

## LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS E DESENVOLVIMENTO DE MÓDULO PARA CÁLCULO DA INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE LOCALIDADES BRASILEIRAS

SOUZA, J. L. M.<sup>1</sup>; MICHAOVSKI, R. E.<sup>2</sup>; MOCELIN, L. K.<sup>2</sup>; RONCOVSKY, V.<sup>2</sup>; BILYK, C. G.<sup>2</sup>; MORETTI, M. S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, DSEA/SCA/UFPR, e-mail: jmoretti@ufpr.br; <sup>2</sup>Graduação em Agronomia, UFPR; <sup>3</sup>Graduação em Engenharia Ambiental, UFTPR.

### RESUMO

Teve-se por objetivo no presente estudo levantar e caracterizar parâmetros e constituir um módulo automático em planilha eletrônica para estimar a intensidade, duração e frequência (IDF) de precipitações pluviométricas das localidades brasileiras levantadas. O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Modelagem de Sistemas Agrícolas/DSEA/UFPR, e estruturado nas etapas: *i*) Levantamento dos parâmetros da equação IDF; *ii*) Organização dos parâmetros; *iii*) Análise da grandeza dos parâmetros; e, *iv*) Constituição do módulo automático para estimava dos valores de IDF. Os parâmetros *a*, *b*, *c* e *d* das localidades brasileiras foram levantados em pesquisas realizadas na *internet*. O módulo computacional foi desenvolvido em planilha eletrônica, com auxílio da linguagem *Visual Basic for Application*. Identificou-se 1435 localidades contendo estudos que ajustaram os parâmetros (*a*, *b*, *c* e *d*) da equação IDF. Tem-se grande disparidade no número de localidades estudadas entre as regiões brasileiras. Os Estados do Nordeste encontram-se bem representados em relação aos parâmetros disponíveis da equação IDF. Porém, a região Sul tem poucos estudos e localidades em relação às demais regiões brasileiras. O parâmetro *a* da equação de IDF apresentou a maior média ( $\bar{a} = 1454,22 \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e dispersão. O parâmetro *b* ( $\bar{b} = 0,17$ ) possui os menores valores e dispersão, sendo todos os valores inferiores a um. Apenas o parâmetro *c* ( $\bar{c} = 14,39$  minutos) apresentou valores negativos. O parâmetro *d* ( $\bar{d} = 0,78$ ) apresentou valores próximos a um para as localidades levantadas, variando entre 0,3835 e 1,3758 ( $\sigma_d^2 = 0,01161$ ). O módulo computacional automático mostrou-se muito simples e funcional.

**Palavras-chave:** Chuvas intensas; parâmetros; intensidade de precipitação; módulo automático.

### INTRODUÇÃO

As chuvas intensas são definidas como uma precipitação em determinado período de tempo que supera o valor normal esperado para dada região. Portanto, o fenômeno deve ser estudado levando em conta a localização e o tempo. O período de tempo é variável, podendo ser de minutos a dias (Epa, 2021). Os eventos intensos também podem ser chamados de chuvas extremas ou máximas (Araújo et al., 2008).

As chuvas intensas podem gerar problemas em áreas urbanas e rurais, sendo eventos extremos que podem causar inundações, deslizamentos e erosão, resultando em grandes prejuízos (Epagri, 2013; Terassi et al., 2018). Portanto, estimar a tendência dos eventos extremos de precipitação pluviométrica em cada região é fundamental para o bom planejamento das atividades de engenharia de água e solo.

O entendimento e estimativa das chuvas intensas em determinada região é importante para o desenvolvimento de obras hidráulicas, tanto urbanas quanto rurais, devido ao escoamento superficial da água criada por esses eventos. Em áreas urbanas, as informações das chuvas intensas são utilizadas para a construção de galerias pluviais e bueiros. Em áreas rurais, valores de chuvas intensas são importantes para o dimensionamento de sistemas para drenagem, canais, terraços, bueiros, calhas, barragens, entre outros (Santos et al., 2010).

A intensidade de precipitação é o evento que mais interfere no processo de erosão do solo (Santos et al., 2010). Além de causar empobrecimento do solo, devido à perda de nutrientes junto às partículas do solo, as chuvas intensas também podem causar a contaminação das áreas onde as partículas acabam sendo depositadas, como nascentes e várzeas (Volk et al., 2008). Desta forma, determinar e entender como ocorre a intensidade da precipitação pluviométrica de uma região é importante para evitar, ou ao menos reduzir, problemas como erosão, inundações e acidentes.

