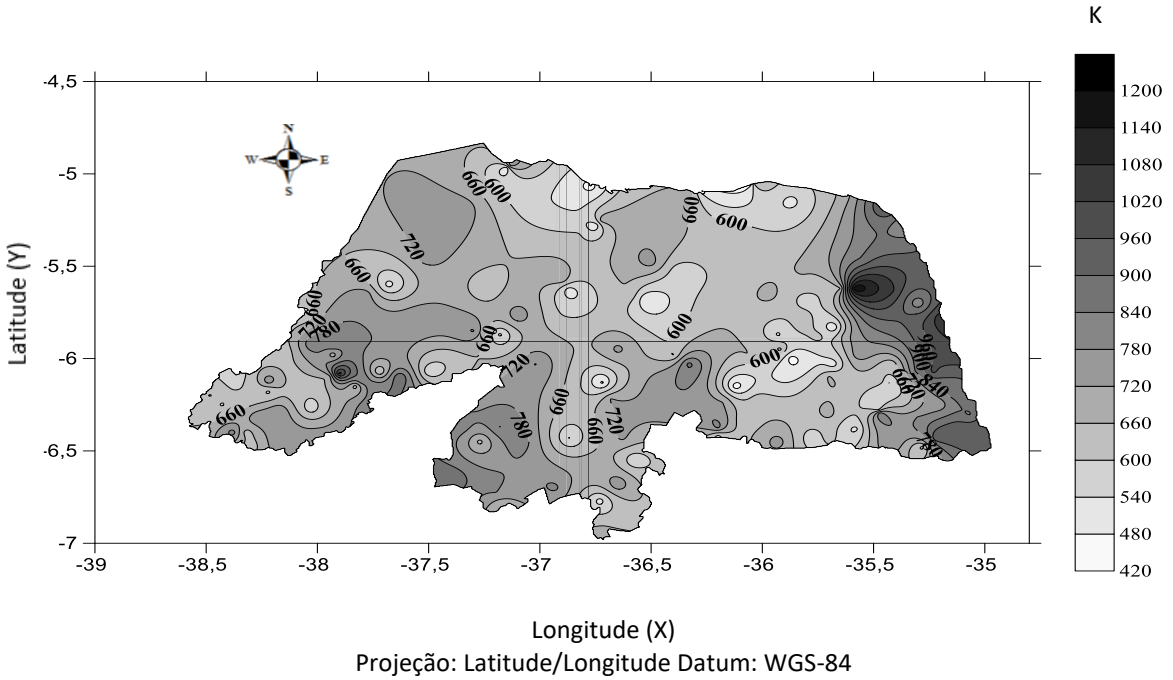

FIGURA 2: Mapa de isovalores do coeficiente K da equação de chuvas intensas IDF, para o Rio Grande do Norte.
FONTE: Autoria própria.

