

Aplicação dos produtos PERSSIANN e PERSIANN-CCS para o desenvolvimento de equações de intensidade-duração-frequência: estudo de caso da cidade de Pato Branco

Application of PERSIANN and PERSIANN-CCS products for the development of intensity-duration-frequency equation: case study of Pato Branco municipality

RESUMO

As equações de intensidade-duração-frequência (IDF) têm sido frequentemente utilizadas para o dimensionamento de obras hidráulicas. A precisão dessas equações depende da qualidade e do tamanho da série de precipitação, usada no seu desenvolvimento. No entanto, dados de precipitação medidos em terra são insuficientes ou inexistentes em diversos municípios brasileiros. Assim, é fundamental avaliar a possibilidade do uso de produtos de precipitação de satélites para desenvolver equações IDF. O objetivo desse estudo é avaliar os produtos PERSIANN e PERSIANN-CCS para desenvolvimento de equações IDF. A área de estudo é a cidade de Pato Branco, Estado do Paraná, Brasil. O período de dados é de 2000 até 2015. Os resultados mostraram que as equações IDF geradas com dados escala horária subestimam as intensidades de precipitação, enquanto, as equações IDF geradas com dados em escala diária, superestimaram as intensidades. Além disso, o produto PERSIANN-CCS apresentou melhor desempenho em relação ao produto PERSIANN para construção de equações IDF. Os resultados contribuem para o melhor entendimento sobre o uso de produtos do PERSIANN na construção de equações IDF em Pato Branco.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação. Sensoriamento remoto. IDF. PERSIANN. PERSIANN-CCS.

ABSTRACT

The intensity-duration-frequency (IDF) equations have been commonly used to design hydraulic structures. The performance of these equations depends on the data quality and the size of the precipitation series used in their development. However, rainfall data collected in the field is often insufficient or nonexistent in several Brazilian municipalities. Thus, it is crucial to evaluate the possibility of using remote sensing, i.e., satellite precipitation data to develop IDF equations. The purpose of this study is to evaluate the PERSIANN and PERSIANN-CCS products for developing IDF equations. The study area is the city of Pato Branco, Paraná, Brazil. The data period ranges from the year 2000 to 2015. The results showed that the IDF equations generated with hourly scale data underestimate precipitation intensities, while the IDF equations generated with daily scale data overestimated intensities. In addition, the PERSIANN-CCS product performed better than the PERSIANN product for building IDF equations. The results contribute for better understanding the usage of PERSIANN products for IDF equation generation in Pato Branco.

KEYWORDS: Precipitation. Remote sensing. IDF. PERSIANN. PERSIANN-CCS.

Anna Luiza Bastos Kachuki

kachuki@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Murilo Cesar Lucas

muriloelucas@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

As equações de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) têm sido amplamente usadas em projetos de sistemas de drenagem pluvial para estimar a magnitude de eventos de precipitação (Chin, 2018). A intensidade de precipitação pode ser estimada a partir da relação entre uma certa duração e um período pré-determinado de retorno da precipitação (Sivapalan & Blöschl, 1998). O uso de equações IDF desatualizadas pode ocasionar graves erros de dimensionamento de obras de drenagem pluvial. Porém, a atualização e a construção de (novas) equações IDF enfrenta o desafio da disponibilidade de uma longa série de dados de precipitação (Marra *et al.*, 2017). Equações IDF acuradas podem ser obtidas usando dados de precipitação na escala horária e sub-horária (Lima *et al.*, 2018).

O pluviômetro é o instrumento mais utilizado para realizar a medição direta da precipitação (Ringard *et al.*, 2015), porque é relativamente econômico, de fácil instalação e manutenção. No entanto, em muitas regiões, os dados de pluviometria são escassos, descontínuos ou insuficientes (Michaelides *et al.*, 2009). Além disso, em países não desenvolvidos, como o Brasil, as séries históricas de precipitação advindas de pluviômetro são disponibilizadas predominantemente na escala diária (i.e., Faridzad *et al.*, 2018). Por isso, dados de precipitação de longo prazo (>20 anos) na escala horária e sub-horária ainda são inexistentes.

