

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO E CHUVAS EXTREMAS: ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DA MATA - PE

Cristiane Ribeiro de Melo¹; Anny Kalinne do N. Crispim², Micaella Raíssa F. de Moura³ & Paulo Abadie Guedes⁴

Abstract: Hydrometeorological monitoring is carried out throughout Brazil, but its frequency, scope, and quality vary according to the region. This type of monitoring is essential for water resource management, climate studies, disaster prevention, and planning. This paper presents an analysis of the rainfall series available for the municipality of São Lourenço da Mata - PE. The objective is to evaluate the quality of hydrometeorological monitoring and the impacts of extreme rainfall events, in the region. The results of the analysis allowed the identification of rainfall patterns and the consequences of rainfall. The evaluation of the maximum accumulated 24-hour rainfall for the period from 2020 to 2024 showed that there is no need to update the Intensity, Duration, and Frequency (IDF) curves, published by the Geological Survey of Brazil - SGB in 2021, as there was no significant exceedance of the historical series used to determine the equation. It was also possible to conclude that the municipality's monitoring system adequately meets local demands and that there has been an increase in accumulated rainfall in recent years, resulting in landslides, flooding and problems with population mobility during the winter..

Resumo: O monitoramento hidrometeorológico é realizado em todo o Brasil, mas sua frequência, abrangência e qualidade variam de acordo com a região. Esse tipo de monitoramento é essencial para a gestão dos recursos hídricos, estudos climáticos, prevenção de desastres e planejamento. O presente trabalho apresenta uma análise das séries pluviométricas disponíveis para o município de São Lourenço da Mata – PE. O objetivo é avaliar a qualidade do monitoramento hidrometeorológico e os impactos dos eventos de chuvas extremas, na região. Os resultados da análise permitiram a identificação de padrões pluviométricos e as consequências das chuvas. A avaliação das chuvas máximas acumuladas de 24 horas, para o período de 2020 a 2024, mostrou que não há necessidade de atualização das curvas de Intensidade, Duração e Frequência (IDF), publicadas pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB em 2021, pois não houve superação significativa da série histórica utilizada na determinação da equação. Também foi possível concluir que o sistema de monitoramento do município atende adequadamente às demandas locais e que há o aumento das chuvas acumuladas nos últimos anos, tendo como resultado ocorrências de deslizamentos, alagamentos e problemas com a mobilidade da população durante o inverno.

Palavras-Chave – Monitoramento hidrometeorológico, Chuvas extremas, Curvas IDF.

¹⁾ Serviço Geológico do Brasil. Rua Escritor Souza Barros, 1001- Cabanga, Recife-PE, Brasil. E-mail: cristiane.melo@sgb.gov.br;

²⁾ Universidade Católica de Pernambuco. R. do Príncipe, 526 - Boa Vista, Recife - PE, Brasil. E-mail: annykalinne00@gmail.com;

³⁾ Universidade Católica de Pernambuco. R. do Príncipe, 526 - Boa Vista, Recife - PE, Brasil. E-mail: micaella.moura@unicap.br;

⁴⁾ Instituto Federal de Pernambuco. Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife-PE, Brasil. e-mail: paulo.guedes@recife.ifpe.edu.br.

INTRODUÇÃO

Devido à relevante influência dos fenômenos meteorológicos e hídricos nas áreas urbanas, durante o período chuvoso, é de suma importância um estudo aprofundado sobre a hidrometeorologia local. Assim, contribui-se para a melhoria tanto do planejamento e infraestrutura urbana, como da gestão ambiental municipal.

A precipitação pode ser considerada como a variável do ciclo hidrológico que apresenta a maior variabilidade espacial. No entanto, sua representação é dependente da distribuição dos postos pluviométricos, o que torna tal representação bastante limitada (Collischonn, 2006). As chuvas intensas são as precipitações de grande volume em curto intervalo de tempo. Possuem potencial de gerar escoamento superficial expressivo e por isso são, em grande parte, a causa das cheias e inundações que trazem prejuízos à população (Mentz, 2021).

