



## IV-493- EFEITO DO MÉTODO DE OBTENÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NO HIDROGRAMA DE PROJETO: ESTUDO EM MUNICÍPIOS CEARENSES

**Antônio Serafim de Negreiros Filho** <sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Alan Michell Barros Alexandre** <sup>(2)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza (2002), mestre e doutor em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará (2005 e 2012). Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús.

**Tatiane Lima Batista** <sup>(3)</sup>

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará (2015), mestra em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará (2018). Professora Assistente da Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Tenente Hermógenes, 310 - Lindelândia - Hidrolândia - CE - CEP: 62270-000 - Brasil - e-mail: antonio Serafim7@gmail.com

### RESUMO

A vazão de projeto é um parâmetro essencial para o dimensionamento de obras hidráulicas. Contudo, a quantidade de postos fluviométricos é pequena no estado do Ceará, conseqüentemente, havendo poucos dados de vazão. Portanto, é necessário utilizar os modelos de transformação chuva-vazão para obter esses dados de vazão a partir de dados pluviométricos ou pluviográficos. Para dados pluviométricos há a necessidade de utilizar métodos de desagregação de chuva diária para transformar chuvas de longas durações em menores durações. Portanto, este trabalho buscou comparar os hidrogramas de projeto resultantes do uso de equações IDF obtidas a partir de dados pluviométricos e pluviográficos para os municípios de Quixeramobim e Fortaleza. Buscou-se na literatura equações com base em dados de pluviógrafos e equações obtidas pelos métodos de desagregação de chuva diária para os municípios. Por meio delas e com os métodos dos blocos alternados e do hidrograma unitário do SCS (*Soil Conservation Service*) foram obtidos, com auxílio dos softwares *Excel* e *HEC-HMS*, os hietogramas de projeto e os hidrogramas de projeto, para diferentes tempos de retorno. Os resultados demonstraram, para Quixeramobim, que a equação de referência gerou vazões de pico, de modo geral, superiores aos demais métodos, essa diferença ficou entre 14 a -22,1%, -27,1 a -59,6% e de -31,4% a -50,1 % para os métodos de Bell, das relações entre durações e das isozonas, entre os tempos de retorno. Para Fortaleza, os métodos obtidos por dados pluviométricos tiveram vazões de pico superiores às da equação analítica, com a diferença ficando entre 60,1 a 57,5%, 11,7 a 10,2%, 24,5 a 1,7% para os métodos de Bell, das relações entre durações e das isozonas, entre os tempos de retorno. Assim, constatou-se que o método de Bell majorou as vazões dentre os métodos de desagregação de chuva diária, enquanto os métodos das relações entre durações e das isozonas tiveram valores mais próximos da equação de referência por meio de dados pluviográficos, mas apresentaram, em alguns casos, diferenças significativas.

**PALAVRAS-CHAVE:** hidrograma de projeto, equação IDF, vazão de projeto, hietograma de projeto.

### INTRODUÇÃO

Em estudos hidráulico-hidrológicos, a vazão de projeto pode ser encontrada a partir de diferentes métodos que variam de acordo, principalmente, com a disponibilidade de dados. Os estudos sobre o comportamento das chuvas, vazões e seus efeitos nas bacias hidrográficas são necessários para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, auxiliando a tomada de decisão para lidar com eventos extremos (Correa *et al.*, 2017).

Devido à escassez de postos fluviométricos, os modelos de transformação chuva-vazão são frequentemente utilizados para encontrar a vazão de projeto (Machado, 2022). As equações IDF (intensidade-duração-frequência) de chuvas intensas são modelos apropriados para se obter informações sobre as precipitações que serão usadas como dados de entrada em modelos chuva-vazão. (Tucci, 2003). A partir das equações IDF é possível aplicar outros métodos para encontrar os hietogramas e hidrogramas de projeto.



No Brasil, a quantidade de postos pluviométricos é abundante em relação à quantidade de postos pluviográficos. Por isso, métodos de desagregação da chuva diária, medida pelo pluviômetro, são utilizados para transformar chuvas mais longas em chuvas de curtas durações para construção das equações IDF (Damé *et al.*, 2010).

Os métodos utilizados para encontrar a chuva de projeto têm influência sobre o resultado final do hidrograma de projeto. Para o estado do Ceará, apenas os municípios de Fortaleza e Quixeramobim possuem equações IDF construídas com base em dados pluviográficos, o que resulta na utilização frequente de métodos de desagregação da chuva diária para encontrar as equações IDF a partir de dados de pluviômetros para os outros municípios. É necessário, então, discutir a influência da escolha dos métodos utilizados na vazão final de projeto para o estado.

Portanto, este trabalho se fundamenta na importância dos dados de precipitação no dimensionamento de obras hidráulicas, especialmente em locais sem dados de vazão, onde métodos de transformação chuva-vazão serão utilizados, analisando a influência da mudança dos métodos de desagregação de chuva diária nas vazões do hidrograma de projeto.

## OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo geral comparar hidrogramas de projeto resultantes do uso de equações IDF obtidas a partir de dados pluviométricos e pluviográficos para os municípios de Quixeramobim e Fortaleza. Os métodos de desagregação de chuva diária avaliados foram: Método das isozonas (Taborga Torrico, 1974), Método das relações entre durações (CETESB, 1979) e Método de Bell (1969).

