



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE HIDROINFORMÁTICA PARA CÁLCULO DE EQUAÇÕES IDF COM APLICAÇÃO NA REGIÃO DO CARIRI CEARENSE.

*Tatiane Lima Batista¹ ; Francismário de Menezes Alves²; Pétrus Eduardo Feliciano de Sá³ &
Paulo Roberto Lacerda Tavares⁴*

RESUMO – Métodos de desagregação da chuva diária medida por pluviômetros foram desenvolvidos para a obtenção das equações IDF devido à escassez de pluviógrafos no Brasil. Esses métodos requerem um exaustivo trabalho de análise, interpretação e diagramação dos dados para obtenção dos parâmetros da equação. Neste sentido, a hidroinformática se apresenta como uma ciência aplicada englobando o desenvolvimento de ferramentas e metodologias para a automatização do processo. Alves (2015) desenvolveu um programa computacional para automatizar a metodologia trabalhada por Fechine Sobrinho (2014) na determinação dos parâmetros da equação IDF de cidades do Cariri cearense com base em dados desagregados pelo método das isozonas de Torrico (1974). Neste trabalho foi desenvolvida uma interface gráfica computacional para o programa criado por Alves (2015) em linguagem *Java* com o auxílio da ferramenta *Netbeans*. O programa foi aplicado para os 30 municípios da Região do Cariri, obtendo como resultados as equações IDF de cada município.

ABSTRACT– Daily rain disaggregation methods measured by rain gauges were developed as an alternative to building the IDF equations due to the shortage of pluviographs in Brazil. These methods require an exhaustive analysis, interpretation and layout data to obtain the equation parameters. In this sense, Hydroinformatics presents itself as an applied science encompassing the development of tools and methodologies for the process automation. Alves (2015) developed a computer program to automate the methodology worked out by Sobrinho (2014) in determining the IDF equation parameters of cities in the Cariri region, based on data disaggregated by Torrico’s Isozones Method (1974). In this work, a computational graphical interface was created for the program developed by Alves (2015) in Java, with help of the *Netbeans* tool. The program was applied for the 30 cities in the Cariri Region, obtaining as results the IDF equations of each municipality.

Palavras-Chave – Chuvas intensas. Hidroinformática. Programação.

1) Mestranda em Engenharia Civil- Recursos Hídricos (UFC), (88) 99729-2911, tatianelima.eng@gmail.com.

2) Mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos (UFC), (88) 99711-2076, francismario@gmail.com.

3) Mestrando em Engenharia Civil- Recursos Hídricos (UFC), (88) 99669-5697, petruscrato@gmail.com.

4) Doutor em Engenharia Civil – Recursos Hídricos (UFC), Professor Adjunto III da Universidade Federal do Cariri no Curso de Engenharia Civil, (88) 98836-5768, prltavares@ufc.br.

1- INTRODUÇÃO

A compreensão das características das chuvas intensas é fundamental para o dimensionamento econômico e seguro de estruturas hidráulicas, prevenção de enchentes e gerenciamento dos recursos hídricos. (ELSEBAIE, 2012). As equações que relacionam a intensidade, duração e frequência dessas chuvas (Equações IDF) são ferramentas importantes utilizadas na determinação da vazão de projeto para o dimensionamento de estruturas hidráulicas. Essas equações são obtidas com melhor representação através da análise de dados de pluviógrafos. Devido à escassez desse equipamento, métodos de desagregação da chuva diária medida por pluviômetros foram desenvolvidos para a obtenção das equações IDF. Esses métodos requerem um exaustivo trabalho de análise, interpretação e diagramação dos dados para obtenção dos parâmetros da equação. Neste sentido, a hidroinformática se apresenta como uma ciência aplicada englobando o desenvolvimento de ferramentas e metodologias para a automatização do processo. (DAMÉ; TEIXEIRA; TERRA, 2008).