A intensidade e duração de uma chuva possuem relação inversa. Desta forma, a tendência é que chuvas mais intensas possuam duração reduzida. Outro aspecto a ser observado é que a frequência de ocorrência dos eventos de precipitação pluviométrica diminua com a maior intensidade. Os fatores intensidade, duração e frequência são utilizados para se caracterizar as chuvas extremas de uma região, e suas relações são obtidas com a análise do histórico das precipitações pluviométricas. A série de dados observados para se fazer a caracterização deve abranger amplo período de tempo, para representar bem a realidade (Tucci, 2001).

Estudos envolvendo a tendência e previsão das chuvas geralmente necessitam de séries históricas de longos períodos de tempo, para representarem da forma mais fiel possível a precipitação local (Tucci, 2001). As séries de precipitação pluviométrica são trabalhadas em modelos estatísticos para encontrar os parâmetros utilizados para calcular as grandezas de interesse das chuvas. Desta forma, a quantificação das chuvas intensas pode ser realizada aplicando-se modelos de estimativa, também denominados de curvas de intensidade-duração-frequência (IDF), que possibilitam o entendimento da ocorrência dos três fatores em determinado período de retorno. As curvas IDF requerem parâmetros específicos ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ), os quais podem ser ajustados por meio de regressões lineares ou não lineares (Aragão et al., 2013).

As séries de dados pluviométricos são utilizadas para criar curvas que representam a tendência das chuvas, chamadas curvas IDF ou curvas de equação de chuvas intensas. A equação é representada por uma curva exponencial decrescente, em que a intensidade de precipitação fica no eixo das ordenadas e a duração no eixo das abscissas. Cada período de retorno é representado por uma nova curva no gráfico (Pereira et al., 2017). Os parâmetros da equação ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) são ajustados e obtidos de forma empírica, utilizando observações de séries históricas que descrevem as características do local onde os dados foram coletados (Mello et al., 2003).

Devido à importância e aplicabilidade da intensidade de precipitação pluviométrica para diversas finalidades, na literatura tem-se inúmeros estudos que foram desenvolvidos visando encontrar os parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) da equação de intensidade-duração-frequência de locais ou regiões brasileiras. Diante do contexto apresentado, teve-se por objetivo no presente estudo levantar e caracterizar parâmetros e constituir um módulo automático em planilha eletrônica para estimar a intensidade, duração e frequência (IDF) de precipitação pluviométrica das localidades brasileiras levantadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Modelagem de Sistemas Agrícolas, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Paraná, e foi estruturado nas etapas:

### *i) Levantamento dos parâmetros da equação de IDF*

Por ser mais utilizada, foram levantadas publicações contendo parâmetros IDF da equação de chuvas intensas:

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

Sendo:  $i$  – intensidade máxima de precipitação ( $\text{mm h}^{-1}$ );  $T$  – período ou tempo de retorno (anos);  $t$  – duração da precipitação (minutos);  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  – parâmetros determinados com a análise da série de dados históricos de precipitação pluviométrica ( $a$  em  $\text{mm h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ;  $c$  em minutos;  $b$  e  $d$  são adimensionais).

Os estudos contendo os parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  ajustados, da equação IDF das localidades brasileiras, foram levantados em pesquisas bibliográfica realizadas na *internet*.

### *ii) Organização e análise dos parâmetros*

Os dados dos estudos com as equações IDF, levantados na revisão bibliográfica, foram tabulados em uma planilha eletrônica, sendo armazenadas as informações: Estado; cidade; estação meteorológica/local; coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude); equação IDF utilizada no estudo; valor dos parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  ajustados e suas unidades; unidades de saída/entrada da intensidade, duração (tempo) e período de retorno da equação; indicador estatístico utilizado para avaliar o ajuste dos parâmetros da equação IDF, e valores obtidos com o indicador nos ajustes; e, referência bibliográfica do estudo.

Os parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  ajustados nos estudos da equação IDF foram analisados, identificando-se os percentuais dos estudos realizados nas regiões brasileiras, a qualidade dos ajustes com a equação IDF, bem como as medidas de tendência e dispersão dos parâmetros.