Pretendeu-se, portanto, especificamente:

- Calcular a precipitação utilizando as equações IDF obtidas por meio de pluviômetros e pluviógrafos;
- Gerar hietogramas de projeto usando o método dos blocos alternados para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos;
- Calcular o hidrograma unitário por meio do hidrograma unitário sintético triangular;
- Gerar o hidrograma de projeto para cada metodologia de obtenção de precipitação, com auxílio do software *HEC-HMS 4.11*, para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos;
- Comparar as vazões obtidas das equações IDF de dados pluviométricos e pluviográficos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As bacias hidrográficas utilizadas neste estudo foram a do Açude Sítios Novos e a Sub-Bacia do riacho Caraúna para Fortaleza e Quixeramobim, respectivamente. Os parâmetros das bacias hidrográficas são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros das bacias hidrográficas**

Parâmetros	Açude Sítios Novos (Figueiredo; Campos, 2007)	Sub-Bacia do riacho Caraúna (Lima; Santos; Cruz, 2017)
Area (km <sup>2</sup> )	441,71	119,25
Comprimento do rio principal (km)	52	33,04
Desnível do rio principal (m)	552	262

Assim, inicialmente, foram calculados os tempos de concentração pela equação de *Kirpich*. Em seguida, calculou-se o hietograma de projeto por meio do método dos blocos alternados, para cada uma das metodologias apresentadas na Figura 1, para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Número da equação	Equação	Método	Local	Referência
1	$i = \frac{1013,283 \cdot Tr^{0,214}}{(t + 19,427)^{0,729}}$	Bell	Quixeramobim	Oliveira (2021a)
2	$i = \frac{1234,703 \cdot Tr^{0,197}}{(t + 15,48)^{0,788}}$	Relações entre durações	Quixeramobim	Oliveira (2021a)
3	$i = \frac{21,711 \cdot (Tr - 2,07)^{0,138}}{(t + 15,945)^{0,76}}$	Isozonas	Quixeramobim	Batista (2018)
4	$i = \frac{2847,22 \cdot Tr^{0,3}}{(t + 43)^{0,97}}$	Pluviógrafo	Quixeramobim	Denardin e Freitas (1982)
5	$i = \frac{715,873 \cdot Tr^{0,214}}{(t + 19,427)^{0,729}}$	Bell	Fortaleza	Oliveira (2021a)
6	$i = \frac{897,0236 \cdot Tr^{0,145}}{(t + 15,48)^{0,788}}$	Relações entre durações	Fortaleza	Oliveira (2021a)
7	$i = \frac{19,035 \cdot (Tr - 2,1)^{0,197}}{(t + 9,805)^{0,794}}$	Isozonas	Fortaleza	Batista (2018)
8	$i = \frac{3458,3 \cdot Tr^{0,193}}{(t + 44)^{0,904}}$	Pluviógrafo	Fortaleza	Rodrigues <i>et al.</i> (2008)

**Figura 1: Equações IDF obtidas por dados pluviométricos e pluviográficos**

Para as equações apresentadas na Figura 1,  $i$  é a intensidade de precipitação em mm/h,  $t$  é a duração da chuva em minutos e  $Tr$  o tempo de retorno em anos. Para as equações pelo método das isozonas a intensidade é dada em mm/min.

As equações da literatura utilizadas como referências para as comparações realizadas neste trabalho foram as de Denardin e Freitas (1982) e Rodrigues *et al.* (2008).

Contudo, a equação proposta por Denardin e Freitas (1982) tem validade apenas para períodos de retornos abaixo de 15 anos e durações de chuva inferiores a 1440 minutos. Já a proposta por Rodrigues *et al.* (2008) e dos métodos de Bell e das relações entre durações tem validade para tempos de retorno igual ou abaixo de 100 anos e duração de chuvas inferiores a 1440 minutos. A equação obtida por meio do método das isozonas tem validade apenas para tempos de retorno acima de 2 anos e inferiores ou iguais a 100 anos e durações inferiores a 240 minutos.

Para o cálculo da precipitação excedente foi utilizado o método SCS-CN. Já para o hidrograma unitário foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário sintético triangular (HUT-SCS).

O hidrograma de projeto foi obtido com o auxílio do software *HEC-HMS 4.11*. O CN adotado para as duas bacias hidrográficas foi de 70, tendo como base o que foi feito no trabalho de Coutinho *et al.* (2019).

Por fim, com os resultados gerados, foram feitas correlações lineares entre os métodos de desagregação de chuva diária e as equações pluviográficas para cada município, calculando-se a linha de tendência e o coeficiente de correlação para cada caso, consequentemente discutindo os resultados encontrados. Para os hidrogramas de projeto foram feitas comparações entre as vazões de pico encontradas para cada metodologia,



sendo a análise dividida para cada município estudado. Com isso, foram analisadas as vazões de pico e sua evolução ao longo do período de retorno.