Os fatores desencadeadores de desastres nas áreas urbanas são: impermeabilização do solo, adensamento das edificações, ilha de calor e a poluição do ar. Adicionalmente, a falta de planejamento urbano e, de modo geral, o mau gerenciamento das bacias hidrográficas, vêm intensificando esses desastres (Sousa *et al*, 2015).

Dessa forma, as relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Estas relações também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja: para estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário (CPRM, 2021a).

A suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações no município foi mapeada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB (CPRM, 2021b) e encontra-se disponível no repositório institucional, auxiliando as análises, decisões governamentais e defesas civis principalmente nos períodos chuvosos.

Este trabalho tem como objetivo analisar as séries pluviométricas disponíveis no referido município, localizado na Região Metropolitana do Recife - RMR, em Pernambuco. A análise permitiu a identificação de mudanças nos padrões pluviométricos, impactos das chuvas extremas na região e a possível necessidade de atualização das curvas de Intensidade, Duração e Frequência (IDF) através da identificação da superação ou não das máximas de 24 horas utilizadas na definição da equação disponibilizada pelo SGB.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de São Lourenço da Mata está localizado a aproximadamente 20 km da cidade de Recife, capital do estado. O mesmo está inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. Na Figura 1 é possível observar a localização do município, em relação aos do entorno.

Possui uma área territorial de 263,687 km² (IBGE, 2024) e uma população de 111.249 pessoas, com densidade demográfica de 421,90 hab/km² (IBGE, 2022). O clima é do tipo Tropical Chuvoso com verão seco. O período chuvoso começa no outono/inverno, tendo início em dezembro/janeiro e com término em setembro.

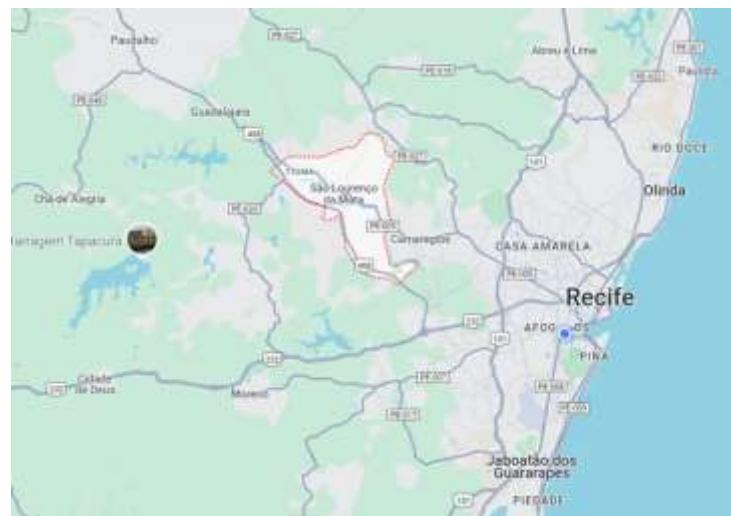


Figura 1 - Localização do município de São Lourenço da Mata. Fonte: Google Maps (2025)

A pluviometria no município é monitorada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB, em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, através da Rede Hidrometeorológica Nacional; e também pela Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, em parceria com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN.

O projeto Atlas Pluviométrico, ação do programa de Levantamentos da Geodiversidade do SGB, estabeleceu para o município uma equação IDF que utilizou registros de precipitações diárias máximas para o período de 1963 a 2019. A metodologia adotada foi a desagregação das precipitações diárias, para estimar valores em menores durações. A distribuição estatística ajustada foi a Gumbel, e os parâmetros foram estimados utilizando o método dos momentos-L. A desagregação dos *quantis* foi feita com base nas relações estabelecidas por Ramos (2010), para o município do Recife (SGB, 2021).

METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em quatro etapas. Na primeira, foram identificadas as estações pluviométricas existentes na área e obtidas as suas séries. Na segunda etapa, foram realizadas as consistências pluviométricas e determinada a série que melhor representa o município. Na terceira fase, foram analisados os padrões pluviométricos anuais para identificação das ocorrências de chuvas extremas. Por fim, na quarta e última etapa, as chuvas máximas foram avaliadas em relação às curvas IDF existentes, para o município.

Monitoramento pluviométrico e consistência de dados

O município é monitorado por 06 estações pluviométricas (Tabela 1). As estações operadas pelo CEMADEN (pluviômetros automáticos) foram instaladas em 2015, enquanto a estação operada pelo SGB (pluviômetro convencional) data de 1963. As informações estão disponíveis no Mapa Interativo em CEMADEN (2024) e na base de dados do Portal HidroWeb, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (ANA, 2024).

Considerando que o intervalo de tempo de monitoramento comum entre as estações data de 2015, a análise do estudo em questão foi realizada para o período de 2016 a 2025 (série incompleta). A Figura 2 apresenta a espacialização das estações pluviométricas.

Tabela 1. Estações pluviométricas em São Lourenço da Mata

Estação	Código	Latitude	Longitude	Tipo Coleta	Operação
São Lourenço da Mata - APAC	261370105A	-7,99419	-35,03699	Automática	CEMADEN
Chã da Tábua	261370101A	-7,99500	-35,03500	Automática	CEMADEN
Nossa Senhora da Luz	261370102A	-8,03700	-35,10000	Automática	CEMADEN
Tiúma	261370103A	-7,97900	-35,07300	Automática	CEMADEN
Rua dos Milagres	261370104A	-8,01000	-35,01600	Automática	CEMADEN
São Lourenço da Mata II	835048	-7.99861	-35.03194	Convencional	SGB

As estações automáticas apresentam seus registros a cada 10min e a convencional, o acumulado de 24 horas. Na realização da análise preliminar de consistência, foram calculadas as chuvas para avaliação dos acumulados de 24 horas e identificação de erros grosseiros. Para análise das séries, foi utilizado o programa de homogeneização de dados pluviométricos - Hidro-Plu (UFV-ANA-ANEEL, 2000), disponibilizado pela ANA e que tem por objetivo realizar a análise de dados pluviométricos mensais e anuais, utilizando a relação entre as séries históricas das estações de apoio.

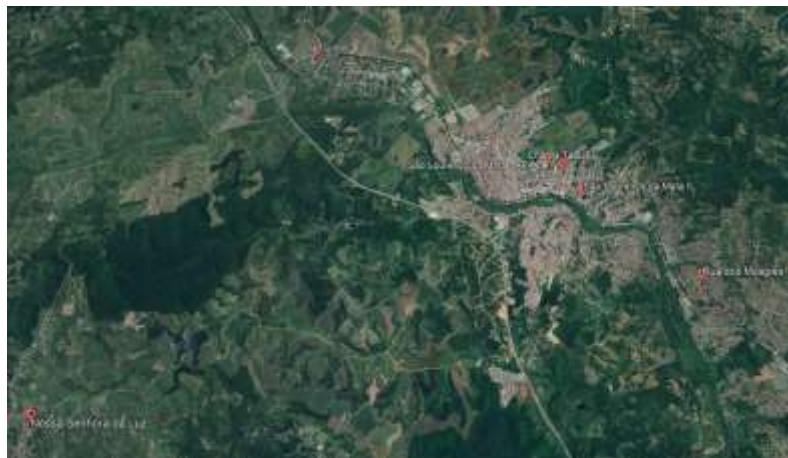


Figura 2 - Distribuição das estações no município. Fonte: Google Earth Pro (2025)

Estação representativa e análise duplo-acumulativa

Para identificar a estação mais representativa, buscou-se a que apresentava o menor número de falhas diárias e melhor correlação em relação às demais estações. O Coeficiente de Correlação (R) avalia se duas variáveis estão relacionadas de maneira linear. Dessa forma, quando R está acima de 90%, é considerada uma correlação muito forte; entre 70% e 90%, uma correlação forte; entre 50% e 70%, uma correlação moderada; entre 50% e 30%, uma correlação fraca; e inferior a 30%, é considerada desprezível (SANTOS *et al.*, 2024).