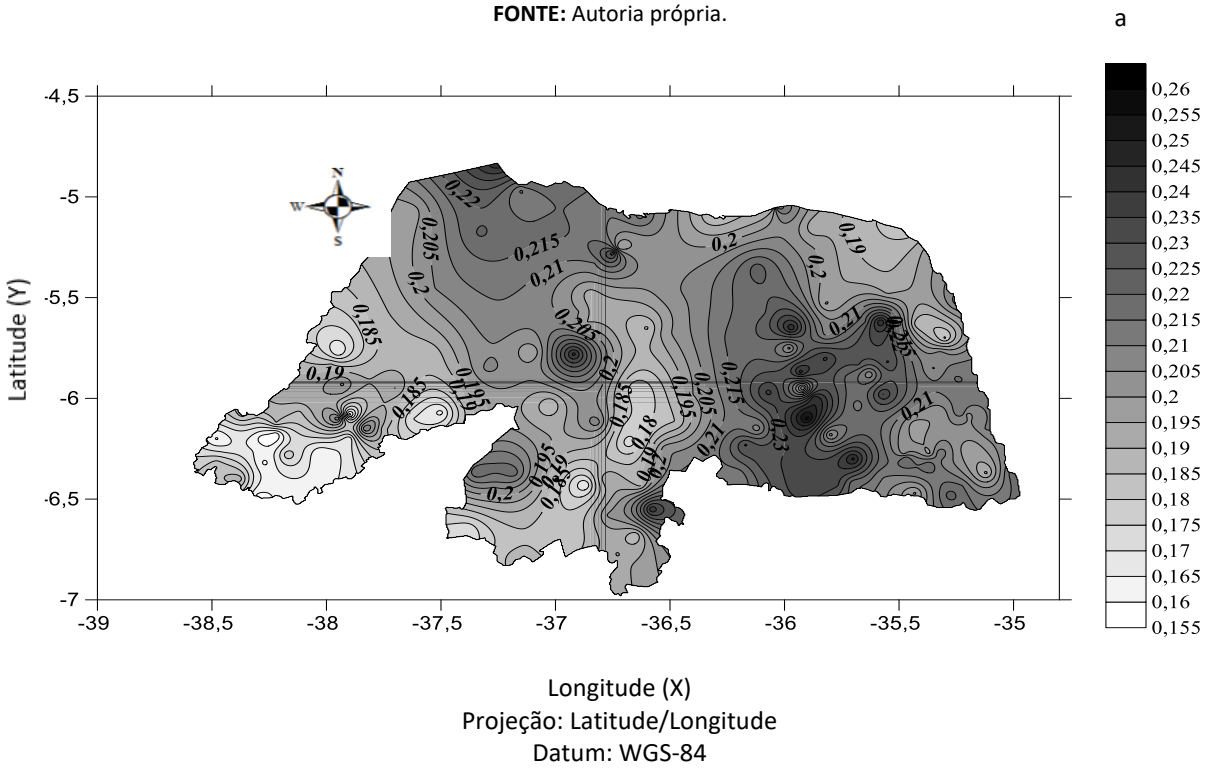

FIGURA 3: Mapa de isovalores do coeficiente a da equação de chuvas intensas IDF, para o Rio Grande do Norte.
FONTE: Autoria própria.

Aragão et al. (2013) ao determinar os parâmetros da equação IDF para o estado de Sergipe com base em dados pluviométricos desagregados, constatou que os maiores valores dos parâmetros K e a, foram encontrados para o litoral úmido seguido da região do Agreste.

5. CONCLUSÕES

Os maiores valores dos parâmetros K e a foram encontrados para as mesorregiões Leste e Oeste e Agreste e Leste, respectivamente. Os indicadores da qualidade do ajuste das equações IDF para os municípios do Rio Grande do Norte evidenciaram uma boa qualidade nos ajustes, com valores médios de 0,988 (R^2) e 0,136 mm h^{-1} (EPE).

A utilização da série histórica completa dos dados de precipitação apresentou valores de intensidade de chuva muito próximos dos calculados, considerando-se a série limitada por valores mínimos de precipitação máxima.

A espacialização dos parâmetros da função IDF evidenciou a grande variabilidade das precipitações no estado do Rio Grande do Norte, de maneira que os mesmos podem ser empregados em obras hidráulicas em locais em que não existem dados disponíveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHASSOUN, S. A. Developing an empirical formulae to estimate rainfall intensity in Riyadh region. **Journal of King Saud University**, v.23, p.81-88, 2011.

ALVES, A. V. P.; SANTOS, G. B. DA S.; MENEZES FILHO, F. C. M. De. Análise dos métodos de estimativa para os parâmetros das distribuições de gumbel e gev em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá-MT. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil** Vol 6 - nº 1 (2013).

ANA - Agência Nacional das Águas. Hidro Web: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em:< http://hidroweb.ana.gov.br. Acesso em:> 10 Mar. 2011.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água**: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais. Brasília: ANA, SPR, 2006.

ARAGÃO, R.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S.; GOIS, R. S. S. Chuvas intensas no Estado da Paraíba. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000, Natal. **Anais**.. Natal: ABRH, 2000. p.74-85.

ARAGÃO, R. DE.; SANTANA, G. R. DE.; COSTA, C. E. F. F. DA.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E. DE.;SRINIVASAN, V. S.; Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.3, p.243–252, 2013.

BACK, A.J.; HENN, A. & OLIVEIRA, J.L.R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:2127-2134, 2011.

BACK, A. J.; OLIVEIRA. J. L. R.; HENN, A. Duration-Frequency relationships of heavy rainfall in Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.36, p.1015-1022, 2012.

BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; CASTRO NETO, P. Tempo de retorno das precipitações máximas em lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p.657-667, 2005.

BEN-ZVI, A. Rainfall intensity–duration–frequency relationships derived from large partial duration series. **Journal of Hydrology**, v.367, p.104–114, 2009.

BERNARD, M. M. **Formulas for rainfall intensities of long duration**. American Society of Civil Engineers, 40p. 1930.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.501-504, 2003.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana**: manual de projeto. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986. 466p.

CHOW, V. T. Hanndbook of applied hydrology. New York: McGraw Hill Co, 1964. 42 p.

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, p.46-54, 2010.

DENARDIN, J.L., FREITAS, P.L. Características fundamentais da chuva no Brasil, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.10, p.1409-1416, 1982.