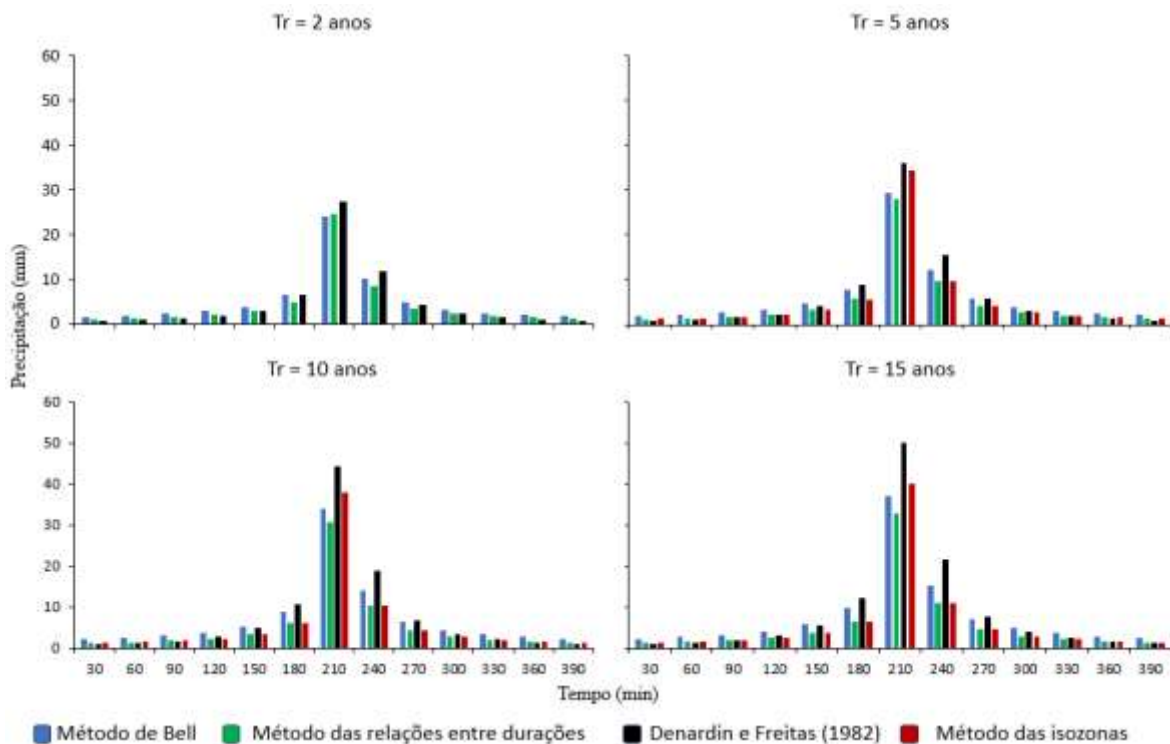
Também foram calculados os índices de concordância, com intuito de comparar o comportamento das vazões entre os métodos de desagregação de chuva diária e as equações de referência.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

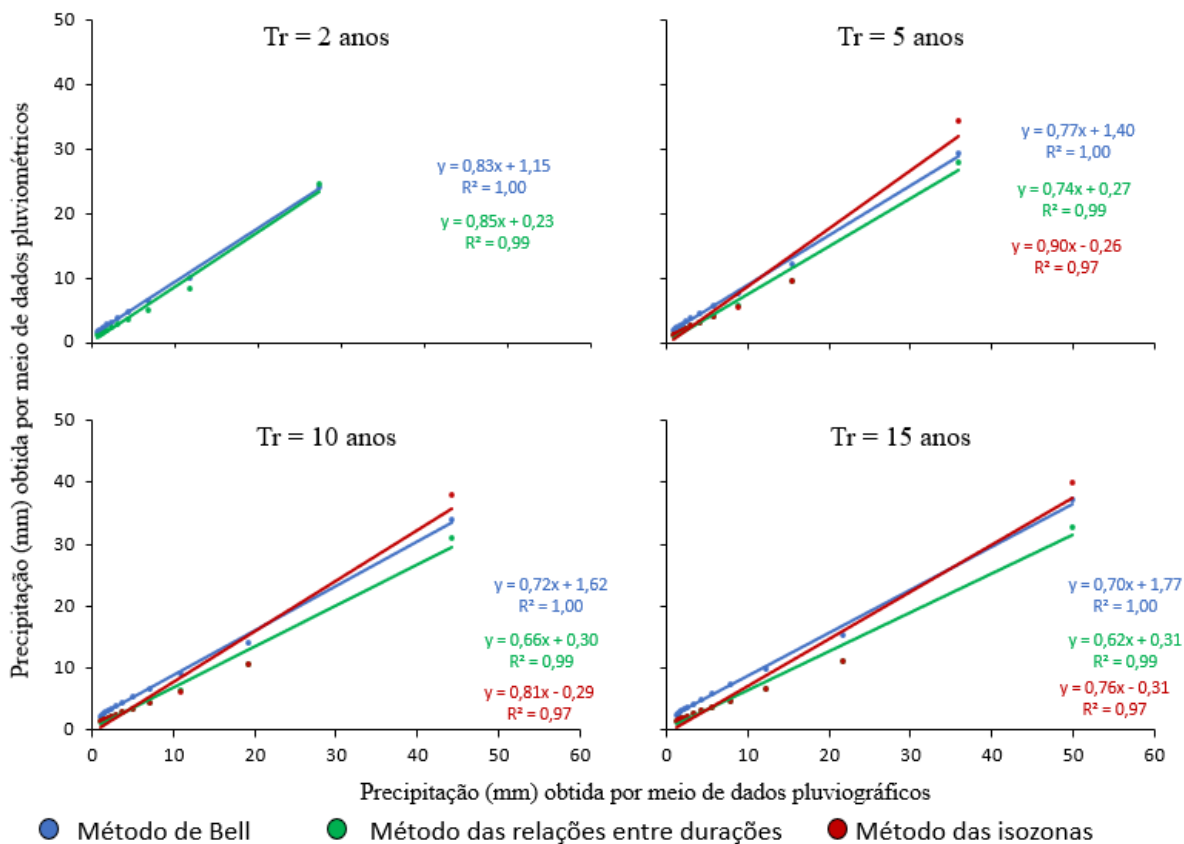
Os tempos de concentração para Quixeramobim e Fortaleza foram, respectivamente, 380 e 481 minutos. Os intervalos de chuva foram de 30 minutos nos dois casos. A duração da chuva foi adotada como 390 minutos para Quixeramobim e 510 minutos para Fortaleza.

### Análise para o município de Quixeramobim-CE

Os hietogramas e as correlações lineares entre os valores de precipitação obtidos pelos métodos de desagregação de chuva diária e a equação de Denardin e Freitas (1982) podem ser vistos nas Figuras 2 e 3.



