

Análise da Anomalia das Precipitações e os Episódios de La Niña no Sul da Bahia-Brasil

Lucas Bastos da Silva Cavalcante ¹
Jemison Mattos dos Santos ²

INTRODUÇÃO

Há uma conexão entre mudanças do clima e eventos extremos (EVE) e o aumento da intensidade e frequência dos EVE são assinalados como consequências das mudanças climáticas. Além disso, tem-se que as regiões mais vulneráveis aos extremos climáticos, em geral, são os grandes centros urbanos, sobretudo bairros periféricos, onde vivem populações de baixa renda, bem como áreas rurais, onde expressivos níveis de precipitação podem, por exemplo, prejudicar as cidades, a agricultura (IPCC, 2012; ONU, 2023; OMM, 2023).

“As MC são transformações a longo prazo nos padrões de temperatura e clima. Estas podem ser naturais, como por meio de variações no ciclo solar. Mas, desde 1800, as atividades humanas têm sido o principal impulsionador das MC, principalmente, devido à queima de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás” (ONU, 2023).

“Com base nas informações da ONU (2024) os dados do Copernicus indicam que “o mês de junho ficou 1,5°C acima da média estimada para 1850-1900, o período de referência pré-industrial. Este é o 12º mês consecutivo a atingir ou romper a barreira de 1,5°C. levantamento revela que a temperatura média global nos últimos 12 meses, de julho de 2023 a junho de 2024, está 1,64°C acima da média pré-industrial. Destaca-se que a temperatura média da superfície do mar (TSM) para junho de 2024, nas latitudes fora dos polos, foi de 20,85°C, o valor mais alto já registrado para o mês. Este é o 15º mês consecutivo em que a temperatura do mar foi a mais quente no respectivo mês do ano”.

Especialistas em estudos climáticos, ao redor do globo, têm reiterado que a elevação da temperatura acima de 1,5 °C, pode condicionar impactos mais intensos das MC e condições extremas (p. ex: ondas de calor, chuvas, secas, tempestades etc.) (OMM, 2023; ONU, 2024).

Portanto, motivados pela importância e urgência do tema e o rol de informações supracitadas e ao observarmos os elevados índices de chuva ocorridos recentemente no Sul da Bahia (município de Ilhéus), buscou-se analisar os totais anuais,

¹ Graduado do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, Cavalcante.uefs@gmail.com ;

² Professor do Curso de Licenciatura e Bacharelado em Geografia na Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, jemisons@uefs.br

mensais e diários de precipitação, para nos municiar de dados e informações, em relação a anomalia das chuvas e ocorrência ou não de eventos extremos, na área em foco, visando contribuir com o debate, embasado em dados científicos consistentes.

Conforme informações da defesa civil municipal de Ilhéus em 2022, entre os dias 16 e 30 de novembro, também, nos dias 1º e 2º de dezembro, foram registrados 252 mm de chuva, ocasionando inúmeros alagamentos e deslizamentos de terras em vários bairros e distritos (05 ficaram isolados). Em 24 horas choveu cerca de 100 mm.

No final do mês de dezembro de 2021, segundo o INMET, entre os dias 1º e 27º choveu cerca de 410,4 mm, superando em 265,4 mm a normal climatológica de dezembro (143 mm); apenas no dia 25 de dezembro de 2021 a pluviosidade foi de 136 mm. Ao consultar o jornal digital G1.Globo, um estudioso diz - “(...) o que aconteceu em dezembro deste ano na Bahia pode ser considerado atípico e extremo, afirma o meteorologista Willy Hagi (...).

Diante da emergência de compreensão da temática em foco, considerado por alguns especialistas como eventos extremos, bem como por conta da intensidade em que as MC estão ocorrendo (vide: sexto relatório do IPCC, 2023 - <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>), esse trabalho visa analisar a anomalia das precipitações no município de Ilhéus-BA, a partir da aplicação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Pois este possibilita definir os períodos secos e úmidos, também avaliar o desvio da precipitação em relação à condição normal do município em questão, ou seja, dar-se mais um passo para entender, por exemplo, se o referido evento destacado para Ilhéus (no final do mês de dezembro de 2021) pode ser considerado extremo?