Fechine Sobrinho (2014) realizou um trabalho de determinação das equações de chuvas intensas para as três maiores cidades do Cariri cearense com base no método das isozonas de Torrico (1967). Alves (2015) fez um trabalho de automatização do método utilizado por Sobrinho (2014) por meio do desenvolvimento um programa computacional. Nesse sentido, o presente trabalho visa a adequação do código computacional elaborado por Alves (2015) para a construção de uma interface gráfica acessível e com capacidade de proporcionar a automação na construção de modelos IDF a partir da metodologia de desagregação de chuvas das isozonas.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- Hidroinformática

As pesquisas no ramo de Recursos Hídricos requerem a manipulação de um grande número de informações atualizadas sobre os recursos naturais para avançar no sentido de planejamento e regulação de seu uso. Nesse contexto, a Hidroinformática se revela como ciência aplicada, englobando o desenvolvimento de metodologias, algoritmos e ferramentas para o efetivo uso de dados, a fim de caracterizar e estudar o ciclo da água, ou parte dele. (KUMAR, 2006). Nos últimos anos, um esforço tem sido feito para que as ferramentas da Hidroinformática se tornem disponíveis para a gestão dos recursos hídricos, a fim de facilitar os estudos, a capacidade de análise, a precisão dos resultados e a economia de tempo (PINHO et al., 2014).

As ferramentas de informática utilizadas na análise de problemas relacionados aos Recursos Hídricos estão evoluindo cada vez mais de simples programas de computador, desenvolvidos em linguagens de simples programação ou em planilhas eletrônicas, para softwares mais complexos, com interface gráfica amigável (MACHADO; LACERDA; GALVÃO, 2010). Para o desenvolvimento da

interface gráfica deste trabalho foi utilizada a linguagem de programação *Java*. Como linguagem de programação, *Java* caracteriza-se por sua simplicidade, portabilidade, segurança e com suporte a orientação a objetos. Alves (2015) construiu um algoritmo para cálculo de equações IDF a partir de dados de pluviômetros utilizando a linguagem *Java* de programação.

2.2- Equações IDF

As precipitações são caracterizadas por três parâmetros: intensidade (I), duração (D) e frequência de ocorrência ou tempo de retorno (F) A relação entre esses três parâmetros é denominada Equação ou Curva Intensidade-Duração-Frequência (Curvas IDF) e geralmente tem a forma da Equação 1 abaixo. (SOUZA et al., 2012).

$$I = \frac{a (Tr + S)^b}{(t + c)^n} \quad (1)$$

A vazão de projeto é um dado básico para o dimensionamento de uma obra hidráulica, sendo as equações IDF utilizadas como ferramentas para sua estimativa. Por isso, essas equações são de grande importância na construção de obras hidráulicas como canais, vertedores, barragens, ratificação de cursos d'água, galerias de águas pluviais, bueiros, bacias de contenção e outros sistemas de drenagem. (ARAGÃO et al., 2012). Como alternativa para a construção dessas equações, dados diários de chuva obtidos através de pluviômetros podem ser utilizados através de vários métodos de desagregação. Alguns métodos foram elaborados no Brasil para obter chuva de menor duração a partir da chuva de 1 dia obtida no pluviômetro. Nesses métodos, empregam-se coeficientes para transformar a chuva de 24h em chuvas de menor duração (SOUZA et al.,2012). Dentre eles estão o Método das Isozonas proposto por Torrico (1975) e o método de desagregação da chuva de 24h proposto por DAEE - CETESB (1980). Neste trabalho será utilizado o método proposto por Torrico (1975).

Torrico (1975) elaborou um mapa para o Brasil, identificando 8 zonas de relações iguais entre a precipitação máxima anual de 1 hora e de 24h, para diferentes tempos de retorno. Apresentou também as relações entre as alturas de precipitação de 6min e de 24h, para tempos de retorno entre 5 e 50 anos e 100 anos. Assim, as chuvas de 1 hora e 6 min podem ser obtidas para o tempo de retorno escolhido. Através de métodos de interpolação, podem ser obtidos os valores de precipitações para outras durações que são utilizados para definir os parâmetros da equação IDF.(GENOVEZ; ZUFFO, 2000).