### iii) Realização do módulo computacional

Após o levantamento e organização dos dados das publicações contendo os parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) da equação de intensidade-duração-frequência dos principais locais/regiões brasileiras, realizou-se um módulo computacional desenvolvido em planilha eletrônica, utilizando a linguagem *Visual Basic for Application (VBA-Macro)*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento, realizado por meio de pesquisas na *internet*, foram selecionados 36 trabalhos que ajustaram os parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ , e  $d$ ) da equação de intensidade-duração-frequência (IDF). Os estudos foram realizados por diversos autores, contabilizando o total de 1435 localidades distribuídas por todos os Estados brasileiros e Distrito Federal.

A região Nordeste do Brasil apresentou o maior número de localidades analisadas, (684 no total; Figura 1). Na região Sul, encontrou-se o menor número de análises, apenas 135 localidades. O Estado do Rio Grande do Norte apresentou o maior número de localidades analisadas (167 localidades), seguido do Maranhão (160 localidades) e Mato Grosso do Sul (108 localidades). Os Estados Roraima, Amazonas e Amapá possuem o menor número de localidades analisadas (5, 6 e 7, respectivamente). No Distrito Federal foi encontrado estudo para apenas uma localidade.

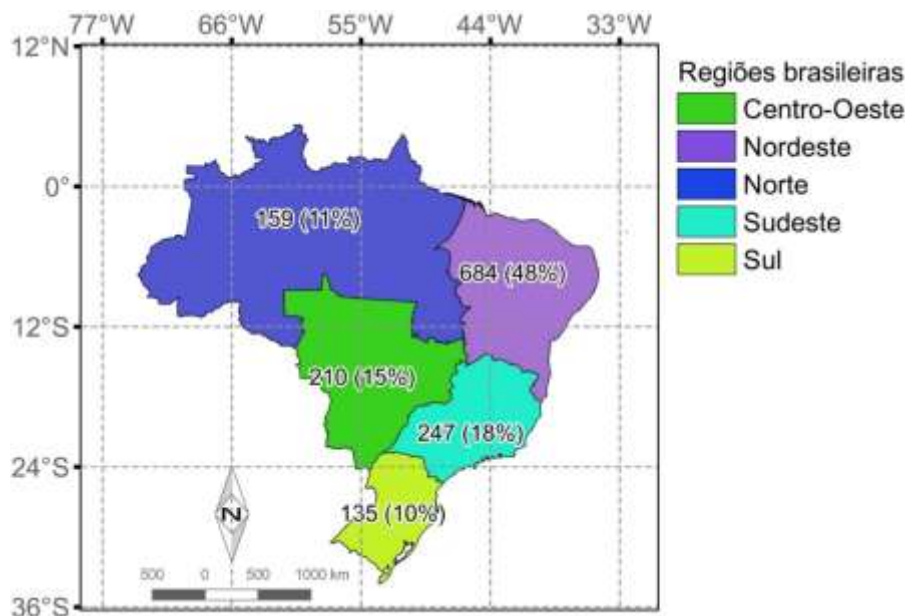


Figura 1 – Distribuição percentual, por região brasileira, do número de localidades contendo os parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) da equação de Intensidade-Duração-Frequência.

Considerando os trabalhos levantados foi possível observar disparidade no número de estudos e análises disponíveis. A região Norte, apesar de ter a maior extensão territorial brasileira, apresentou o segundo número de análises (11%; Figura 1), o que pode ser explicado pela baixa quantidade e qualidade dos dados das estações meteorológicas,

proporcionando a falta de séries históricas para realização de estudos mais consistentes. Por outro lado, como mais de 60% dos desastres naturais ocorrem no Sul do Brasil (Marcelino, 2008), o menor número de estudos envolvendo a IDF (10%; Figura 1) indicaram a necessidade de maior atenção dos pesquisadores e órgãos governamentais da região para esse tema. É importante observar que a região Sul apresenta rede de postos de observação igual ou superior à de outras regiões brasileiras.