Para contornar essa limitação de dados na escala horária ou sub-horária, o uso de produtos de precipitação de satélites para a construção de equações IDF tem se mostrado atrativo (Awadallah *et al.*, 2011; Faridzad *et al.*, 2018; Ombadi *et al.*, 2018). Nesse sentido, o objetivo desse estudo é avaliar o desempenho de equações IDF desenvolvidas a partir dos produtos de precipitação de satélite.

MATERIAL E MÉTODOS

Cinco equações de intensidade-duração-frequência (IDF) foram desenvolvidas para a cidade de Pato Branco (entre as coordenadas 26°13' 46" de latitude Sul e 52°40'14" de longitude Oeste), Sudoeste do Estado do Paraná, Brasil. O município de Pato Branco foi escolhido porque a sua equação IDF está desatualizada e possui uma longa série de dados de precipitação de pluviômetros. Além disso, Pato Branco, tem experimentado uma acelerada urbanização, demandando novos projetos de drenagem pluvial. Uma equação IDF foi desenvolvida usando dados diários de pluviômetro e as outras quatro usando os produtos de satélite Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks (PERSIANN) e PERSIANN – Cloud Classification System (PERSIANN-CCS), que também apresentam longa série de dados.

Os dados diários de precipitação (pluviômetro código 2652013) foram obtidos por meio da plataforma Hidro Web, da Agência Nacional de Águas (ANA) e correspondem ao período 2000-2015.

Os dados de precipitação de satélite foram obtidos pelos produtos PERSIANN (Hsu *et al.*, 1997) e PERSIANN-CCS (Ashouri *et al.*, 2015). A diferença entre o PERSIANN e o PERSIANN-CCS é a resolução espacial dos dados (Tabela 1). É importante ressaltar que tanto os dados do PERSIANN e PERSIANN-CCS foram organizados na escala horária e diária (acumulados da escala horária) para a construção das equações IDF. Foi adotada a estratégia ponto-pixel para selecionar a posição do pixel dos produtos de satélite. Assim, os pixels de cada produto

(PERSIANN e PERSIANN-CCS), coincidiram com a localização espacial do pluviômetro. Entretanto, a limitação dessa abordagem é que a área do pixel é maior do que a área de influência do pluviômetro. A nomenclatura das equações IDF construídas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos produtos PERSIANN e PERSIANN-CCS e nomenclatura usada para as equações IDF

Nomenclatura	Produto	Período disponível	Resolução espacial	Escala temporal
ipluv	Pluviômetro	2000-2015	-	Diária
ipersiann_h	PERSIANN	2000-2015	0,25° x 0,25°	Horária
ipersiann_d	PERSIANN*	2000-2015	0,25° x 0,25°	Diária
ipersiannCCS_h	PERSIANN-CCS	2003-2015	0,04° x 0,04°	Horária
ipersiannCCS_d	PERSIANN-CCS*	2003-2015	0,04° x 0,04°	Diária

*Os valores na escala horária foram acumulados até a escala diária.

Fonte: Autoria própria (2020).

A função de probabilidade acumulada de Gumbel foi usada no método de Chow (Chow *et al.*, 1988) para o desenvolvimento das equações IDF. Foram selecionadas as precipitações máximas diárias anuais, $P_{m\acute{a}x}$ (mm), isto é, o máximo precipitado durante um dia em cada ano da série histórica. Os tempos de duração de $P_{m\acute{a}x}$, t_d (min), foram iguais a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos. Os períodos de retorno, T_r (anos), adotados foram 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos. A estimativa das precipitações máximas para um dado período de retorno e tempo de duração foi calculada segundo o método de Chow *et al.* (1988).

Os valores de $P_{m\acute{a}x}$ foram desagregados para intervalos na escala horária e sub horária usando coeficientes de desagregação propostos por Silveira (2000). Esses coeficientes são baseados na precipitação máxima com duração igual a 24 horas. Dessa maneira, particularmente, a precipitação $P_{m\acute{a}x}$ foi desagregada para a duração de 24 horas usando o desagregador proposto por CETESB (1979).

O produto PERSIANN e PERSIANN-CCS com resolução temporal de 1 hora, também foram desagregados para as durações sub-horárias (30, 25, 20, 15, 10 e 5 minutos) usando os coeficientes de desagregação de Silveira (2000). Por outro lado, as durações superiores a 1 hora foram acumuladas até o tempo de 24 horas.