3-METODOLOGIA

3.1- Área de estudo

A Região do Cariri é uma mesorregião do Estado do Ceará composta por 30 municípios e é situada no sul do estado fazendo fronteira com os estados de Pernambuco, Paraíba e Piauí. O microclima da região é fortemente influenciado pela Chapada do Araripe com precipitação média anual de aproximadamente 1000mm. Os postos pluviométricos desta região foram utilizados como teste para a interface gráfica produzida neste trabalho. O mapa da região está mostrado na Figura 01.

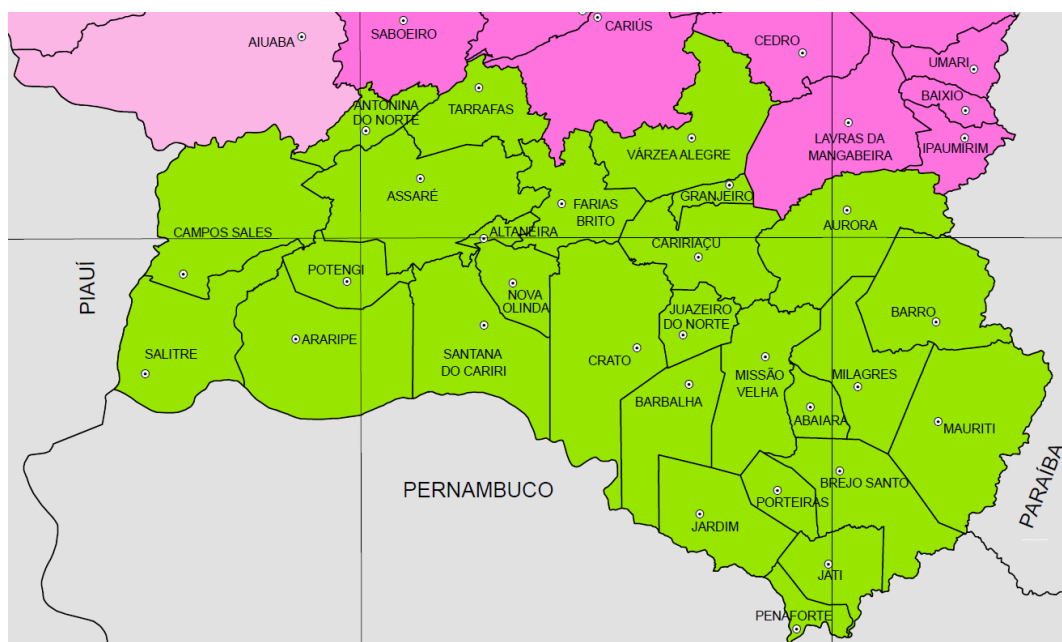


Figura 1- Região do Cariri. Fonte: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE (2014).

3.2 -Desenvolvimento da Interface Computacional em Java

Para o desenvolvimento da interface gráfica do programa, foi utilizada uma IDE denominada “Netbeans” na versão 8.0.2. A interface gráfica desenvolvida visa proporcionar ao usuário não somente a aquisição dos parâmetros da equação IDF, mas também a compreensão das etapas de cálculo anteriores a esse resultado. Com esse intuito, o programa apresenta janelas de seleção dos dados de pluviômetros, análise estatística, testes de aderência e escolha das distribuições de probabilidade, escolha da isozona, cálculo das intensidades relativas a diferentes tempos de retorno e durações e cálculo dos parâmetros da equação IDF. A Tabela 02 descreve as etapas de funcionamento do programa.

Tabela 2- Etapas de funcionamento do programa.