**Figura 2: Hietogramas para diferentes metodologias de obtenção de precipitação para o município de Quixeramobim**



**Figura 3: Comparação entre as precipitações estimadas pelos métodos de desagregação de precipitação diária e mediante a equação obtida por meio de dados pluviográficos de Denardin e Freitas (1982), bem como as respectivas equações lineares, para cada período de retorno.**

Os hidrogramas de projeto e a variação da vazão de pico estão representados pelas figuras 4 e 5, enquanto as vazões máximas e os índices de concordância estão presentes nas tabelas 2 e 3.

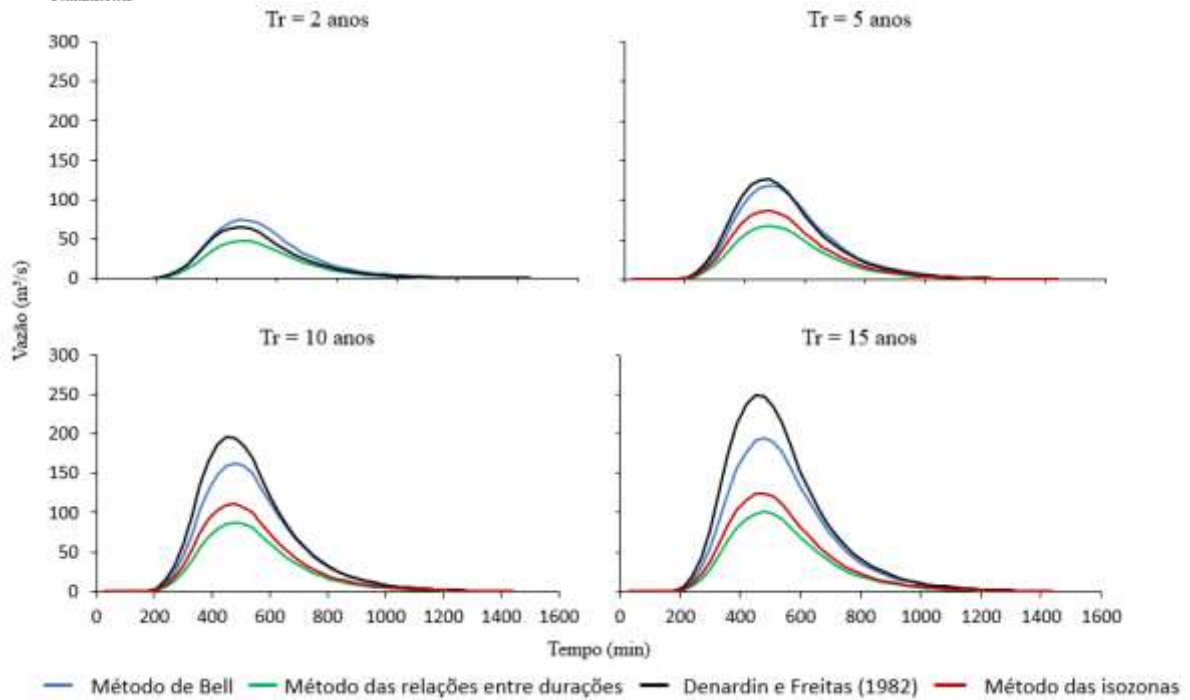


Figura 4: Hidrogramas referentes aos diferentes métodos de obtenção de precipitação para o município de Quixeramobim

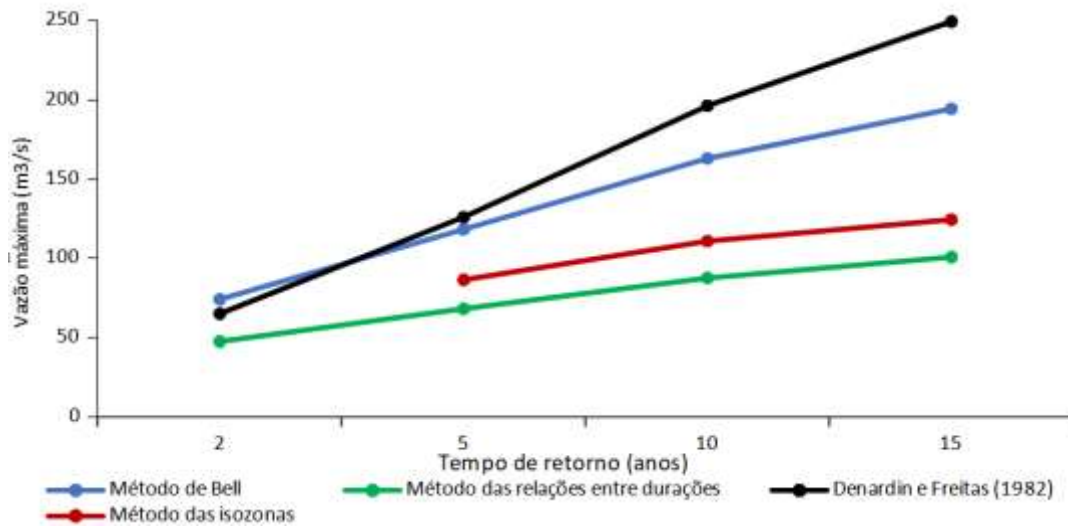


Figura 5: Variação das vazões de pico (Quixeramobim)

**Tabela 2: Vazões máximas para as metodologias de obtenção de precipitação (Quixeramobim)**

	Tempo de retorno	Método de Bell	Método das relações entre durações	Denardin e Freitas (1982)	Método das isozonas
Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s)	2	74,1	47,4	65	
	5	118,3	68,1	126	86,4
	10	163	87,6	196,3	110,8
	15	194,4	100,8	249,4	124,4

**Tabela 3: Índice de concordância entre as vazões dos métodos de desagregação de chuva diária e da equação de Denardin e Freitas (1982)**

Tempo de retorno	Método de Bell	Método das relações entre durações	Método das isozonas
2	98,94	96,36	-
5	99,69	86,35	94,85
10	98,69	77,71	88,49
15	97,76	72,66	83,37

Os coeficientes de correlação foram superiores a 0,95, indicando que as precipitações obtidas pelas equações oriundas de dados pluviométricos se aproximam daquelas obtidas pela equação de referência. Contudo, com os hietogramas e os coeficientes angulares das retas, percebe-se que as precipitações dos métodos de desagregação em relação a equação de referência são subestimadas.