A curva de dupla-massa, utilizada para verificar a confiabilidade dos dados, relaciona os totais de precipitação de uma estação pluviométrica em relação aos totais acumulados das estações de apoio. Com a análise, é possível identificar mudanças no comportamento da precipitação ao longo do tempo. A ligação entre os pontos deve corresponder a uma linha reta. Caso contrário, podem ter ocorrido alterações nas condições climáticas ou físicas, do local, entre outros.

Ocorrência de chuvas extremas e avaliação da curva IDF

Com base nas séries de precipitação da estação mais representativa, foram comparados os totais anuais e mensais médios, em relação aos anos monitorados. A análise buscou identificar anos com precipitação total acima da média, chuvas acumuladas de 24 horas acima do esperado, seus impactos sociais na mobilidade pública e ocorrências de deslizamento/alagamentos.

As máximas anuais de 24 horas também foram avaliadas em relação às séries de máximas utilizadas para determinação da curva IDF, publicada pelo SGB para o município (CPRM, 2021a). Considerando-se que o período analisado da equação existente é de 1963 a 2019, a presença de chuvas máximas maiores entre os anos de 2020 e 2025 pode sinalizar a necessidade de atualização da equação.

RESULTADOS

Durante a análise da qualidade das séries, foi observado que a estação que apresenta a série com menor número de falhas, e melhor correlação em relação às outras estações analisadas é a São Lourenço da Mata II (cód. 835048), operada pelo SGB. A Tabela 2 informa as distâncias entre a estação São Lourenço da Mata II e as demais estações, operadas pelo CEMADEN, além dos coeficientes de correlação entre as séries antes e depois da análise de consistência.

A curva de duplo-acumulada, obtida da análise conjunta e representativa, resultado da avaliação da consistência da estação fluviométrica que melhor representa a região é observada na Figura 3.

Tabela 2. Coeficientes de correlação das séries pluviométricas para o período de 2016 a 2024

Estação Analisada	Estações de Apoio CEMADEN			
	Tiúma (261370103A)	R. dos Milagres (261370104A)	N. S. da Luz (261370102A)	C. da Tábua (261370101A)
Distância (km)	5,0	2,2	8,6	0,5
São Lourenço da Mata II (cód. 835048) - série bruta	98%	96%	98%	85%
São Lourenço da Mata II (cód. 835048) - série consistida	96%	96%	95%	96%

Observa-se na Tabela 2 que a distância entre a estação convencional São Lourenço da Mata II e a estação automática Chã da Tábua é inferior a 1km. Entretanto, a série não consistida apresenta correlação entre as duas estações inferior a 90%, resultado das falhas averiguadas e posteriormente corrigidas na consistência.

Uma correlação tão alta entre as estações traz o questionamento do real ganho operacional da estação Chã da Tábua, considerando-se a excelente correlação da estação convencional com as estações Tiúma, Rua dos Milagres e Nossa Senhora da Luz.