ETAPA 01: SELEÇÃO DOS DADOS	As entradas do programa são os dados das precipitações medidas em pluviômetros. A interface recebe dados por três maneiras: arquivos txt de séries históricas da FUNCEME, dados das precipitações máximas diárias anuais inseridos manualmente ou por meio de um arquivo txt.
ETAPA 02: ESTATÍSTICA DESCRITIVA	Realização de uma análise estatística dos dados baseada em uma distribuição de frequências e um sumário numérico com medidas de tendência central e dispersão.
ETAPA 03: AJUSTE A UMA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE	Realização de testes de aderência do Qui Quadrado e de Lilliefors, tendência e linearidade e índices de comparação aplicados a cinco distribuições de probabilidade: Gamma com dois e três parâmetros, Log-Normal com dois e três parâmetros e Gumbel.
ETAPA 04: ESCOLHA DA ISOZONA	Determinação da localização do posto pluviométrico e sua respectiva isozona. Assim, os coeficientes de desagregação da precipitação diária são determinados para cada duração e período de retorno
ETAPA 05: DESAGREGAÇÃO DA CHUVA DIÁRIA	A partir da distribuição de probabilidade escolhida na etapa 03, as precipitações máximas diárias anuais são determinadas para cada período de retorno. Com os valores dos coeficientes correspondentes à isozona do posto em estudo, essa precipitação máxima diária é desagregada em chuvas de menores durações.
ETAPA 06: DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO IDF	As constantes da equação IDF para o posto em estudo são encontradas através dos dados desagregados de chuva utilizando métodos estatísticos.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Interface Gráfica

Na tela inicial do programa, o usuário precisa informar os dados de entrada, no caso, as precipitações máximas diárias anuais do posto em estudo, como mostrado na Figura 02. A tela seguinte corresponde à análise de estatística descritiva dos dados e está representada na Figura 03.



Figura 02: Tela inicial.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA:

Tabela de distribuição de frequências:

Classes	Fi	fi(%)	Fac	fac(%)	xm
68.000 -- 98.333	16.000	47.059	16.000	47.059	83.167
98.333 -- 128.667	10.000	29.412	26.000	76.471	113.500
128.667 -- 159.000	4.000	11.765	30.000	88.235	143.833
159.000 -- 189.333	3.000	8.824	33.000	97.059	174.167
189.333 -- 219.667	0.000	0.000	33.000	97.059	204.500
219.667 -- 250.000	1.000	2.941	34.000	100.000	234.833

Dados:

Ano	Precipit...
1974.0	147.0
1975.0	68.2
1976.0	85.5
1977.0	168.0
1978.0	122.2
1979.0	117.7
1980.0	84.1
1981.0	161.6
1982.0	74.7
1983.0	91.4
1984.0	112.4
1985.0	145.5
1986.0	142.8
1987.0	83.1
1988.0	82.6
1989.0	79.4
1990.0	68.6
1991.0	116.6
1992.0	75.6
1993.0	106.3
1994.0	75.4

Sumário Numérico:

Número de anos da série: Número de classes:

Média: Amplitude Total:

Variância: Amplitude das classes:

Desvio Padrão:

Coefficiente de assimetria:

Buttons:

Figura 03: Tela de análise estatística dos dados.

A etapa seguinte é o ajuste da série de máximos anuais a uma distribuição de probabilidade. A Figura 04 ilustra a tela de exibição dos valores dos testes de aderência e dos índices de comparação utilizados como auxílio para escolha da distribuição que melhor se adequa aos dados. Para cada distribuição de probabilidade, o botão “DETALHES” exibe uma janela contendo os procedimentos de cálculo relativos ao Teste de Aderência do *Qui-Quadrado*, Teste de Aderência de *Lilliefors* e cálculo dos Índices de Comparação (Figura 05).

A partir dos resultados exibidos nessa tela, o usuário pode avaliar para qual distribuição de probabilidade foram encontrados os menores erros e, assim, efetuar a sua escolha.

