

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO ANUAL E DA QUADRA CHUVOSA PARA O MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO

Analysis of annual rainfall and rainy season for the municipality of São Luís, Maranhão

Análisis de precipitaciones anuales y temporada de lluvias para el municipio de São Luís, Maranhão

Gabriel Victor Silva do Nascimento*
Israel Walter Hilário da Silva**
Maxsuel Bezerra do Nascimento***

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte - nascimento.gabriel@outlook.com.br

**Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - israel.agrarias@gmail.com

***Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - maxsuel10gba@hotmail.com

Recebido em 05/06./2023. Aceito para publicação em 14/08/2023.

Versão online publicada em 30/03/2024

Resumo:

Analisar a variabilidade da precipitação é essencial para o planejamento urbano e ambiental dos municípios e regiões do Brasil. Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar a variabilidade da precipitação anual e da quadra chuvosa para o município de São Luís (MA). Foram utilizados os dados mensais de precipitação da série histórica de 1974 a 2022 obtidos no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Assim, foi aplicado a técnica do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para avaliar anomalias negativas e positivas de precipitação no município de São Luís-MA. O estudo demonstrou que a precipitação de São Luís tem baixa variabilidade na escala anual, com quadra chuvosa entre os meses de fevereiro a maio. Ao analisar o IAC, foi possível observar maior quantidade de anos com anomalias positivas. Assim, os anos de 1974 e 1985 foram classificados como anos extremamente chuvosos, enquanto a classe de extremamente seco foi verificada apenas em 1983. Além disso, na análise do período chuvoso, os meses de março e abril se destacaram com as maiores quantidades de anomalias negativas, principalmente o mês de março. Entretanto, abril apresentou oito anos com anomalias negativas nos últimos dez anos, enquanto fevereiro e maio apresentaram equilíbrio entre as anomalias positivas e negativas durante toda a série histórica.

Palavras-chave: Climatologia. Eventos extremos. Índice de Anomalia de Chuva. Variabilidade climática.

Abstract:

Analyzing rainfall variability is essential for urban and environmental planning in Brazil's municipalities and regions. In this context, the research aimed to evaluate the variability of annual precipitation and the rainy season for the municipality of São Luís (MA). Monthly precipitation data from the historical series spanning 1974 to 2022, obtained from the database of the National Institute of Meteorology (INMET), were employed for this purpose. Thus, the Rainfall Anomaly Index (RAI) technique was applied to assess negative and positive rainfall anomalies in the municipality of São Luís-MA. The study showed that rainfall patterns in São Luís presented low variability on the annual scale, with a rainy season occurring between the months of February to May. When analyzing RAI, it was possible to observe a greater number of years with positive anomalies. Thus, the years 1974 and 1985 were classified as extremely rainy years, while the extremely dry class was verified only for 1983. Furthermore, in the analysis of the rainy period, March and April stood out with the highest amounts of negative anomalies, mainly the March. However, April presented eight years with negative anomalies in the last ten years, while February and May presented balance between positive and negative anomalies throughout the historical series.

Key-words: Climatology. Extreme events. Rainfall Anomaly Index. Climate variability.

Resumen:

Analizar la variabilidad de las precipitaciones es esencial para la planificación urbana y ambiental en municipios y regiones de Brasil. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo evaluar la variabilidad de las precipitaciones anuales y la temporada de lluvias para el municipio de São Luís (MA). Para ello se utilizaron datos de precipitaciones mensuales de la serie histórica de 1974 a 2022 obtenidos de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología (INMET). Se aplicó la técnica del Índice de Anomalías de Lluvias (IAC) para evaluar anomalías de lluvia negativas y positivas en el municipio de São Luís-MA. El estudio demostró que la precipitación en São Luís presenta una baja variabilidad en la escala anual, con la temporada de lluvias ocurriendo entre los meses de febrero a mayo. Al analizar el IAC fue posible observar una mayor cantidad de años con anomalías positivas. De ese modo, los años 1974 y 1985 fueron clasificados como extremadamente lluviosos, mientras que la categoría de extremadamente seco solo se registró en 1983. Además, en el análisis del período de lluvias, marzo y abril se destacaron por tener las mayores cantidades de anomalías negativas, especialmente en el mes de marzo. Sin embargo, abril mostró ocho años con anomalías negativas en los últimos diez años, mientras que febrero y mayo presentaron un equilibrio entre anomalías positivas y negativas a lo largo de toda la serie histórica.

Palabras-clave: Climatología. Eventos extremos. Índice de Anomalías de Lluvias. Variabilidad climática.

1. Introdução

Com a variabilidade do clima, empregar índices climáticos torna-se essencial para o conhecimento e monitoramento da precipitação de uma região ou local. Neste sentido, é possível avaliar os impactos que o clima em grande e pequena escala pode causar sobre a distribuição da precipitação em uma região (ARAÚJO *et al.*, 2007). De acordo com Moura *et al.* (2016) os eventos climáticos e meteorológicos não necessitam ser considerados estatisticamente extremos para produzirem impactos socioambientais, devido ao elevado nível de vulnerabilidade socioambiental e econômico que existe nas cidades brasileiras. Os sistemas meteorológicos são responsáveis pela dinâmica da precipitação no sistema terrestre. Nesse contexto, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal mecanismo produtor de chuvas do Nordeste do Brasil (NEB). Além disso, há também atuação de Linhas de Instabilidade, Sistemas Frontais, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), além dos efeitos de brisas terrestre e marítima (FERREIRA; MELLO, 2005; KAYANO; ANDREOLI, 2009; SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012).

