

## SOFTWARE PARA CÁLCULO DAS CHUVAS INTENSAS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Isabela Alves de Almeida<sup>1</sup>, José Rafael Franco<sup>2</sup>, Enzo Dal Pai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrônômica – UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP,  
e-mail: isabela-alves.almeida@unesp.br;

<sup>2</sup> Doutorando – UNESP – Programa de Engenharia Agrícola - Faculdade de Ciências Agrônômicas,  
Botucatu-SP,

e-mail: jose\_rafael.franco@hotmail.com;

<sup>3</sup> Professor Doutor – UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas – Botucatu-SP,  
e-mail: enzo-dal.pai@unesp.br.

### RESUMO

O planeta Terra vem sofrendo diversas mudanças. O aumento da temperatura global tende, com o passar dos anos, a mudar o regime de chuvas. Mudanças no regime de chuvas podem provocar períodos de secas mais severos e períodos de chuvas mais intensos. O estudo de chuvas intensas é realizado para se prever grandes chuvas e permitir o correto dimensionamento de obras hidráulicas, como barragens, reservatórios, estradas e bueiros. Estudos de chuvas intensas utilizam equações para o cálculo de volumes e intensidades de chuvas extremas, no entanto, utilizam-se de muitos parâmetros específicos de cada localidade. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um software utilizando a linguagem de programação Java capaz de calcular chuvas intensas para o Estado de São Paulo, com base em parâmetros de 29 localidades do estado. O software teve operacionalidade e se apresenta como ferramenta útil e flexível nos cálculos de chuvas intensas para o Estado de São Paulo.

**Palavras-chave:** Linguagem Java; Mudanças climáticas; Volume de chuva; intensidade de chuva.

### 1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra vem sofrendo diversas mudanças com o passar do tempo. Mudanças sociais, mudanças comportamentais, mudança em hábitos de consumo etc. O clima mundial também vem sofrendo alterações: o aumento da população e o aumento no uso de energia oriunda de combustíveis fósseis vem colocando uma grande pressão sobre o meio ambiente e sobre o clima (ARTAXO, 2014; GLOBAL, 2014, BASSO et al, 2016).

O aumento da temperatura global tende com o passar dos anos a mudar o regime de chuvas. Maiores temperaturas são capazes de evaporar uma maior quantidade de água de corpos hídricos. Isto pode acarretar períodos de seca mais severos, com menores umidades relativas; e períodos chuvosos com maiores riscos de eventos extremos (ANGELOCCI; SENTELHAS, 2010; CARVALHO, 2011, BASSO et al, 2016).

O estudo de chuvas intensas é realizado para se poder dimensionar corretamente obras hidráulicas como barragens, vertedouros, bueiros, estradas, canais etc. Seu conhecimento vem da análise da frequência observada dessas chuvas ocorridas no

passado. A análise de eventos já ocorridos permite prever a frequência (e probabilidade de ocorrência) com que eventos podem ocorrer (MARTINEZ JÚNIOR; MAGNI, 1999; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2010; BACK; BONETTI, 2014).

O estudo estatístico dessas chuvas intensas permitiu o surgimento de equações para cálculo de valores extremos que podem ser previstos para uma certa localidade. Devido à grande variabilidade temporal/espacial das chuvas, estas equações necessitam de ajustes locais para terem validade. Geralmente estas equações possuem parâmetros locais – valores ajustados em cada localidade que inseridos nas equações (MARTINEZ JÚNIOR; MAGNI, 1999; ABREU; SOBRINHA; BRANDÃO, 2017).

São inúmeros modelos de equações de chuvas intensas. O modelo geral “Equação Geral” utiliza-se de quatro parâmetros locais. Equações do tipo “ln ln” utilizam-se de oito parâmetros (MARTINEZ JÚNIOR; MAGNI, 1999). Essas equações utilizam-se geralmente de vários parâmetros, diferentes em cada localidade. A resolução matemática das equações pode ser dificultada na busca pelos parâmetros corretos. Localidades onde os parâmetros não foram estudados utilizam parâmetros de outras localidades, acarretando grandes erros. Ainda há o risco de não se encontrar os parâmetros de alguma localidade onde estes já tenham sido estudados (ALMEIDA; REIS; MENDONÇA, 2015).