De forma geral, os parâmetros da equação IDF levantados foram ajustados e obtidos empiricamente, utilizando observações de séries históricas que descrevem as características do local onde os dados foram coletados (Mello et al., 2003). No levantamento, os parâmetros da curva IDF foram ajustados em análises diversas, empregando regressão linear ou não linear. Para o ajuste por regressão linear, alguns estudos utilizaram o método dos mínimos quadrados. Para o ajuste por regressão não linear Campos et al. (2014) utilizaram o método de Gradação Reduzida Generalizada (GRG) Não Linear, e necessitaram do auxílio de uma planilha eletrônica. Gonçalves (2011) obtiveram os parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  utilizando regressões múltiplas, após linearizar a curva IDF com o auxílio de logaritmos. Para obtenção do parâmetro  $c$  o autor utilizou um programa em linguagem MATLAB 2008, e sua escolha baseou-se no maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) alcançado. Conforme o autor, o parâmetro  $c$  tem valor entre zero e 30.

A maioria dos trabalhos levantados utilizou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para avaliar o ajuste dos parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) da equação Intensidade-Duração-Frequência à amostra de dados observados de intensidade de precipitação pluviométrica. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é um valor adimensional que varia entre  $-1$  a  $1$ , sendo que quando mais próximo da unidade ( $1$  ou  $-1$ ), mais bem ajustados estão os parâmetros. Apenas Klein et al. (2020) utilizou o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) para avaliar os dados. Para o coeficiente de NSE considera-se que: o valor  $1$  representa um ajuste perfeito; valores acima de  $0,75$  são considerados ajustes adequados; e, valores entre  $0,36$  e  $0,75$  são aceitáveis.

No levantamento realizado, dentre os parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) ajustados para a equação “Intensidade-Duração-Frequência” de todas as localidades, o parâmetro  $a$  apresentou média geral igual a  $1454,22 \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo o maior valor igual  $12724,70 \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Natividade - TO; Prólo et al., 2021) e o menor igual a  $110,10 \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Itajaí - SC; Back et al., 2011). O parâmetro  $a$  também apresentou maior variância ( $\sigma_b^2 = 2.405.842,32 \text{ (mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1})^2$ ). Quanto maior o valor de  $a$  maior a amplitude da intensidade de precipitação no local analisado.

O parâmetro  $b$  é caracterizado por apresentar valores decimais, sendo encontrados na pesquisa valores entre  $0,0093$  (Londrina - PR; Festi, 2007) e  $0,722$  (Lages - SC; Back et al., 2011), com  $\bar{b} = 0,17$  de média geral. O parâmetro  $b$  apresentou a menor variância ( $\sigma_b^2 = 0,00272$ ). Como o parâmetro  $b$  é o expoente do tempo de retorno ( $T$ ) na equação, seu impacto na curva de intensidade-duração depende diretamente da magnitude de  $T$ . Quando o  $T$  usado nas análises for de um ano, o valor do parâmetro  $b$  não interfere na curva. Para  $T$  diferente de um, quanto maior o valor do parâmetro maior será a amplitude dos valores da intensidade.

O parâmetro  $c$  foi o único que apresentou valores negativos, sendo o menor valor igual a  $-2,6$  minutos (Sorocaba - SP; Gonçalves, 2011) e maior igual a  $112$  minutos (São Joaquim - SC; Back et al., 2011). Das localidades levantadas, verificou-se  $\bar{c} = 14,39$  minutos

de média geral, com  $\sigma_c^2 = 96,989$  minutos<sup>2</sup>. Para maiores valores do parâmetro  $c$  a curva intensidade-duração fica mais suave, tendendo a uma reta devido aos baixos valores da intensidade da precipitação.

O parâmetro  $d$  apresentou média geral igual 0,78 para as localidades levantadas, variando entre 0,3835 (Florianópolis - SC; Back et al., 2011) e 1,3758 (Santo Antônio do Leverger – MT; Garcia, 2010), com  $\sigma_d^2 = 0,01161$ . Os maiores valores do parâmetro  $d$  indicam menor amplitude da intensidade, e fazem com que a curva tenha queda mais abrupta.

Na Tabela 1 encontram-se os parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) médios da equação de “Intensidade-Duração-Frequência” de cada região do Brasil. Os valores foram calculados considerando todos os estudos/localidades obtidos no levantamento.

Tabela 1 – Média dos parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) da equação de Intensidade-Duração-Frequência, das regiões brasileiras.