Após a etapa de desagregação de $P_{m\acute{a}x}$, a intensidade de precipitação, (mm/h) foi calculada a partir da relação $i = P_{m\acute{a}x} / t_d$. As equações IDF foram construídas a partir do ajuste de uma função de decaimento aos dados de $P_{m\acute{a}x}$ (Eq. 1), considerando a combinação entre os diferentes períodos de retorno e durações de precipitação.

$$i = \frac{K.T_r^a}{(t_d+b)^c} \quad (1)$$

Em que, os coeficientes ajustáveis (“K”, “a”, “b” e “c”) foram obtidos usando a técnica de estimativa inversa de parâmetros desconhecidos, de Marquardt-Levenberg (Marquardt, 1963), por meio do software MATLAB (2016).

Foram usadas sete métricas estatísticas, divididas em três grupos, para avaliar a qualidade dos produtos PERSIANN e PERSIANN-CCS em relação aos dados do pluviômetro. O primeiro grupo de métricas refere-se às alturas diárias de precipitação (dados brutos do satélite), e estão relacionadas com a detecção dos eventos de precipitação: a Probabilidade de Detecção (Probability of Detection, POD); a Razão de Falso Alarme (False Alarm Ratio, FAR); e o Índice Crítico de Sucesso (Critical Success Index, CSI) (Gadelha *et al.*, 2019). O segundo grupo de

métricas estatísticas referem-se ao erro de estimativa do satélite em comparação com o pluviômetro: o Erro Médio Absoluto (Mean Absolute Error, MAE) (Gadelha *et al.*, 2019); e o Erro Médio (Mean Error, ME) (Gadelha *et al.*, 2019). O terceiro, refere-se à concordância (goodness-of-fit) e foi usado o Índice Refinado de Concordância (Refined Index of Agreement, dr) (Willmott *et al.*, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta as métricas referentes a qualidade de detecção de precipitação dos produtos PERSIANN E PERSIANN-CCS. Mesmo com resoluções espaciais diferentes, a qualidade de detecção dos produtos ficou próxima. Os produtos PERSIANN e PERSIANN-CCS apresentam superestimação dos eventos de precipitação. O produto PERSIANN apresentou intensidades de precipitação mais próximas às intensidades de precipitação do pluviômetro.

Tabela 2 – Métricas da qualidade de detecção de precipitação dos produtos

	PERSIANN	PERSIANN-CCS
POD	0,664	0,658
FAR	0,562	0,547
CSI	0,359	0,367

Fonte: Autoria própria (2020).

Na construção da equação IDF, usando os dados do pluviômetro, o software MATLAB apresentou um RMSE de 1,98 mm/h para a equação *ipluv*. Para as equações IDF construídas a partir do produto PERSIANN, *ipersiann_h* e *ipersiann_d*, na modelagem foi apresentado um RMSE de 1,90 mm/h e 3,23 mm/h, respectivamente. Para as equações IDF construídas a partir do produto PERSIANN-CCS, *ipersiannCCS_h* e *ipersiannCCS_d*, na modelagem foi apresentado um RMSE de 1,97 mm/h e 3,55 mm/h, respectivamente. Os coeficientes ajustados das equações IDF estão apresentadas na Tabela 3.

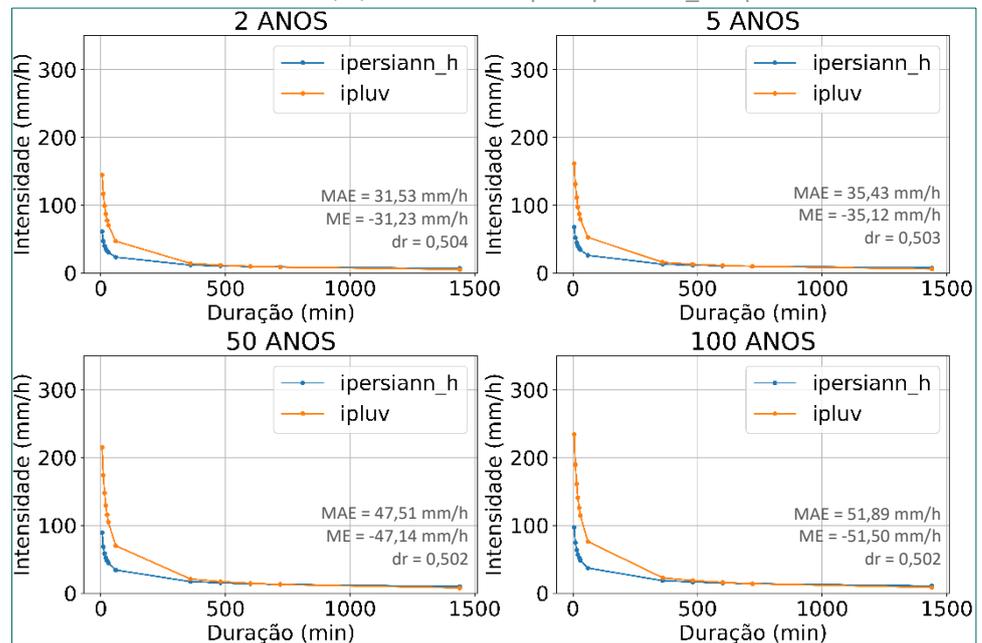
Tabela 3 – Coeficientes das equações IDF