Em um convênio DAEE-USP (Departamento de Águas e Energia Elétrica e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo) foi lançado uma obra “Chuvas Intensas do Estado de São Paulo” (1999). Este livro concatena vários modelos de chuvas intensas e seus respectivos parâmetros para 29 localidades do Estado de São Paulo (MARTINEZ JÚNIOR; MAGNI, 1999, VALVERDE; CARDOSO; BRAMBILA, 2018.).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um software, em linguagem Java, capaz de calcular rapidamente chuvas intensas para o Estado de São Paulo. O software realizará o cálculo da chuva extrema prevista, resgatando valores paramétricos corretos para cada localidade (MALDANER et al, 2018).

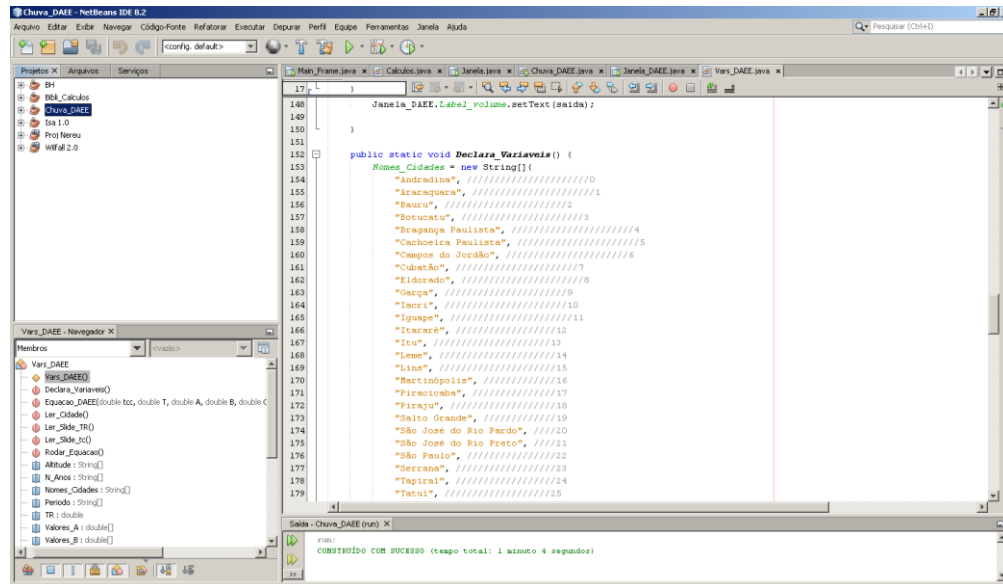
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Linguagem de programação e IDE

O programa foi elaborado em linguagem de programação JAVA, utilizando o software aberto específico de desenvolvimento Netbeans 8.2 (Figura 1) como ambiente de desenvolvimento integrado (IDE). A linguagem de programação Java é baseada na orientação à objetos. Diferentemente de ser compilada diretamente para códigos nativos, a linguagem Java passa por um processo de compilação para bytecode. A abordagem

orientada a objetos do Java permite a criação de programas estruturados em classes e objetos, promovendo modularidade e reutilização de códigos (RABELLO, 2009; ORACLE, 2023).

Figura 1 – IDE NetBeans 8.2 utilizada para o desenvolvimento.