Em relação a comparação entre os métodos de desagregação, no hietograma, é possível perceber que o método de Bell se sobressai em relação aos demais de forma geral. Porém, sendo inferior em alguns momentos como nos valores de pico, ficando atrás do método das isozonas. A reta de regressão do método das isozonas está em grande parte localizada, entre as retas do método das relações entre durações e de Bell, se sobressaindo em relação aos demais nos pontos referentes ao pico do hietograma. Isso pode ser percebido também na análise do coeficiente angular da sua reta de regressão, que possui valor maior do que os valores dos demais métodos. Ou seja, a sua reta de regressão está mais inclinada do que as demais, superando os valores dos demais métodos para valores maiores de precipitação e ficando inferior aos demais métodos para valores menores de precipitações. Já as retas de regressão dos métodos de Bell e de relações entre durações são semelhantes, sendo este último aquele que produziu menores valores de precipitações na maioria dos casos.

Os hidrogramas de projeto trazem que a equação de Denardin e Freitas (1982) superestima as vazões para todos os tempos de retorno, com exceção do de 2 anos. Já as vazões de pico dos métodos de desagregação variam em relação a equação de referência de 14 a -22,1%, -27,1 a -59,6% e de -31,4% a -50,1 %, para os métodos de Bell, relações entre durações e isozonas, respectivamente. Assim, percebe-se que a diferença aumenta à medida que o tempo de retorno aumenta.

Com os índices de concordância, percebe-se que as vazões do método de Bell se aproximam mais das vazões obtidas pela equação pluviográfica, com valores acima de 95%, enquanto os demais métodos de desagregação tem valores mais afastados, abaixo de 97%.

Consultando a literatura, encontrou-se resultados diferentes, como no trabalho de Damé *et al.* (2010), e semelhantes, como no estudo de Coutinho *et al.* (2019). Contudo, Oliveira (2021) destaca que a equação de Denardin e Freitas (1982) foi concebida em outro período de abrangência e assim envolvendo duas situações diferentes, podendo ter influência nos resultados. Outro ponto relevante é que, de acordo com Oliveira (2021), o método de Bell é um modelo que tem maior representatividade em precipitações de curtas durações e pequenos períodos de retorno, portanto, este fato pode ter influenciado essa metodologia ter se destacado das demais metodologias de desagregação.

### Análise para o município de Fortaleza-CE

Os hietogramas e as correlações lineares entre os valores de precipitação obtidos pelos métodos de desagregação de chuva diária e a equação de Rodrigues *et al.* (2008) são vistos nas Figuras 6 e 7.