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

As estatísticas dos dados pluviométricos foram realizadas para o município de Ilhéus, tomando como fonte destes o Instituto Brasileiro de Meteorologia (INMET), e a Agência Nacional de Águas (ANA), onde inicialmente fez-se o levantamento e organização dos dados (digitalização, verificação de consistência, aplicação das técnicas de regressão linear simples e ponderação através do software Excel, 2013).

Assume-se o recorte temporal entre os anos de 2000 e 2023, para proceder a interpretação e análise da influência das oscilações climáticas em eventos extremos. Deste ponto, fez-se necessário a aplicação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série analisada, com base nas fórmulas indicadas a seguir:

IAC positivo:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad (1)$$

IAC negativo:

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (2)$$

Onde:

N = precipitação total anual ou trimestral (mm);

\bar{N} = média total anual, trimestral ou mensal (mm);

\bar{M} = média das 10 maiores precipitações anuais (mm);

\bar{X} = média dos 10 menores precipitações anuais (mm).

O valor da média foi utilizado como base de comparação para enquadramento das anomalias em negativas e positivas e a análise gráfica do IAC adotada foi feita a partir da metodologia de Sanches (2016), que utilizou os limiares das faixas do IAC, propostos por Araújo (2007), e suas respectivas classes de intensidade, representada na tabela 01.

Tab. 01 – Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) - 2024.

	<i>Faixa do IAC</i>	<i>Classe de Intensidade</i>
		De 4 acima
<i>Índice de Anomalia de Chuva (IAC)</i>	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito seco
	De -4 abaixo	Extremamente seco

Fonte: Adaptado de Araújo, *et al* (2007).

Após a feitura dos cálculos do IAC anual, procedeu-se à geração dos quadros de representação e gráficos elaborados no software Excel, 2013.

Foram levadas também em consideração as influências relacionadas ao fenômeno *La Niña*, nos eventos considerados “extremos” ocorridos em Ilhéus. Para tanto utilizou-se os dados de monitoramento do fenômeno ENOS, *Oceanic Niño Index* (ONI), obtidos a partir do site *Climate Prediction Central*, para geração de gráficos, com intuito de efetuar comparações entre o índice ONI com dados do IAC.

Adotou-se como referência os períodos associados às fases positivas e negativas dos eventos interanuais ENOS, com base nas informações levantadas pelo

Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Além disso, a referência dos períodos positivos, negativos e neutros do dipolo do atlântico, foram obtidas através do site da FUNCEME).

REFERENCIAL TEÓRICO

A definição de clima, segundo Ayoade (2003), é uma sucessão ou conjunto de variações de tempo atmosférico, em determinado lugar, (podendo ter anomalias). Logo, o clima é um conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam, durante um longo período, o estado médio atmosférico e sua evolução em determinado lugar. Para determinar e caracterizar o clima de uma área é necessária uma longa série ininterrupta de observações diárias dos “tempos”, algumas vezes por dia, essas observações nunca podem ser realizadas num período inferior a 30/35 anos. (AYOADE, 2003).

De acordo com o IPCC (2012), às alterações no estado do clima, que podem ser identificadas por mudanças na média e/ou na variabilidade de suas propriedades, tendem a persistir por longos períodos, como décadas ou mais. Essas mudanças podem ser resultantes de processos naturais ou externos, forçantes, ou de influências antropogênicas, como a alteração na composição da atmosfera ou no uso do solo. Além disso, as mudanças climáticas (MC) causadas por atividades humanas provavelmente continuarão ao longo deste século e além, independentemente dos diferentes cenários projetados para as emissões futuras de gases de efeito estufa.

As anomalias do clima por vezes são confundidas entre extremos climáticos, oscilações climáticas e variações climáticas. Segundo Farnen (2013), denominam-se oscilações climáticas, os altos e baixos das médias de séries consecutivas de 30 anos, enquanto as variações climáticas abrangem períodos superiores há 30 anos; já os extremos climáticos possuem uma escala menor, abrangendo horas ou dias.

Os eventos extremos podem ser considerados como manifestações da interação complexa entre dinâmicas e processos termodinâmicos que ocorrem em diversas escalas de tempo e espaço. Esses eventos, que variam desde tornados intensos com duração de poucos minutos até secas que podem perdurar por décadas, têm sua extremidade determinada pelo contexto geográfico e social, e são influenciados pela variabilidade climática, que pode alterar tanto a frequência quanto a intensidade desses fenômenos (IPCC, 2012).