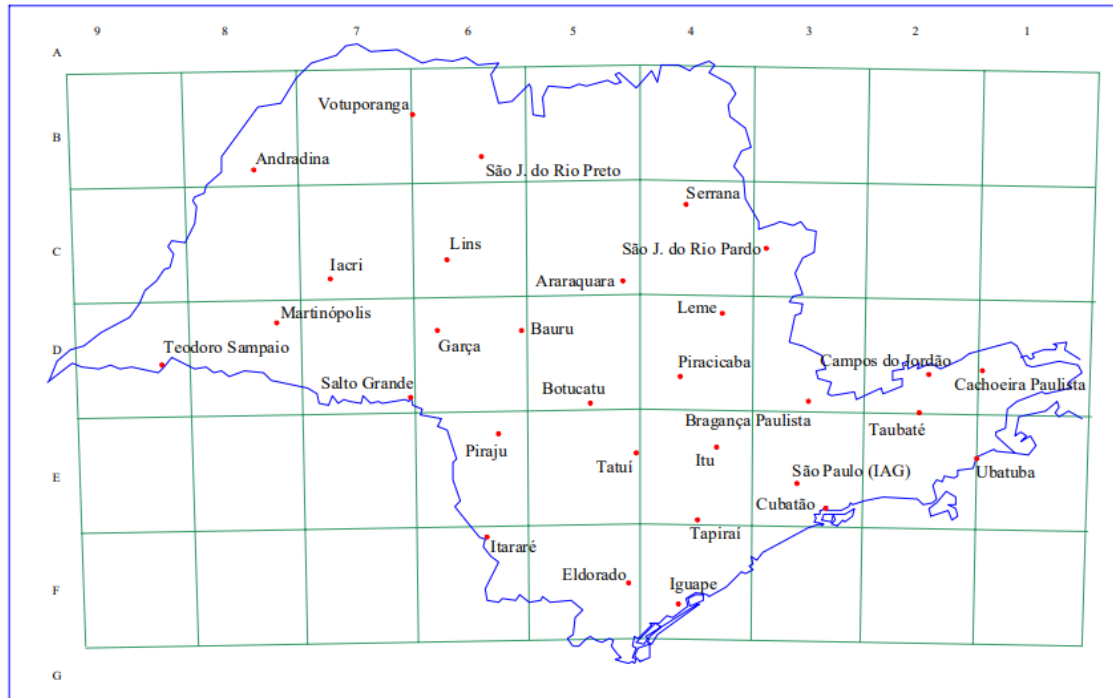


Fonte: autores, 2023.

## 2.2 Fonte dos dados (parâmetros da equação)

Para elaboração dos cálculos, o livro “Chuvas Intensas para o Estado de São Paulo” (MARTINEZ JÚNIOR; MAGNI, 1999) foi consultado como fonte para os parâmetros locais. São apresentados no software 29 localidades (e seus respectivos parâmetros) do estado de São Paulo. Estas localidades possuem estações meteorológicas e uma série de dados consistente (de anos) para este tipo de análise. As localidades utilizadas retiradas do livro são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Locais selecionados para elaboração de equações de chuva.



Fonte: Martinez Júnior e Magni (1999).

### 2.3 Equação de chuvas intensas

A equação utilizada no software é a equação do tipo “Ln Ln” – Equações exponenciais de logaritmo natural (MARTINEZ JÚNIOR; MAGNI, 1999). A equação utilizada foi a Equação 1:

$$i_{mm/min} = A(tc + B)^C + D(tc + E)^F \left[ G + H \ln \ln \left( \frac{TR}{TR - 1} \right) \right] \quad (1)$$

Onde:

i: chuva extrema prevista, em mm/min (milímetro por minuto);

tc: tempo da chuva (ou tempo de concentração da bacia), em minutos;

TR: tempo de retorno, em anos;

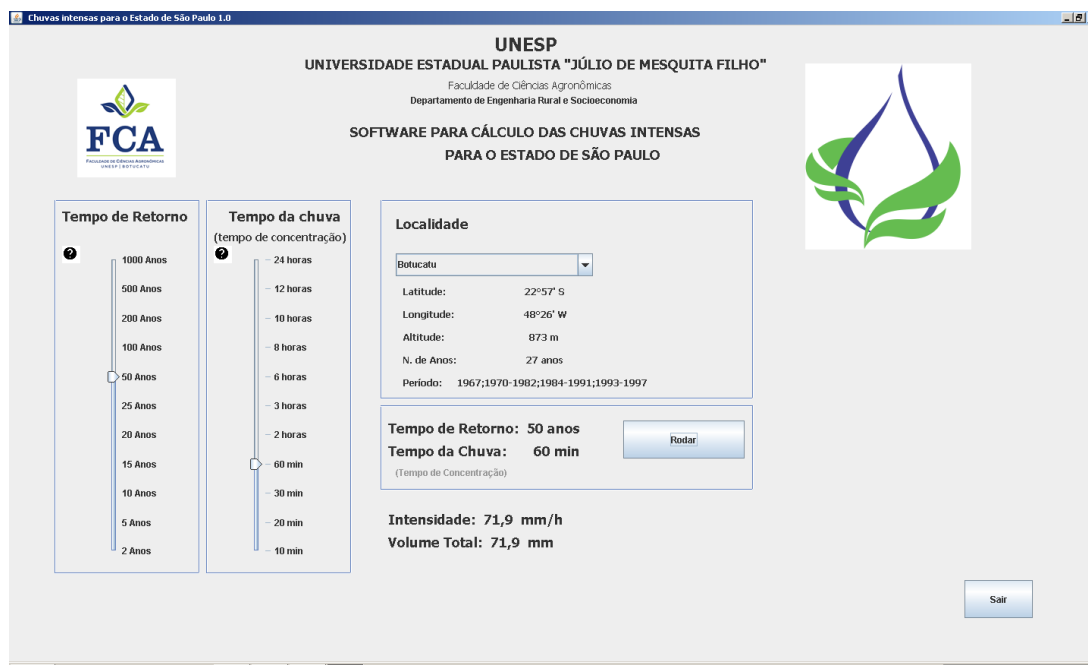
A, B, C, D, E, F, G e H: parâmetros locais da equação.