A próxima e última tela do programa é mostrada na Figura 06. Nesta tela, um botão abre uma outra janela onde a isozona do posto é escolhida. Nela o usuário pode ir para outras duas janelas que mostram os mapas das isozonas do Brasil e do Ceará, respectivamente. Depois que a escolha é efetuada, os resultados das intensidades de precipitação obtidas pelo método de Torrico (1974) são exibidas em uma tabela e os valores dos parâmetros da equação IDF são calculados e exibidos. O usuário ainda tem a opção de efetuar cálculos com a equação IDF encontrada. Para isso, ele deve inserir os valores do tempo de retorno e da duração desejados nos espaços correspondentes. A intensidade calculada é exibida em mm/min e em mm/h.

Com isso, o programa é finalizado.

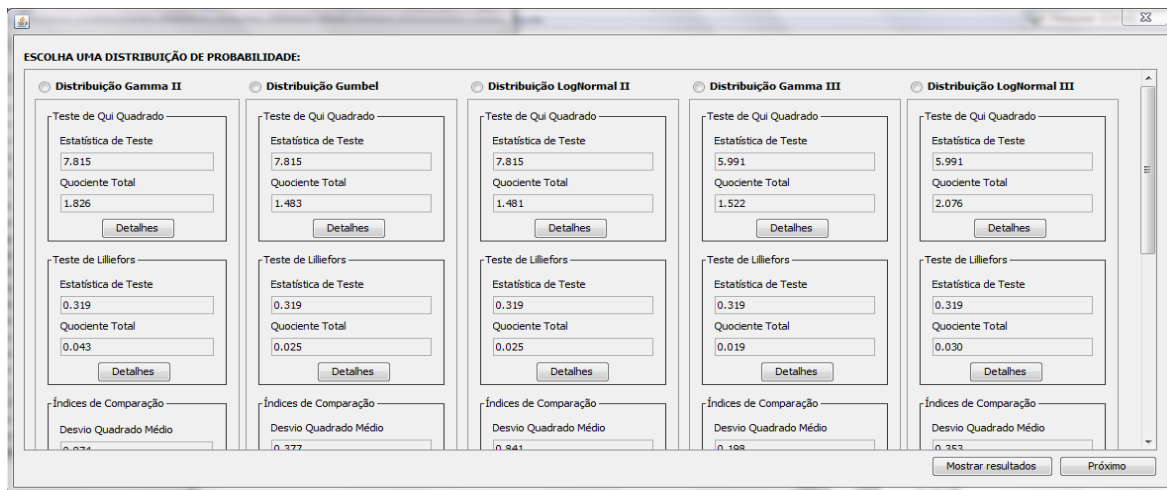
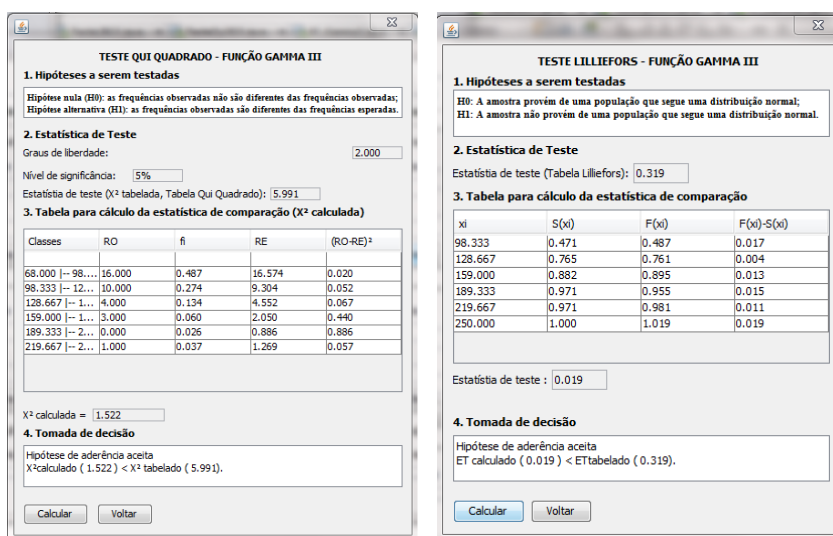
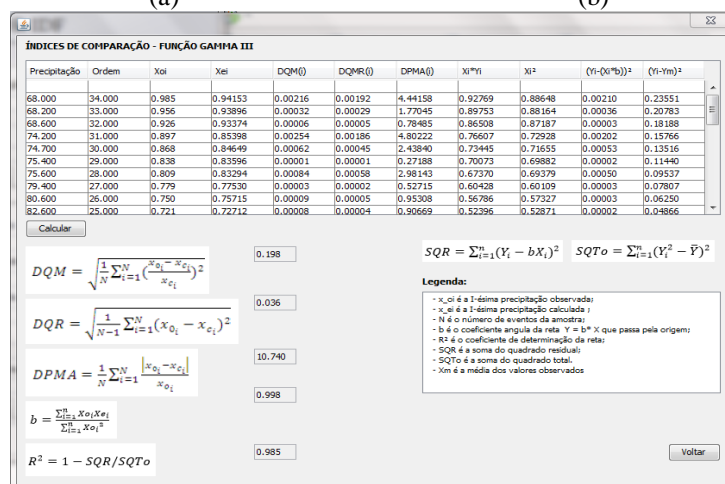