Salienta-se que os sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste Brasileiro, segundo a fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME

(2014), são: zona de convergência intertropical (ZCIT), os Sistemas Frontais, as Linhas de Instabilidade, os Vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).

Dessa forma, articulando aspectos da dinâmica climática regional e as diversas implicações socioambientais supracitadas, que resultam da interferência da sociedade capitalista no clima e atento às reflexões de Marengo (2006), todo fator ou elemento que altere a absorção, distribuição e redistribuição de calor em superfícies oceânicas e terrestres, afeta diretamente o clima.

Por fim, espera-se com esse estudo alargar a compreensão das relações entre as mudanças do clima, anomalia das chuvas e os EVE, na perspectiva da mitigação, adaptação e a gestão de riscos, destacadamente, quando se reflete sobre os efeitos do clima nas populações mais vulneráveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos resultados acima verificou-se a ocorrência de 05 anos extremamente chuvosos, sendo eles 2004, 2005, 2006, 2013 e 2014. Tendo como consequência direta a interação entre o fenômeno ENOS e o Dipolo do Atlântico. Dentre os anos citados acima, somente o ano de 2014 apresentou o dipolo negativo e o ano de 2006 que houve a ocorrência do dipolo neutro, enquanto os demais anos apresentaram em sua maioria o dipolo positivo.

Quadro 01- Índice pluviométrico, índice de Anomalia de Chuva (IAC), episódios de ENOS, Dipolo do Atlântico.

ANO	P(mm) Anual	IAC	Classes	ENOS	Dipolo
2000	1117,7	-7,2	Extremamente seco	<i>La niña moderada</i>	Negativo
2001	1557,6	-1,3	Seco	<i>La niña fraca</i>	Neutro
2002	1637,0	-0,2	Seco	<i>El niño fraco</i>	Positivo
2003	1521,4	-1,8	Seco	<i>El niño fraco</i>	Negativo
2004	1984,0	4,3	Extremamente chuvoso	Neutro	Positivo
2005	2005,4	4,6	Extremamente chuvoso	<i>El niño fraco</i>	Positivo
2006	2072,0	4,9	Extremamente chuvoso	<i>La niña fraca</i>	Neutro
2007	1605,5	-0,6	Seco	<i>El niño fraco</i>	Positivo
2008	1408,2	-3,3	Muito Seco	<i>La niña moderada</i>	Negativo
2009	1809,8	2,0	Chuvoso	<i>La niña fraca</i>	Negativo
2010	1438,0	-3,0	Muito Seco	<i>El niño moderado</i>	Positivo
2011	1437,1	-3,0	Muito Seco	<i>La niña fraca</i>	Neutro
2012	1452,6	-2,7	Muito Seco	<i>La niña fraca</i>	Positivo
2013	1987,6	4,4	Extremamente chuvoso	Neutro	Positivo
2014	2021,8	4,8	Extremamente chuvoso	Neutro	Positivo
2015	1387,3	-3,6	Muito Seco	<i>El niño fraco</i>	Negativo
2016	1397,3	-3,4	Muito Seco	<i>El niño forte</i>	Neutro
2017	1593,0	-0,8	Seco	Neutro	Positivo
2018	1626,0	0,4	Chuvoso	<i>El niño fraco</i>	Negativo
2019	1670,3	0,2	Chuvoso	<i>La niña forte</i>	Negativo
2020	1802,2	1,9	Chuvoso	<i>La niña fraca</i>	Neutro
2021	1872,4	2,9	Muito chuvoso	<i>La niña moderada</i>	Positivo
2022	1244,1	-5,8	Extremamente seco	<i>El niño moderado</i>	Positivo
2023	1936,8	3,6	Muito úmido	<i>La niña moderada</i>	Positivo

Fonte: Araújo (2007); INMET (2023); ANA (2023); FUNCEME (2023); NOAA (2023)

As precipitações anuais tiveram uma média de 1649 mm ao longo da série, tendo desvio padrão de 267,7 mm. O maior valor registrado foi no ano de 2006 (2.072) mm, e menor em 2000 (1.117 mm), evidenciando significativa variabilidade interanual (Quadro 1).