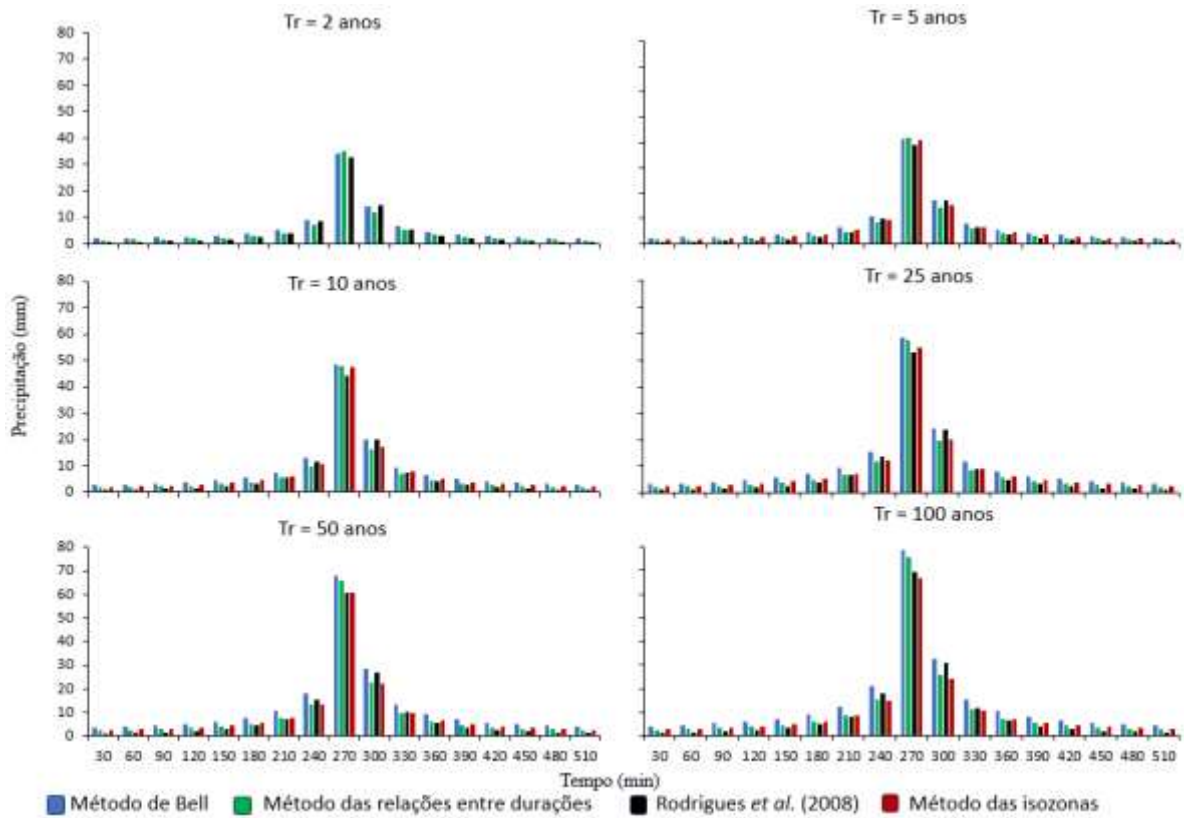
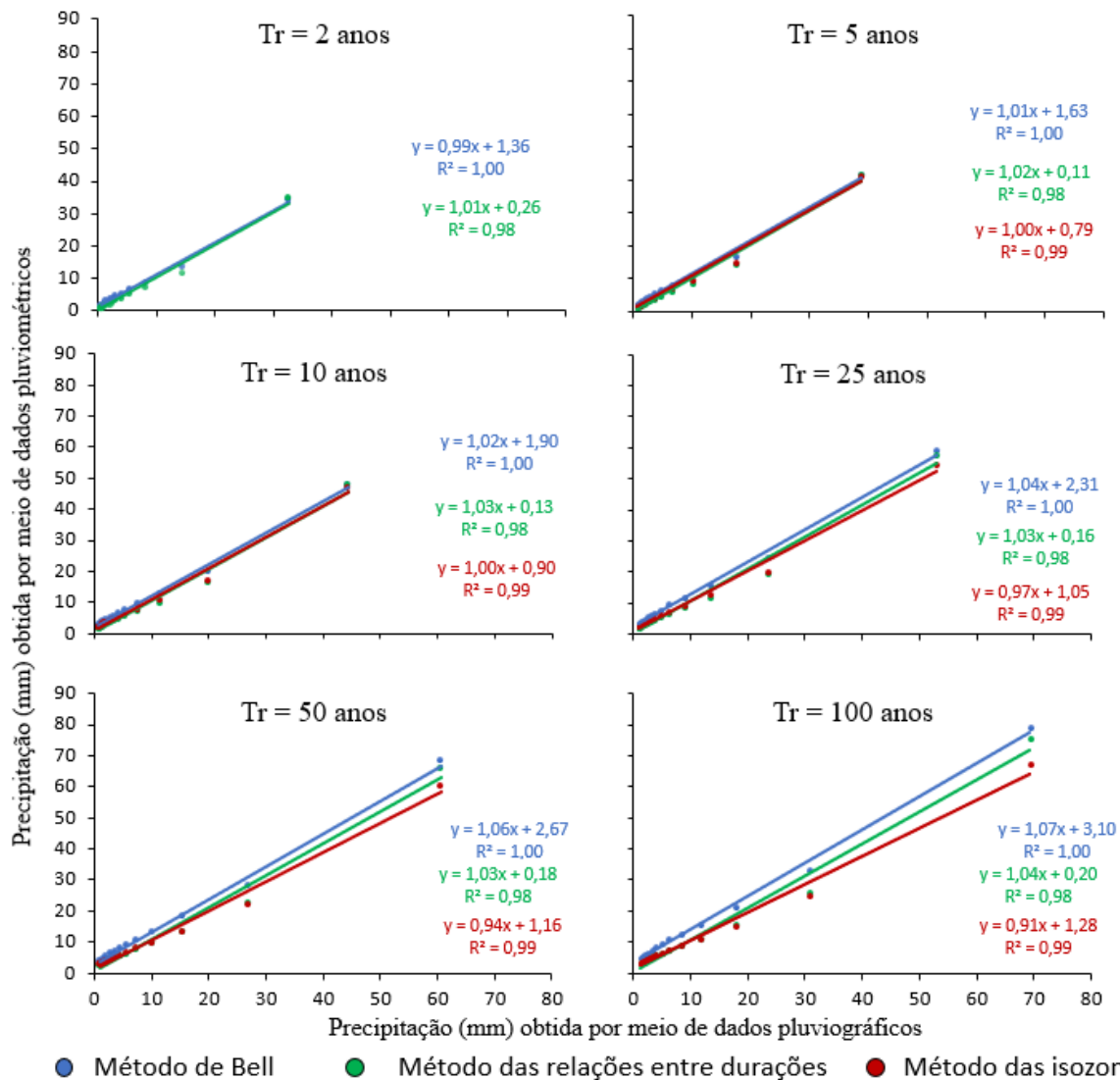


Figura 6: Hietogramas para diferentes metodologias de obtenção de precipitação para o município de Fortaleza





**Figura 7: Comparação entre as precipitações estimadas pelos métodos de desagregação de precipitação diária e mediante a equação obtida por meio de dados pluviográficos de Rodrigues *et al.* (2008), bem como as respectivas equações lineares, para cada período de retorno.**

Os hidrogramas de projeto e a variação da vazão de pico estão representados pelas figuras 8 e 9, enquanto as vazões máximas e os índices de concordância são apresentados nas tabelas 4 e 5.