O El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno importante para a variabilidade da precipitação no NEB, sendo este fenômeno caracterizado por ser uma oscilação acoplada entre oceano-atmosfera, responsável pelo aquecimento ou resfriamento anormal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do oceano Pacífico equatorial. A fase quente (El Niño) está associada a anos de seca na região Nordeste e a fase fria (La Niña) associada

a períodos mais chuvosos (FREIRE; LIMA; CAVALCANTI, 2011; ALMEIDA; MEDEIROS, 2017; SILVA; DUARTE, 2023).

Além disso, de acordo com Rodrigues et al. (2011) os anos secos ou chuvosos no NEB também estão associados a influência do Dipolo do Atlântico Sul, provocado pelo gradiente de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do atlântico sul e norte sobre a ZCIT. Assim, na fase negativa do Dipolo do Atlântico Sul as águas encontram-se mais quentes no Atlântico Sul e mais frias no Atlântico Norte, o que favorece a migração da ZCIT para sua porção mais ao sul, possibilitando mais chuvas na região do NEB, já na fase positiva as águas do Atlântico Norte estão mais quentes e mais frias no Atlântico Sul, favorecendo o deslocamento da ZCIT para mais ao norte.

As características físicas de uma região são alteradas pelos períodos de secas ou enchentes severas. Os eventos extremos de precipitação são responsáveis por grande transtorno socioambiental em diversas regiões do Brasil, com um maior potencial de impacto em áreas urbanas (ARAÚJO, 2013; OLIVEIRA; TAVARES; FERREIRA, 2021). Assim, o uso e ocupação do solo está associado a problemas socioambientais em diversos municípios brasileiros. No caso dos municípios em zonas litorâneas, esses problemas são potencializados devido à sensibilidade dos ecossistemas dessa região (REIS; SANTOS, 2020).

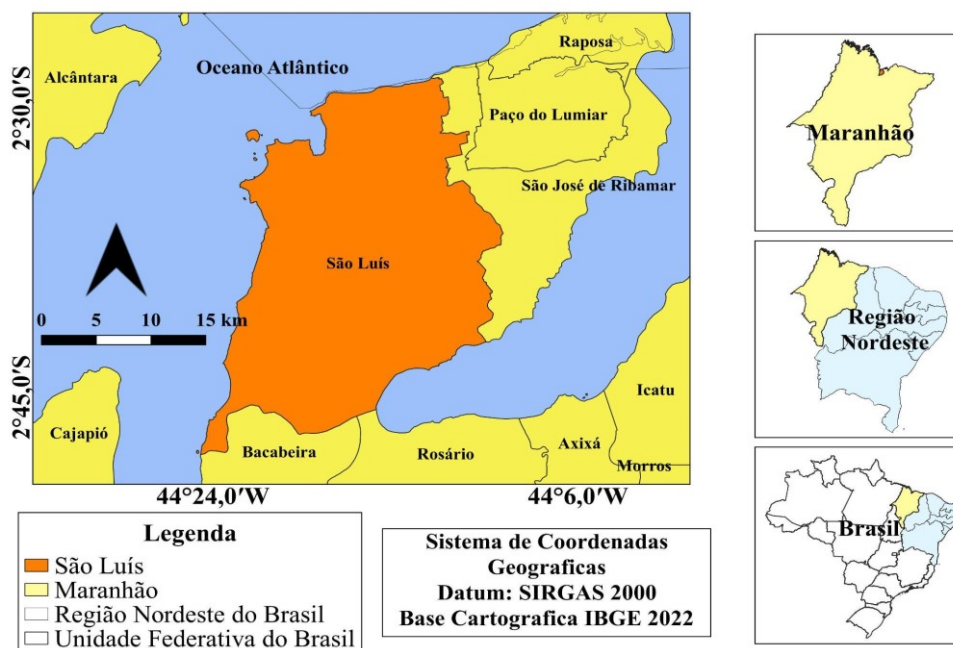
Dessa forma, Pinheiro, Venturi e Galvani (2022) explicam que o município de São Luís convive com problemas ambientais atmosféricos com impacto na qualidade de vida de seus habitantes. Assim, analisar a variabilidade da precipitação em grandes centros urbanos como o de São Luís é essencial para o planejamento urbano. Além disso, ao avaliarem o período de retorno de chuva, Oliveira e Lima (2019) explicaram que no município de São Luís os eventos extremos de precipitação tendem a ocorrer em maior quantidade nos meses do período chuvoso. Com isso, a pesquisa tem o objetivo de avaliar a variabilidade da precipitação anual e da quadra chuvosa para o município de São Luís (MA) por meio do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

2. Material e Métodos

A área de estudo compreende o município de São Luís do Maranhão, localizado no norte maranhense (Figura 1). O município encontra-se no centro da planície flúvio-marinha do Golfão Maranhense. As formas de relevo nessa região são as colinas dissecadas a partir dos tabuleiros e as planícies flúvio-marinhas formadas por mangues extensos (PEREIRA, 2006; PEREIRA; ZAINÉ, 2007).

O município possui área total de 583,063 km² e está localizado nas coordenadas geográficas de 2° 31' 49" S, 44° 18' 10" W e à 4 m de altitude (IBGE, 2023). Para realizar a pesquisa foi utilizado a estação convencional de código (82280), localizada a 32,6 m de altitude, inserida nas coordenadas 2° 31' 36" S e 44° 12' 49" W. Com isso, os dados médios mensais de precipitação para o período de 1974 a 2022 foram obtidos através do banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sem necessidade de ajuste, pois neste período não foram verificadas falhas. Assim, foi utilizado o *software* Excel para organizar, calcular e gerar os gráficos de precipitação e do IAC. Além disso, com base nos critérios da classificação climática de Köppen (1936) o clima de São Luís é tropical com inverno seco (Aw), sendo esse clima predominante no estado do Maranhão (ALVARES *et al.*, 2013).

Figura 1 – Mapa de localização do município de São Luís – MA



Fonte: Os autores (2023). Base de dados do IBGE (2022).