Região	Parâmetros			
	$a$	$b$	$c$	$d$
Centro-Oeste	1327,17	0,1561	12,09	0,7753
Nordeste	1006,69	0,1786	11,71	0,7580
Norte	2100,29	0,1490	16,35	0,7736
Sudeste	2275,49	0,1856	21,79	0,8467
Sul	1647,74	0,1967	15,64	0,8257

O módulo automático desenvolvido foi denominado “*Plataforma Moretti: Módulo Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas no Brasil*” (Figura 2a). Na utilização do Módulo (Figura 2b), o usuário entra no formulário IDF (botão "Entrar") e primeiramente deve selecionar o Estado e cidade que serão analisados. Em seguida, seleciona a variável entre a intensidade, duração e frequência que pretende estimar. O formulário tem como saída os seguintes dados da localidade escolhida: nome da estação ou do local; coordenadas geográficas (longitude e latitude); parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) da Equação de Intensidade-Duração-Frequência; coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe obtido no ajuste dos parâmetros da equação; e referências bibliográficas em que as informações foram publicadas/retiradas. Na Figura 2b verifica-se que foi selecionada a cidade de Curitiba, localizada no Estado do Paraná, e escolheu-se a intensidade da precipitação pluviométrica ( $i$ ) para ser estimada, tendo como entrada o período de retorno ( $T$ ) de 10 anos e tempo de duração da chuva ( $t$ ) igual 5 minutos. Com as opções de entrada escolhidas obteve-se  $i = 189$  mm h<sup>-1</sup>. Logo, se alguma estrutura for dimensionada baseando-se nos dados de entrada ( $T = 10$  anos;  $t = 5$  minutos) espera-se que a  $i \geq 189$  mm h<sup>-1</sup> tenha ocorrência de apenas 10%.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ / SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Plataforma Moretti**  
LAMOSA - LABORATÓRIO DE MODELAGEM DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

## PLATAFORMA MORETTI: MÓDULO - INTENSIDADE-DURAÇÃO-FRQUÊNCIA DE CHUVAS NO BRASIL

**Autores:**  
**Orientador:** Jorge Luiz Moretti de Souza (LAMOSA / DSEA / SCA / UFPR)  
**Graduanda orientada:** Rodrigo Eduardo Michaovski (Graduação em Agronomia / SCA / UFPR)  
**Graduando orientado:** Letícia Krupa Mocelin (Graduação em Agronomia / SCA / UFPR)

---

**Endereço:**  
Rua dos Funcionários, 1540 - Curitiba, PR  
CEP: 80035-050 Telefone: (041) 3350-5689  
e-mail: [jmoretti@ufpr.br](mailto:jmoretti@ufpr.br)  
Site: <http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/>

Entrar
Fechar

Versão 2.0 / 2021

Michaovski\_AG\_pMoretti\_2021

Mocelin\_AG\_pMoretti\_2019

a)

Voltar
Estado: Paraná - PR
Cidade: Curitiba
Intensidade, duração ou frequência: Intensidade [i]
Planilha: Informação e conhecer

Informação
Citação

**INTENSIDADE-DURAÇÃO-FRQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA LOCALIDADES BRASILEIRAS**

Latitude e longitude da cidade/local:  
Latitude: 25° 25' 40" S  
Longitude: 49° 16' 23" W

Equação intensidade-duração-frequência e seus parâmetros:

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

a: 5950,00    b: 0,22    R<sup>2</sup>: ad.<sup>(1)</sup>  
c: 26,00    NSE: ad.<sup>(1)</sup>  
d: 1,15    Validade: minutos

Calculo da intensidade, duração ou período de retorno

Período de retorno (T, anos):     P (i ≥ i<sub>r</sub>):  (%)<sup>(2)</sup>

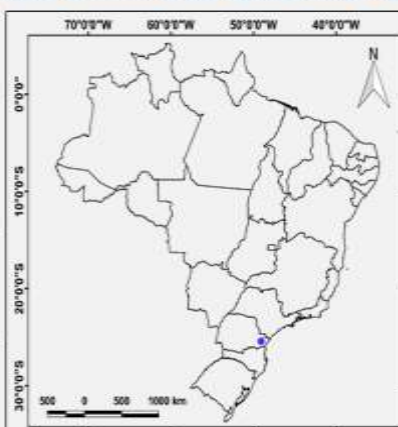
Tempo (t, minutos):

Intensidade (i, mm / hora):

Calcular

Referência dos parâmetros da equação

SOUZA (1953), citado em FESTL, A. V. Coletânea das equações de chuvas no Brasil. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.