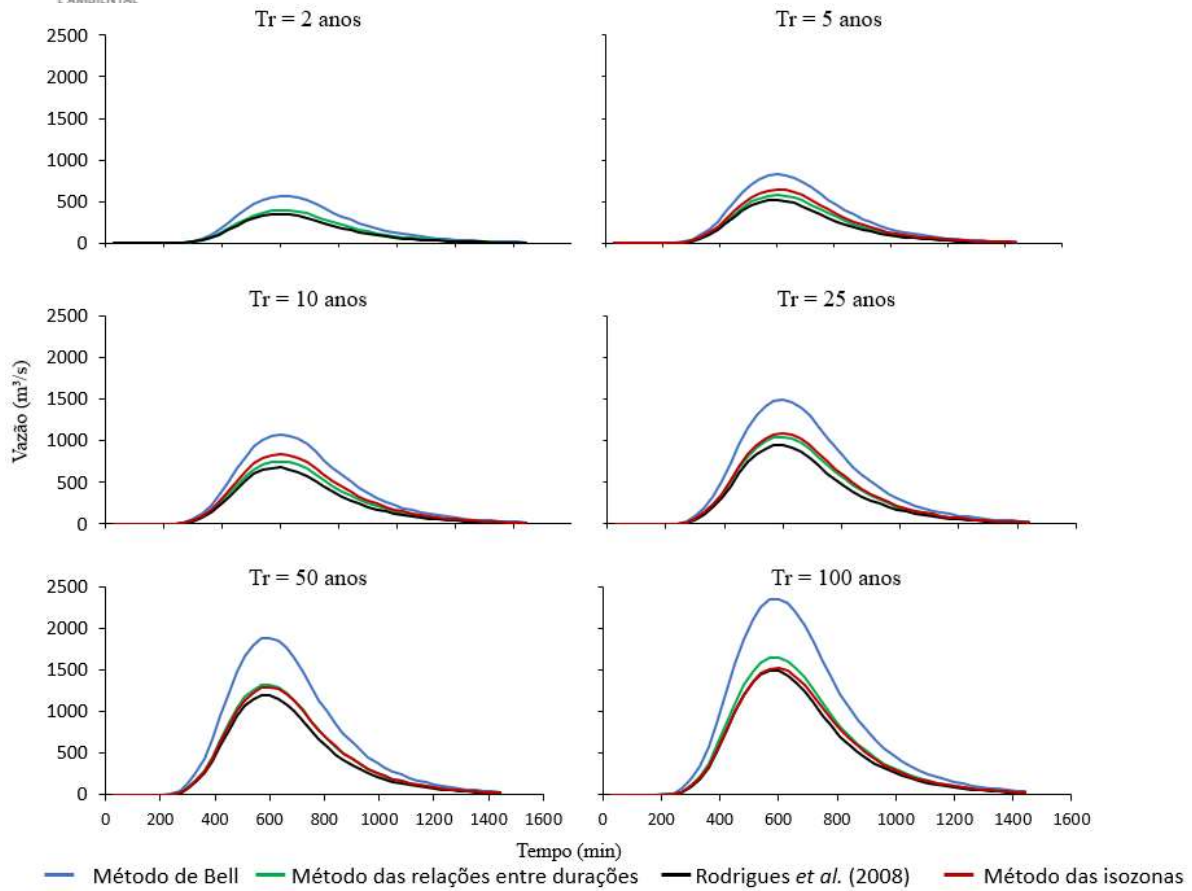


Figura 8: Hidrogramas referentes aos diferentes métodos de obtenção de precipitação para o município de Fortaleza

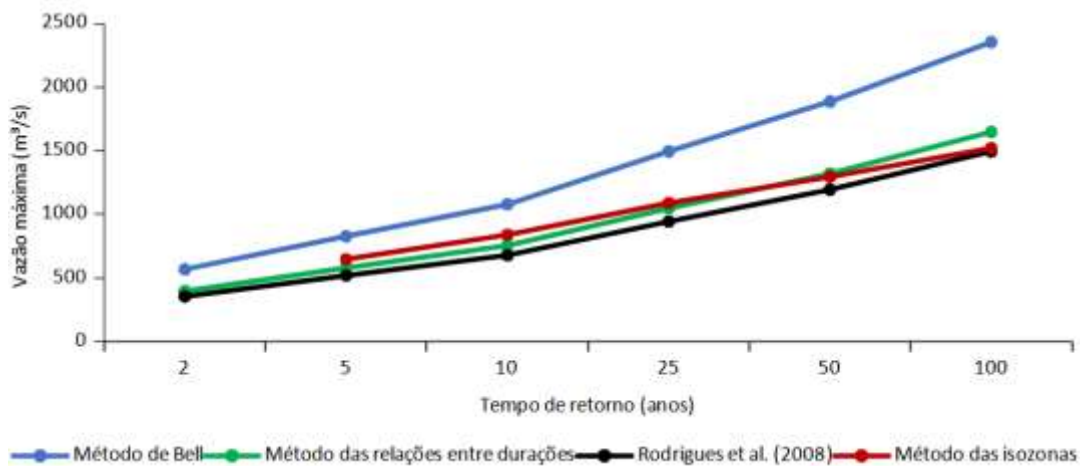


Figura 9: - Variação das vazões de pico (Fortaleza)

**Tabela 4: Vazões máximas para as metodologias de obtenção de precipitação (Fortaleza)**

	Tempo de retorno	Método de Bell	Método das relações entre durações	Rodrigues <i>et al.</i> (2008)	Método das isozonas
Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s)	2	567,5	396	354,5	
	5	827,3	578,4	519,2	646,6
	10	1077,8	754,1	678	838,6
	25	1494,6	1046,1	942,8	1088,8
	50	1885,9	1319,9	1193,9	1293,9
	100	2353,5	1647	1494,4	1520,2

**Tabela 5: Índice de concordância entre as vazões dos métodos de desagregação de chuva diária e da equação de Rodrigues *et al.* (2008)**

Tempo de retorno	Método de Bell	Método das relações entre durações	Método das isozonas
2	89,24	99,22	-
5	89,54	99,28	97,40
10	89,69	99,31	97,57
25	89,83	99,34	98,78
50	89,89	99,37	99,49
100	89,91	99,38	99,87

Os coeficientes de correlação tiveram valores acima de 0,95, com boa adequação entre as precipitações oriundas das equações IDF geradas por dados pluviométricos e pluviográficos. Contudo, pelo hietograma e os coeficientes angulares das retas, nota-se que as precipitações maiores têm origem nas metodologias de desagregação em relação a equação de referência. Desse modo, as precipitações pelo método de Bell de maneira geral se sobressaem das demais metodologias, principalmente para os tempos de retorno de 25 a 100 anos.