Avaliando a contribuição do fenômeno ENOS sobre as precipitações totais anuais da série 2000-2023, aplicou-se o IAC, onde confirma-se a variabilidade das chuvas, revelando anomalias em 13 anos e positivas em 11 anos (Quadro 1).

Entre a variação dos valores extremos do IAC, ou seja, os anos com maior e menor índice de forma, respectivamente, foram os anos de 2014 (4,8) e 2000 (-7,2), atribuindo-se, extremamente chuvoso e extremamente seco. Em anos de dipolo positivo constata-se intensificação dos alísios de SE e a ZCIT está mais ao Norte. Mas, quando o dipolo é negativo tem-se a intensificação dos alísios de Nordeste e a ZCIT se desloca mais ao Sul (Souza & Nobre, 1998; Souza, 1997). No entanto, no ano de 2014 confirmou-se a presença do ENOS em condições neutras, com elevado valor de chuva registrado (2021,8 mm).

Os anos de 2000 (extremamente seco) e 2008 (muito seco), ambos condicionados pela presença do fenômeno *La Niña* de forma moderada e o dipolo negativo.

O ano de 2021, foi o único ano onde foi observada a ocorrência do fenômeno *La Niña de forma moderada* e o dipolo negativo (classificado como muito chuvoso), logo essa interação em conjunto com outras interações entre oceano-atmosfera-continente, tais como a depressão subtropical e o aquecimento global, definiu as anomalias térmicas nos oceanos e os efeitos anômalos na atmosfera.

Já o ano de 2023 (classificado com muito úmido - *La Niña moderada* e dipolo negativo), se constituiu como o mais quente (24,92°C) da história do planeta (maior diferença observada 0,69°C, ou seja, as médias das temperaturas do ano no país ficou 0,69°C acima da média histórica), segundo dados da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Além dos anos de 2015 (24,89°C), 2016 (24,66°C) e 2019 (24,83°C) que estão no ranking das maiores temperaturas médias desde 1961.

No Brasil, a média das temperaturas do ano ficou em 24,92°C, sendo 0,69°C acima da média histórica de 1991/2020, que é de 24,23°C. Em 2022, a média anual foi de 24,07°C, 0,16°C abaixo da média histórica. (...) Ao longo do ano, o Brasil enfrentou nove episódios de onda de calor, reflexo dos impactos do fenômeno El Niño (aquecimento acima da média das águas do Oceano

Pacífico Equatorial), que tende a favorecer o aumento da temperatura em várias regiões do planeta. Além disso, outros fatores têm contribuído para a ocorrência de eventos cada vez mais extremos, como o aumento da temperatura global da superfície terrestre e dos oceanos (INMET 2024)..

Os demais anos apresentaram aspectos diversos, e pouco relacionais entre os fenômenos destacados, trazendo à tona que o clima do Nordeste Brasileiro possui uma dinâmica que abrange as interações entre diversos sistemas atmosféricos, além da presença das oscilações climáticas que podem ou não modificar as precipitações em função somente de suas características.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada se mostra eficaz, pois nos permite avaliar o desvio da precipitação em relação à condição normal do município de Ilhéus, bem como definir os períodos úmidos e secos.

É inegável que a mudança do clima exerceu expressiva influência sobre a dinâmica climática em Ilhéus, ou seja, contribuiu com a elevação dos índices precipitação no período em destaque (2021). Todavia, para admitir se as elevadas intensidades de chuva que ocorreu em 2021 são extremas (se constituem-se eventos extremos) devem ser realizadas análises estatísticas mais robustas e detalhadas (p.ex: teste de Mann Kendall). No entanto, com base na pesquisa infere-se que a interação entre o fenômeno ENOS *La Niña* (forma moderada) e o dipolo do atlântico (forma positiva), possivelmente, condicionou a ocorrência desses eventos climáticos do mês de dezembro, com valores elevados de precipitação (a exemplo do dia 21). Além disso, deve-se considerar para geração dos volumes elevados supracitados, outras interações entre oceano-atmosfera-continente, tais como a depressão subtropical e o aquecimento global.

É possível afirmar, por meio dos dados, que o comportamento da precipitação em Ilhéus é variável, bem como que os impactos dos eventos interanuais revelam diferentes magnitudes e que foram observados eventos moderados de ENOS.