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é uma técnica proposta por Rooy (1965) e adaptada para o NEB por Freitas (2004; 2005) para obter as anomalias positivas e negativas no NEB. Assim, para calcular este índice para o período anual e meses da quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) foram utilizados as Equações 1 e 2 a seguir;

$$IAC = 3 \left[\frac{N - \underline{N}}{\underline{M} - \underline{N}} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad [1]$$

$$IAC = -3 \left[\frac{N - \underline{N}}{\underline{X} - \underline{N}} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad [2]$$

em que: N = precipitação anual/mensal atual (mm); $\underline{N}$ = precipitação média anual/mensal da série histórica (mm); $\underline{M}$ = média das dez maiores precipitações anuais/mensais da série histórica (mm); e; $\underline{X}$ = média das dez menores precipitações anuais/mensais da série histórica (mm). Com isso, as anomalias negativas são representadas por valores acima da média e as positivas são os valores acima da média.

A partir disso, os dados do IAC e seus graus de intensidade foram analisados utilizando a classificação adaptada proposta por Nascimento e Medeiros (2023) apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
	$4,1 \geq$	Extremamente chuvoso
	$2,1 \leq 4$	Muito chuvoso
	$0,1 \leq 2$	Chuvoso
	$-0,1 \leq -2$	Seco
	$-2,1 \leq -4$	Muito Seco
	$\leq -4,1$	Extremamente Seco

Fonte: Adaptado de Nascimento; Medeiros (2023).

Além disso, foi possível utilizar o teste de regressão linear simples para os dados de precipitação anual. Neste procedimento, foi utilizado a Equação 3 da reta de tendência:

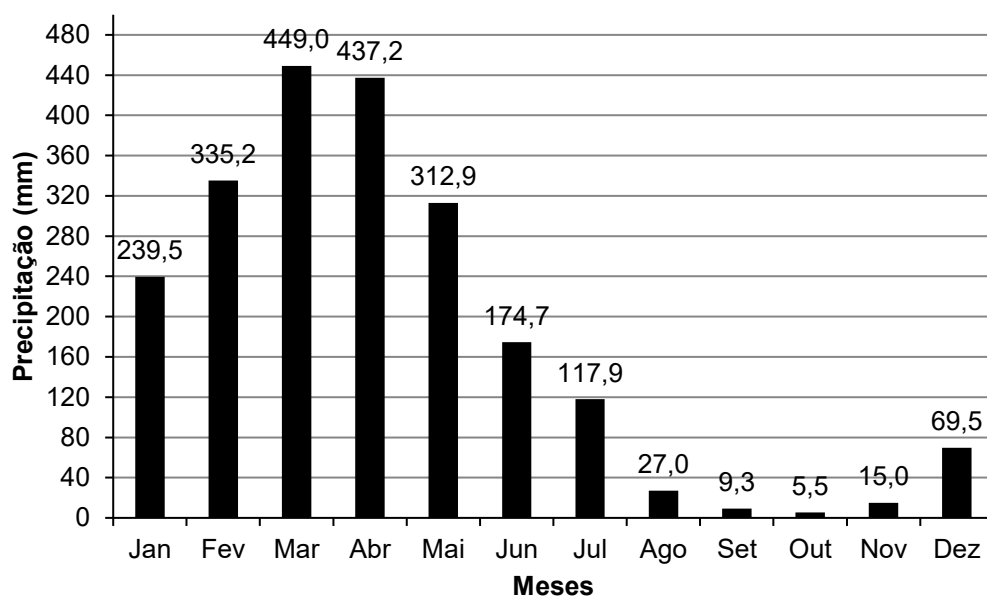
$$Y = ax + b \quad [3]$$

em que Y é a precipitação média anual; “a” é o coeficiente angular da reta, que representa a variação da variável dependente em relação à variável independente; “b” é o intercepto da reta, e x é a variável independente, o número de anos de análise do estudo (ANDRADE *et al.*, 2018).

3. Desenvolvimento

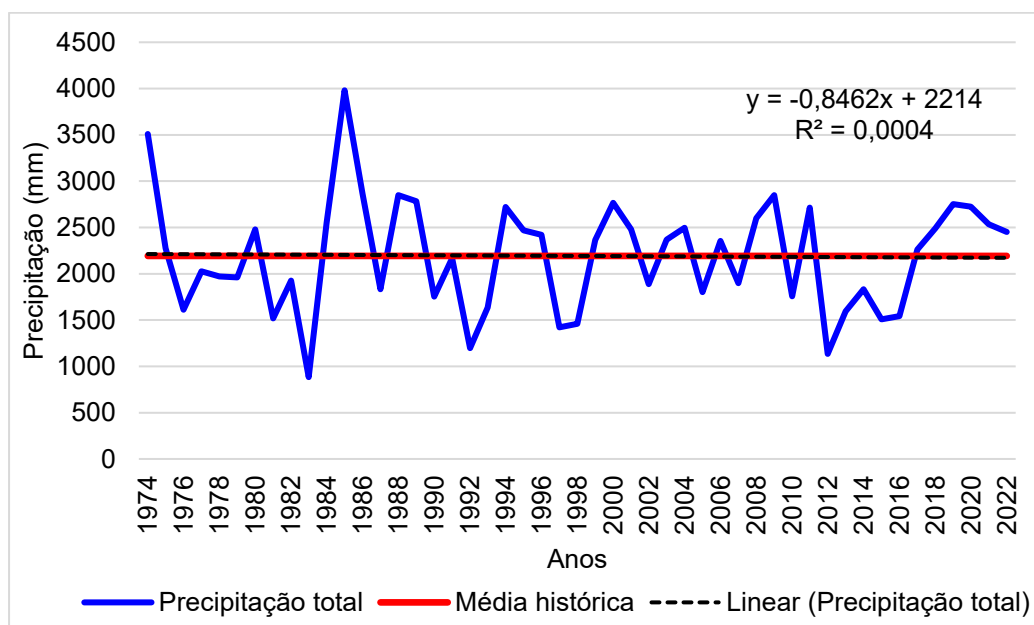
A Figura 2 representa a climatologia da precipitação para o período de 1974 a 2022. Nela é possível observar que a maior precipitação ocorreu nos meses de fevereiro a maio, período definido como quadra chuvosa, com acumulado mensal oscilando entre 449,0 mm no mês de março e 312,9 mm em maio. Esse volume elevado de precipitação no município no período chuvoso é caracterizado pela forte atuação de sistemas meteorológicos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formada pela confluência dos ventos alísios de sudeste e nordeste, que nos meses de fevereiro a maio está em sua posição mais ao sul da linha do Equador, atuando em parte da região norte e nordeste do Brasil (REBOITA *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2011; GARCÊS JÚNIOR *et al.*, 2020). Além disso, o Vórtice Ciclônico Troposférico de Altos Níveis (VCAN) também contribui com a dinâmica da precipitação nos primeiros meses do ano do município, devido à periferia da sua borda quente e úmida que está sobre a porção norte do NEB (OLIVEIRA; LIMA, 2019). Nos meses de agosto a novembro a precipitação não ultrapassa acumulados de 30,0 mm mensais.