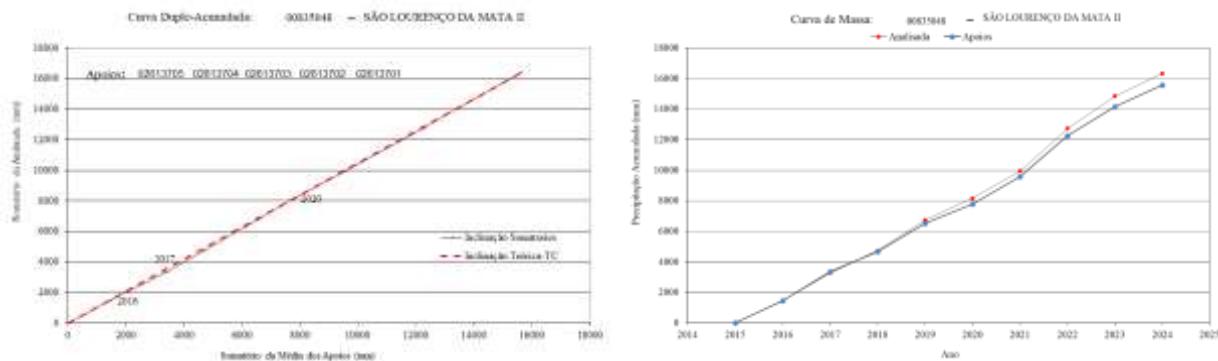


Figura 3 – Análise de consistência da estação São Lourenço da Mata II (cód. 835048)

A Figura 4 e a Figura 5 apresentam os totais anuais precipitados e os totais médios mensais, respectivamente, para a estação representativa São Lourenço da Mata II (cód. 835048), para o período de 2016 a 2024. A Figura 6 ilustra os totais médios mensais da mesma estação no ano de 2022.

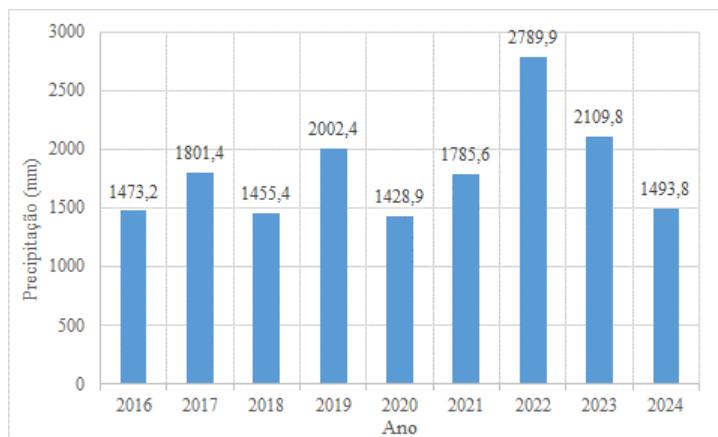


Figura 4 – Totais anuais da estação São Lourenço da Mata II (cód. 835048) para o período de 2016 a 2024

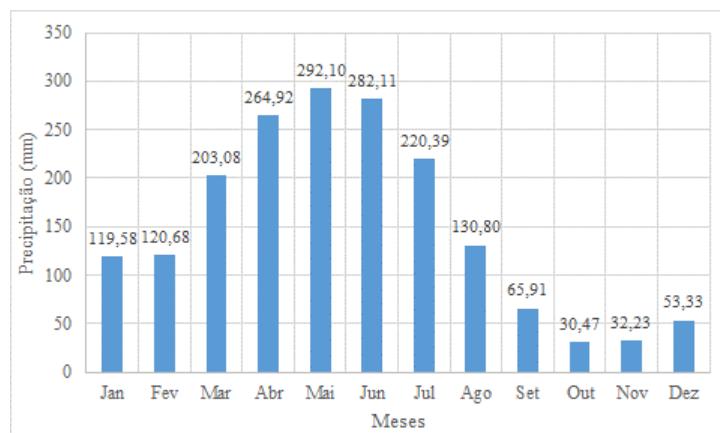


Figura 5 – Totais médios mensais da estação São Lourenço da Mata II (cód. 835048) para o período de 2016 a 2024

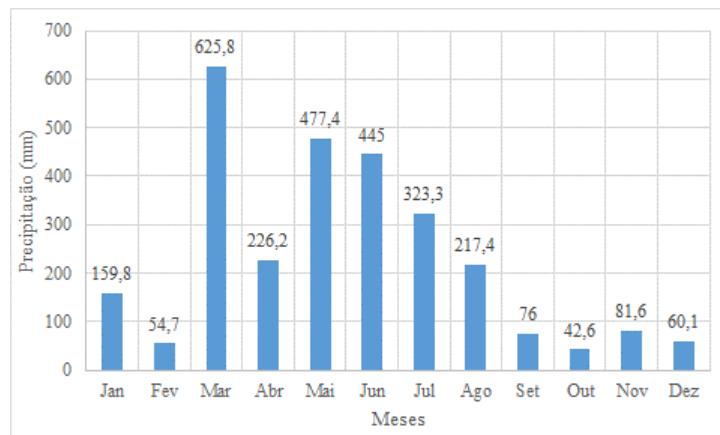


Figura 6 – Totais médios mensais da estação São Lourenço da Mata II (cód. 835048), no ano de 2022