Figura 4- Tela de ajuste dos dados a uma distribuição de probabilidade.



(a)

(b)



(c)

Figura 5- Telas de detalhes dos testes de aderência. (a) Procedimento de cálculo do teste *Qui Quadrado* para a função *Gamma III*; (b) Procedimento de cálculo do teste de *Lilliefors* para a função *Gamma III* e (c) Procedimento de cálculo dos Índices de Comparação.

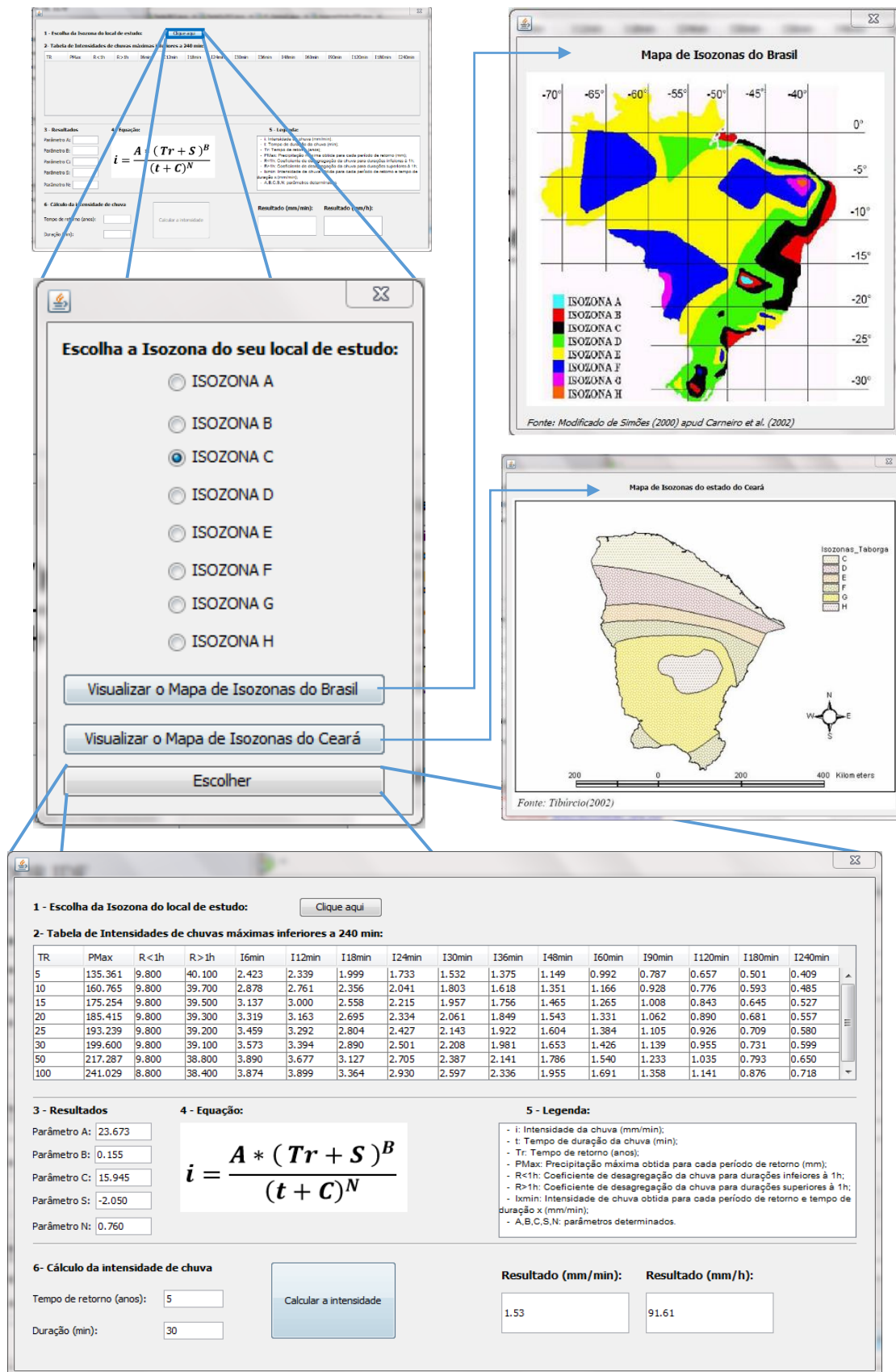


Figura 06: Tela final do programa.

4.2 - Aplicação da Interface Gráfica na Região do Cariri.

Os valores dos parâmetros da equação IDF para cada município foram encontrados e encontram-se listados na Tabela 3 juntamente com a distribuição escolhida e a isozona de localização.

Através dos resultados mostrados na Tabela 3, nota-se que os parâmetros C e N da equação IDF mostraram-se constantes para uma relação de número de eventos da série de máximos anuais e a isozona a qual o posto pertence. O parâmetro *a* possuiu amplitude variando de 14,79 a 48,18, tendo seus maiores valores concentrados nas cidades de Missão Velha, Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha. Já o parâmetro *b* possuiu valores que foram de 0,05 até 0,22. Seus maiores valores estão concentrados nos municípios de Antonina do Norte e Brejo Santo.

Tabela 3- Parâmetros da equação IDF para os municípios da Região do Cariri.