<sup>(1)</sup> R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação obtido no ajuste dos parâmetros da equação intensidade-duração-frequência (adimensional); NSE - coeficiente de eficiência

<sup>(2)</sup> P (i ≥ i<sub>r</sub>) - Probabilidade do evento intensidade de precipitação pluviométrica i<sub>r</sub> ser igualado ou superado (%)

b)

Figura 2 – a) Interface da abertura do Módulo “Intensidade-Duração-Frequência da precipitação pluviométrica para localidades brasileiras”, desenvolvido em uma planilha eletrônica; e, b) Exemplo de uso do Módulo “Intensidade-Duração-Frequência da precipitação pluviométrica para localidades brasileiras”, para o cálculo da intensidade da precipitação (*i*).

Na escolha das opções para o cálculo da intensidade de precipitação (*i*), tempo de ocorrência (*t*) ou período de retorno (*T*) a utilização de variáveis de entrada fora do limite de validade das curvas intensidade-duração-frequência podem retornar valores inconsistentes. Nesta situação, o Módulo desenvolvido realiza e disponibiliza o resultado, mas apresenta uma mensagem avisando que o valor calculado não tem significado físico. Na Figura 3 tem-se um exemplo de inconsistência que houve em Curitiba, quando realizou-se a estimativa do tempo de retorno (*T*), que foi inferior a um ano. Abaixo estão os avisos que poderão ser liberados, por *MsgBox*, nos casos em que os valores das entradas utilizadas para os cálculos de *i*, *T* e *t* forem inconsistentes: *i*) “O período de retorno (*T*) ou tempo de duração (*t*) do evento,

utilizado como entrada, resultou em valor inconsistente da intensidade de precipitação ( $i$ ); *ii* “O período de retorno ( $T$ ) ou intensidade de precipitação ( $i$ ) do evento, utilizado como entrada, resultou em valor inconsistente do tempo de duração ( $t$ ); *iii* “O tempo de duração ( $t$ ) ou intensidade de precipitação ( $i$ ) do evento, utilizado como entrada, resultou em valor inconsistente do período de retorno ( $T$ ) e, conseqüentemente, da probabilidade associada.”

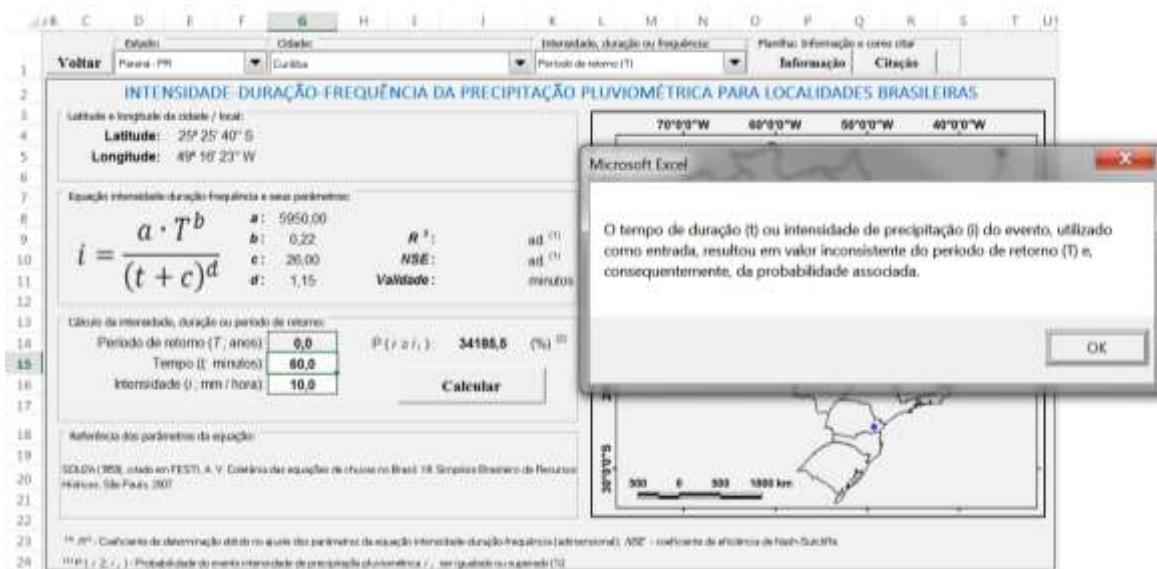


Figura 3 – Exemplo de uso do módulo “Intensidade-Duração-Frequência” da precipitação pluviométrica, quando se chega ao cálculo de valor inconsistente: cálculo do período de retorno ( $T$ ).