Na apresentação do resultado, optou-se por transformar mm/min para mm/hora para uma melhor visualização do valor de intensidade de chuva. O software também apresenta o volume total da chuva no tempo da chuva.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 é apresentada a tela do software de cálculo de chuvas intensas para o Estado de São Paulo:

Figura 2 – Tela Inicial do software de cálculo de chuvas intensas para o Estado de São Paulo.



Fonte: autores, 2023.

O usuário deverá informar na tela inicial do software o tempo de retorno, o tempo da chuva e a localidade do estado de São Paulo. O tempo de retorno associa-se à severidade do evento extremo: quanto maior o tempo de retorno, maior a severidade da chuva. Isto é elementar: uma chuva que ocorre de 100 em 100 anos é muito mais severa (e rara) que uma chuva que ocorre de 5 em 5 anos.

O tempo da chuva (ou tempo de concentração - tc) geralmente é associado ao tamanho da área de estudo ou tamanho/extensão da bacia. Grandes áreas (bacias) demoram para escoar toda a água que cai da chuva em seus domínios e esse tempo de escoamento é importante na interpretação de obras hidráulicas, principalmente no contingenciamento de enchentes e cheias. As chuvas mais perigosas são aquelas em que o tempo de chuva é maior que o tempo de concentração pois apenas estas chuvas atingem as vazões máximas à jusante (regime contínuo de fluxo).

#### 4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento e implementação do software de cálculo de chuvas intensas para o Estado de São Paulo representam um avanço significativo na gestão de recursos hídricos e na mitigação de desastres naturais. Este trabalho destacou a importância da previsão de eventos climáticos extremos e a necessidade de se facilitar a execução e aplicação dos cálculos.

O software desenvolvido teve operacionalidade possibilitando simulações de diferentes chuvas em diferentes localidades. O software se apresenta como ferramenta útil e flexível nos cálculos de chuvas intensas para o Estado de São Paulo.

#### 5 REFERÊNCIAS

- ABREU, F. G.; SOBRINHA, L. A.; BRANDÃO, J. L. B. Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 239-250, 2017.
- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Variabilidade, tendência, anomalia e mudança climática. **Material didático de uso na disciplina LCE**, v. 30, 2010.
- ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas e o Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 8-12, 2014.
- BACK, A. J.; BONETTI, A. V. Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 260-267, 2014.
- BASSO, R. E. ALLASIA, D. G.; TASSI, R.; PICKBRENNER, K. Revisão das isozonas de chuvas intensas do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 635-641, 2016.
- CARVALHO, F. H. Aquecimento Global—efeitos do aumento da temperatura sobre a evapotranspiração de referência no Brasil. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, v. 19, p. 2011, 2011.
- ALMEIDA, K. N.; REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Avaliação do desempenho dos métodos expeditos de determinação de equações de chuvas intensas. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)**, n. 35, p. 63-77, 2015.
- GLOBAL, Cambio Climatico. Cambio climático global. 2014.
- MARTINEZ JÚNIOR, F.; MAGNI, N. L. G. Governo do estado de São Paulo secretaria de recursos hídricos, saneamento e obras departamento de águas e energia elétrica centro tecnológico de hidráulica e recursos hídricos. 1999. Disponível em: [http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%203/DAEE\\_Eq\\_Chuvas\\_SP.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%203/DAEE_Eq_Chuvas_SP.pdf).

ORACLE. Java, 2023. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/java/>. Acesso em: 24 de ago. 2023.

RABELLO, L. M. Programa em linguagem JAVA para comunicação serial. Embrapa. São Carlos. São Paulo. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2010/12672/1/CT109-2009.pdf>

VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. O.; BRAMBILA, R. O padrão de chuvas na região do ABC Paulista: os extremos e seus impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.