Equação	Coeficientes da equação IDF			
	K	a	b	c
<i>ipluv</i>	932,6	0,1237	9,791	0,7244
<i>ipersiann_h</i>	106,3	0,1187	0,1576	0,3914
<i>ipersiann_d</i>	1278	0,1369	9,791	0,7244
<i>ipersiannCCS_H</i>	239,2	0,1206	2,629	0,4877
<i>ipersiannCCS_d</i>	1312	0,1241	9,791	0,7244

Fonte: Autoria própria (2020).

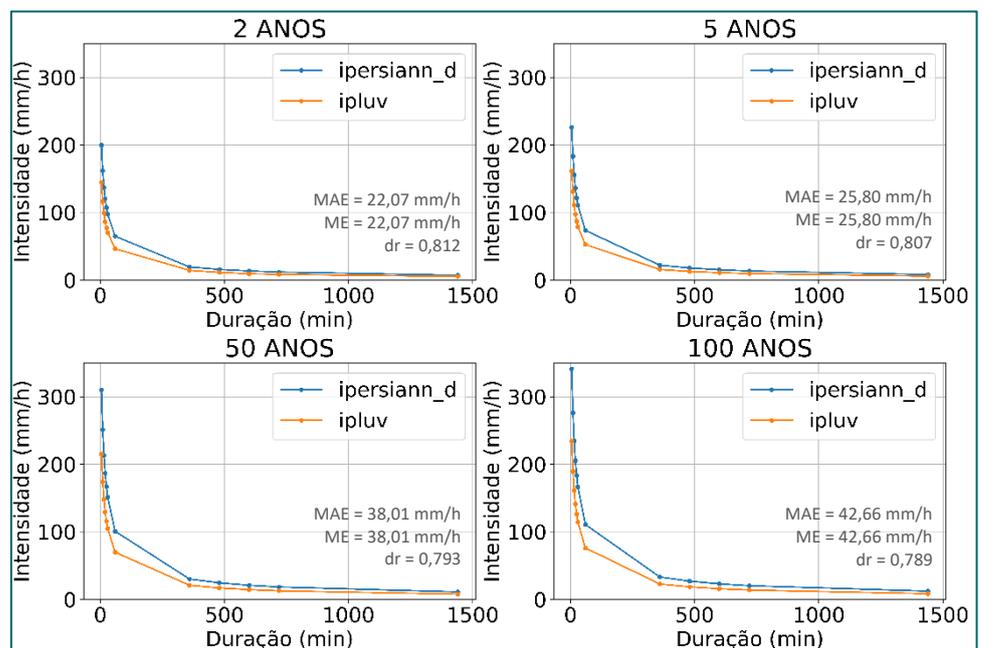
As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam a relação entre a duração e a intensidade da precipitação para os tempos de retorno de 2, 5, 50 e 100 anos, da equação de referência, *ipluv*, e das equações IDF simuladas, *ipersiann_h*, *ipersiann_d*, *ipersiannCCS_h* e *ipersiannCCS_d*. Percebe-se que as intensidades de precipitação dos produtos PERSIANN e PERSIANN-CCS se aproximaram mais do pluviômetro nas intensidades mais baixas (inferiores a 20 mm/h), as quais correspondem a durações de no mínimo 400 minutos. As intensidades de precipitação referentes a período de retorno menores estão mais próximas aos valores de referência, resultando em menor erro de previsão dos eventos. As intensidades de precipitação referentes ao produto PERSIANN-CCS (com resolução espacial menor), apresentaram menores erros de previsão dos eventos. Destaca-se ainda que as equações IDF desenvolvidas usando dados diários de precipitação apresentaram maior grau de concordância no modelo.