MUNICÍPIO	C	S	A	B	N	DISTRIBUIÇÃO UTILIZADA	ISOZONA TABORGA
ABAIARA	9,8594	-2,09	24,8784	0,1020	0,7944	LOG NORMAL 2P	G
ALTANEIRA	9,8594	-2,12	24,2661	0,1189	0,7944	GAMMA 3P	G
ANTONINA DO NORTE	9,8594	-2,09	17,4266	0,2248	0,7944	LOG NORMAL 3P	G
ARARIPE	11,1123	-2,07	18,3518	0,1319	0,7874	LOG NORMAL 2P	F
ASSARÉ	9,8325	-2,09	19,6055	0,1148	0,7939	LOG NORMAL 2P	G
AURORA	9,8325	-2,16	25,8624	0,1052	0,7939	GAMMA 2P	G
BAIXIO	11,0931	-2,08	20,8938	0,1146	0,7871	LOG NORMAL 2P	G
BARBALHA	9,8325	-2,16	27,6134	0,0961	0,7939	GAMMA 2P	G
BARRO	9,8325	-2,06	32,0896	0,0849	0,7939	LOG NORMAL 3P	G
BREJO SANTO	11,0931	-2,07	27,5785	0,1703	0,7871	LOG NORMAL 2P	F
CAMPOS SALES	11,0931	2,1	17,2912	0,1385	0,7871	GAMMA 3P	F
CARIRIAÇU	9,8325	-2,08	25,7178	0,1293	0,7939	GUMBEL	G
CRATO	9,8325	-2,08	31,8614	0,0896	0,7939	LOG NORMAL 3P	G
FARIAS BRITO	9,8594	-2,1	24,7966	0,0947	0,7944	LOG NORMAL 2P	G
GRANJEIRO	9,8594	-2,16	28,5960	0,0936	0,7944	GAMMA 2P	G
IPAUMIRIM	11,1123	-2,09	20,7849	0,1556	0,7874	LOG NORMAL 3P	F
JARDIM	11,1123	-2,15	21,8546	0,0981	0,7874	GAMMA 2P	F
JATI	11,1123	-2,07	22,4518	0,1342	0,7874	LOG NORMAL 2P	F
JUAZEIRO DO NORTE	9,8325	-2,14	25,8762	0,1067	0,7939	GAMMA 3P	G
LAVRAS DA MANGABEIRA	9,8325	-2,08	27,7128	0,0730	0,7939	LOG NORMAL 3P	G
MAURITI	11,0931	-2,09	21,1809	0,1343	0,7871	LOG NORMAL 3P	F
MILAGRES	9,8325	-2,11	18,3233	0,1465	0,7939	LOG NORMAL 3P	G
MISSÃO VELHA	9,8325	-2,05	48,1817	0,0547	0,7939	LOG NORMAL 3P	G
NOVA OLINDA	9,8325	-2,09	25,6480	0,1204	0,7939	LOG NORMAL 2P	G
PENA FORTE	11,1123	-2,1	14,7938	0,1808	0,7874	LOG NORMAL 3P	F
PORTEIRAS	11,1123	-2,1	23,2794	0,1363	0,7874	GAMMA 3P	F
POTENGI	9,8325	-2,09	20,7801	0,1202	0,7939	LOG NORMAL 2P	G
SALITRE	11,1697	-2,1	19,0561	0,1512	0,7882	GUMBEL	F
SANTANA DO CARIRI	9,8594	-2,08	23,4557	0,1252	0,7944	GUMBEL	G
VÁRZEA ALEGRE	9,8325	-2,07	24,2761	0,1186	0,7939	GUMBEL	G

5- CONCLUSÃO