Figura 2 – Climatologia da precipitação para o município de São Luís – MA



Fonte: Os autores (2023).

Figura 3 – Variabilidade anual da precipitação para o município de São Luís – MA



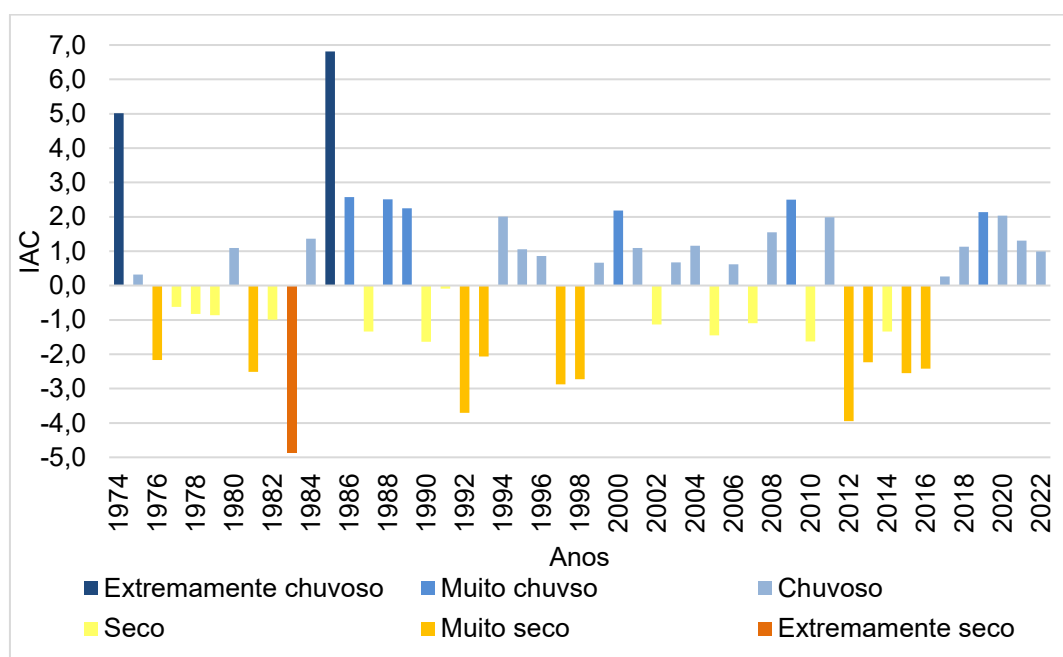
Fonte: Os autores (2023).

Contudo, é possível observar a existência de anos com eventos extremos de precipitação, como os anos de 1974 e 1985 com os maiores volumes acumulados de

precipitação com 3508,1 mm e 3981,3 mm, respectivamente. Já os menores acumulados de precipitação na série histórica ocorreram nos anos de 1983 com precipitação de 883,7 mm, 1992 com 1198,4 mm e 2012 com volume de 1133,2 mm. Enquanto os outros anos tiveram oscilação entre acumulados de 2900,0 mm a 1400,0 mm.

A Figura 4 apresenta o IAC anual durante os anos de 1974 a 2022 para São Luís. Os valores negativos representam os anos secos e as anomalias positivas representam os anos chuvosos. A partir disso, é possível observar a maior quantidade de anos com anomalias positivas, sendo observado 26 anos chuvosos e 24 anos secos. Os anos de 1974 e 1985 com índice de anomalia de 5,0 e 6,8 se destacaram com as maiores anomalias positivas com classe de extremamente chuvoso e acumulados de 3508,1 mm e 3981,3 mm, respectivamente. Enquanto apenas em 1983 foi verificado a classe de extremamente seco, com anomalia de -4,9 e precipitação acumulada de 883,7 mm. Além disso, verificou-se dez anos com classe de muito seco e apenas seis anos com classe de muito chuvoso no município. Apesar desses anos não ocorrerem de forma sequencial, os anos com classe de muito seco de 1976, 1992, 1993, 1997, 1998 e 2016 coincidem com os anos de El Niño, enquanto os anos com classe de muito chuvoso (1988, 1989 e 2000) ocorrem em anos de La Niña (CPTEC/INPE, 2023). Cabe destacar também a ocorrência de 18 anos chuvosos e 12 anos secos.