Figura 1 – Relação entre a duração e a intensidade da precipitação para os tempos de retorno de 2, 5, 50 e 100 anos para ipersiann_h e ipluv



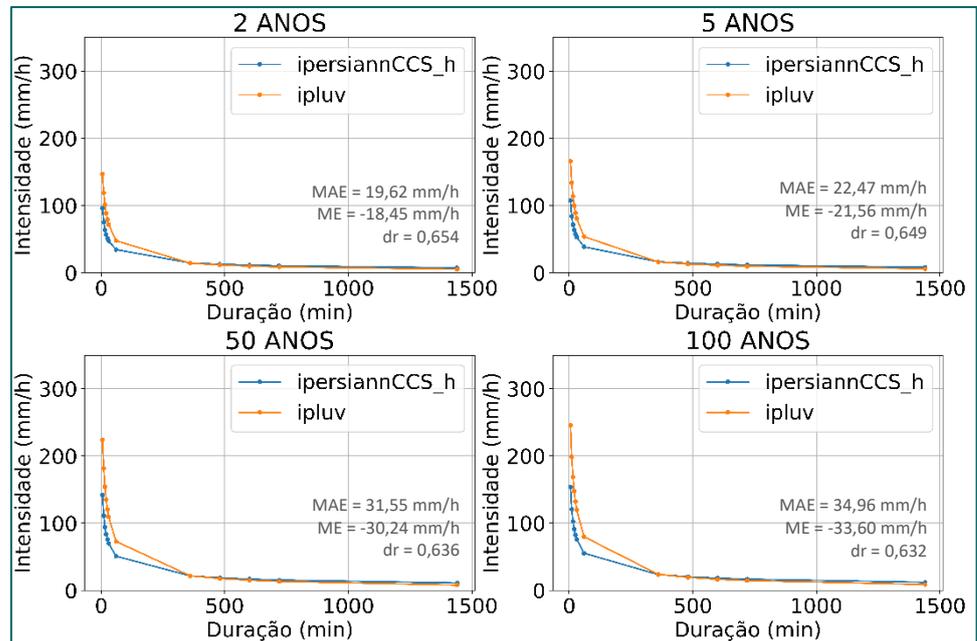
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 2 – Relação entre a duração e a intensidade da precipitação para os tempos de retorno de 2, 5, 50 e 100 anos para ipersiann_d e ipluv



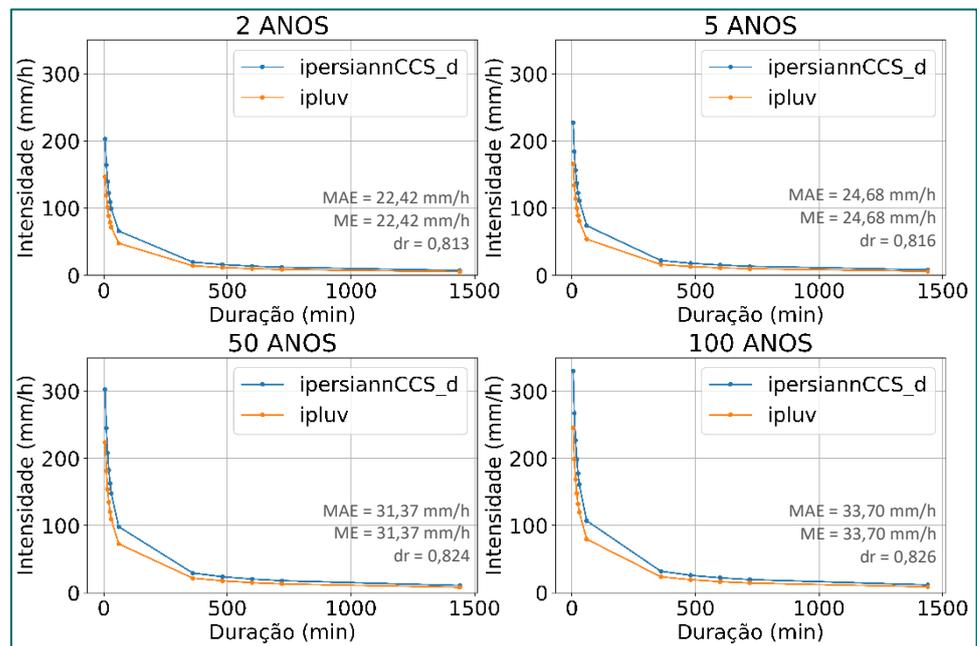
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 3 – Relação entre a duração e a intensidade da precipitação para os tempos de retorno de 2, 5, 50 e 100 anos para ipersiannCCS_h e ipluv