O total anual médio para a estação (1.785,6mm) foi superado em 56% no ano de 2022, sendo acompanhado pelos anos de 2023 (18%) e 2019 (12%). A avaliação da Figura 5 mostra que o quadrimestre mais chuvoso ocorre entre os meses de abril e julho. Entretanto, observa-se mudança na distribuição mensal da chuva no ano de 2022 (Figura 6), tendo o mês de março como o mais chuvoso (625,8mm) e apresentando precipitação três vezes maior do que o esperado (203,08mm).

Ainda em curso, o ano de 2025 apresenta o acumulado de chuva entre os meses de janeiro/fevereiro de 459,4mm, o que corresponde a 26% do total esperado para um ano em média. Ou seja, os valores totais para janeiro (224,7mm) e fevereiro (234,8mm) foram de 88% e 95% acima do esperado respectivamente, para os referidos meses.

Como consequência, as precipitações fora do período e acima do esperado trazem inúmeras implicações para a população em geral, o que pode ser apreciado no Quadro 1. As informações apresentadas foram obtidas segundo reporte na mídia.

Episódios de chuvas intensas, além de causar prejuízos à população, também interferem no planejamento dos órgãos responsáveis. Um exemplo é o uso das equações IDF, utilizadas no dimensionamento das obras hidráulicas que possibilitam o escoamento da água e evitam alagamentos.

Da série de 40 anos (1963 a 2019) utilizada para definição da curva IDF de São Lourenço da Mata (SGB, 2021), o maior acumulado de 24 horas registrado foi de 162,7mm, em 20/06/1994. Dentro os valores máximos acumulados de 24 horas registrados entre os anos de 2020 e 2024, apenas o ano de 2021 apresentou valor acima do registrado na série (168,6mm em 14/05/2021).

A precipitação acumulada do dia 14/05/2021 não representa um ponto fora da tendência esperada de máximas de 24 horas, validando a equação IDF citada neste trabalho, não havendo necessidade de atualização da equação.

Quadro 1. Impactos causados pelas chuvas entre 2022 e 2025, no município de São Lourenço

Data do evento	Acumulado de chuva (mm)	Ocorrências
22 a 24/03/2022	248	77 pessoas desalojadas, alagamentos generalizados, transbordamento e invasão de água em residências e estabelecimentos comerciais. Decretado estado de calamidade pública.
25 a 28/05/2022	160	152 pessoas estão desabrigadas e 309 desalojadas, deslizamentos de barreiras e alagamentos. Decretado estado de emergência.
15/06/2024	93,8	Deslizamentos sem vítimas fatais.
06/02/2025	145,1	7 mortes em Pernambuco e prejuízo no abastecimento de água em 18 municípios da Região Metropolitana e da Zona da Mata.

CONCLUSÕES

O trabalho aqui apresentado evidencia que, para o período de 2016 a 2024, há conformidade entre as séries de dados pluviométricos, automáticos ou não, disponibilizados pelas operadoras. A excelente correlação entre as séries e a excessiva proximidade de algumas estações, em alguns casos inferior a 1 km, deixa a reflexão sobre a necessidade de melhor espacialização e o real ganho hidrológico obtido, na atual disposição.

A análise das séries anuais mostrou o aumento das precipitações totais nos últimos anos, com destaque para o ano de 2022, que superou em 56% a expectativa do acumulado anual, seguida pelos anos de 2023 (18%) e 2019 (12%).