Figura 4 – Índice de Anomalia de Chuva anual para o município de São Luís - MA

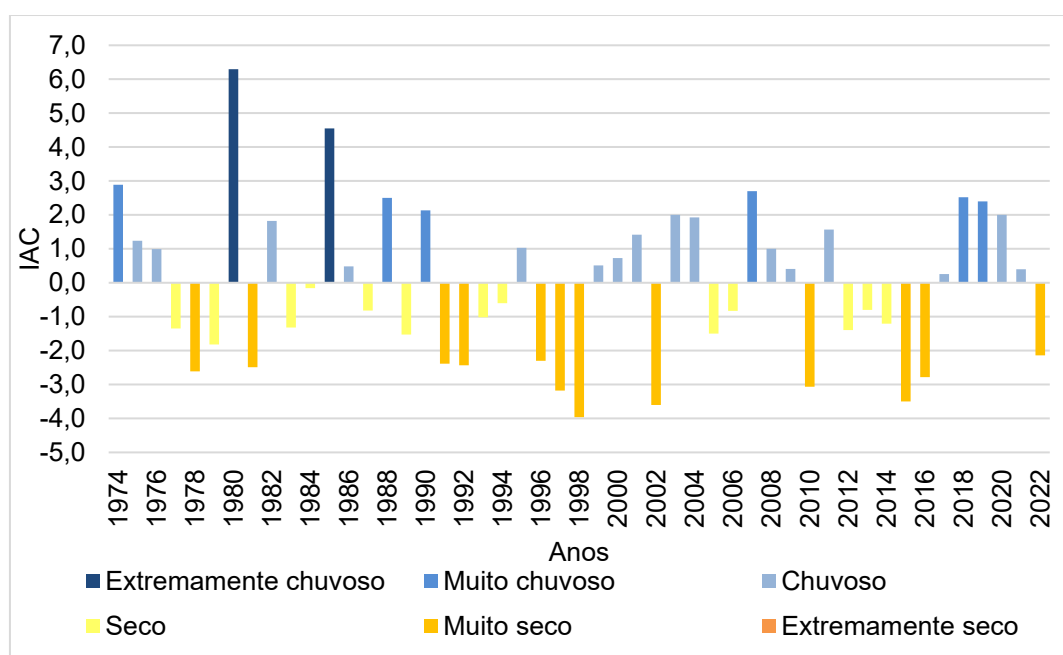


Fonte: Os autores (2023).

Ao relacionar a precipitação com os eventos de El Niño para o período de 1975 a 2015, Pinheiro e Araújo (2019) evidenciaram que o ano de seca extrema (1983) no município de São Luís teve correlação com o evento de El Niño que ocorreu naquele ano, sendo o ano mais seco da série histórica com precipitação de 159,1% abaixo da média histórica. Enquanto o ano extremamente chuvoso de 1985 teve relação com o fenômeno de La Niña que ocorreu naquele ano, sendo o mais chuvoso da região com precipitação de 73,9% acima da média histórica. Além disso, o ano de 1974 com classe extremamente chuvoso coincide com o ano de La Niña, conforme os dados do CPTEC/INPE (2023).

Na Figura 5 está representado o IAC para o mês de fevereiro, primeiro mês da quadra chuvosa, neste mês a precipitação média do município foi de 335,2 mm. Na análise do IAC é possível observar equilíbrio entre as anomalias positivas e negativas, com 24 anos chuvosos e 25 anos secos. Além disso, foi possível identificar dois anos com classe de extremamente chuvoso, sendo 1980 com acumulado de 824,7 mm e anomalia de 6,3, enquanto 1985 apresentou acumulado de 689,1 mm e anomalia de 4,5. Enquanto, a classe de extremamente seco não foi verificada no município, neste mês. Além disso, verificou-se 12 anos com classe muito seco e 6 anos com classe de muito chuvoso. Enquanto a classe de seco e chuvoso foi verificada em 13 e 16 anos, respectivamente.

Figura 5 – Índice de Anomalia de Chuva de fevereiro para o município de São Luís MA

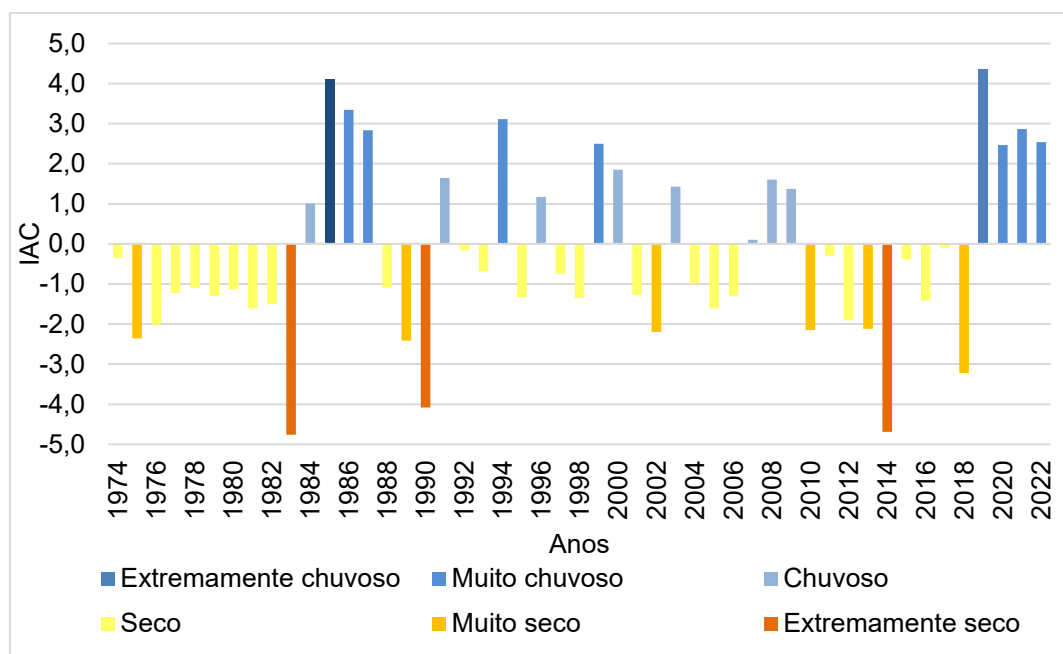


Fonte: Os autores (2023).