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 4 – Relação entre a duração e a intensidade da precipitação para os tempos de retorno de 2, 5, 50 e 100 anos para ipersiannCCS_d e ipluv



Fonte: Autoria própria (2020).

Destaca-se que as Figuras que correspondem aos dados captados em escala horária (de hora em hora) (Figuras 1 e 3), apresentam comportamento subestimado ($ME < 0$), enquanto as Figuras referentes aos dados em escala diária (Figuras 2 e 4), apresentam comportamento superestimado ($ME > 0$). As equações IDF desenvolvidas usando o produto PERSIANN-CCS obtiveram erro médio absoluto (MAE) menor do que as equações IDF desenvolvidas usando o produto

PERSIANN. Assim, percebe-se que o produto PERSIANN-CCS apresenta um desempenho ligeiramente superior ao produto PERSIANN. Em relação ao índice dr, as equações desenvolvidas usando dados em escala diária obtiveram maior grau de concordância entre os eventos de precipitação do pluviômetro e os eventos de precipitação do satélite (i.e., menor erro de previsão do modelo).

O comportamento do satélite de subestimar dos eventos de precipitação é destacado em diversos estudos, como Faridzad *et al.* (2018), Miao *et al.* (2015), Ashouri *et al.* (2015), Ringard *et al.* (2015) e Moazami *et al.* (2013). Entretanto, este comportamento varia de acordo com a região, sendo necessário verificá-las individualmente (Ombadi *et al.* 2018). Nguyen *et al.* (2018), afirmou que os dois produtos, PERSIANN e PERSIANN-CCS, são indicados para análises históricas de dados e para obtenção de valores extremos de precipitação. De acordo com o presente estudo, para a construção de uma equação IDF para o município de Pato Branco-PR, o produto PERSIANN-CCS apresentou melhor desempenho do que o produto PERSIANN. A equação ipersiannCCS_d (usando o produto PERSIANN-CCS, em escala diária) apresentou o melhor desempenho para estimação dos eventos extremos de precipitação.

CONCLUSÃO

Conclui-se que as equações IDF do município de Pato Branco, geradas a partir de dados dos produtos PERSIANN e PERSIANN-CCS, usando dados de precipitação em escala horária, subestimam as intensidades de precipitação. No entanto, as equações geradas pelos mesmos produtos, mas com dados de precipitação em escala diária, apresentaram superestimação das intensidades de precipitação. Salienta-se ainda que o produto PERSIANN-CCS, em todas as situações analisadas, apresentou melhor desempenho em relação ao produto PERSIANN. Portanto, para o município de Pato Branco, é recomendado a utilização do produto PERSIANN-CCS, em escala diária, usando coeficientes de desagregação, para a construção de equações IDF.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pela bolsa de fomento para a realização desse estudo.

REFERÊNCIAS

ASHOURI, H.; HSU, K. L.; SOROOSHIAN, S.; BRAITHWAITE, D. K.; KANPP, K. R.; CICIL, L. D.; NELSON, B.R.; PRAT, O. P. PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 96, n. 1, p. 69–83, 2015.

AWADALLAH, A. G.; ELGAMAL, M.; ELMOSTAFA, A.; ELBADRY, H. Developing Intensity-Duration-Frequency Curves in Scarce Data Region: An Approach using Regional Analysis and Satellite Data. **Engineering**, v. 03, n. 03, p. 215–226, 2011. Scientific Research Publishing, Inc.,

CHIN, D. A. Assessment of chen and other methods for estimating Intensity-Duration-Frequency Functions. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 23, n. 9, p.