ELSEBAIE, I. H. Developing rainfall intensity-duration-frequency relationship for two regions in Saudi Arabia. **Journal of King Saud University**, v.24, p.131-140, 2012.

EMPARN - Setor de meteorologia da emparn: 20 anos de serviços prestados à sociedade norteriograndense, 2012.

FREIRE, F. G. C.; OLIVEIRA, A. M. DE P.; SOBRINHO, J. E.; BATISTA, R. O.; SANTOS, W. O.; BARRETO, H. B. F.; Estudo das precipitações máximas para o município de Mossoró-RN, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.6, nº. 1, p 3-7, 2012.

GARCIA, J. F. DA C.; **Análise da precipitação no semiárido potiguar**.62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), RN, 2011.

GENOVEZ, A. M.; ZUFFO, A. C. Chuvas intensas no Estado de São Paulo: estudos existentes e análise comparativa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, p.45-58, 2000.

HAKTANIR, T.; COBANER, M.; KISI, O. Frequency analyses of annual extreme rainfall series from 5 min to 24 h. **Hydrol. Process**. V.24, 2010, 3574-3588p.

LINSLEY, R. K.; M. A. KOHIER.; J. L. H. Paul Hus. **Applied Hydrology**, 1949.

MARTINS, S. G.; AVANAZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; FONSECA, S. Rainfall erosivity and rainfall return period in the experimental watershed of Aracruz, in the Coastal Plain of Espírito Santo, Brazil. **Revista Brasileira Ciências Solo**, v.34, p.999-1004, 2010.

MARTINS, C. A; ULIANA, E. M; REIS, E. F. Estimativa da vazão e da precipitação máxima utilizando modelos probabilísticos na bacia hidrográfica do rio Benevente. **Enciclopédia biosfera**, v. 7, p. 1130-1142, 2011.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; LIMA, J. M.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.121-128, 2003.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia e Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 552p. 2007.

NEVES, J. A. **Um índice de susceptibilidade ao fenômeno da seca para o semiárido nordestino.** 2010. 399 p. Tese (Doutorado em Matemática Computacional) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C. A.; FIOREZE, A. P.; SILVA, M. A. S. Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, p.620-625, 2008.

OLIVEIRA, L. F. C.; VIOLA, M. R.; PEREIRA, S., MORAIS, N. R. Modelos de predição de chuvas intensas para o estado do Mato Grosso, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 274-290, 2011.

OVEREEM, A.; BUISHAND, A.; HOLLEMAN, I. Rainfall depthduration-frequency curves and their uncertainties. **Journal of Hydrology**, v.348, p.124-134, 2008.

PFAFSTETTER, O. Chuvas intensas no Brasil. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas; DNOS – **Departamento Nacional de Obras de Saneamento**, 2. ed. 1957. 426p.

PFALTZGRAFF, P. A. DOS S.; MIRANDA, F. S. de. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Torres. -- Recife: CPRM, 2010.

PORTO, R.; ZAHEL, F. K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: Tucci, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. Ed. Porto Alegre: ABRH-EDUSP, 2000. 943 p.

PRUSKY, F. F.; CALIJURI, M. L.; BHERING, E. M.; SILVA, J. M. A. Metodologia baseada no uso de sistemas de informações geográficas para a obtenção de equações de chuvas intensas em qualquer localidade do Estado do Paraná. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 5, n. 3, p. 254-265, 1997.

R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/ (2010).

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M. DE; OLIVEIRA, T. S. DE; LOBATO, F. A. De O. Equações de intensidade - duração – frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará. **Revista Scientia Agrária**, v.9, p.511-519, 2008.

SANSIGOLO, C. A. Distribuição de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira Engenharia de Agrícola e Ambiental**, v.14, p.115-123, 2010.

SILVA, B. M. **Chuvas intensas em localidades do estado de Pernambuco**. Recife: UFPE, 2009. 100p. Dissertação Mestrado.

SOBRINHO, V. F.; RODRIGUES, J. O.; MENDONÇA, L. A. R.; ANDRADE, E. M. de.; TAVARES, P. R. L. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.727–734, 2014.

SOUZA, V. A. S. De.; Nascimento, R. K. Do.;NUNES, M. L. A.; ROSA, A L D Da.; Análise de chuvas intensas por meio da desagregação de precipitações diárias de Jaru e Machadinho d'Oeste– RO, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 80-85, jan/mar de 2013.

TEIXEIRA, C. F. A.; DAMÉ, R. De C. F.; SIQUEIRA, G. DO A.; BACELAR, L. C. S. D. Vazão máxima de projeto: Metodologia para dimensionamento de bueiros em áreas agrícolas. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.17, p.49-56, 2011.