A Figura 6 representa o IAC para março, mês mais chuvoso do município de São Luís, com volume médio mensal de 449,0 mm. O mês de março apresentou 32 anos com anomalias negativas e 17 com anomalias positivas, padrão fora do normal para os meses analisados. Cabe destacar a presença de dois períodos com anos consecutivos secos de 1974 a 1983 e de 2010 a 2018. O mês apresentou também dois anos com classe de extremamente chuvoso, sendo que 1985 apresentou anomalia de 4,1 e acumulado de 797,1 mm, enquanto 2019 teve anomalia de 4,4 e acumulado de 818,2 mm.

Além disso, foram observados três anos com classe de extremamente seco (1983, 1990 e 2014) sendo observado anomalias de -4,8, -4,1 -4,7 e acumulados de 156,5 mm, 198,3 mm e 161,0 mm, respectivamente. De acordo com a (SSP-MA, 2019), em março de 2019 no município de São Luís e nos municípios da região metropolitana foi verificado a ocorrência de desabamentos, deslizamentos de terra e inundações que afetaram pelo menos 92 famílias na região. Houve também a presença de seis anos com classe de muito seco e sete anos com classe de muito chuvoso, além de oito anos chuvosos e 23 anos secos.

Figura 6 – Índice de Anomalia de Chuva de março para o município de São Luís - MA

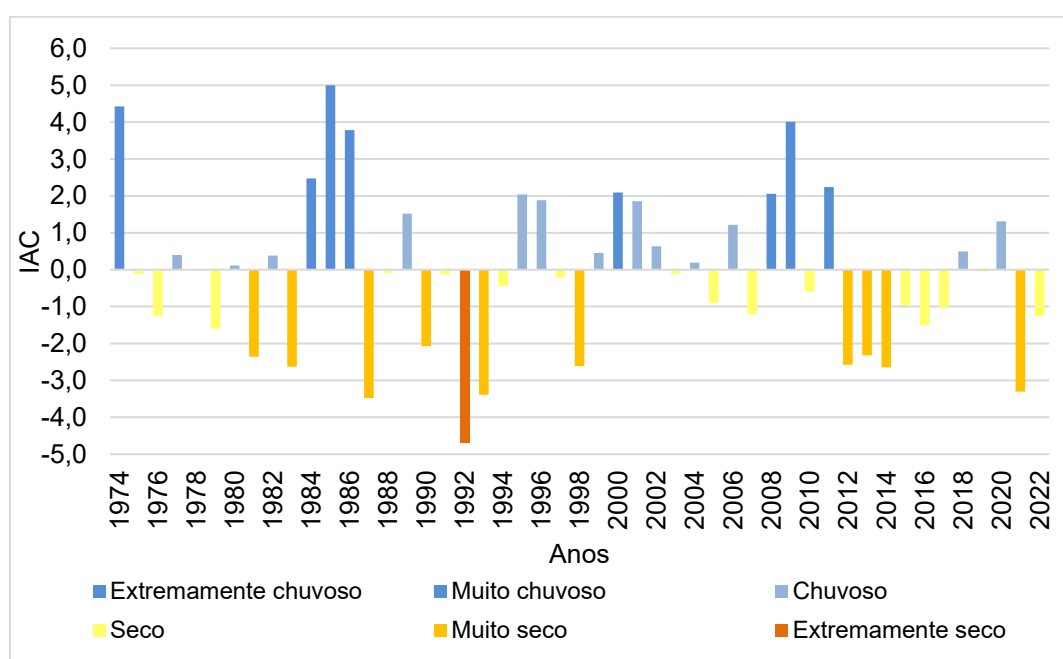


Fonte: Os autores (2023).

O mês de abril apresentou média mensal de precipitação de 437,2 mm, sendo o segundo mês chuvoso do município. Na análise do IAC demonstrado na Figura 7 foi possível verificar 22 anos com anomalias positivas e 27 anos com anomalias negativas. A partir disso, foram verificados dois anos com classe de extremamente chuvoso, sendo 1974 com anomalia de 4,4 e precipitação acumulada de 801,9 mm e 1985 com anomalia de 5,0 e acumulados de 849,2 mm. A classe de extremamente seco foi observada apenas em 1992 com anomalia de -4,7 e acumulado de 94,4 mm.

Além disso, foram verificados 6 anos com classe de muito chuvoso e dez anos com classe de muito seco e 14 anos chuvosos e 16 anos secos. É importante ressaltar também que nos últimos dez anos observados oito apresentaram anomalias negativas, o que explica o desequilíbrio nos dados observados entre anomalias negativas e positivas. Cabe destacar a presença de dois períodos com anos consecutivos secos, um entre os anos de 1990 a 1994 com El Niño fraco em 1992 e 1993, e entre os anos de 2012 a 2017 com El Niño forte em 2015 e 2016 de acordo com dados do CPTEC/INPE (2023).