O aumento das precipitações anuais são consequência do aumento dos totais mensais e, em alguns casos, a ocorrência de uma precipitação extrema fora do trimestre chuvoso (maio a julho), como o mês de março/2022, que registrou precipitação três vezes maior do que o esperado. O ano de 2025, ainda em curso, apresentou valores totais mensais em média 90% acima do esperado, para os meses de janeiro e fevereiro.

A partir dos episódios ocorridos em 2022, 2023 e 2025, fez-se necessário avaliar se a curva IDF válida para o município continua vigente. A inserção das novas máximas anuais de 24 horas, para o período de 2020 e 2025, mostrou que a equação continua válida e pode ser usada pelo poder público como referência para ações dentro do município.

Conclui-se que é importante manter-se atento às mudanças dos regimes e volumes precipitados na região, com o intuito de garantir a qualidade dos estudos hidrológicos, as melhorias na infraestrutura urbana e os planejamentos municipais. Tais estudos trazem impactos diretos e relevantes na vida das pessoas, alertando para a importância da confiabilidade dos dados disponibilizados.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos** [2024]. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>

COLLISCHONN, B. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (RS). 2006. 128 p.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Pluviômetros Automáticos.** [2024]. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/pluviometros-automatico/>

CPRM. **EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (Desagregação de Precipitações Diárias) - São Lourenço da Mata II.** Recife: Programa Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade, 2021a. 17 p.

CPRM. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de São Lourenço da Mata, PE.** LIMA, G.; DIAS, G. P.; RODRIGUES, J. G. Recife, 2021b. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22243>.

GOOGLE EARTH PRO. **Imagen de localização e distância das estações pluviométricas e fluviométrica de São Lourenço da Mata.** Brasil: Google, [2025]. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em: 25 mai. 2025.

GOOGLE MAPS. **Localização da cidade de São Lourenço da Mata.** Brasil: Google, [2025]. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 25 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **São Lourenço da Mata: População - Densidade demográfica.** 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/sao-lourenco-da-mata/panorama>. Acesso em: 25 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **São Lourenço da Mata: Território - Área da unidade territorial.** 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/sao-lourenco-da-mata/panorama>. Acesso em: 25 maio 2025.

MENTZ, Roberto Korte. **Estudo da Influência de Dados Coletados na Construção de Curvas IDF no Rio Grande do Sul.** 2021. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldino, 2021.

RAMOS, A. M. **Influência das mudanças climáticas devido ao efeito estufa na drenagem urbana de uma grande cidade.** 2010. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SANTOS, Keyla Almeida dos *et al.* **AVALIAÇÃO DE SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS/RJ. ESTUDO DE CASO: ESTAÇÕES INDEPENDÊNCIA E INDEPENDÊNCIA2.** In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 17., 2024, João Pessoa. **XVII SRHNe - Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.** João Pessoa: Srhne, 2024. p. 1-10. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=16738>. Acesso em: 25 maio 2025.

SGB, Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias)**. Recife: CPRM, 2021. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/22412/1/PE-Sao%20Lourenco%20da%20Mata_relatorio_IDF_2021.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

SOUSA, Francisco de Assis Salviano de *et al.* Estimativas dos Riscos de Chuvas Extremas nas Capitais do Nordeste do Brasil (Estimates of the Risks of Extreme Rainfall in Capitals of Northeast Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 430-439, 19 mar. 2015. Revista Brasileira de Geografia Física. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v9.2.p430-439>.

UFV-ANA-ANEEL (2000) Universidade Federal de Viçosa. Agência Nacional de Águas e Saneamento básico. Agência Nacional de Energia Elétrica. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos. **Programa de Homogeneização de Dados Pluviométricos**. Versão Beta 4.1 (2010).

AGRADECIMENTOS

O presente artigo é resultado do Trabalho de Conclusão de Curso – TCC da aluna Anny Kalinne Crispim, do curso engenharia civil (UNICAP). Foi realizado com apoio do Serviço Geológico do Brasil – SGB. A referida aluna realizou seu estágio curricular tendo como orientadoras a Pesquisadora Cristiane Melo e a Professora Micaella Moura.