04018037, 2018. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0001689>>. Acesso em: 29/6/2020.

CHOW, V. TE; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. Applied Hydrology. Nova Iorque: **McGraw-Hill**, 1988.

ENDRENY, T. A.; IMBEAH, N. Generating robust rainfall intensity-duration-frequency estimates with short-record satellite data. **Journal of Hydrology**, v. 371, n. 1–4, p. 182–191, 2009.

FARIDZAD, M.; YANG, T.; HSU, K.; SOROOSHIAN, S.; XIAO, C. Rainfall frequency analysis for ungauged regions using remotely sensed precipitation information. **Journal of Hydrology**, v. 563, n. January, p. 123–142, 2018. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.05.071>>.

GADELHA, A. N.; COELHO, V. H. R.; XAVIER, A. C.; et al. Grid box-level evaluation of IMERG over Brazil at various space and time scales. **Atmospheric Research**, v. 218, n. December 2018, p. 231–244, 2019.

HSU, K.-L.; GAO, X.; SOROOSHIAN, S.; GUPTA, H. V. Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks. **American Meteorological Society**, 1997.

LIMA, C. H. R.; KWON, H. H.; KIM, Y. T. A local-regional scaling-invariant Bayesian GEV model for estimating rainfall IDF curves in a future climate. **Journal of Hydrology**, v. 566, p. 73–88, 2018.

MARRA, F.; MORIN, E.; PELEG, N.; MEI, Y.; ANAGNOSTOU, E. N. Intensity–duration–frequency curves from remote sensing rainfall estimates: comparing satellite and weather radar over the eastern Mediterranean. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 5, p. 2389–2404, 2017. Copernicus GmbH. Disponível em: <<https://hess.copernicus.org/articles/21/2389/2017/>>. Acesso em: 7/8/2020.

MICHAELIDES, S.; LEVIZZANI, V.; ANAGNOSTOU, E.; BAUER, P.; KASPARIS, T.; LANE, J. E. Precipitation: Measurement, remote sensing, climatology and modeling. **Atmospheric Research**, v. 94, n. 4, p. 512–533, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - PLATAFORMA HIDRO WEB. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 7/8/2020.

MOAZAMI, S.; GOLIAN, S.; KAVIANPOUR, M. R.; HONG, Y. Comparison of PERSIANN and V7 TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 22, p. 8156–8171, 2013.

NGUYEN, P.; OMBADI, M.; SOROOSHIAN, S.; HSU, K.; AGHAKOUCHAK, A.; BRAITHWAITE, D.; ASHOURI, H.; THORSTENSEN, A. R. The PERSIANN family of global satellite precipitation data: A review and evaluation of products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 11, p. 5801–5816, 2018.

OMBADI, M.; NGUYEN, P.; SOROOSHIAN, S.; HSU, K. LIN. Developing Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curves From Satellite-Based Precipitation: Methodology and Evaluation. **Water Resources Research**, v. 54, n. 10, p. 7752–7766, 2018.

RINGARD, J.; BECKER, M.; SEYLER, F.; LINGUET, L. Temporal and spatial assessment of four satellite rainfall estimates over French Guiana and north Brazil. **Remote Sensing**, v. 7, n. 12, p. 16441–16459, 2015.

SCHIAVO BERNARDI, E.; ALLASIA, D.; BASSO, R.; FREITAS FERREIRA, P.; TASSI, R. TRMM rainfall estimative coupled with Bell (1969) methodology for extreme rainfall characterization. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 369, p. 163–168, 2015. Copernicus GmbH. Disponível em: <<https://piahs.copernicus.org/articles/369/163/2015/>>. Acesso em: 3/8/2020.

SILVEIRA, A. Equação Para Os Coeficientes De Desagregação De Chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, p. 143–147, 2000.

SIVAPALAN, M.; BLÖSCHL, G. Transformation of point rainfall to areal rainfall: Intensity-duration-frequency curves. **Journal of Hydrology**, v. 204, n. 1–4, p. 150–167, 1998. Elsevier Sci B.V.

WILLMOTT, C. J.; ROBESON, S. M.; MATSUURA, K. A refined index of model performance. **International Journal of Climatology**, v. 32, n. 13, p. 2088–2094, 2012.