Figura 7 – Índice de Anomalia de Chuva de abril para o município de São Luís – MA

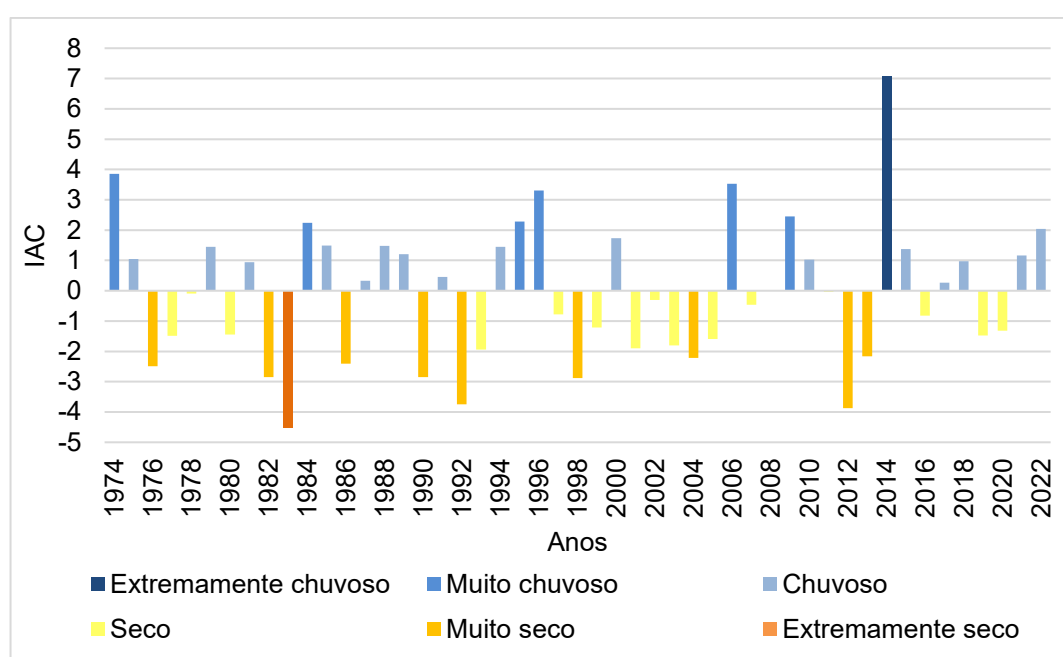


Fonte: Os autores (2023).

No mês de maio foi observado a menor precipitação média no período chuvoso, com volume de 312,9 mm. O IAC para este mês está representado na Figura 8 e foi caracterizado por equilíbrio entre os dados, sendo observado 24 anos de anomalias

positivas e 25 com anomalias negativas. A partir disso, foi observado apenas um ano com classe de extremamente chuvoso (2014) com a maior anomalia observada com taxa 7,1 e acumulado de 760,7 mm. Enquanto a classe de extremamente chuvoso foi observada apenas no ano de 1983 com anomalia de -4,5 e acumulado mensal de apenas 49,1 mm. Além disso, em seis anos houve a classe de muito chuvoso e nove anos apresentaram a classe de muito seco, enquanto a classe de chuvoso foi observada em 17 anos e a classe para anos secos ocorreu em 15 anos.

Figura 8 – Índice de Anomalia de Chuva de maio para o município de São Luís – MA



Fonte: Os autores (2023).

4. Considerações Finais

O estudo demonstrou que a precipitação de São Luís teve baixa variabilidade na escala anual, contudo, ao analisar o IAC foi possível observar a maior quantidade de anos com anomalias positivas, principalmente na classe chuvoso. Com isso, na observação do IAC anual foi possível correlacionar o ano extremamente seco de 1983 com o El Niño, e os anos de 1974 e 1985 com o fenômeno de La Niña.

Os meses mais chuvosos (março e abril) se destacaram com a maior quantidade de anomalias negativas, principalmente o mês de março. Enquanto fevereiro e maio

apresentaram equilíbrio entre as anomalias positivas e negativas. Além disso, é importante ressaltar que o desequilíbrio analisado no mês de março é resultado dos 12 primeiros anos de análise, caracterizados com anomalias negativas, enquanto abril teve oito anomalias negativas nos últimos dez anos.

Em 1985 fevereiro, março e abril foram considerados extremamente chuvosos, além desse ano, fevereiro e abril de 1974 e março de 2019 também foram caracterizados como anos extremamente chuvosos. A classe de extremamente seco foi verificada apenas nos meses de março, abril e maio. Em março essa classe foi verificada nos anos de 1983, 1990 e 2014, em abril ocorreu no ano de 1992, enquanto em maio foi registrada no ano de 1983.

Com isso, apesar da baixa quantidade de eventos com classe de intensidade extrema, compreender os anos com anomalias de precipitação positiva e negativa é essencial para o monitoramento da precipitação e planejamento urbano e ambiental. Portanto, os resultados obtidos sobre a variabilidade da precipitação anual e da quadra chuvosa no município de São Luís são fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas que visam prevenir e mitigar os riscos climáticos, com o zoneamento de áreas de risco a inundações, alagamentos, enchentes e deslizamentos de terra.

5. Referências

- ALMEIDA, Hermes Alves; MEDEIROS, Everton Araújo. Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 02, n. 03, p. 177-185, 2017. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1340.177-185>.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 06, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ANDRADE, Antonio Ricardo Santos *et al.* Geoestatística aplicada à variabilidade espacial e padrões nas séries temporais da precipitação no agreste pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 03, n. 01, 126–145, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.3.1.2018.1668.126-145>.
- ARAÚJO, Lincoln Eloi *et al.* Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 24, n. 01, p. 45-58, 2007. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2007.228680>.

ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues. O conforto térmico e as implicações na saúde: uma abordagem preliminar sobre os seus efeitos na população urbana de São Luís-Maranhão. **Cadernos De Pesquisa**, v. 19, n. 03, p. 51-60, 2013. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/1148>. Acesso em: 19 abr. 2023.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). **Condições atuais do ENOS: caracterização do El-Niño**. 2023. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 06 de set. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Geociências**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 05 set. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 mar. 2023. Acesso em: 27 abr. 2023.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 06 abr. 2023.