O método das relações entre durações também teve as alturas precipitadas mais altas em todos os períodos de retorno, com os coeficientes angulares da reta acima de 1 e próximo do método de Bell. Já o método das isozonas foi o que obteve menores valores de precipitação dentre os métodos de desagregação, visto que seu coeficiente angular da reta foi menor que 1, com isso, inferior aos demais métodos em todos os períodos de retornos. Porém, destaca-se que, de forma geral, os coeficientes angulares das retas foram muito próximos de 1,0, o que evidencia a proximidade dos valores encontrados através de dados pluviográficos e pluviométricos.

As variações das vazões de pico dos métodos de desagregação em relação a equação de Rodrigues *et al.* (2008) estão entre 60,1 e 57,5%, 11,7 e 10,2%, 24,5 e 1,7% para os métodos de Bell, das relações entre durações e das isozonas, respectivamente, indicando uma maior diferença no método de Bell.

Esse comportamento é corroborado com os índices de concordância, acima de 97%, para os métodos das relações entre durações e das isozonas, indicando vazões mais próximas daquelas obtidas pela equação de Rodrigues *et al.* (2008). Já o método de Bell se distanciou mais, com valores na faixa de 89%.

Pela literatura, o resultado foi semelhante ao dos trabalhos de Damé *et al.* (2010) e Coutinho *et al.* (2019).



## CONCLUSÕES

Para Quixeramobim, mesmo com os coeficientes de correlação indicando um bom ajuste entre as alturas precipitadas dos métodos de desagregação com a equação do pluviógrafo, houve um destaque das vazões de pico obtidas pela equação de Denardin e Freitas (1982). Essa diferença nos valores de vazão de pico chega a 22,1, 59,6 e 50,1% no tempo de retorno de 15 anos, para os métodos de Bell, das relações entre durações e das isozonas, respectivamente, demonstrando um crescimento com o aumento do tempo de retorno, comportamento corroborado pelos índices de concordância. Vale ressaltar que a equação de Denardin e Freitas (1982) foi feita em outro período de abrangência.

Em Fortaleza, os coeficientes de correlação indicaram um bom ajuste entre as alturas precipitadas dos métodos de desagregação com a equação do pluviógrafo, de maneira geral, sendo esse comportamento repetido para as vazões. Nesse caso, a diferença foi maior para períodos de retorno menores, com método de Bell tendo valores entre 60,1 a 57,5%, o das relações entre durações entre 11,7 a 10,2%, e o das isozonas entre 24,5 a 1,7%. Essas diferenças também foram vistas no índice de concordância.

O método de Bell, dentre os métodos obtidos por dados pluviométricos, foi o que obteve maiores vazões de pico para ambos os municípios, podendo estar associado a essa metodologia ser indicada a pequenos períodos de retorno e durações de chuva, de acordo com Oliveira (2021).

Já os métodos das isozonas e das relações entre durações tiveram as curvas que mais se aproximaram da curva da equação de referência, exclusivamente para Fortaleza. Vale ressaltar, que o método das isozonas mesmo extrapolado, gerou vazões de pico próximas da equação pluviográfica.

Com isso, devido a pequena quantidade de equações IDF geradas por dados pluviográficos no território cearense, é válida a utilização dos métodos de desagregação de chuva diária para encontrar as vazões de projeto. Mesmo com a análise deste trabalho, ainda não se pode afirmar qual dos métodos é o mais representativo no território cearense, devido à baixa amostra de equações pluviográficas do estado. Contudo, de maneira geral, os métodos das isozonas e das relações entre durações foram os que obtiveram os resultados mais satisfatórios.

Sugere-se, assim, como continuação a este estudo, verificar a influência da mudança dos parâmetros da bacia hidrográfica no hidrograma de projeto, para os métodos de obtenção de precipitação apresentados aqui, trabalhando com bacias menores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, T. L. Geração de equações IDF dos municípios cearenses pelo método de desagregação por isozonas implementado em um programa computacional. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- CORREA, S. W. *et al.* Multi-decadal Hydrological Retrospective: Case study of Amazon floods and droughts. *Journal of Hydrology*, [s. l.], v. 549, p. 667 – 684, 2017.
- COUTINHO, A. P. *et al.* O efeito do método de desagregação de chuva no hidrograma de projeto para uma bacia hidrográfica rural no semiárido nordestino. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 146 – 156, 2019.
- DAMÉ, R. DE C. F. *et al.* Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 46–54, 2010.
- DENARDIN, J. E.; FREITAS, P. L. de. (1982). Características fundamentais da chuva no Brasil. *Pesq. gropec. bras.*, Brasília, v. 17, n. 10, p. 1409-1416, 1982.
- FIGUEIREDO, N. N.; CAMPOS, J. N. B. O efeito do hietograma na vazão de pico de cheias. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, v. 17, 2007.



7. LIMA, W. J. R.; SANTOS, F. A.; CRUZ, M. L. B. Análise dos parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do riacho Caraúna, em Quixeramobim (Ceará). GEOAMBIENTE ON- LINE – Revista eletrônica do curso de Geografia (UFG/REJ), Jataí, n. 29, 2017.
8. MACHADO, C. D. Geostatística aplicada a estimativa e espacialização de dados de vazão. 2022. Tese (Doutorado em Tecnologias Ambientais) - Faculdade de Engenharias e Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.
9. OLIVEIRA, D. R. Métodos de desagregação na geração de equações IDF: estudo comparativo aplicado a municípios cearenses providos de pluviógrafos. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2021.
10. RODRIGUES, J. O. *et al.* Equações de intensidade – duração – frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará. Scientia Agraria, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 511 – 519, 2008.
11. TORRICO, J. J. T. Práticas Hidrológicas. Rio de Janeiro: Transcon, 1974.
12. TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1993.