## CONCLUSÕES

O levantamento realizado identificou 1435 localidades contendo estudos ajustando parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) para a equação “Intensidade-Duração-Frequência”. Tem-se grande disparidade no número de localidades estudadas entre as regiões brasileiras. De forma geral, os Estados do Nordeste se encontram bem representados em relação aos parâmetros disponíveis da equação IDF, mas a região Sul tem poucos estudos e localidades em relação às demais regiões brasileiras.

O parâmetro  $a$  da equação de Intensidade-Duração-Frequência apresentou a maior média ( $\bar{a} = 1454,22 \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e dispersão. O parâmetro  $b$  ( $\bar{b} = 0,17$ ) possui os menores valores e dispersão, sendo todos valores inferiores a um. Apenas o parâmetro  $c$  ( $\bar{c} = 14,39$  minutos) apresentou valores negativos. O parâmetro  $d$  ( $\bar{d} = 0,78$ ) apresentou valores próximo a um para as localidades levantadas, variando entre 0,3835 e 1,3758 ( $\sigma_a^2 = 0,01161$ ).

O Módulo computacional desenvolvido mostrou-se muito simples e funcional, possibilitando o cálculo da intensidade de precipitação ( $i$ ), tempo de ocorrência ( $t$ ) ou período de retorno ( $T$ ) para qualquer uma das 1435 localidades levantadas, contendo os parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ ) ajustados da equação “Intensidade-Duração-Frequência”.



## LITERATURA CITADA

ARAGÃO, R; SANTANA, G. R; COSTA, C. E. F. F; CRUZ, M. A. S; FIGUEIREDO, E. E; SIRINIVASAN, 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. Campina Grande, 2013.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S. S.; MEDEIROS, P. C. M. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008.

BACK, J. B; HENN, A; OLIVEIRA, J. L. R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 6, 2011.

CAMPOS, A. R.; SANTOS, G. G.; SILVA, J. B. L.; IRENE FILHO, J.; LOURA, D. S. Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, 2014

EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Danos causados pelas chuvas de setembro de 2013 na Agricultura de Santa Catarina. Disponível em: <[http://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/Informativos/Outros/Chuvas\\_setembro\\_2013.pdf](http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Informativos/Outros/Chuvas_setembro_2013.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2022.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Climate change indicators: heavy precipitation. 2021. Disponível em: <[epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heavy-precipitation](http://epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heavy-precipitation)>. Acesso em: 03 abr. 2022.

FESTI, A. V. Coletânea das equações de chuvas no Brasil. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.

GARCIA, S. S. Equações de chuvas intensas para sete localidades do Estado do Mato Grosso. 2010. 78f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá (MT).

GONÇALVES, L. S. Relações intensidade-duração-frequência com base em estimativas de precipitação por satélite. 2011. 117 f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS). Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/49152/000829742.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

KLEIN, N. M; SANTOS, A. T; ECHER, E. Equações de chuvas intensas para o Oeste de Santa Catarina. XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, nov. 2020.

MARCELINO, E. V.; Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos. INPE, Santa Maria, 2008.

MELLO, C. R; LIMA, J. M; SILVA, A. M; MELLO, J. M; OLIVEIRA, M. S. Kligagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri – Goiás. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2017.

PRÓLO, T. T.; SILVA NETO, V. L.; CARMO, E. L.; SILVEIRA JÚNIOR, O.; SILVA, L. L. Equações de chuvas intensas para o sudeste do estado do Tocantins, Brasil. **Revista Sítio Novo**, Palmas, TO, v. 5, n. 2, p. 26-35, 2021.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P., OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 115-123, 2010.

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F.; GALVANI, E.; GOIS, G. Frequência e intensidade pluviométrica na Região Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, Universidade Federal de São Paulo – USP, v. 35, p. 121-133, 2018.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 763-774, 2008.