FERREIRA, Antonio Geraldo; DA SILVA MELLO, Namir Giovanni. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista brasileira de climatologia**, v. 01, n. 01, p. 15-28, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25215>.

FREIRE, Julliana Larise Mendonça; LIMA, Jeane Rafaela Araújo; CAVALCANTI, Enilson Palmeira. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, n. 01, p. 429-444, 2011. DOI: 10.26848/rbgf.v4i3.232719.

FREITAS, Marcos Airton de Souza. Previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da Bacia hidrográfica do Rio Parnaíba no nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional Sobre Represas y Operación de Embalses, Puerto Iguazú. **Anais do Seminário Internacional Sobre Represas y Operación de Embalses: Puerto Iguazú: CACIER**, v. 1, p. 1–12, 2004. Disponível em: https://www.ana.gov.br/acoesadministrativas/cdoc/ProducaoAcademica/Marcos%20Airton%20de%20S.%20Freitas/Previs%20E3o%20de%20Secas_Cacier3.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

FREITAS, Marcos Airton de Souza. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. suplem., p. 84–95, 2005. DOI: <https://doi.org/10.5020/23180730.1998.1175>.

GARCÊS JUNIOR, Audivan Ribeiro *et al.* Análise comparativa dos eventos pluviométricos intensos em Fortaleza/CE e São Luís/MA no período de 1987 a 2017. **Revista GeoUECE**, v. 09, n. 17, p. 70-86, 2020. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2011>. Acesso em: 04 maio 2023.

KAYANO, Mary Toshio; ANDREOLI, Rita Valéria. Clima na região Nordeste do Brasil. In: Cavalcanti, Iracema Fonseca de Albuquerque; Ferreira, Nelson Jesus; Silva, Maria Gertrudes Alvarez Justi; Dias, Maria Assunção Faus da Silva (Orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**: São Paulo, Oficina de Textos [São Paulo], p. 213–233, 2009.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds.). **Handbuch der Klimatologie**. Gebrüder Bornträger, Berlin, v. 01, p. 1–44, part C, 1936.

MOURA, Marcelo Oliveira *et al.* Desastres hidrometeorológicos na região Nordeste do Brasil: distribuição espaço-temporal dos reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 02, p. 259-271, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26nesp2p259>.

NASCIMENTO, Maxsuel Bezerra; MEDEIROS, Marysol Dantas. Índices de severidade da seca no semiárido, Paraíba. **Mercator (Fortaleza)**, v. 21, p. 1-15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2022.e21024>.

OLIVEIRA, Danilo Henrique Moraes Castro; LIMA, Kellen Carla. What is the return period of intense rainfall events in the capital cities of the northeast region of Brazil?. **Atmospheric Science Letters**, v. 20, n. 10, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/asl.934>.

OLIVEIRA, Thiago; TAVARES, Camila; FERREIRA, Cássia. O Evento Extremo de Precipitação de 09/12/2016: Da Gênese aos Impactos do Evento no Perímetro Urbano de Juiz de Fora (MG). **Revista de Ciências Humanas**, v. 01, n. 21, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/12017>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PEREIRA, Ediléa Dutra. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do reservatório Batatã - São Luís (MA)**. 2006. 141 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102894>. Acesso em: 29 abr. 2023.

PEREIRA, Ediléa Dutra; ZAINÉ, José Eduardo. Mapa geológico-geotécnico da Bacia do Rio Bacanga–São Luís (MA). **Geociências**, v. 26, n. 01, p. 45-54, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/106799>. Acesso em: 29 abr. 2023.

PINHEIRO, Juarez Mota; ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues. Impactos do fenômeno El Niño e La Niña no município de São Luís - Maranhão. **Revista GeoUECE (Online)**, v. 08, n. 15, p. 124-136, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2174/5706>. Acesso em: 24 abr. 2023.

PINHEIRO, Juarez Mota; VENTURI, Luís Antônio Bittar; GALVANI, Emerson. Poluição atmosférica: estudo de caso do Município de São Luís do Maranhão. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 727-737, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-56162>.

REBOITA, Michelle Simões *et al.* Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 25, n. 02, p. 185-204, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>.

REIS, Naara Suzany da Silva; SANTOS, Paula Verônica Campos Jorge. Caracterização das condições de manutenção e dos usos da zona costeira do Município de São Luís (MA): A educação ambiental como alternativa de amenização de impactos. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 15, n. 05, p. 333-344, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.9950>.

RODRIGUES, Regina Rodrigues *et al.* The impacts of inter–El Niño variability on the tropical Atlantic and Northeast Brazil climate. **Journal of Climate**, v. 24, n. 13, p. 3402-3422, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1175/2011JCLI3983.1>.

ROOY, M. P. V. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. Notes, v. 14, 1965.

SILVA, Fabrício Brito *et al.* Evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 03, p. 330-336, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-778631320150149>.

SILVA, Maria Letícia Aragão; DUARTE, Cristiana Coutinho. Dinâmica climática, eventos extremos e impactos associados no município do Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 02, p. 818-836, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.2.p818-836>.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues; PEREIRA, Emerson Ricardo Rodrigues; ALMEIDA, Rafaela Silveira Rodrigues. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 163-172, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200005>.

SOUZA, Everaldo Barreiros *et al.* Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 81-93, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.41232>.

SOUZA, Tailan Santos; NASCIMENTO, Patricia dos Santos. Análise multivariada e tendência da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul (BA). **Geociências**, v. 39, n. 1, p. 203-213, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i1.14000>.

SSP. Secretaria de Segurança Pública do Maranhão. **Corpo de bombeiros Militar**. Disponível em: <https://cbm.ssp.ma.gov.br/>. Acesso: 12 maio 2023.