A interface gráfica para cálculo de equações IDF através de dados pluviométricos foi construída com o auxílio da hidroinformática através da adequação do código computacional elaborado por Alves (2015). A construção dessa interface facilitou significativamente o processo de determinação dos parâmetros de equações IDF através de dados pluviométricos pelo método de Torrico (1967). As telas construídas abrangeram toda a metodologia, facilitando a compreensão dos resultados por parte dos usuários. As equações IDF para todos os municípios da Região do Cariri puderam ser encontrados de maneira rápida e prática. Dentre as distribuições de probabilidade estudadas, as distribuições Log-normal com dois e três parâmetros foram definidas como a de melhor ajuste em nove municípios cada uma. Recomenda-se, para trabalhos futuros, o aperfeiçoamento desta interface com possibilidade de interligação com sistemas de informação geográfica.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, F. M. **Aplicação do método das isozonas através de desenvolvimento de um programa computacional para obtenção de equações IDF na região do Cariri cearense.** 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte, 2015.

ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; 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**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p.243-252, 21 dez. 2013.

DAME, Rita de C. F.; TEIXEIRA, Claudia F. A.; TERRA, Viviane S. S.. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas - RS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, Junho 2008.

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.

FECHINE SOBRINHO, V. et. al. Desenvolviemnto de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.7, p.727-734, 2014.

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, n.3, p.45-58, 2000.

KUMAR, P. et al. **Hydroinformatics: Data Integrative Approaches in Computation, Analysis, and Modeling.** CRC Press, 2006.

PINHO, P. et al. **A web-based hydroinformatic plataforma for water quality modelling in a river basin.** In: 11th International Conference on Hydroinformatics. New York City, USA, 2014.

SOUZA, R. O. R. de M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M. do; NETO, J. A. P.; PANTOJA, A. V.; SADECK, L. W. R.. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p.999-1005, 2012.