Por fim, confirma-se que no dia de Natal em Ilhéus-Ba choveu 136 mm, ou seja, valor maior que o acumulado do que todo mês de dezembro de 2020 (118mm) e 2018 (131mm). Essa quantidade de chuva causou problemas graves e diversos para sociedade (em especial, para a população mais vulnerável socialmente), destaque para ocorrência de alagamentos e inundações.

É importante que o poder público Federal, Estadual e Municipal utilize o conhecimento científico consistente produzido pelos estudiosos baianos, brasileiros e estrangeiros na busca de alternativas para reduzir as alterações e impactos socioambientais das mudanças do clima. Sobremaneira, podemos afirmar que já passou da hora dos poderes públicos e privados agirem e investirem em adaptação climática no município de Ilhéus, sem subtrair a urgência de atuar efetivamente na redução das desigualdades sociais municipais (p.ex: índices de pobreza e educação), pois seguramente sem resolver essa demanda, nenhuma proposta ou projeto de adaptação ou mitigação surtirá efeito positivo.

Palavras-chave: Mudanças do Clima; Dinâmica Climática; Eventos extremos

REFERÊNCIAS

ANA. **Dados pluviométricos.** disponível em <<https://www.gov.br/ana/pt-br>> Acesso em: 15/07/2024

ARAÚJO, L.E.; NETO, J.M.M.; SOUSA, F.A.S. Classificação Da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Revista Ambiente & Água – Na **Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.4, n 3, 2009. p. 93-110.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2003.

CHANDOL, T., GUPTA, A. K., AMIN, F., BINDAL, M. K., (2021). **Training Manual on Climate Change and Extreme Events Risk Reduction**, National Institute of Disaster Management, Delhi, India. Pages 199

METSUL. **Chuva na Bahia é a mais extrema no planeta em dezembro.** Metsul, 2021. Disponível em: <<https://metsul.com/chuva-na-bahia-e-a-mais-extrema-no-planeta-em-dezembro/>>. Acesso em: 26/02/2023

FARMEN, G. THOMAS; JOHN COOK. **Climate Change Science: A Modern Synthesis. Part II – Overview of Climate Change Science**, Chapter 7 – Climate Change Science as Earth Science, 2013.

FUNCEME, **O Dipolo de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical.** Disponível:<http://www3.funceme.br/produtos/manual/oceanografia/Campos_TSM/dipolo.htm> Acesso em: 15/07/2024

_____, **Sistemas atmosféricos atuantes sobre o Nordeste.** Fortaleza. Fevereiro 2014.

G1. GLOBO. **Chuvas na Bahia: os fenômenos extremos que causam a tragédia no Estado.** disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/12/27/chuvas-na-bahia-os-fenomenos-extremos-que-causam-a-tragedia-no-estado.ghtml>>. 2021. Acesso em: 15/05/2023

INMET. **Dados pluviométricos.** disponível em <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>> Acesso em: 15/07/2024

INMET. **Ano de 2023 é o mais quente da série histórica no Brasil.** Disponível em <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil>> Acesso em: 12/03/2024

IPCC, 2012: **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.** A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

MARENGO, JOSÉ. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI** / José A. Marengo – Brasília: MMA, 2006.

MENEGHETTI, GRAZIELA THAÍS. **Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1685-1689

NOAA, disponível em <<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>> Acesso em: 15/05/2024

OMM. **Relatório para o estado do clima do América Latina e Caribe - 2023.** disponível em <https://library.wmo.int/viewer/68891/?offset=#page=4&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=>. Acesso em: 20/07/2024

ONU. **OMM: sequência recorde de temperaturas globais continuou em junho.** disponível em <https://news.un.org/pt/story/2024/07/1834206#:~:text=O%20levantamento%20revela%20que%20a,j%C3%A1%20registrado%20para%20o%20m%C3%AAs>. Acesso em: 16/05/2024

SOUZA, EVERALDO B. DE, NOBRE, PAULO. **Uma revisão sobre o padrão de dipolo no atlântico tropical.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.13, nl, 3 1-44, 1998

Agradecimentos:

Ao CNPQ, PPPG-UEFS e a equipe Laboratório GEOTRÓPICOS e do Grupo de Pesquisa GEOLANDS-UEFS. Esse trabalho é parte do projeto de pesquisa que trata do fenômeno ENOS na Bahia e as mudanças climáticas.